

L'élevage de la crevette : une menace pour les mangroves?

Par

Magali Francoeur

essai présenté au Département de biologie
en vue de l'obtention du grade de maîtrise en écologie internationale
(maîtrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale)

FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, 2009

Sommaire

Jusqu'à tout récemment, la mangrove était un écosystème côtier très peu connu de la communauté scientifique internationale. Ce n'est que depuis quelques décennies que la multitude de fonctions et de services qu'offre la mangrove sur les plans écologique, économique et social est reconnue. Sa présence en milieux côtiers est indispensable autant pour la faune et la flore, que pour les communautés locales qui dépendent directement de ses biens et de ses services. Malheureusement, les mangroves subissent une dégradation continue provenant de diverses sources anthropiques et naturelles. Plus précisément, une menace inquiétante s'est matérialisée vers la fin des années 60, soit l'élevage de la crevette, qui est actuellement la principale cause de la destruction des mangroves. Pourtant, cette activité a été traditionnellement pratiquée depuis plusieurs siècles sans mettre en danger la pérennité de ces forêts si particulières. Est-ce qu'aujourd'hui la coexistence entre la crevetticulture et la conservation des mangroves est toujours possible? Le but de cet essai est de déterminer si le développement de cette activité économique peut se réaliser conjointement avec la protection des écosystèmes et plus spécifiquement la mangrove.

L'essai montrera d'abord que la production de la crevette a été justifiée universellement grâce à deux arguments de poids : premièrement, mettre un terme à la faim dans le monde en offrant une source de protéines à un prix raisonnable, et deuxièmement, assurer des revenus aux communautés côtières des pays en voie de développement. Or, l'essor incroyable de cette activité a transformé un élevage de crevettes traditionnelle en une pratique intensive, et ce, au détriment de l'environnement en provoquant de nombreux impacts négatifs, autant aux niveaux écologique, social qu'économique. Parmi les plus inquiétants, se trouvent la salinisation des terres agricoles et la contamination des cours d'eau douce adjacents, la pollution affectant les communautés

côtières et les écosystèmes avoisinants, l'utilisation exagérée d'antibiotiques, la propagation de maladies détruisant les élevages et provoquant des pertes économiques et la diminution des stocks d'espèces marines indigènes. La crevetticulture va donc à l'encontre de ses objectifs de départ puisqu'elle déstabilise la sécurité alimentaire, crée des conflits par rapport à l'accessibilité des ressources et offre majoritairement des emplois saisonniers dont les conditions de travail sont souvent inadéquates.

Ensuite, l'essai mettra l'emphase sur le fait que l'industrie de la crevetticulture s'est développée au même moment où la conscience environnementale s'est implantée dans les mœurs modernes. Alarmées par les impacts environnementaux générés par l'élevage de crevettes, plusieurs organisations internationales, gouvernements et communautés locales ont collaboré afin d'acheminer progressivement la crevetticulture vers un développement durable. Cet enjeu repose majoritairement sur la mise en place de politiques et de législations permettant une gestion durable de cette activité, et spécialement sur les efforts investis dans leur application. L'établissement de stratégies de conservation, par exemple, une gestion intégrée des zones côtières, une éco-certification de la production des crevettes et un retour vers des pratiques intégrant l'élevage des crevettes et la conservation des mangroves, représentent également des solutions pouvant promouvoir cette activité à long terme. Toutefois, l'avenir de l'industrie de la crevette ainsi que celui des mangroves dépendront de l'efficacité des stratégies de gestion et des efforts investis par les différents niveaux soient locaux, nationaux et mondiaux.

Remerciements

C'est avec un immense plaisir que je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de cet essai. Sans vous, ce papier serait probablement encore un travail inachevé!

Dans un premier temps, je tiens à remercier mon superviseur d'essai, Monsieur Dany Garant, pour sa grande patience, sa disponibilité à mon égard ainsi que ses conseils et commentaires des plus judicieux.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance à Madame Caroline Cloutier qui s'est armée d'énormément de patience et de détermination afin de m'encourager dans la poursuite de ma rédaction!

Je voudrais également adresser mes remerciements et témoigner toute ma gratitude à mes amis, mais tout spécialement à Geneviève Masson, Mylène Francoeur, Claudyne Chevrier, Jean-François Ménard (ing. Jr), Marie-Christine Bélair et Anne-Sophie Bergeron. Une mention toute spéciale est dédiée à ma famille et plus particulièrement à ma mère, pour m'avoir soutenue tout au long de mon essai par son soutien moral, son aide précieuse aux corrections et à ses commentaires pertinents qui ont grandement servi lors de la rédaction de cet essai! Vous êtes tout simplement des êtres merveilleux!

Encore une fois, un gros merci à tous !

Table des matières

| | |
|--|------|
| Sommaire..... | i |
| Remerciements | iii |
| Table des matières | iv |
| Liste des tableaux | vi |
| Liste des figures..... | vii |
| Liste des sigles, des symboles et des acronymes..... | viii |
| Introduction | 1 |
| | |
| Chapitre 1 – Les mangroves | 4 |
| 1.1 Répartition des mangroves | 5 |
| 1.2 Adaptations particulières des mangroves | 8 |
| 1.2.1 Salinité..... | 8 |
| 1.2.2 Changement du niveau d'eau | 9 |
| 1.3 L'importance des mangroves..... | 10 |
| 1.3.1 Fonctions écologiques | 11 |
| 1.3.2 Fonctions économiques | 14 |
| 1.3.3 Fonctions sociales..... | 15 |
| | |
| Chapitre 2 – La destruction des mangroves..... | 17 |
| 2.1 Menaces naturelles | 17 |
| 2.2 Menaces anthropiques | 18 |
| 2.2.1 L'industrie de la crevette | 21 |
| | |
| Chapitre 3 – Les impacts de la crevetticulture sur l'environnement | 31 |
| 3.1 Impacts écologiques | 31 |

| | | |
|---|--|----|
| 3.1.1 | Dégradation des mangroves et des écosystèmes marins adjacents..... | 32 |
| 3.1.2 | Salinisation des terres et des sources d'eau | 34 |
| 3.1.3 | Pollution | 36 |
| 3.1.4 | Maladies, virus et abandon des bassins de culture | 44 |
| 3.1.5 | Populations de crevettes indigènes et des autres espèces marines | 48 |
| 3.2 | Impacts sociaux | 50 |
| 3.2.1 | Sécurité alimentaire | 50 |
| 3.2.2 | Accessibilité aux ressources | 52 |
| 3.2.3 | Intimidation, violence et meurtres | 53 |
| 3.2.4 | Conditions de travail..... | 54 |
| 3.3 | Impacts économiques | 55 |
| Chapitre 4 – La crevetticulture vers un développement durable | | 59 |
| 4.1 | Politiques et législations | 60 |
| 4.1.1 | Organisations internationales | 60 |
| 4.1.2 | Gouvernements | 62 |
| 4.1.3 | Consommateurs | 64 |
| 4.2 | Éco-certification | 65 |
| 4.3 | Systèmes intégrant l'élevage des crevettes et la conservation des mangroves..... | 66 |
| Conclusion..... | | 69 |
| Références | | 72 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Les 25 principaux pays producteurs de crevettes classés selon leur production en mégatonnes métriques et la valeur de leur production en dollars américains en 2000. | 23 |
| 2.2 | Principales espèces élevées et classées selon leur production en mégatonnes métriques et la valeur de leur production en dollars américains en 2000..... | 26 |
| 2.3 | Caractéristiques des trois principaux systèmes de production de crevettes soient extensifs, semi-intensifs et intensifs..... | 30 |
| 3.1 | Principales maladies affectant les crevettes d'élevage de la famille <i>Penaeidae</i> | 46 |

Liste des figures

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Représentation de la répartition mondiale des mangroves. | 6 |
| 1.2 | Représentation du système racinaire d' <i>Avicennia marina</i> par rapport au niveau du sol..... | 10 |
| 1.3 | Chaîne alimentaire simplifiée d'un écosystème mangrovien. | 12 |
| 2.1 | Le cycle de production de <i>Penaeus vannamei</i> en milieu d'élevage | 25 |
| 3.1 | Géomorphologie côtière tropicale représentant les interactions entre les mangroves, les prairies marines et les récifs coralliens..... | 33 |
| 3.2 | Pourcentage d'éleveurs utilisant un ou plusieurs produits favorisant la production de crevettes selon les grands groupes de ces produits..... | 40 |
| 3.3 | Modèles représentant les trois sphères d'interactions pouvant résulter, ou non, en des conditions de contamination par des pathogènes aquatiques. | 45 |

Liste des sigles, des symboles et des acronymes

| | |
|-----------------|--|
| CO ₂ | Dioxyde de carbone |
| EJF | Environmental Justice Foundation |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| GESAMP | Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection |
| GIZC | Gestion intégrée des zones côtières |
| GPA | Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based Activities |
| IUCN | International Union for Conservation of Nature |
| MOP | Matière organique particulaire |
| NACA | Network Aquaculture Centres in Asia-Pacific |
| NOAA | National Oceanic and Atmospheric Administration |
| NRC | National Research Council |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| PI | Principes Internationaux |
| UNDP | United Nations Development Programme |
| UNEP | United Nations Environmental Programme |
| UV-B | Ultraviolet, type B |
| WB | World Bank |
| WCMC | World Conservation Monitoring Centre |
| WWF | World Wildlife Fund |

Introduction

Un grand nombre de pays en voie de développement sont caractérisés par une économie peu diversifiée et par de maigres revenus provenant de leurs exportations à l'étranger (Malasu, 2003). Dans le but d'améliorer leur économie et d'attirer plus d'investisseurs étrangers en ouvrant davantage leur marché à l'international, la plupart de ces pays ont adopté des politiques de libéralisation sous la tutelle de la Banque Mondiale, du Fonds Monétaire International et de diverses institutions financières (Malasu, 2003; van Mulekom *et al.*, 2006). Toutefois, dans la majorité des cas, ces politiques favorisent des activités lucratives qui deviennent hautement problématiques en raison des diverses sources de conflits entre les investisseurs, qui valorisent le développement ainsi que les profits, et les communautés locales, principaux utilisateurs des ressources naturelles environnantes (Malasu, 2003).

L'une des activités lucratives privilégiées dans les régions tropicales est celle de la crevetticulture (van Mulekom *et al.*, 2006). Aujourd'hui, plus de cinquante pays possèdent des bassins d'élevage d'espèces différentes de ce petit crustacé, parmi lesquels la Thaïlande, la Chine et l'Indonésie, et qui génèrent des revenus annuels situés entre 400 et 600 millions de dollars américains (Weidner et Rosenberry, 1992). Ces revenus nationaux encouragent donc fortement le maintien et le développement de cette industrie (Binh *et al.*, 2005). D'autres arguments clés en faveur de la production de la crevette dans ces pays sont la création de millions d'emplois à travers le monde, liés de près ou de loin à cette industrie, ainsi que l'exploitation de vastes terres auparavant inutilisées (Binh *et al.*, 2005). De ce fait même, il est essentiel de mentionner que, généralement, ces vastes superficies inexploitées se trouvent dans la zone intertidale du milieu côtier des régions tropicales et sont colonisées par un écosystème particulier, soit la mangrove (Binh *et al.*, 2005). D'ailleurs, plusieurs communautés vivant à proximité de ces forêts y puisent leurs ressources premières. Elles représentent donc un moyen de subsistance autant pour l'alimentation que pour l'économie locale (Ocampo-Thomason,

2006). La mangrove est un habitat essentiel pour plusieurs espèces marines et terrestres, favorisant ainsi la pêche et la collecte de mollusques (Melena *et al.*, 2000). De plus, elle contribue à plusieurs autres fonctions comme la rétention des sédiments, la protection des rivages, la filtration de l'eau et elle s'intègre également aux traditions, aux mythes et aux cultures locales (Bandaranayake, 1998). Malheureusement, la majorité des mangroves, à l'échelle mondiale, ont subi une sévère dégradation dans les dernières décennies (FAO, 2007). La crevetticulture est l'une des principales responsables de la destruction de ces forêts. Plus spécifiquement, il a été estimé que 38 % de la perte globale des mangroves est due au développement de cette industrie (Valiela *et al.*, 2001). Cette problématique représente le cœur du sujet de cet essai qui cherche à savoir si l'élevage de la crevette est une menace inéluctable pour les écosystèmes mangroviens.

Dans le but de répondre à cette problématique, quatre objectifs seront élaborés. Premièrement, l'importance des mangroves à l'échelle mondiale, mais plus particulièrement pour les communautés côtières, sera précisée et décrite. Il sera souligné que l'unicité de cet écosystème est non seulement reflétée par ses diverses adaptations qui lui permettent de coloniser la zone intertidale des régions tropicales et subtropicales, mais également par les nombreux biens et services qu'il offre sur les plans écologique, économique et social. Par contre, la mangrove est constamment dégradée par différentes sources anthropiques et naturelles. De ce constat découle le second objectif de cet essai, qui vise à identifier les différentes menaces qui affligent l'état originel des mangroves, tout en axant la recherche sur l'industrie de la crevette, son développement et ses différentes pratiques. Cette activité au fort potentiel économique a connu un succès monstre dans plusieurs régions tropicales, et ce, au détriment de l'environnement. Par conséquent, le troisième objectif de cet essai dresse le portrait des différents impacts écologiques et sociaux-économiques générés par la production de la crevette. Malgré tout, les erreurs passées et connues par l'homme autant dans le domaine de l'agriculture, que de l'aquaculture, ont servi à éveiller la conscience environnementale concernant la production de la crevette. De ce fait même, le dernier objectif présentera quelques recommandations et stratégies de conservation initiées par des organisations,

gouvernements et communautés afin de diriger la crevetticulture vers un développement durable.

Chapitre 1

Les mangroves

L'utilisation du terme mangrove est controversée dans la communauté scientifique (Tomlinson, 1986). En général, il est employé de manière non taxonomique afin de désigner un ensemble de plantes diversifiées ayant développé des adaptations particulières pour occuper la zone intertidale et résister aux changements liés à la salinité et au niveau de l'eau (FAO, 2007; Feller et Sitnik, 1996; Melena *et al.*, 2000; NOAA, 2002; Tomlinson, 1986). Duke (1992), quant à lui, définit le terme mangrove comme étant «... un arbre, un arbuste, un palmier ou une fougère, dont la hauteur excède généralement un mètre et demi, et qui croît normalement au dessus du niveau d'eau moyen de la zone intertidale des environnements marins côtiers, ou en marge des estuaires ». D'autres auteurs emploient ce même terme pour représenter uniquement les palétuviers, angiospermes ayant développé des adaptations particulières afin de coloniser la zone intertidale (Kathiresan et Bingham, 2001). L'écosystème des mangroves ou l'écosystème mangrovien inclut autant les facteurs abiotiques que les communautés microbiennes, la faune et la flore qui lui sont associées (Kathiresan et Bingham, 2001; Melena *et al.*, 2000).

La définition du terme mangrove étant large et diversifiée, il en résulte que sa composition en termes de nombre d'espèces, de familles de végétaux ainsi que sa classification taxonomique, sont également très variables d'un auteur à l'autre. Par exemple, Tomlinson (1986) a recensé un total de 54 espèces, 20 genres et 16 familles à l'échelle mondiale pour ces écosystèmes, alors que Duke (1992) a dénombré 69 espèces, 26 genres et 20 familles sur une base comparative. Toutefois, les scientifiques s'entendent au sujet de la faible diversité spécifique des mangroves comparativement à d'autres écosystèmes, tels que la forêt Atlantique qui

renferme jusqu'à 20 000 espèces de plantes vasculaires (CI, 2007; Kathiresan et Bingham, 2001). De fait, les palétuviers sont les arbres dominant cet écosystème et sont considérés comme les principaux producteurs primaires de cet environnement unique (Melena *et al.*, 2000). Certaines familles de végétaux sont communément retrouvées dans les mangroves des hémisphères est et ouest, entre autres les Avicenniaceae, Combretaceae et Rhizophoraceae (Kathiresan et Bingham, 2001; NOAA, 2002).

1.1 Répartition des mangroves

À travers le monde, les mangroves sont présentes dans les tropiques et les subtropiques, la majorité d'entre elles étant concentrées entre les parallèles 30°N et 30°S, tel que présenté dans la figure 1.1 (NOAA, 2002; Tomlinson, 1986). Elles sont partagées entre 112 pays et territoires et ne couvrent qu'un total de 180 000 km², c'est-à-dire 0,45 % des forêts mondiales (Spalding, 1997). Leur répartition est déterminée par divers facteurs comme le climat, la salinité, les marées, la sédimentation et l'énergie provenant des vagues (Feller et Sitnik, 1996). La température et les courants marins restreignent la répartition des mangroves, puisque les espèces constituant ces écosystèmes sont incapables de survivre en conditions de gel (NOAA, 2002). La salinité et l'influence des marées affectent indirectement leur répartition géographique, car les palétuviers peuvent croître en eau douce et à l'extérieur de la zone de balancement des marées. Toutefois, ces deux facteurs réduisent considérablement la compétition avec toutes autres espèces végétales terrestres, ce qui permet aux palétuviers de coloniser ces régions où le stress physique est élevé (Tomlinson, 1986).

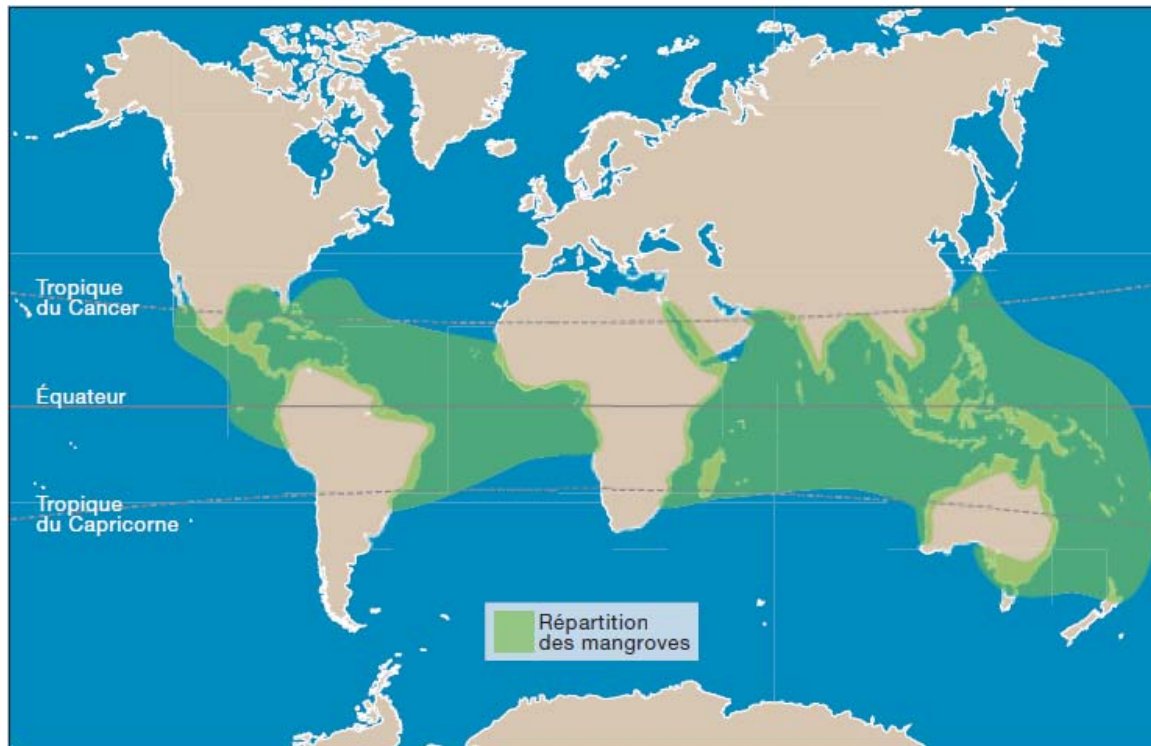


Figure 1.1 Représentation de la répartition mondiale des mangroves.

Traduction libre

Source : Maumont, S., Bousquet-Mélou, A. et Fougère-Danezan, M. (2002). p. 26

Les mangroves sont réparties à l'intérieur de deux principaux centres biogéographiques soient l'hémisphère-ouest et l'hémisphère-est. Ce dernier inclut la région Indo-Malaisienne, l'Afrique-Est et l'Australie, alors que l'hémisphère-ouest comprend l'Amérique-Ouest et Est, les Caraïbes et l'Afrique-ouest. Au niveau évolutif, les mangroves seraient apparues peu de temps après les premiers angiospermes, c'est-à-dire, vers la fin du crétacé (Duke 1992). De plus, l'hémisphère-est est considéré comme étant le point d'origine de ces dernières, en raison du nombre supérieur d'espèces (Duke, 1992).

À l'intérieur de ces régions biogéographiques, les écosystèmes mangroviens peuvent se diviser en différents écotypes de mangroves par rapport à la topographie et l'hydrologie qui les définissent. Par exemple, il existe quatre principaux types de mangroves soient : frange,

riveraine, bassine et arbustive (Lugo et Snedaker, 1974; NOAA, 2002). La mangrove frange borde les rives côtières protégées, les canaux et les lagunes, qui sont quotidiennement inondés par les marées. La mangrove riveraine, quant à elle, est davantage établie à la rencontre des estuaires et des rivières, inondée périodiquement par des eaux saumâtres et riches en nutriments, alors que la mangrove de bassine se retrouve davantage à l'intérieur des terres où les eaux sont stagnantes et les courants sont faibles. Finalement, la mangrove arbustive croît où l'hydrologie est restreinte, ce qui provoque des conditions difficiles comme de fortes évaporations, une salinité élevée et une faible disponibilité des nutriments (Lugo et Snedaker, 1974; NOAA, 2002; Woodroffe, 1992). D'autres classifications sont possibles dépendamment du type de substrat, de l'étendue des marées et de la sédimentation (Thom, 1982).

Bien que plusieurs facteurs environnementaux influencent la répartition des mangroves, leur reproduction et leurs moyens de dispersion y jouent également un rôle. La majorité des espèces de palétuviers sont hermaphrodites (NOAA, 2002). Selon les espèces, des mécanismes d'auto-pollinisation et de pollinisation-croisée ont été développés afin de se reproduire (Aluri, 1990). Les insectes, oiseaux, chauve-souris et le vent contribuent essentiellement à la pollinisation (NOAA, 2002; Tomlinson, 1986). La germination, quant à elle, peut se faire soit par viviparité, crypto-viviparité, germination normale au sol ou par propagation végétative (FAO, 2007; Hutchings et Saenger, 1987). Grâce à la viviparité, le jeune plant accumule des réserves de nutriments, ce qui lui permet de développer rapidement des racines lorsque celui-ci se détache de la plante mère et se retrouve dans un environnement difficile. De plus, cette stratégie de reproduction lui permet de flotter sur de longues distances lors des marées et agit, dans un second temps, comme enveloppe de protection (Hutchings et Saenger, 1987; NOAA, 2002).

1.2 Adaptations particulières des mangroves

L'aspect mythique des mangroves et l'odeur particulière qui s'y dégage leur ont valu la réputation d'être un milieu hostile. Cette réputation et un manque de connaissances sur ces écosystèmes ont encouragé les populations vivant en milieu côtier à éliminer ces forêts singulières (Cormier-Salem, 2006). Aujourd'hui, en raison de la meilleure compréhension de ces écosystèmes, leurs rôles ainsi que les adaptations qu'elles ont développées, afin de coloniser la zone intertidale, deviennent de plus en plus clairs et estimés (UNEP-WCMC, 2006).

La zone de balancement des marées est un milieu où les conditions environnementales sont particulièrement difficiles. Les facteurs de stress, tels les marées, la salinité et les vagues ne facilitent pas l'établissement d'une flore diversifiée et luxuriante. Pour ces raisons, la compétition interspécifique entre les végétaux pour la lumière et l'espace est moindre. Les palétuviers ont donc développé des adaptations physiologiques et morphologiques afin de s'établir dans la zone intertidale (NOAA, 2002).

1.2.1 Salinité

La salinité des eaux côtières est principalement régie par l'hydrologie locale, autant par l'action des marées que par l'apport d'eau douce provenant des sources souterraines, des rivières avoisinantes et des pluies. De plus, comme la majorité de ces régions sont soumises à des températures élevées, les pertes d'eau, par évapotranspiration, influencent également les concentrations de salinité (NOAA, 2002).

Afin d'éviter les fortes concentrations de salinité et de coloniser la zone intertidale, les palétuviers ont développé différents mécanismes, autant physiologiques que morphologiques. Parmi ces diverses stratégies se trouvent l'exclusion de sel, la sécrétion de sel et

l'accumulation de sel. Par exemple, certains palétuviers possèdent des racines ultrafiltrantes, leur permettant de retirer le sel de l'eau lors de la nutrition. La sécrétion de sel, quant à elle, s'effectue grâce à des glandes sécrétrices ou des organes spéciaux présents dans les tissus des plantes (FAO, 2007; Kathiresan et Bingham, 2001). Cette stratégie permet d'exclure environ 90 % des apports de sel (Scholander *et al.*, 1962; Azocar *et al.*, 1992). À proximité de ces glandes, des cristaux salins sont formés et balayés de la surface des feuilles par l'action du vent ou des pluies (NOAA, 2002). Finalement, certains organismes concentrent le sel dans les feuilles provoquant ainsi leur perte afin d'éliminer l'excédent de cette substance (FAO, 2007; Kathiresan et Bingham, 2001).

1.2.2 Changement du niveau d'eau

Les mangroves, étant des forêts situées dans la zone intertidale, sont périodiquement inondées par l'action des marées. La fréquence et la magnitude des inondations sont variables dans le temps et dans l'espace selon la topographie locale combinée aux marées, aux apports d'eau douce, à l'évapotranspiration et aux processus physiques (NOAA, 2002).

Les inondations périodiques affectent la disponibilité de l'oxygène du sol, résultant en des conditions d'anaérobie (NOAA, 2002). Afin de combler cette insuffisance en oxygène, les palétuviers ont développé des adaptations morphologiques, telles qu'un réseau de racines pénétrant peu profondément le substrat pour éviter l'anoxie des sols (Kathiresan et Bingham, 2001; Purnobasuki et Suzuki, 2005). Chez certaines espèces, les racines sont immergées dans le milieu aquatique à une certaine distance du fond, alors que d'autres ont développé des racines en échasses permettant d'immobiliser le palétuvier dans les sédiments instables de cet environnement et d'alimenter en oxygène les parties de racines enfouies (FAO, 2007; Purnobasuki et Suzuki, 2005). Les pneumatophores sont également une adaptation favorisant l'obtention de l'oxygène; ils consistent en de longues racines déposées sur le sol où des excroissances verticales se développent (voir figure 1.2). Les pneumatophores sont retrouvés chez certaines espèces telles qu'*Avicennia*, *Sonneratia*, et *Lumnitzera* (Kathiresan et Bingham,

2001; Purnobasuki et Suzuki, 2005). Les racines spécialisées des palétuviers contiennent des tissus spongieux qui permettent l'absorption et le transport d'oxygène atmosphérique via de petits pores nommés lenticelles (NOAA, 2002; Purnobasuki et Suzuki, 2005). Certaines espèces de palétuviers possèdent un système racinaire complexe comprenant plusieurs types de racines, tel est le cas d'*Avicennia marina*. Ce palétuvier, commun dans les zones de balancement des marées des eaux tropicales et subtropicales, possède, quatre différents types de racines soient les racines principales, les pneumatophores, les racines d'alimentation et les racines d'ancrage (Figure 1.2) (Purnobasuki et Suzuki, 2005).

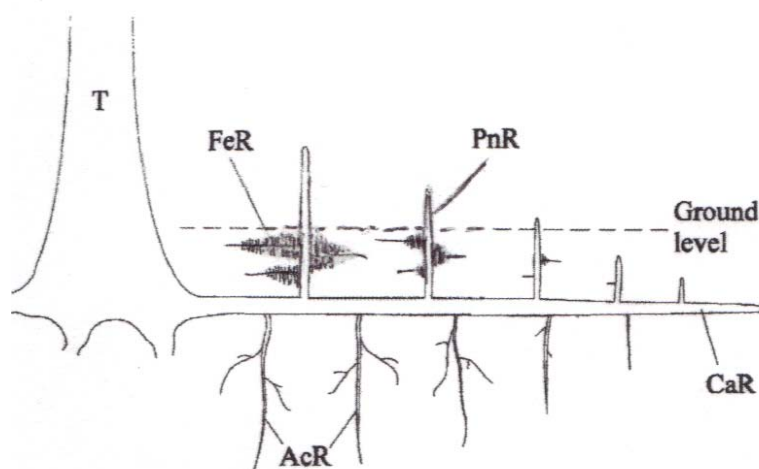


Figure 1.2 Représentation du système racinaire d'*Avicennia marina* par rapport au niveau du sol, où T illustre le tronc du palétuvier, CaR la racine principale, AcR les racines d'ancrage, FeR les racines d'alimentation et PnR les pneumatophores.

Traduction libre

Modification de : Purnobasuki, H. et Suzuki, M. (2005). p. 335

1.3 L'importance des mangroves

Depuis peu, les organisations internationales, les gouvernements, les autorités locales, les organisations non gouvernementales (ONG), les communautés côtières et les scientifiques, s'entendent pour dire que les mangroves sont non seulement particulières en raison de leurs

adaptations, mais également de par les multiples fonctions qu'elles remplissent sur les plans écologique, économique et social (Bandaranayake, 1998). Leur présence en milieux côtiers est indispensable autant pour la faune, la flore, que pour les communautés locales qui dépendent directement des biens et des services qu'elles offrent.

1.3.1 Fonctions écologiques

La présence des mangroves sur le littoral joue un rôle de protection des rives et des populations côtières contre les tempêtes tropicales, vagues et courants marins. Elles agissent en tant que barrières physiques (Bandaranayake, 1998; Melena *et al.*, 2000; NOAA, 2002; Sathirathay et Barbier, 2001). Leur système racinaire permet de réduire la vitesse des courants et d'augmenter la rétention des sédiments. De plus, ces fines racines spécialisées permettent la filtration de l'eau, en emprisonnant les particules sédimentaires (Bandaranayake, 1998; Melena *et al.*, 2000; NOAA, 2002). Par la même occasion, les mangroves protègent les coraux et les plaines d'herbes marines d'une sédimentation excessive (Melena *et al.*, 2000; NOAA, 2002). De plus, en augmentant la rétention de sédiments et en accumulant la matière organique, les systèmes racinaires des mangroves stabilisent les sols et réduisent les risques d'érosion (Bandaranayake, 1998; NOAA, 2002; Sathirathay et Barbier, 2001). Les processus de filtration permettent également d'améliorer la qualité de l'eau et de retirer du milieu ambiant, les composantes agrochimiques provenant des terres agricoles ainsi que les métaux lourds, puisque ces derniers adhèrent aux sédiments et sont accumulés dans les sols mangroviens (NOAA, 2002).

Dans l'écosystème mangroviens, la litière est composée de matière organique provenant directement des palétuviers, comme les feuilles, les graines et les branches (Stewart et Fairfull, 2008). Cette matière organique est l'un des principaux maillons de la chaîne alimentaire des mangroves, puisqu'elle est une source importante de nourriture pour les divers organismes vivant dans les eaux de cet écosystème (Melena *et al.*, 2000; Sheaves et Molony, 2000). Elle

est consommée directement par les détritivores ou transformée par la communauté microbienne (Sheaves et Molony, 2000; Stewart et Fairfull, 2008). Cette matière organique devenue particulaire (MOP) est rendue disponible à la faune ichthyologique et aux crustacés de l'écosystème côtier. La MOP non consommée par les organismes est filtrée par les systèmes racinaires des mangroves qui l'utilisent comme source de nutriments. Au total, près de 80 % de la litière sous les palétuviers est recyclée (Kathiresan et Bingham, 2001). Les différentes étapes de la chaîne alimentaire de l'écosystème mangrovien sont illustrées à la figure 1.3.

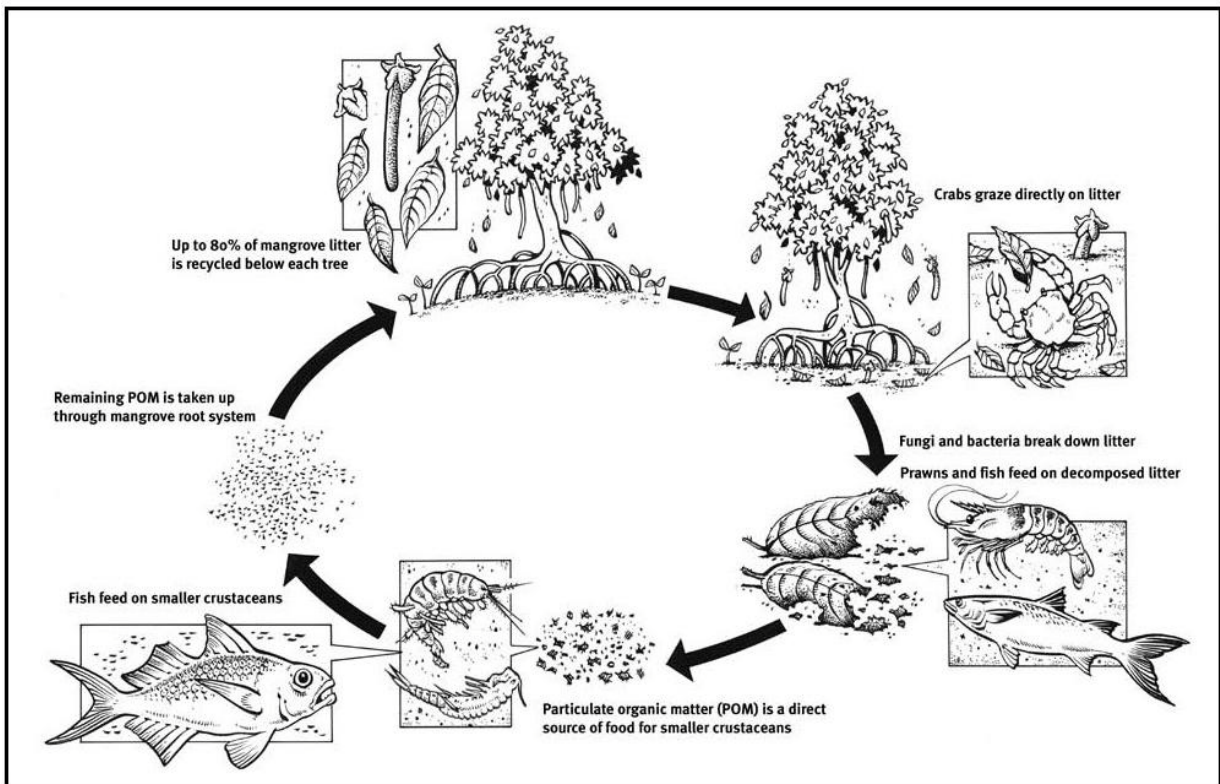


Figure 1.3 Chaîne alimentaire simplifiée d'un écosystème mangrovien.

Traduction libre

Source : Stewart, M. et Fairfull, S. (2008). p. 3

Pour les diverses communautés animales qui y résident, les mangroves représentent autant un habitat, qu'une aire d'alimentation, un lieu de repos, de reproduction ou un refuge. Certaines

espèces dépendent des mangroves tout au long de leur cycle de vie, alors que d'autres n'utilisent cet écosystème qu'à un moment spécifique comme la période de reproduction (NOAA, 2002). Les mangroves sont des sites nourriciers pour la faune aquatique incluant les poissons, crevettes et crabes, qui à leur stade juvénile, profitent de cet habitat, autant pour la nourriture abondante, que pour le refuge qu'il fournit (Melena *et al.*, 2000 ; NOAA, 2002; Sathirathay et Barbier, 2001). De plus, les mangroves, de par leur système racinaire développé, fournissent un substrat pour la colonisation des algues, insectes et plusieurs autres organismes comme les bernacles, huîtres, mollusques et éponges. En effet, les crustacés et mollusques sont les groupes d'invertébrés les plus importants de cet écosystème (Nagelkerken *et al.*, 2008). Les crabes et les escargots sont une composante essentielle du système en raison de leur niveau d'herbivorie, qui permet le morcellement de la litière des mangroves en matière organique particulière (NOAA, 2002). Plusieurs autres organismes profitent également des mangroves comme refuge tels que les reptiles, amphibiens ainsi que certains mammifères terrestres et aquatiques (NOAA, 2002).

Les mangroves jouent aussi un rôle important dans la réduction de l'effet de serre. En effet, cet écosystème permet de retirer le dioxyde de carbone (CO₂) présent dans l'atmosphère grâce au processus de photosynthèse. Les mangroves ont la capacité de fixer de plus grandes quantités de CO₂ par unité de surface que le phytoplancton des océans tropicaux (Kathiresan et Bingham, 2001). Elles emmagasinent et accumulent également une quantité élevée de carbone dans les sédiments (Fujimoto, 2000; Jennerjahn et Ittekkot, 2002).

Finalement, en termes de services écologiques, l'écosystème mangrovien agit en tant qu'écran aux rayonnements ultraviolets de type B (UV-B) grâce à des mécanismes de protection qu'il a développé (Bandaranayake, 1998; Moorthy et Kathiresan, 1997a; Moorthy et Kathiresan, 1997b). Cette absorption des rayons solaires protège, par la même occasion, les écosystèmes adjacents aux mangroves tels que les récifs coralliens et les lits d'herbes marines. Les mangroves réduisent ainsi l'exposition directe des UV-B sur les coraux et diminuent les risques de blanchiment de ces derniers (Anderson *et al.*, 2001).

1.3.2 Fonctions économiques

Dans une perspective économique, les mangroves offrent des biens et des services à forte valeur monétaire pour les populations rurales qui vivent à proximité de ces écosystèmes. De fait, certains individus et communautés dépendent directement de ce milieu afin de subsister financièrement (Bandaranayake, 1998; Sathirathay et Barbier, 2001). Bien qu'il soit ardu d'estimer la valeur annuelle d'un écosystème, celle des mangroves a été évaluée entre 200 000 et 900 000 dollars américains par km² (UNEP-WCMC, 2006).

Le produit lié directement aux mangroves est naturellement le bois, provenant principalement des palétuviers. Les principales utilisations de cette ressource sont la combustion, la transformation en charbon, la consommation pour le chauffage des foyers, ainsi que la fabrication de meubles et d'habitations (Melena *et al.* 2000; NOAA, 2002). De plus, les pneumatophores de certaines espèces sont travaillés afin de construire des embarcations de pêche (Bandaranayake, 1998). Les petites communautés font un usage davantage traditionnel du bois; par exemple, elles utilisent l'écorce des palétuviers comme source de tannin afin de teindre et de préserver le cuir. Ces communautés transforment aussi les cendres d'*Avicennia* et *Rhizophora* qui possèdent des propriétés permettant de remplacer le savon (Bandaranayake, 1998; NOAA, 2002). Elles utiliseront généralement le bois afin de construire des structures rustiques telles que des maisons, ponts, canots, trappes pour la pêche, cordages et autres (Rasolofo, 1997). D'autres essences des palétuviers permettent de produire des fibres synthétiques et des cosmétiques (Bandaranayake, 1998; NOAA, 2002; Rasolofo, 1997).

Les mangroves offrent aussi divers produits alimentaires de façon directe et indirecte, et ces forêts deviennent, par conséquent, une source de nourriture de choix variée pour les communautés avoisinantes. Par exemple, les feuilles tendres, les fruits et les graines d'*Avicennia marina* sont consommées comme légumes (Bandaranayake, 1998). L'alcool, le vin, l'huile de cuisine et le sel sont des produits dérivés de ces écosystèmes (Melena *et al.*, 2000). En outre, les mangroves sont des milieux favorables aux abeilles mellifères, ce qui

facilite l'apiculture dans certaines régions (Bandaranayake, 1998). Il est aussi important de rappeler l'importance des mangroves vis-à-vis la faune ichtyologique, crustacés et mollusques, ce qui rend la pêche, de subsistance et commerciale, une activité prisée dans ces milieux (Melena *et al.*, 2000).

Les mangroves sont aussi réputées pour leurs utilités potentielles dans les domaines de la médecine et de la pharmacologie (Bandaranayake, 1998). Les structures végétales des différentes espèces présentes dans les mangroves, possèdent diverses propriétés thérapeutiques pouvant soigner, entre autres, les maux de dents et de gorge, la constipation, les infections provoquées par des champignons ou par des piqûres d'insectes, les saignements, la fièvre, les pierres aux reins, les rhumatismes et la dysenterie. De plus, certains végétaux contiennent des substances toxiques pouvant servir d'antibactériens (Bandaranayake, 1998).

Finalement, l'écotourisme, bien que n'étant pas encore une activité très développée dans ces milieux, semble gagner en popularité comme alternative économique et durable. Les mangroves attirent les touristes principalement en raison de leur unicité et de la faune qui les habite (NOAA, 2002).

1.3.3 Fonctions sociales

L'ethnobiologie est une discipline de l'anthropologie qui étudie les relations culturelles passées ou présentes entre les différentes ethnies et leur environnement (Walters *et al.*, 2008). Souvent ignoré par les scientifiques, ce domaine d'étude permet de recueillir le savoir traditionnel écologique des communautés étroitement liées à leur écosystème. Ce n'est donc que depuis quelques décennies qu'une attention particulière a été accordée aux interactions entre l'homme et les mangroves (Walters *et al.*, 2008). Ces nouvelles connaissances ont permis de mieux comprendre la dynamique de ces écosystèmes, particulièrement au niveau de l'histoire de leur exploitation et de l'importance de leur rôle vis-à-vis les communautés locales. En plus d'être

des lieux d'habitation et de récréation pour les populations indigènes, les mangroves intègrent par la même occasion les croyances religieuses et spirituelles ainsi que la culture locale (Berkes, 1999; Davis et Wagner, 2003). Des histoires folkloriques, rituels, danses et médecines traditionnelles découlent de cet environnement particulier et sont transmis de génération en génération. De plus, plusieurs personnes y retrouvent une source d'inspiration à la réalisation artistique (Dahdouh-Guebas, 2006; Kaplowitz, 2001; Rist et Dahdouh-Guebas, 2006; Rönnbäck *et al.*, 2007).

Finalement, comme les mangroves sont situées le long des côtes et sont donc souvent à proximité de centres urbains, elles sont accessibles pour les activités récréatives comme l'observation d'oiseaux et de la faune sauvage (Gilman *et al.*, 2006; UNEP-WCMC, 2006; Walters *et al.*, 2008). L'unicité et le caractère esthétique différent des mangroves les transforment en un lieu idéal pour les sorties scolaires et éducatives dans les domaines de l'écologie et de la biologie (Gilman *et al.*, 2006; Melena *et al.*, 2000; Walters *et al.*, 2008).

Chapitre 2

La destruction des mangroves

Les mangroves, de par les pressions exercées par l'environnement et de par les biens et services qu'elles offrent, sont victimes d'une dégradation continue d'origine naturelle et anthropique. Près de 90 % des mangroves sont situées dans des pays en développement et celles de 26 pays sont présentement dans un état critique d'extinction en raison des pressions menaçant cet écosystème (FAO, 2007; Duke *et al.*, 2007). Depuis le début des années 80, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) compile de l'information sur les mangroves; leur superficie est aujourd'hui estimée à 152 000 km², alors qu'en 1980, elles couvraient 188 000 km² (FAO, 2007). Il est à noter que la perte des mangroves est ralentie depuis les années 90, puisque leurs importances écologique, économique et sociale sont davantage mises en valeur. Toutefois, certains pays ont déjà perdu jusqu'à 80 % de leurs mangroves originales (FAO, 2007; UNEP-WCMC, 2006).

2.1 Menaces naturelles

En général, les mangroves sont affectées par de fortes pressions liées aux activités humaines, cependant plusieurs stress environnementaux accentuent la dégradation de cet écosystème. Les conditions environnementales telles que les gels périodiques, les ouragans et autres tempêtes tropicales peuvent conduire localement à la destruction des mangroves (Ellison, 1998; NOAA, 2002; Tilmant *et al.*, 1994). Lors de tempêtes tropicales, le seuil de sédimentation désiré peut être dépassé, engendrant ainsi une sédimentation excessive (Tilmant *et al.*, 1994). La sédimentation peut être un facteur bénéfique aux écosystèmes mangroviens en raison de l'apport de nutriments et de son rôle dans la formation des sols, mais peut également s'avérer néfaste lorsque celle-ci devient excessive (Ellison, 1998). Dans ce dernier cas, un arrêt des

échanges gazeux, entre les systèmes racinaires et le milieu, peut survenir, résultant en une réduction de la croissance et pouvant aller jusqu'à la mort des individus (NOAA, 2002).

L'une des principales causes de mortalité des propagules et des jeunes pousses d'arbres vient de la prédation par les crabes. Les populations de ces derniers influencent le taux de recrutement, l'établissement et la répartition de certains palétuviers (Allen *et al.*, 2003; Clarke et Kerrigan, 2002; Melena *et al.*, 2000; Sousa et Mitchell 1999). D'autres facteurs, comme les maladies ou les pestes, peuvent occasionner la destruction d'une mangrove. Par exemple, la densité de bernacles sur les branches, troncs et rameaux des palétuviers affecte la croissance, la productivité nette et la survie de ces derniers, dû aux stress physique et physiologique qu'elle engendre (Li et Chan, 2008; Perry, 1988; Santhakumaran et Sawant, 1994). De plus, la communauté d'insectes herbivores présente dans la canopée des mangroves exerce aussi des pressions sur les végétaux et peut causer beaucoup de dommages aux feuilles et aux graines des palétuviers, allant jusqu'à 35 % de la perte des feuilles de certaines espèces en Australie (Robertson, 1991; Robertson *et al.*, 1990).

Malgré ces menaces naturelles, les mangroves ont généralement une bonne capacité de régénération (NOAA, 2002). Malheureusement, le rétablissement d'une mangrove, suite à un désastre naturel, peut être ralenti ou même annulé si celle-ci est également affectée par des menaces anthropiques.

2.2 Menaces anthropiques

La destruction des mangroves est souvent due à l'ignorance de l'homme à l'égard des conséquences possibles de la perte de cette forêt unique (King et Adeel, 2002). Près de 40 % de la population mondiale vit à l'intérieur de 100 km de distance du littoral côtier (Primavera, 2006; UNDP *et al.*, 2000). Souvent agglomérée dans des centres urbains, la population exerce des pratiques non durables qui dégradent les écosystèmes côtiers, dont les mangroves (Bandaranayake, 1998; King et Adeel, 2002; NOAA, 2002). De plus, le développement de

plusieurs grands centres urbains, tels que Singapore, Jakarta, Bangkok, Rangoon, Calcutta, Bombay et Recife, a résulté en la perte de grands nombres de mangroves (King et Adeel, 2002). Plus spécifiquement, des études ont évalué que plus de 70 % des mangroves ont déjà été détruites en Indonésie, Thaïlande et aux Philippines (King et Adeel, 2002). En raison de cette proximité par rapport à l'urbanisation, la déforestation occasionnée par la cueillette de bois de chauffage, de charbon et de construction affecte également l'état de ces écosystèmes (NOAA, 2002; UNEP-WCMC, 2006). L'agriculture, l'élevage de bétail et la production de sel sont également des pressions anthropiques contribuant à la perte de ces forêts (King et Adeel, 2002). En résumé, la pauvreté entraîne les communautés côtières dans un cercle vicieux reliant le besoin monétaire des individus à l'augmentation des pressions sur les ressources naturelles, produisant une surexploitation de ces dernières et la dégradation du milieu qui, par le fait même, accentuent la pauvreté des communautés (Adeel et King 2002).

En plus d'être responsables des pressions directes exercées sur les mangroves, les activités anthropiques affectent aussi ces écosystèmes de manière indirecte. En effet, les centres de population et l'industrialisation relâchent dans l'environnement et les cours d'eau divers métaux lourds ou des sédiments pouvant en contenir (Mackey *et al.*, 1992). Les mangroves, en raison de leur proximité des centres urbains dans les régions tropicales côtières, reçoivent régulièrement des apports de cette pollution, mais sont, du même coup, impliquées dans le contrôle de la pollution provenant des métaux (Tam et Yao, 1998). Par contre, bien que les sédiments présents dans les mangroves aient une grande capacité d'absorption et de rétention, des perturbations humaines ou naturelles peuvent cependant inverser le rôle de réservoir des mangroves et générer une libération de métaux lourds (Clark *et al.*, 1997; Goreau et de Mello, 2007; Tilmant *et al.*, 1994).

Des huiles peuvent également s'épandre dans l'écosystème côtier suite à des explorations de gisements de gaz, à la production de pétrole et à des déversements accidentels. Les nettoyages après ces catastrophes sont coûteux et difficiles (IUCN, 1993). Les conséquences sont nombreuses et significatives, par exemple, l'effet premier et quasiment immédiat est la

défoliation des arbres (Melville *et al.*, 2009). Il a aussi été démontré que les huiles affectent négativement les chances de survie des graines de palétuviers à l'intérieur d'une période de six mois, et généralement, elles occasionnent la mort de la plante après quelques années (Grant *et al.*, 1993; Melville *et al.*, 2009). De plus, la contamination de l'environnement par les hydrocarbures peut affecter les communautés benthiques présentes dans les mangroves, puis la chaîne alimentaire entière (Reid et MacFarlane, 2003). La modification de l'habitat est l'une des conséquences indirectes de cette pollution, puisque les contaminants provenant d'huiles sont persistants dans les sédiments du milieu, ce qui ralentit significativement le rétablissement de l'habitat (Burns *et al.*, 2000).

Les rejets agricoles et les déversements d'eaux usées représentent potentiellement des sources de nutriments essentiels, dont l'azote et le phosphore (Tam et Wong, 1996b). De fait, les mangroves ont longtemps été des habitats prioritaires afin de déverser les rejets d'eaux usées pour diverses raisons : les courants participent à leur dispersion sur de larges étendues, la végétation elle-même retire les nutriments de l'environnement et les sols, les algues, la communauté microbienne et les processus physiques absorbent de grandes quantités de ces polluants (Wong *et al.*, 1995). Par contre, lorsque ces rejets sont présents en trop forte concentration, ils deviennent des agents de pollution pour ces écosystèmes (Tam et Wong, 1996a, 1996b). De forts taux de pollution organique peuvent contribuer aux maladies, à la mort et aux changements de compositions des espèces dans les mangroves. La pollution peut avoir des effets en cascades sur les populations d'invertébrés (Vane *et al.*, 2009). En plus des nutriments provenant des engrais, les herbicides et les pesticides s'ajoutent à la pollution provenant des terres agricoles et pouvant contaminer les cours d'eau, les mangroves et les récifs coralliens (NOAA, 2002).

Toutes les modifications de l'environnement étant liées aux changements climatiques actuels et futurs, c'est-à-dire les changements du niveau de l'eau, les tempêtes, les précipitations, la température, les concentrations de gaz carboniques atmosphériques et océaniques et la circulation des courants marins, constituent aussi des menaces potentielles pour les

mangroves, qui doivent ou devront s'y adapter par différents mécanismes (Gilman *et al.*, 2008).

Toutes ces pressions anthropiques affectent les écosystèmes mangroviens à divers degrés. Par contre, l'une des menaces actuelles les plus préoccupantes pour ces habitats est la conversion des mangroves à des fins d'aquaculture et plus particulièrement, le développement rapide de la crevetticulture (Duke *et al.*, 2007; Hein, 2000; Primavera, 1997; Valiela *et al.*, 2001).

2.2.1 L'industrie de la crevette

La croyance populaire qui a longtemps dépeint les océans comme étant une source inépuisable de ressources aquacoles, est maintenant de plus en plus réajustée au contraste de la réalité (NRC, 1999). La surexploitation de ces ressources dans tous les océans du monde ainsi qu'une augmentation de la population humaine ont créé un besoin immédiat dans la quête d'une solution vis-à-vis cette problématique (Delgado *et al.*, 2003, NRC, 1999). Les élevages de poissons et de crustacés ont répondu à cette urgence. Entre 1986 et 1996, la production en aquaculture a plus que doublé en termes de poids et de valeurs économiques. Aujourd'hui, plus de 25 % de la consommation en poissons provient de cette industrie (FAO, 1999). L'aquaculture est qualifiée de « révolution bleue » et est régulièrement comparée à la « révolution verte » liée au développement de l'agriculture moderne. Tout comme cette dernière, l'aquaculture a été incitée universellement sur la base de deux arguments de poids, soient de mettre un terme à la faim dans le monde en offrant une source de protéines à un prix raisonnable et d'assurer des revenus aux communautés côtières des pays en voie de développement (Stonich et Bailey, 2000).

Malheureusement, le potentiel de l'aquaculture à réduire la faim dans le monde et à amener une source de revenus aux communautés les plus défavorisées, a été entravé par l'élevage d'espèces de poissons et de crustacés carnivores destinées à être exportées vers les marchés de

l'Europe, des États-Unis et du Japon (Stonich et Bailey, 2000). Le principal motif derrière ce développement étant le potentiel lucratif de cette activité pour les producteurs et les fournisseurs, ce qui est particulièrement vrai pour la crevetticulture (Stonich et Bailey, 2000).

L'aquaculture est une activité pratiquée depuis plusieurs siècles. En Asie, certaines espèces de poissons et de crustacés ont été élevées dans les régions côtières depuis plus de 3 000 années utilisant des méthodes traditionnelles (Stickney, 1979). Les origines de la crevetticulture industrielle ont été retracées au Japon dans les années 1930 où *Penaeus japonicus* était élevée et reproduite (Rönnbäck, 2001). Quelques décennies plus tard, le commerce de crevettes d'élevage a pris de l'importance particulièrement vers la fin des années 60 et dans le début des années 70. Toutefois, ce n'est que dans les années 80 que la crevetticulture a connu une croissance spectaculaire en raison de la demande, de l'amélioration des technologies, de la modernisation des écloséries et de l'introduction de formules alimentaires conçues pour favoriser la croissance des crevettes (Rönnbäck, 2001). En 1975, la crevetticulture produisait seulement 2,5 % des crevettes consommées, alors que dans les années 90, cette production représentait plus de 30 % de la consommation (Rönnbäck, 2001). La recrudescence remarquable de cette activité est due à la forte valeur économique des crevettes sur le marché, de même qu'à la hausse de sa demande, créant ainsi un attrait considérable pour les secteurs privés et publics (World Bank *et al.*, 2002). Plus de 50 pays ont développé la crevetticulture, et 99 % de la production provient des pays en voie de développement (Stonich et Bailey, 2000; Weidner et Rosenberry, 1992). Plus spécifiquement, près de 80 % des crevettes proviennent de l'Asie, dont la Thaïlande, la Chine, l'Indonésie, l'Inde et le Vietnam (Stonich et Bailey, 2000; World Bank *et al.*, 2002). Dans l'hémisphère ouest, c'est l'Équateur qui vient en tête des pays producteurs de crevettes (Tableau 2.1) (Rönnbäck, 2001).

Tableau 2.1 Les 25 principaux pays producteurs de crevettes classés selon leur production en mégatonnes métriques et la valeur de leur production en dollars américains en 2000.

| Country/Territory | Production(MT) | Production (,000 US\$) |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Thailand | 299,700 | 2,125,384 |
| China | 217,994 | 1,307,964 |
| Indonesia | 138,023 | 847,429 |
| India | 52,771 | 393,938 |
| Vietnam | 69,433 | 319,392 |
| Ecuador | 50,110 | 300,660 |
| Philippines | 41,811 | 271,385 |
| Bangladesh | 58,183 | 199,901 |
| Mexico | 33,480 | 194,184 |
| Brazil | 25,000 | 175,000 |
| Malaysia | 15,895 | 124,577 |
| Colombia | 11,390 | 91,120 |
| Sri Lanka | 6,970 | 78,342 |
| Taiwan, Province of China | 7,237 | 60,483 |
| Honduras | 8,500 | 59,500 |
| Venezuela | 8,200 | 34,030 |
| Australia | 2,799 | 27,557 |
| Madagascar | 4,800 | 24,000 |
| Nicaragua | 5,411 | 17,423 |
| USA | 2,163 | 14,513 |
| Belize | 2,648 | 12,710 |
| New Caledonia | 1,723 | 12,061 |
| Costa Rica | 1.350 | 11,475 |
| Panama | 1,212 | 6,399 |
| Peru | 512 | 3,741 |

Traduction libre

Source: World Bank, NACA, WWF et FAO (2002). p. 12

En milieu naturel, la reproduction des crevettes du genre *Penaeus* s'effectue en eau salée. Quelques semaines après leur éclosion, les crevettes post-larvaires, s'étant métamorphosées plusieurs fois auparavant, se réfugient près des côtes ou dans les estuaires, où les mangroves sont des zones de croissance privilégiées (Dall *et al.*, 1990). La croissance des crevettes s'échelonne sur quelques mois et lorsque la maturation est atteinte, ces crustacés retournent en mer afin de compléter leur cycle de vie (Rönnbäck, 2001).

Le cycle de production de la crevette en milieu d'élevage est quant à lui illustré à la figure 2.1, avec l'exemple de la crevette à pattes blanches, *Penaeus vannamei*. Les crevettes post-larvaires qui sont entreposées dans les bassins d'élevage ont la possibilité de provenir de trois sources. Premièrement, de par l'action des marées, les crevettes post-larvaires du milieu côtier peuvent s'introduire naturellement dans les étangs d'élevage où elles seront conservées et nourries. Deuxièmement, les femelles sexuellement matures et les crevettes post-larvaires présentes en milieu naturel peuvent être capturées et entreposées. Troisièmement, les crevettes post-larvaires peuvent être produites en écloseries (Rönnbäck, 2001). Par contre, malgré un avancement récent des programmes de reproduction artificielle, les écloseries de certains pays dépendent toujours d'un apport continu de femelles matures sauvages (World Bank *et al.*, 2002). Généralement, les éleveurs de crevettes emploient des cycles de production à une ou deux phases. La première option représente le développement des crevettes à partir d'individus post-larvaires alors que la production à deux phases réfère à des crevettes post-larvaires qui ont initialement été entreposées dans des bassins d'élevage larvaire (Rönnbäck, 2001). Dépendamment de l'espèce et de divers facteurs extérieurs, une période de trois à six mois est nécessaire afin d'obtenir des crevettes de taille commerciale (World Bank *et al.*, 2002).

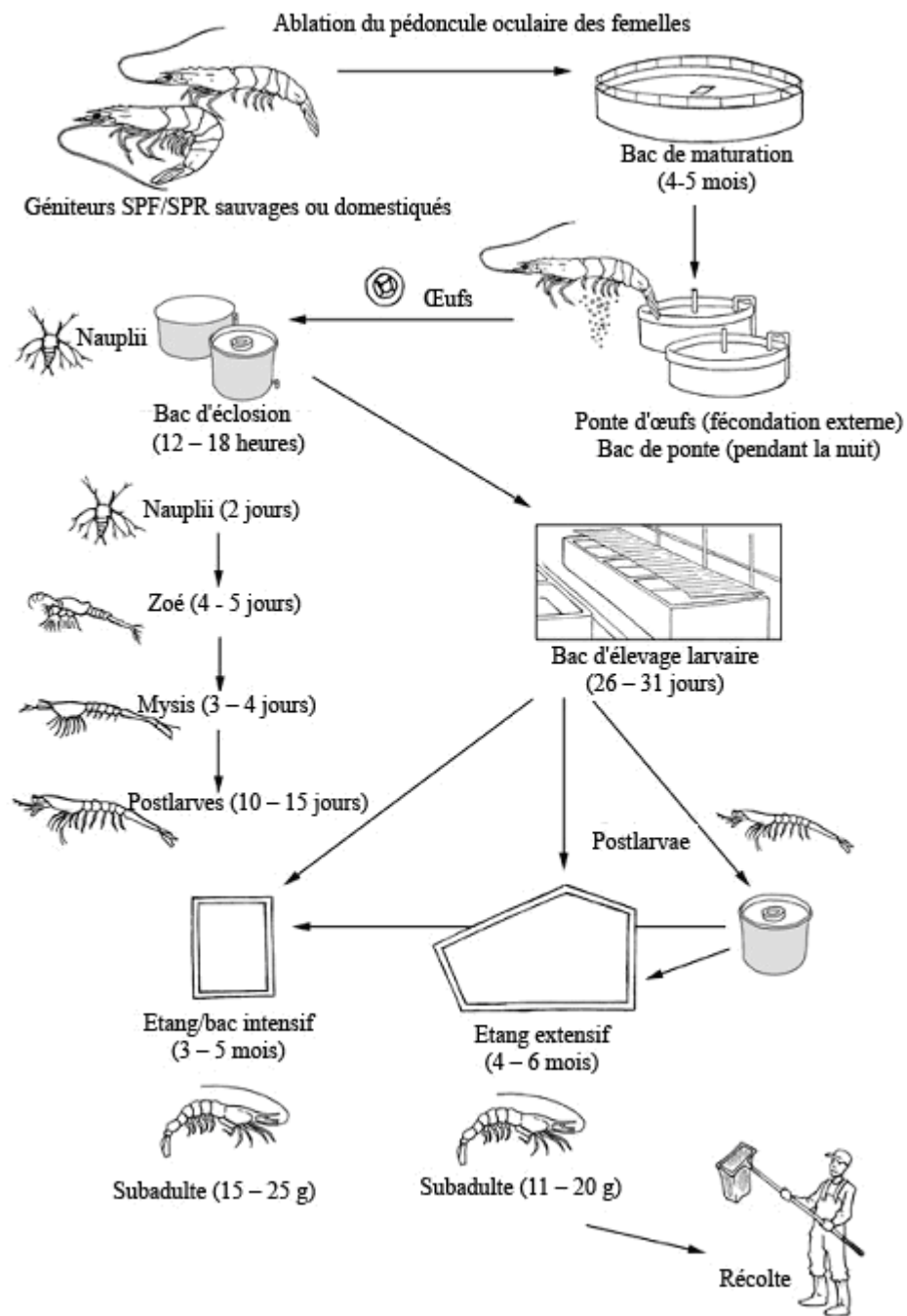


Figure 2.1 Le cycle de production de *Penaeus vannamei* en milieu d'élevage

Traduction libre

Source : Briggs, M. (2009) www.fao.org/fishery/culturedspecies/Litopenaeus_vannamei/fr

Bien que les premiers élevages de crevettes aient été initialement effectués sur l'espèce *Penaeus japonicus* (Rönnbäck, 2001), le développement récent et exponentiel de la crevetticulture a cependant été réalisé avec la crevette géante tigrée (*Penaeus monodon*) (Hein, 2002). L'intérêt porté à cette espèce est lié à sa croissance rapide ainsi qu'à la grande taille que la crevette adulte peut atteindre (Rönnbäck, 2001). Elle possède donc un potentiel économique élevé pour les éleveurs. De fait, en 2000, l'élevage de cette espèce représentait plus de 52 % de la production mondiale de crevettes et générait des revenus de plus de quatre milliards de dollars américains (Tableau 2.2) (World Bank *et al.*, 2002).

Tableau 2.2 Principales espèces cultivées et classées selon leur production en mégatonnes métriques et la valeur de leur production en dollars américains en 2000.

| Shrimp species | Production (MT) | Production (,000 US\$) |
|---|------------------------|-------------------------------|
| Giant tiger prawn <i>Penaeus monodon</i> | 571,499 | 4,032,044 |
| Fleshy prawn <i>Penaeus chinensis</i> | 219,152 | 1,324,969 |
| Whiteleg shrimp <i>Penaeus vannamei</i> | 140,785 | 861,774 |
| Penaeid shrimp <i>Penaeus</i> spp (spp not given) | 74,694 | 312,971 |
| Banana prawn <i>Penaeus merguensis</i> | 45,718 | 179,933 |
| Metapenaeid shrimp <i>Metapenaeus</i> spp | 21,149 | 78,263 |
| Kuruma prawn <i>Penaeus japonicus</i> | 3,184 | 24,497 |
| Indian white prawn <i>Penaeus indicus</i> | 4,371 | 23,094 |
| Southern white shrimp <i>Penaeus schmitti</i> | 1,350 | 4,725 |
| Natantian decapods <i>Natantia</i> | 540 | 3,529 |
| Blue shrimp <i>Penaeus stylirostris</i> | 503 | 2,017 |
| Akiami paste shrimp <i>Acetes japonicus</i> | 544 | 408 |
| Redtail prawn <i>Penaeus penicillatus</i> | 44 | 275 |
| Palaemonid shrimp, spp not given | 110 | 330 |
| Total | 1,083,641 | 6,863,537 |

Traduction libre

Source : World Bank, NACA, WWF et FAO (2002). p. 11

Dans la littérature, différents systèmes de production de crevettes ont été décrits allant du système traditionnel au système ultra-intensif. Toutefois, les méthodes d'élevage les plus couramment utilisées sont celles dites extensives, semi-intensives et intensives (World Bank *et al.*, 2002). Ces systèmes possèdent des caractéristiques propres à chacun et diffèrent, entre autres, selon la densité de crevettes présentes dans les bassins, le niveau de gestion accordé à

l'élevage et le contrôle de divers paramètres comme l'ajout d'éléments nutritifs et l'emploi de produits chimiques (World Bank *et al.*, 2002). Les caractéristiques de ces trois systèmes de production seront résumées à la fin de cette sous-section dans le Tableau 2.3.

Le système de production extensif dépend des avantages offerts par le milieu naturel, particulièrement de l'écosystème mangrovien et des marais salins (Hein, 2000; World Bank *et al.*, 2002). L'action des marées est responsable de l'apport alimentaire des crustacés présents dans les bassins et permet les échanges d'eau ainsi que son oxygénation; le pompage artificiel de l'eau et l'utilisation d'aérateurs sont donc inutiles dans ce type d'élevage (World Bank *et al.*, 2002). Dans ce système d'élevage, les fertilisants et la chaux sont rarement utilisés afin de favoriser la croissance algale et d'augmenter la disponibilité de la nourriture. Habituellement, il en résulte une faible quantité de crevettes par unité de surface, soit entre 1 à 3 crevettes par m², générant, par conséquent, une production annuelle modeste qui varie entre 200 et 500 kg de crevettes par 0,01 km² par an¹ (Hein, 2000; Hein, 2002; Rönnbäck, 2001; World Bank *et al.*, 2002). En raison du besoin en infrastructures limité, des terres peu coûteuses et du rôle important du milieu naturel dans ce système de production, il est accessible à un plus grand nombre de producteurs (Rönnbäck, 2001). Ces petits producteurs sont généralement des individus sans connaissances, ni expériences dans le domaine de l'aquaculture. Un crédit monétaire est rarement accordé pour ce type d'activité et il revient à l'individu ou à la famille de se charger personnellement du financement de la production (Rönnbäck, 2001).

Les systèmes de production extensifs demandent un minimum de contrôle des paramètres aquatiques puisqu'ils dépendent directement du milieu naturel. Les faibles densités de crevettes dans ces étangs d'élevage et la qualité de l'eau font de ces environnements des milieux peu propices aux maladies (Hein, 2000; Rönnbäck, 2001). En revanche, les bassins peuvent être sujets à des inondations, occasionnées par de fortes marées lors de tempêtes

¹ Il est à noter que les données concernant les productions annuelles et les densités de crevettes dans les différents systèmes de production peuvent différer légèrement d'une source littéraire à l'autre

tropicales ou de pluies excessives, provoquant ainsi la libération des crevettes dans le milieu naturel, et conséquemment, la perte de la production (Rönnbäck, 2001).

Le système de production semi-intensif réfère à l'utilisation des bassins ou d'étangs qui remplacent la végétation et dont les densités de crevettes vont au-delà de ce que l'environnement naturel pourrait normalement permettre (Rönnbäck, 2001). Ces densités varient généralement entre 3 à 10 crevettes par m² mais peuvent parfois atteindre jusqu'à 20 crevettes par m² (Rönnbäck, 2001). Les crevettes séjournent habituellement dans des bassins de maturation pendant leur stade post-larvaire puis sont transférées dans un milieu où les densités sont plus faibles, ce qui favorise leur croissance. La production maximum de ce système se situe entre 2 à 6 tonnes métriques de crevettes par 0,01 km² par année (Rönnbäck, 2001).

Le système de production semi-extensif nécessite une gestion de l'activité plus importante, des interventions dans les opérations plus fréquentes et un contrôle des paramètres aquatiques plus serré que dans les systèmes de production extensifs. Les coûts associés à ce type de production sont donc plus élevés et sont liés, entre autres, à des bassins d'élevage plus complexes, à l'énergie nécessaire au bon fonctionnement des dispositifs, à l'achat de formules alimentaires afin d'augmenter la nourriture naturelle dans les bassins, à l'acquisition de crevettes post-larvaires pour débiter la production, à la main d'œuvre, à l'installation d'aérateurs pour oxygéner l'eau et à l'emploi de systèmes de pompage qui permet des échanges d'eau (Hein, 2000; Rönnbäck, 2001; World Bank *et al.*, 2002). Dans les élevages semi-intensifs, entre 10 et 20 % de l'eau peut être renouvelée quotidiennement. Plus la production est élevée, plus la demande en capital est importante et plus les risques sont élevés. En raison de l'augmentation de la densité de crevettes dans les bassins de d'élevage, les risques de mortalité et de maladies sont également accrus, de par la déplétion de la qualité de l'eau, la réduction de l'oxygène disponible et le stress. Le capital nécessaire pour démarrer un tel élevage de crevettes est souvent un obstacle pour les petits producteurs (Rönnbäck, 2001).

Le système de production intensif comprend également plusieurs petits bassins qui remplacent la végétation originelle. La densité de crevettes dans ces bassins est très élevée, soit entre 10 à 50 crevettes par m² (Rönnbäck, 2001). Cet élevage requiert des infrastructures adéquates et onéreuses, un apport élevé et régulier de nourriture commerciale ainsi que des systèmes de pompes d'eau et d'aération constants afin de conserver une qualité d'eau appropriée (World Bank *et al.*, 2002). Le pourcentage d'échange d'eau par jour pour un élevage intensif de crevettes se situe approximativement à 30 % (Weidner et Rosenberry, 1992). Les techniques d'élevage étant devenues plus sophistiquées, la production de crevettes intensive demande un investissement financier beaucoup plus élevé pouvant varier entre 10 000 et 100 000 dollars américains par 0,01 km². Généralement contrôlée par l'élite de la production locale ou par des investisseurs étrangers, cette activité permet, par contre, une production relativement constante et un rendement annuel d'environ de 7 à 15 tonnes métriques de crevettes par 0,01 km² par année (Rönnbäck, 2001; Tookwinas, 1999; Weidner et Rosenberry, 1992). En revanche, les densités élevées de crevettes dans les bassins augmentent sérieusement les risques de maladies qui sont susceptibles de causer énormément de dommages aux productions (Barraclough et Finger-Stich, 1996).

Dans la plupart des pays producteurs de crevettes, les gouvernements encouragent fortement les systèmes de crevetticulture intensifs en raison de leur potentiel économique élevé. La majorité des élevages de crevettes qui se sont établies au début des années 90 sont des productions semi-intensives ou intensives. En revanche, la majeure partie de la production mondiale est basée sur des systèmes extensifs qui sont davantage respectueux de l'environnement (Weidner et Rosenberry, 1992). Toutefois, ces différents systèmes de production interagissent directement avec l'environnement autant sur le plan écologique, social, qu'économique.

Tableau 2.3 Caractéristiques des trois principaux systèmes de production de crevettes soient extensifs, semi-intensifs et intensifs.

| | Extensive | Semi-intensive | Intensive |
|--|---|-----------------------|-----------------------|
| Pond size (ha) | 1-10 | 1-2 | 0.1-1 |
| Stocking | Natural + artificial | Artificial | Artificial |
| Stocking density (seed/m²) | 1-3 | 3-10 | 10-50 |
| Seed source | Wild + Hatchery | Hatchery + wild | Hatchery |
| Annual production | 0.6-1.5 t/ha/yr | 2-6 t/ha/yr | 7-15 t/ha/yr |
| Feed source | Natural | Natural + Formulated | Formulated |
| Fertilisers | Yes | Yes | Yes |
| Water exchange | Tidal + pumping <5% daily | Pumping <25% daily | Pumping >30% daily |
| Aeration | No | Yes | Yes |
| Diversity of crops | Majority monoculture, some polyculture with fish | Monoculture | Monoculture |
| Disease problems | Rare | Moderate to frequent | Frequent |
| Employment | <7 persons/ha | 1-3 persons/ha | 1 person/ha |
| Production cost per kg | US \$1-3 | US \$2-6 | US \$4-8 |

Traduction libre

Source : Rönnbäck, P. (2001). p. 6

Chapitre 3

Les impacts de la crevetticulture sur l'environnement

Dans plusieurs pays la crevetticulture s'est développée très rapidement. Les cultivateurs, attirés par le potentiel économique offert par cette industrie, se sont joints à cette activité sans avoir de formation spécifique, ni connaissance ou expérience dans le domaine (Flaherty *et al.*, 2000). D'autres facteurs, comme des installations inadéquates, un manque de gestion et de réglementation concernant l'usage de produits chimiques, ont engendré de graves impacts sur l'environnement et sur les communautés avoisinantes des sites d'élevage de crevettes (Barraclough et Figer-Stich, 1996). Ce chapitre détaille les impacts écologiques, sociaux et économiques générés par la crevetticulture.

3.1 Impacts écologiques

L'industrie de la crevette profite d'un succès économique qui s'est réalisé au détriment de la santé des écosystèmes (Hein, 2002). Un large éventail d'études décrit les conséquences engendrées par la crevetticulture sur l'environnement. Ces dernières touchent autant la dégradation et la perte des mangroves et des écosystèmes marins adjacents, que la salinisation des terres et des sources d'eau douce, la pollution générée par l'industrie, l'introduction de maladies ainsi que la diminution des populations de crevettes indigènes et des espèces non-ciblées (Barraclough et Figer-Stich, 1996; Hein, 2002; Pradhan et Flaherty, 2008; Primavera, 2006). Quoiqu'il en soit, très peu d'informations existent dans la littérature sur les effets cumulatifs de ces impacts.

3.1.1 Dégradation des mangroves et des écosystèmes marins adjacents

La crevetticulture est l'une des principales causes destructrices des mangroves, c'est-à-dire que 38 % de la perte globale de ces forêts est due au développement de l'élevage de la crevette (Valiela *et al.*, 2001). De plus, lorsque ce secteur d'activité incorpore l'élevage des poissons ainsi que la mariculture en général, la part de responsabilité de cette industrie vis-à-vis la perte de ces forêts augmente jusqu'à 52 % (Valiela *et al.*, 2001).

La destruction des mangroves est causée directement par la conversion des forêts en bassins d'élevage pour les crevettes (Dewalt *et al.*, 1996). Par exemple, aux Philippines, 50 % de cet écosystème a été détruit afin de mettre en place les installations nécessaires à l'élevage de la crevette (Primavera, 1991), alors qu'au sud-est de l'Asie, il est question d'une élimination de 50 à 80 % de ces forêts (Wolanski *et al.*, 2000). Cette industrie est également la source de nombreux impacts indirects ayant modifié l'habitat naturel des mangroves et résulté en une dégradation de ces dernières. Entre autres, les modifications physiques de l'environnement, afin de permettre la mise en place d'infrastructures, de bassins d'élevage, de canaux et de routes d'accès, provoquent généralement des changements au niveau de l'hydrologie locale, de la salinité et de la sédimentation (Corea *et al.*, 1998; Dewalt *et al.*, 1996; Pradhan et Flaherty, 2008). Le développement de la crevetticulture a également conduit à la dégradation d'habitats associés aux mangroves, tels que les milieux humides, les marais salés et les lagunes. La perte de ces habitats ainsi que l'augmentation de la pollution liée à la crevetticulture menacent également les écosystèmes marins adjacents comme les récifs coralliens et les lits d'herbes marines (Fortes, 1988). La perte et la dégradation de ces habitats affectent sévèrement la biodiversité et l'intégrité écologique de ces régions (Barraclough et Figer-Stich, 1996; Fortes, 1988; Low *et al.*, 1994).

Généralement, les régions tropicales côtières où les mangroves colonisent la zone intertidale présentent un profil commun, c'est-à-dire que l'on retrouve des prairies marines en eaux peu

profondes en avant-plan de ces forêts uniques, suivi de récifs coralliens tel qu'illustré dans la Figure 3.1 (Huang *et al.*, 2006; Moberg et Folke, 1999). Ces trois écosystèmes peuvent être isolés les uns des autres, toutefois plusieurs recherches ont mis en évidence des interactions biologiques et physiques les unissant. Les mangroves, les lits d'herbes marines et les récifs coralliens étant étroitement liés, les biens et services qu'ils offrent, peuvent dépendre de la santé de l'un de ces écosystèmes voisins (Moberg et Folke, 1999).

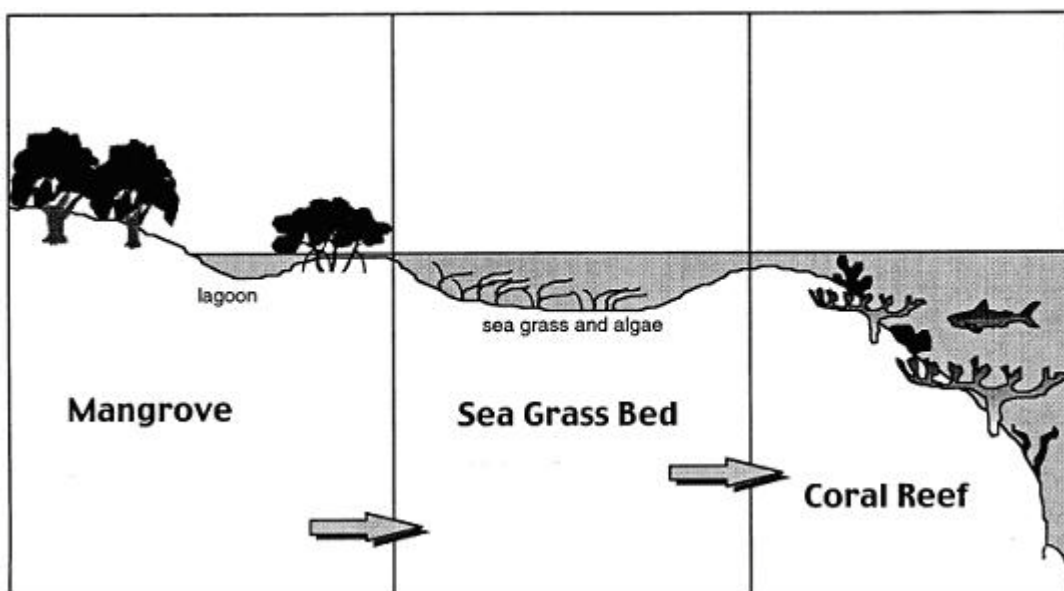


Figure 3.1 Géomorphologie côtière tropicale représentant les interactions entre les mangroves, les prairies marines et les récifs coralliens

Traduction libre

Modification de : Moberg, F. et Folke, C. (1999). p. 218

La crevetticulture pollue directement les eaux côtières en relâchant des effluents qui contiennent des déchets organiques et chimiques (Flaherty *et al.*, 2000). Ceci provoque l'eutrophisation du milieu et une prolifération d'algues libérant des toxines qui affectent les mangroves et les écosystèmes adjacents (Smith *et al.*, 1999). De plus, la coupe des mangroves retire le filtre naturel généré par les systèmes racinaires des palétuviers, laissant la place à l'érosion et à une sédimentation excessive. Les herbes marines qui nécessitent une luminosité

importante afin de croître et sont généralement privées de lumière en raison de la matière en suspension. Cette dernière réduit le taux de photosynthèse, et par conséquent, la production primaire et secondaire (Huang *et al.*, 2006). Aussi, l'augmentation d'algues épiphytes liée à l'enrichissement des eaux en nutriments par la crevetticulture est une cause probable de la détérioration des lits d'herbes marines (Huang *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 1999).

3.1.2 Salinisation des terres et des sources d'eau

L'augmentation de la crevetticulture a rapidement comblé l'espace qui était disponible dans le milieu côtier. Afin de pouvoir étendre cette pratique, une coupe intensive des mangroves a été exercée (Be *et al.*, 1999) ainsi qu'une conversion de vastes étendues initialement destinées à diverses cultures, dont celle des palmiers à sucre, de certains fruits ainsi que du riz (Binh *et al.*, 2005; Flaherty *et al.*, 2000; Primavera, 1997). Une étude récente de Pradhan et Flaherty (2008) a montré que 68 % des producteurs de crevettes interrogés cultivaient le riz antérieurement. La valeur économique des crevettes par rapport à celle du riz étant bien supérieure, les agriculteurs ont facilement été convaincus par le fort potentiel lucratif de cette industrie. Dans les faits, le revenu d'un éleveur de crevettes, en Thaïlande, peut dépasser de seize fois le revenu de celui qui entretient des rizières (Flaherty *et al.*, 2000).

Malheureusement, après quelques saisons d'élevage, bon nombre de paysans ont constaté un déclin de la productivité des terres agricoles adjacentes aux bassins d'élevage de crevettes. Il a été déterminé que la salinisation des terres était impliquée dans cette baisse de productivité (Barraclough et Figer-Stich, 1996; Pradhan et Flaherty, 2008). Les effets de la salinisation sur la productivité des cultures de riz ont été bien documentés (Greenland, 1997; Tchiadje, 2007). Toutes les variétés de riz sont sensibles à la variation de la salinité des sols. L'inhibition de la croissance des semences, la réduction de la rentabilité et l'augmentation de la sensibilité des végétaux vis-à-vis les attaques d'insectes sont généralement le résultat d'une hausse de la salinité du milieu (Salim *et al.*, 1990). Sous les bassins d'élevage de crevettes, un dépôt et une

accumulation de sel se produisent au niveau du sol et, avec le temps, le sel s'infiltré et salinise les terres agricoles adjacentes (Be *et al.*, 1999; Flaherty *et al.*, 2000; Szuster et Flaherty, 2002). La salinité des eaux environnantes peut également augmenter et affecter ces terres lors de l'irrigation (Be *et al.*, 1999; Flaherty *et al.*, 2000). Lors d'une étude à ce sujet, Braaten et Flaherty (2001) ont estimé qu'en moyenne 84 % du sel des eaux utilisées dans les bassins d'élevage situés à l'intérieur des terres est relâché dans les canaux d'irrigation, alors que 6 % est déposé dans les sédiments recueillis sous les bassins. Ces mêmes auteurs ont noté que même si aucun effluent n'était évacué dans l'environnement, près de la moitié du sel contenu dans les bassins d'élevage, soit 45 %, s'infiltré dans les terres avoisinantes.

En outre, les modifications de l'hydrologie locale causées par l'installation d'infrastructures peuvent provoquer des inondations qui n'étaient pas coutume avant l'arrivée de bassins d'élevage. Les inondations d'eaux saumâtres ou salées affectent directement les terres agricoles par l'infiltration du sel dans ces sols (Achuthankutty et Sreepada, 1998). De plus, la coupe des mangroves a considérablement affaibli la protection des rivages contre ces inondations d'eau salée et a rendu, par la même occasion, les terres agricoles situées près du milieu côtier davantage vulnérables à la salinisation (Barracough et Figer-Stich, 1996, Primavera, 1997).

La salinisation des sources d'eau douce est également un problème commun associé à la crevetticulture. Tel que décrit dans le chapitre précédent, il existe différentes méthodologies d'élevage de crevettes utilisées afin d'obtenir le produit désiré. Certains bassins fonctionnent grâce à un système de pompage d'eau douce souterraine (Barracough et Figer-Stich, 1996, Primavera, 1997). La diminution des nappes phréatiques laisse place à une infiltration de l'eau côtière saline pouvant atteindre les sources d'eau douce et saliniser les sols (Barracough et Figer-Stich, 1996).

Il est important de noter que certaines régions du monde ont des sols naturellement plus salins et que l'augmentation de la salinité dépend, entre autres, des saisons. Toutefois, les activités

anthropiques facilitent l'intrusion de sel dans les sols, comme la déforestation, l'agriculture et l'irrigation de terres. L'élevage de la crevette ne vient qu'amplifier le problème (Tho *et al.*, 2006).

3.1.3 Pollution

À travers le monde, plusieurs pays producteurs de crevettes ne possèdent que très peu d'informations et ont peu de contrôles et de régulations au sujet des produits employés dans cette industrie, autant par rapport à leurs composantes, qu'aux quantités exactes devant être administrées (GESAMP, 1997; Gräslund *et al.*, 2003). Analogiquement, l'environnement aquatique d'un bassin d'élevage intensif de crevettes est l'équivalent d'une recette culinaire complexe dont les ingrédients comprennent une forte concentration de moule enrichie, d'antibiotiques et d'autres produits chimiques comme des pesticides, des algicides, des désinfectants et de la chaux (Das *et al.*, 2004; Gräslund *et al.*, 2003). Cette pollution générée par la crevetticulture est le sujet d'inquiétudes portant sur les effets générés par les rejets d'eaux usées sur l'environnement marin ainsi que les impacts sur la santé humaine (Barraclough et Figer-Stich, 1996; Gräslund *et al.*, 2003).

Afin de maximiser les profits, les nouveaux éleveurs de crevettes tendent à exercer une production semi-intensive ou intensive, rassemblant ainsi de fortes densités de crevettes dans un même bassin (Barraclough et Figer-Stich, 1996). Les achats de crevettes post-larvaires sont onéreux et la survie de ces crevettes est une étape cruciale à la viabilité économique de la production (EJF, 2004). Généralement, ce désir de fortes rentabilités mène à l'utilisation d'une alimentation nutritive enrichie pour favoriser la production et de fortes concentrations de produits chimiques pour combattre le stress et les maladies présentes dans ces bassins surpeuplés (Hein, 2002). Les crevettes sont sensibles aux changements de concentration d'oxygène, c'est pourquoi les élevages intensifs demandent des systèmes d'oxygénation et de pompage afin de conserver un niveau d'oxygène et une qualité d'eau adéquats. Les échanges d'eau se font habituellement à partir d'une source d'eau environnante, telle une rivière, un

fleuve ou de l'eau souterraine, alors qu'à la sortie, les effluents sont rejetés dans des canaux, des rivières ou le milieu côtier (Jackson *et al.*, 2003b). Les échanges d'eau dans les bassins d'élevage varient selon le stade du cycle biologique de la crevette, passant de 0 % dans le premier mois à 30 % du volume d'eau par semaine lors des dernières étapes de croissance (Wolanski *et al.*, 2000). Toutefois, certains éleveurs dont les installations sont inadaptées peuvent relâcher quotidiennement entre 30 à 40 % des eaux usées dans l'environnement (Das *et al.*, 2004). Aujourd'hui, l'industrie de la crevette profite d'avancées technologiques, dont des systèmes où le rejet d'effluents est presque nul, ce qui permet de réduire les risques de maladies et de contrôler le traitement des eaux (Braaten et Flaherty, 2001). Par contre, parce que ces systèmes sont coûteux, un nombre élevé d'éleveurs continuent d'utiliser des systèmes de pompage rudimentaires et relâchent quotidiennement des eaux polluées dans les cours d'eau adjacents (EJF, 2004). Les trois principaux types de pollution sont la pollution organique, la pollution chimique et celle provoquée par les antibiotiques administrés aux élevages de crevettes (EJF, 2004).

Tout d'abord, les bassins d'élevage semi-intensifs et intensifs sont quotidiennement sujets à une pollution organique provenant de différentes sources dont l'ajout de nutriments et la production régulière de déchets organiques. Ces derniers comprennent de la matière solide issue principalement de l'érosion des bassins, des résidus de nourriture non consommée, des fèces, des carcasses de crevettes et des cellules planctoniques, ainsi que des métabolites dissous tels que de l'ammoniaque, de l'urée et du dioxyde de carbone (Briggs et Funge-Smith, 1994; Das *et al.*, 2004). La seconde source de pollution organique fait référence à l'ajout de suppléments nutritifs. Celui-ci est très faible dans les 60 premiers jours du cycle de l'élevage, soit le début de la croissance des crevettes. Il en est de même avec la production d'effluents et le besoin d'échanges d'eau qui sont modestes à cette période, puisque ces petits crustacés ne consomment que très peu de suppléments alimentaires (Burford *et al.*, 2003; Jackson *et al.*, 2003b). Toutefois, lors de la seconde moitié de leur cycle biologique, les crevettes nécessitent un apport nutritionnel important et une oxygénation régulière afin d'obtenir un environnement approprié (Jackson *et al.*, 2003a). De plus, des engrais organiques, comme du fumier de poules

ou de vaches, sont souvent ajoutés à l'eau pour favoriser la croissance de phytoplancton et ainsi, l'alimentation des crevettes. Ces engrais contribuent donc à augmenter la charge d'éléments nutritifs et de matière organique (GESAMP, 1997).

La matière organique particulaire et les nutriments qui ont été ajoutés séjournent dans la colonne d'eau jusqu'au moment où ils s'accumulent dans les sédiments des sols sous les bassins (Tookwinas, 1997). Les étangs d'élevage de crevettes sont des réservoirs de sédimentation efficaces. En fait, des quantités importantes de sédiments sont accumulées et posent un véritable problème à leur gestion. Entre 100 000 à 500 000 kg de sédiments par 0,01 km² par année sont accumulés sous ces bassins d'élevage (Rosenberry, 1994 cité dans Barraclough et Figer-Stich, 1996). La sédimentation excessive peut affecter directement la vie des communautés benthiques. En général, les sols deviennent anoxiques en raison d'une augmentation de la demande en oxygène au-delà des niveaux disponibles (Barraclough et Figer-Stich, 1996). Dans les cas extrêmes, il y a production excessive de dioxyde de carbone, de méthane et de sulfure d'hydrogène (Achuthankutty, 1997; Flaherty *et al.*, 2000). Dans ces endroits, une déplétion de la diversité et de l'abondance des communautés benthiques ainsi qu'une modification de la composition des populations microbiennes sont souvent notées (Achuthankutty, 1997).

Suite au retrait des crevettes, les bassins sont nettoyés et les sédiments riches en phosphore et azote, sont rejetés la plupart du temps dans des cours d'eau. Par exemple, une étude de Briggs et Funge-Smith (1994) a déterminé et résumé le flux du phosphate et de l'azote à partir d'une série de bassins dans le sud de la Thaïlande. Leurs résultats montrent que 95 % de l'azote et 71 % du phosphore présents dans les bassins d'élevage proviennent de la nourriture administrée aux crevettes et des engrais ajoutés. Respectivement, 24 % (N) et 13 % (P) de ces nutriments sont absorbés par les crevettes lors de leur alimentation, alors que 31 % de l'azote et une grande proportion du phosphate, soit 84 %, sont accumulés dans les sédiments. Le traitement de ces boues et la manière d'en disposer représentent donc une étape cruciale dans la crevetticulture en raison de leur forte concentration en nutriments inorganiques. Lorsque ces

dernières sont simplement relâchées dans les cours d'eau environnants, leur apport en nutriments s'additionne à ceux déjà contenus dans les eaux usées provenant des bassins d'élevage. Par contre, une très faible proportion d'entrepreneurs traitent et recyclent les effluents et les sédiments accumulés dans leurs bassins pour des raisons financières (Flaherty *et al.*, 2000). Après leurs rejets dans l'environnement, l'absorption de ces nutriments s'effectue lentement, et généralement, ils créent un environnement propice à la prolifération du phytoplancton, menant souvent à une efflorescence algale dans le milieu côtier (Achuthankutty, 1997; Barraclough et Figer-Stich, 1996; GESAMP, 1997). En retour, selon les espèces d'algues produites, des substances toxiques peuvent être libérées et ainsi affecter la faune et la flore marines (Smith *et al.*, 1999). La crevetticulture contribue donc à l'eutrophisation des systèmes aquatiques côtiers, bien que d'autres sources de perturbations anthropiques, comme l'industrialisation et l'agriculture, jouent un rôle plus important dans ce phénomène (Beveridge *et al.*, 1997).

La pollution organique n'est pas la seule responsable dans la contamination de l'environnement adjacente aux bassins de crevetticulture; à celle-ci vient s'additionner la pollution causée par les produits chimiques utilisés dans cette activité lucrative. Ces produits chimiques présentent d'ailleurs un large éventail de substances (EJF, 2004). Une étude réalisée par Gräslund *et al.* (2003) sur les impacts de l'élevage de la crevette en Thaïlande a recensé un total de 290 produits biologiques et chimiques, incluant des engrais, des pesticides et des désinfectants, des antibiotiques, des micro-organismes, des immunostimulants, des vitamines, des suppléments nutritifs, des traitements des sols et de l'eau et finalement, des produits inconnus. Les produits identifiés lors de cette étude ont été regroupés dans ces grandes catégories. Le pourcentage des 76 éleveurs interrogés et utilisant ces substances est représenté à la figure 3.2. La chaux est l'un des produits les plus communément utilisés pour le traitement des eaux et des sols, particulièrement afin de neutraliser l'acide sulfurique provenant des sols des mangroves (GESAMP, 1997). Les fertilisants organiques ou inorganiques sont employés pour favoriser la croissance du phytoplancton (GESAMP, 1997; Gräslund et Bengtsson, 2001; Gräslund *et al.*, 2003). Généralement, les engrais inorganiques comprennent une combinaison

de phosphate d'ammonium et d'urée, du phosphate de diammonium, du nitrate de calcium et du sulfate d'ammonium (GESAMP, 1997; Gräslund *et al.*, 2003). Ce dernier est non seulement appliqué afin d'augmenter la production de plancton, mais également pour éliminer les pestes et les prédateurs (Norfolk *et al.*, 1981 cité dans GESAMP, 1997). Certains produits, comme le chlore, sont utilisés comme désinfectants pour supprimer les bactéries et virus, mais également comme algicide, herbicide ou pour réguler le pH de l'eau contenue dans les bassins d'élevage (Gräslund et Bengtsson, 2001)

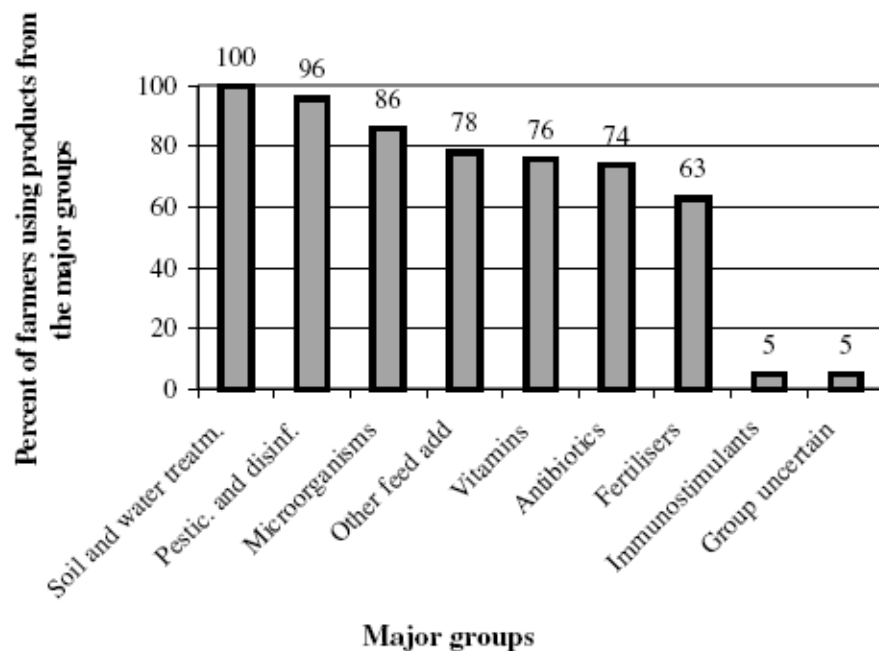


Figure 3.2 Pourcentage des éleveurs utilisant un ou plusieurs produits favorisant la production de crevettes selon les grands groupes de ces produits.

Traduction libre

Source : Gräslund, S. Holmström, K. et Wahlström, A. (2003). p. 84

Le terme « pesticide » est employé pour désigner plusieurs produits comme les désinfectants (formol, chlorite, ozone, peroxyde, détergents), ou les produits spécifiques à certains groupes d'organismes, par exemple, les poissons, escargots ou algues (Gräslund *et al.*, 2003). Les

pesticides peuvent persister dans les bassins et être relâchés dans l'environnement lors d'un changement d'eau ou lors du rejet des sédiments. Ils ont notamment un impact négatif sur les écosystèmes avoisinants (Gräslund et Bengtsson, 2001). Un bon nombre de ces produits chimiques ont été impliqués dans la mort massive d'oiseaux de rivage, de poissons, de crabes et de homards (Ocampo-Thomason, 2006). Par exemple, de fortes concentrations de formol ont été retrouvées dans les eaux adjacentes des bassins d'élevage après l'application de ce produit et elles ont été associées à la mort massive de poissons dans les mangroves avoisinantes (Primavera, 1993). De plus, certains matériaux de structure, comme le plastique, contiennent des substances additives, par exemple, des désinfectants, fongicides, stabilisants, pigments, antioxydants et absorbants de rayons ultraviolets. Ces composantes peuvent être lentement diluées dans les eaux et nuisent à cette même vie aquatique (GESAMP, 1997; Zitkom 1986). La présence de métaux lourds et de combustibles a également été notée dans des bassins d'élevage (Boyd et Massaut, 1999).

Les sous-produits de substances utilisées comme désinfectants peuvent également avoir des conséquences néfastes sur l'environnement (Boyd et Massaut, 1999; Gräslund et Bengtsson, 2001). Par exemple, le chlore ajouté aux eaux naturelles peut réagir avec des substances organiques ou certains ions et résulter en des hydrocarbures halogénés, dont plusieurs d'entre eux sont reconnus pour leur toxicité élevée et étant des agents cancérigènes (Abia *et al.*, 1998; Gräslund et Bengtsson, 2001). Un second exemple est le chlorate, sous produit inorganique, qui est très toxique pour les algues brunes (van Wijk et Hutchinson, 1995). De plus, un bon nombre des désinfectants utilisés sont des oxydants, comme le chlore et le peroxyde, et peuvent être dangereux pour la santé des travailleurs lors de leur manipulation (Boyd and Massaut, 1999). Une étude réalisée par Gräslund *et al.*, (2003), indique que seulement la moitié des éleveurs interrogés utilisaient des gants et des masques lors de l'emploi de ces produits. En outre, approximativement un éleveur sur huit présentait des problèmes de santé, tels que, nausée, brûlures, éruptions cutanées, irritations des yeux et problèmes respiratoires (Gräslund *et al.*, 2003).

La persistance de ces produits chimiques et de leurs sous-produits dans l'environnement est un sujet de vive inquiétude (GESAMP, 1997). Leur dégradation est influencée par divers facteurs comme la température, le pH, le taux d'oxygène dissous, l'intensité de lumière et la présence de micro-organismes (Gräslund et Bengtsson, 2001). Plusieurs produits chimiques utilisés en aquaculture sont rapidement dégradés, notamment le formol qui possède une demi-vie de 36 heures (GESAMP, 1997). Toutefois, ce n'est pas toujours le cas car certains produits peuvent prendre plusieurs mois avant de se dégrader dans l'environnement. Ces substances sont souvent retrouvées dans les sédiments et, non seulement elles affectent les organismes dans les bassins d'élevage, mais également ceux des écosystèmes avoisinants comme les mangroves, les lits d'herbes marines et les récifs coralliens (Gräslund et Bengtsson, 2001; Gräslund *et al.*, 2003). Les dangers de contamination de la chaîne alimentaire des écosystèmes mentionnés sont très élevés et, par le fait même, le deviennent pour la consommation humaine (Gräslund *et al.*, 2003).

Dans plusieurs pays, un bon nombre de produits chimiques a été banni et interdit dans l'élevage de crevettes, en raison des préoccupations de la santé publique. Toutefois, plusieurs facteurs contribuent à une application flexible de la législation, comme la disponibilité des produits sur le marché illégal et le manque d'informations essentielles sur les étiquettes des produits (noms des ingrédients, pourcentages, volumes et instructions d'utilisation sécuritaire) (Gräslund *et al.*, 2003). Parfois, les produits sont même dilués ou contaminés, ce qui en rend le dosage pratiquement impossible. Les risques d'utilisation de ces produits sur l'environnement sont souvent imprévisibles, particulièrement en ce qui a trait à la synergie entre les produits, leurs effets et les impacts accumulés. Les produits non-spécifiques à l'aquaculture haussent la difficulté d'anticipation de ces effets (EJF, 2004). De surcroît, des effets toxiques, mutagènes et létaux sur la flore et la faune avoisinantes ont été reconnus, suite à l'utilisation de produits chimiques dans l'élevage de crevettes (Gräslund et Bengtsson, 2001).

La pollution à l'intérieur des bassins d'élevage semi-intensifs et intensifs peut provenir d'une tierce source, soit les antibiotiques. Afin de réduire les risques de maladies présentes dans les

étangs à forte densité de crevettes, les éleveurs utilisent de nombreux antibiotiques (Holmströnm *et al.*, 2003; Primavera, 1991). Par exemple, une étude réalisée par Holmströnm *et al.* (2003) a montré que 74 % des producteurs de crevettes en Thaïlande utilisent un ou plusieurs antibiotiques dans leur élevage, et 14 % d'entre eux en administrent quotidiennement. De plus, au moins 13 antibiotiques différents ont été recensés par cette même étude, les plus communs étant les fluoroquinolones, suivis par les tétracyclines et les sulfamides. Ces antibiotiques, généralement mélangés à la nourriture, sont utilisés de manière prophylactique et pour traiter les maladies lorsque celles-ci apparaissent dans les bassins (Holmströnm *et al.*, 2003). L'usage exagéré d'antibiotiques contribue à accroître le développement de souches résistantes chez les agents pathogènes et résulte en une perte de leur efficacité, autant pour les élevages de crevettes que pour les utilisations médicales dans le domaine de la santé humaine (Achuthankutty, 1997; GESAMP, 1997; Gräslund *et al.*, 2003; Threlfall *et al.*, 2000).

Un autre problème lié à l'utilisation des antibiotiques est qu'une forte proportion de ceux-ci n'est ni consommée, ni assimilée par les crustacés, étant donné que la plupart des antibiotiques sont mélangés dans la nourriture des crevettes (Gräslund *et al.*, 2003). Ceux-ci s'enfouissent alors dans les sédiments des bassins d'élevage et peuvent demeurer intacts pendant plusieurs mois (Holmströnm *et al.*, 2003). Par exemple, les tétracyclines, les sulfamides et le triméthoprim sont reconnus comme étant de nature persistante, c'est-à-dire qu'ils possèdent une longue demi-vie (GESAMP, 1997). Les taux de dégradation d'antibiotiques peuvent varier selon la température, la profondeur d'enfouissement, la salinité et la condition anaérobie ou aérobie des sols (Chien *et al.*, 1999). Ces substances sont donc généralement relâchées dans l'environnement via les effluents ou les sédiments (Holmströnm *et al.*, 2003). Une fois dans l'environnement, les antibiotiques peuvent avoir divers effets. D'abord, s'ils sont présents dans les eaux de surface ils peuvent permettre aux agents pathogènes du milieu de développer des résistances ou encore de s'accumuler dans les tissus d'organismes de populations animales indigènes comme les poissons, les mollusques et les crabes. Aussi, s'ils sont accumulés dans les sédiments, ces substances peuvent affecter les activités microbiennes et conséquemment,

l'environnement benthique (Gräslund et Bengtsson, 2001). Plusieurs études récentes soulignent la toxicité des antibiotiques sur les organismes aquatiques, cependant ce domaine nécessite un examen plus approfondi afin d'obtenir un équilibre entre leurs utilisations en aquaculture et la modération de leurs effets sur l'environnement marin (Halling-Sorensen *et al.*, 2000; Hektoen *et al.*, 1995). Les communautés locales s'inquiètent également des conséquences que peuvent engendrer ces antibiotiques lorsqu'ils entrent dans la chaîne alimentaire, particulièrement lorsqu'il y a bioaccumulation dans les tissus d'organismes consommés par l'homme (Gräslund et Bengtsson, 2001; Holmström *et al.*, 2003). Cette consommation d'organismes ayant accumulé des antibiotiques s'intègre aux préoccupations liées à la santé publique, puisqu'elle peut avoir des effets directs comme l'anémie aplasique, l'anémie hypoplasique et d'autres conditions moins sévères (Primavera, 2006). La capture et la vente de ces organismes étant la principale source de revenus de certains individus, ces produits de la mer se retrouvent alors dans les marchés locaux, à la disposition du consommateur (Barraclough et Figer-Stich, 1996; Primavera, 2006).

La pollution provenant des bassins d'élevage peut être accrue dans la région des mangroves et des milieux humides en raison de l'acidité du sol. Toutefois, ces écosystèmes filtrent naturellement les eaux contaminées et retiennent dans leurs sédiments une portion de cette pollution. Les produits chimiques, les antibiotiques et les maladies peuvent cependant contaminer la faune présente dans les mangroves et altérer la chaîne alimentaire de cet écosystème. Ces divers changements du milieu peuvent réduire la capacité de régénération et le rétablissement des mangroves (Kathiresan et Bingham, 2001).

3.1.4 Maladies, virus et abandon des bassins d'élevage

L'une des principales préoccupations des crevetticulteurs réside dans l'éventualité de dévastations de leurs productions par les maladies et virus dont l'hôte est la crevette. Cette crainte s'est considérablement accrue récemment et se fonde sur l'augmentation rapide du

nombre de virus ayant un potentiel destructif pour l'élevage de crevettes. Dans les faits, en 1989, six virus associés aux élevages de crevettes du genre *Penaeus* étaient répertoriés mondialement, alors que sept ans plus tard, plus d'une vingtaine de virus ont été enregistrés (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2001; Lightner et Redman, 1998). Toutes les maladies répertoriées ont affecté à différents degrés les populations de crevettes naturelles mais, les risques d'épidémies sont plus importants à proximité des bassins de crevetticulture (McLennen, 2004). La maladie est le résultat final d'une interaction complexe entre la crevette, son environnement et l'agent pathogène lui-même. Lorsque ces trois sphères s'entrecroisent, elles créent des conditions idéales pour une épidémie (Figure 3.3). L'une de ces combinaisons serait, par exemple, une population de crevettes à leur stade juvénile, vivant dans des conditions de stress intense et en présence d'un agent pathogène affectant particulièrement les crevettes dans leurs jeunes stades (Lightner et Redman, 1998).

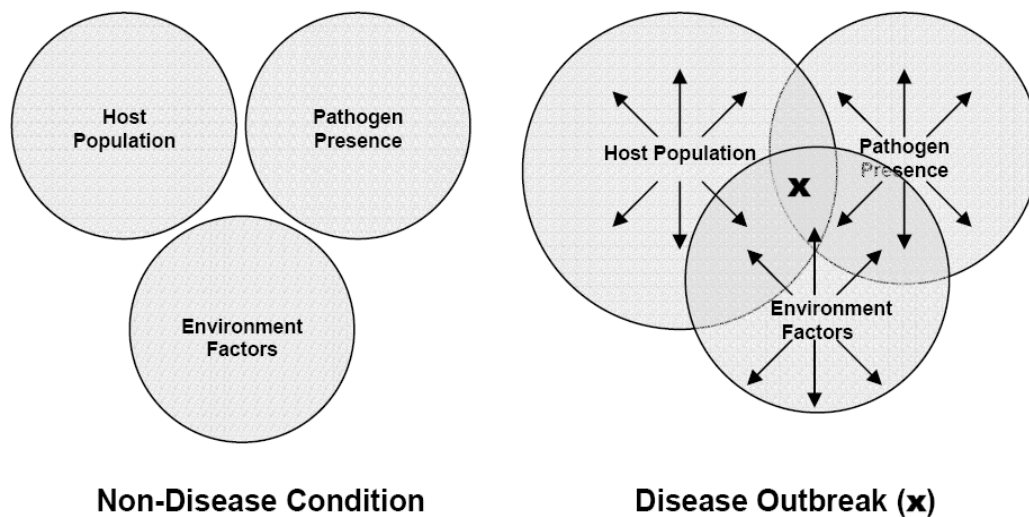


Figure 3.3 Modèles représentant les trois sphères d'interactions pouvant résulter, ou non, en des conditions de contamination par des pathogènes aquatiques.

Traduction libre

Modification de : McLennen, C. (2004). p. 25

Les maladies associées aux élevages de crevettes sont regroupées dans le tableau 3.1 selon cinq catégories principales soient : les virus, les bactéries, les parasites, les champignons et les

autres maladies provenant de diverses sources comme un déséquilibre nutritionnel et des conditions environnementales extrêmes (Lightner et Redman, 1998). Ces dernières surviennent généralement lors d'une mauvaise gestion des bassins d'élevage autant au niveau du déséquilibre des nutriments, que de la pollution présente dans cet environnement. Les parasites et les champignons n'ont généralement qu'un impact mineur sur les élevages de crevettes et sont facilement traitables. Les maladies bactériennes, quant à elles, démontrent un large éventail de symptômes, qui la plupart du temps, sont traitées à l'aide d'antibiotiques. Bien que ces quatre premiers groupes aient précédemment causé des problèmes dans cette industrie, ce sont les virus qui détiennent le record de destruction dans les élevages de crevettes au niveau mondial (McLennen, 2004). Les principaux virus étant *Monodon baculovirus* (MBV), la Nécrose Hypodermique et Hématopoïétique Infectieuse (*Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus - IHHN*), le Syndrome de Taura (*Taura Syndrome Virus – TSV*), la Maladie de la tête jaune (*Yellowhead Disease – YHD*) et la Maladie virale des points blancs (*White Spot Syndrome Virus – WSSV*) (Lightner et Redman, 1998). Ces virus affectent des espèces de crevettes spécifiques et peuvent avoir différents impacts sur les populations selon le stade de croissance des crustacés. Les symptômes sont nombreux et différents d'un virus à l'autre (McLennen, 2004).

Tableau 3.1 Principales maladies affectant les crevettes d'élevage de la famille *Penaeidae*

| Viral diseases | Bacterial | Fungal | Parasital | Other |
|-------------------------|---------------------|----------------|---------------------------|--------------------------|
| WSSV | Vibriosis: | Rickettsia | Epicommensals: | Microsporidians |
| Yellow Head Virus | -septic HP necrosis | Larval mycosis | - <i>Leucothrix mucor</i> | Nutritional Imbalance |
| BMN | -hatchery vibriosis | Fusariosis | -peritrich protozoans | Toxic syndromes |
| MBV | -luminescent vibrio | | Gregarines | Environmental syndromes |
| IHHNV | -'Syndrome Gaviota' | | | |
| HPV | -shell disease | | | One month death syndrome |
| REO | NHP bacterium | | | Zoea II syndrome |
| Taura syndrome BP group | | | | |

Traduction libre

Source : McLennen, C. (2004). p. 26

Les impacts économiques générés lors de ces épidémies ont été foudroyants pour plusieurs pays (Primavera, 2006). Les exemples sont nombreux. En Colombie, les productions de crevettes ont chuté de 45 % entre 1992 et 1996, phénomène causé par le virus du Syndrome de Taura, résultant en des pertes de plus de 100 millions de dollars américains. La Maladie virale des points blancs a réduit de 60 % les productions de crevettes en Équateur, réduction associée à des pertes de plus d'un milliard de dollars américains entre 1998 et 2001. Dans la dernière décennie, ce virus a provoqué des pertes économiques situées entre 20 et 30 milliards de dollars américains pour l'industrie de la crevetticulture (McLennen, 2004).

La durée de vie d'une entreprise d'élevage de crevettes se situe généralement entre 5 et 10 ans (Primavera, 1997). D'autres auteurs, plus optimistes, suggèrent qu'une production peut être rentable jusqu'à 15 ans (Flaherty et Karnjanakesorn, 1995). Il s'agit donc d'une activité économique qui est plutôt lucrative à court terme. La destruction ou l'abandon de bassins d'élevage peut être la conséquence de plusieurs facteurs comme les désastres naturels c'est-à-dire les inondations, les tempêtes tropicales, les fortes pluies saisonnières, une pollution élevée dans les bassins d'élevage et les maladies (Flaherty et Karnjanakesorn, 1995; Ocampo-Thomason, 2006; Primavera, 1997). Ces dernières, qu'elles soient virales ou bactériennes, peuvent résulter en l'effondrement catastrophique des élevages de crevettes d'une région complète tel que mentionné précédemment. Par exemple, en Équateur, après la contamination des stocks de crevettes d'élevage par la Maladie virale des points blancs, près de 1 000 km² sur les 1 750 km² consacrés à la crevetticulture ont été abandonnés en 2001 (McClennen, 2004).

Lorsque dégradé, un bassin d'élevage est difficilement récupérable. Plusieurs producteurs ont exprimé leur désir de reconvertir leurs terres en leur culture initiale, comme par exemple, le riz, les palmiers à sucre ou les cocotiers. Malheureusement, cette opération s'avère généralement impossible dû à la salinisation des terres ou encore à la pollution par les produits chimiques enfouis dans les sédiments (Szuster, 2003). Dans ces milieux altérés, la

régénération spontanée de la végétation est inhibée par la modification de l'environnement lors de l'installation des bassins de culture. Par conséquent, l'utilisation de ces terres à des fins d'agriculture, de foresterie ou d'activités liées aux pêches est pratiquement impossible (Barraclough et Finger-Stich, 1996; Sathirathai, 1998). Les processus naturels de drainage ont été interrompus et l'équilibre entre les différentes composantes de l'habitat a été modifié rendant une recolonisation de ces milieux extrêmement compliquée (Flaherty et Karnjanakesorn, 1995; Szuster, 2003). Parfois, même après dix ans d'abandon, seulement quelques espèces de palétuviers et autres essences réussissent à coloniser d'anciens sites d'élevage de crevettes (Towatana *et al.*, 2003; Wolanski *et al.*, 2000). Les infrastructures sont également laissées à elles-mêmes et abandonnées sur place. Par contre, la restauration de cet habitat par l'homme est très difficile et coûteuse et les résultats sont rarement encourageants (Sathirathai, 1998). En Thaïlande, les coûts d'une replantation de palétuviers après la coupe d'une mangrove sont estimés à 946 dollars américains par 0,01 km², alors que protéger une mangrove déjà existante revient à 189 dollars américains par 0,01 km². Ces options sont toutefois moins dispendieuses que d'entreprendre la réhabilitation de bassins d'élevage de crevettes abandonnés, estimée à un montant de 13 750 dollars américains par 0,01 km² (Sathirathai, 1998).

3.1.5 Populations de crevettes indigènes et des autres espèces marines

Initialement, l'un des principaux objectifs de la crevetticulture était de réduire les pressions de pêche sur les populations de crevettes indigènes, particulièrement afin de limiter les dommages causés par les chalutiers. Malheureusement, cette réalité est très critiquée en raison de la provenance des crevettes post-larvaires et de leurs géniteurs, puisqu'en effet, la majorité des éleveurs dépendent des populations de crevettes indigènes pour l'approvisionnement de leurs bassins, de même que pour plusieurs écloséries (Naylor *et al.*, 2000). Ces collectes de crevettes indigènes ont pour conséquences de diminuer les populations naturelles et de réduire leur diversité génétique (Barraclough et Finger-Stich, 1996; Islam et Haque, 2004; Ocampo-

Thomason, 2006). Par contre, il faut noter que l'usage de crevettes post-larvaires provenant d'écloseries est de plus en plus populaire, notamment dans le sud-est de l'Asie où il a été estimé que 65 à 75 % des stocks sont produit artificiellement (Islam *et al.*, 2004; World Bank *et al.*, 2002). Toutefois, malgré l'amélioration générale des programmes de reproduction *in-vitro*, plusieurs régions, comme le Bangladesh, l'Inde et d'autres pays de l'Amérique latine capturent toujours les jeunes crevettes directement dans le milieu naturel (EJF, 2004; Islam *et al.*, 2004).

La capture accidentelle d'autres espèces de poissons et crustacés lors de la collecte de crevettes post-larvaires en milieu naturel est extrêmement élevée. Généralement, les collectes de crevettes s'effectuent à l'aide de filets à mailles très fines, de moins de 1 mm, qui capturent donc la majorité des organismes marins présents sur leur passage (Bhattacharya et Sarkar, 2003; Hein, 2002). Au Bangladesh et en Inde, par exemple, il a été estimé que pour chaque collecte de crevettes géantes tigrées, *Penaeus monodon*, des centaines de poissons, crevettes, crabes, et mollusques sont pris fortuitement, et ce, sans parler des milliers d'organismes zooplanctoniques (Bhattacharya et Sarkar, 2003; Islam et Haque, 2004; Islam *et al.*, 2004; Naylor *et al.*, 2000). Lors du retrait des filets, les organismes sont triés sur le littoral et les espèces non ciblées sont ordinairement remises à l'eau. Dépendamment de la période de temps passée à l'extérieur de l'eau, leur chance de survie sera très variable (Ocampo-Thomason, 2006; Primavera, 2006). Plusieurs espèces capturées accidentellement sont des juvéniles d'espèces exploitées commercialement et ayant une importance écologique (Bhattacharya et Sarkar, 2003; Hein, 2002). La capture altère considérablement la biodiversité régionale et la structure des communautés aquatiques, et par conséquent, elle affecte les chaînes alimentaires des mangroves et des récifs coralliens en réduisant la nourriture disponible pour les organismes de ces écosystèmes (Bhattacharya et Sarkar, 2003; Islam et Haque, 2004; Islam *et al.*, 2004). Très peu de législations régissent la collecte de crevettes post-larvaires que ce soit par rapport à la taille des mailles à utiliser pour les filets, le nombre de pêcheurs et les zones de pêche (Islam et Haque, 2004; Ocampo-Thomason, 2006). Cette lacune dans la réglementation, combinée à un manque d'informations concernant les impacts réels des

collectes des géniteurs et des crevettes post-larvaires en milieu naturel, complique énormément la situation (Hein, 2002).

3.2 Impacts sociaux

Les populations côtières dépendent des ressources marines autant pour leur consommation domestique que pour leur soutien financier. Les impacts écologiques engendrés par la crevetticulture ont des répercussions directes sur les personnes liées aux biens et services provenant des écosystèmes marins et côtiers dont, manifestement, la mangrove. Parmi les impacts sociaux ayant fait l'objet d'une attention particulière se trouvent : la sécurité alimentaire, l'accessibilité aux ressources, l'intimidation et la violence ainsi que les conditions d'emplois dangereuses liées à cette activité économique.

3.2.1 Sécurité alimentaire

Les poissons et les produits de la mer sont une source importante de protéines animales, particulièrement importante pour les populations des pays en voie de développement. L'aquaculture, en général, a été favorisée afin de soutenir et de combler mondialement ce besoin protéique et en raison du déclin global des populations naturelles de poissons (Primavera, 2006). Quoi qu'il en soit, cette argumentation est très critiquée sur la base des motivations réelles de cette entreprise, où l'emphase est mise sur les profits. Un grand nombre d'organisations dénoncent l'implication de l'aquaculture dans la diminution des ressources marines et côtières ainsi que la réduction de la disponibilité de ces dernières (Primavera, 1997).

Une forte proportion des produits locaux issus de la crevetticulture est exportée vers les régions développées tels que les États-Unis, le Canada, l'Europe et le Japon. Cette exportation diminue la disponibilité des ressources pour une consommation locale, c'est-à-dire pour les

communautés pauvres et rurales (Primavera, 1997). Par exemple, en Thaïlande, 90 % des crevettes sont envoyées à l'étranger. Cette réalité va directement à l'encontre de l'objectif principal de l'aquaculture à savoir, réduire la pauvreté dans le monde et favoriser la sécurité alimentaire des populations rurales (Ahmad, 1997). Il est important de noter que la majorité des sites de crevetticulture sont localisés dans des endroits éloignés, où les communautés sont généralement très pauvres (Ahmad, 1997). De plus, ces milieux ruraux survivent grâce à une alimentation de subsistance et à quelques activités économiques, dont la pêche et la cueillette de bois, qui sont fortement liées aux mangroves (Corea *et al.*, 1998).

La destruction des mangroves étant accélérée par la culture de la crevette, le retrait des crevettes post-larvaires et géniteurs ainsi que les captures accidentelles sont des facteurs qui contribuent à diminuer les populations naturelles d'organismes marins, comme les crabes, les crevettes sauvages ainsi que diverses espèces de poissons et de mollusques, ce qui affecte directement les communautés rurales (Corea *et al.*, 1998). Comme les ressources marines diminuent, les prix dans les marchés locaux ont tendance à augmenter et contribuer à la pauvreté locale (van Mulekom *et al.*, 2006). De plus, les divers produits alimentaires provenant directement ou indirectement des mangroves, tels que les fruits, les graines, l'alcool, le miel et les huiles (Bandaranayake, 1998; Melena *et al.*, 2000), diminuent en production de façon systématique avec la coupe de ces forêts. Un autre point essentiel à soulever est que beaucoup d'entrepreneurs élèvent des espèces de crevettes carnivores nécessitant des apports en protéines. La source de protéines dérive directement d'essences de poissons, ajoutant une pression additionnelle sur les ressources marines. En Thaïlande, près d'un million de tonnes (métriques) de poissons sont convertis et transformés afin d'être incorporés à la diète alimentaire des crevettes, qui quant à elles, sont exportées à l'étranger (Primavera, 2006).

3.2.2 Accessibilité aux ressources

L'une des problématiques majeures portant atteinte aux communautés locales est liée aux droits de possession et d'acquisition des terres. À maintes reprises, en raison d'un manque de formalisation des droits de propriété, des communautés entières ont été déplacées d'une aire préalablement occupée et utilisée depuis des générations, afin de développer la crevetticulture. Ces déplacements sont souvent réalisés sans compensations ou alternatives (Barraclough et Figer-Stich, 1996). De nombreux fermiers ont été expropriés de leurs terres agricoles afin d'obtenir l'espace nécessaire pour y construire des étangs d'élevage. L'expropriation a été relevée dans de nombreux pays et est supportée par la police locale et le gouvernement (Ahmed, 1997). Dans bien des cas, les gens ont, non seulement, été dépossédés de leur propriété, mais également privés d'accès à des aires communes et publiques, comme le droit de passage à certaines plages, à des petits ports d'embarcations ainsi qu'à des estuaires et des ruisseaux pour la pêche (Hein, 2002; Ocampo-Thomason, 2006). De plus, comme les mangroves sont des lieux favorisés pour l'implantation d'étangs pour la crevetticulture, de nombreuses communautés ont été privées des biens et des services offerts par cet écosystème. Conséquemment, les gens pratiquant la chasse et la cueillette d'organismes marins sont généralement affectés (Barraclough et Figer-Stich, 1996; Dewalt *et al.*, 1996). Les femmes ont souvent comme responsabilité de ramasser le bois de palétuvier et lorsque les mangroves deviennent inaccessibles, l'effort demandé pour la même tâche s'en retrouve augmenté. Avant le développement des bassins de crevetticulture, les femmes marchaient habituellement deux ou trois kilomètres afin de ramasser du bois de combustion, aujourd'hui, elles doivent en parcourir le double (Pradhan et Flaherty, 2008). Il en va de même avec la disponibilité de l'eau potable qui s'avère réduite, entre autres, à cause de la salinisation des terres et de la pollution générée (Flaherty *et al.*, 2000). Plusieurs villages, dans lesquels des bassins d'élevage de crevettes commerciales ont été construits, ont noté une insuffisance en eau douce pour la consommation domestique, le lavage et l'irrigation des terres agricoles. Par conséquent, les habitants dont majoritairement les femmes, doivent parcourir de plus longues distances afin

d'obtenir de l'eau potable (Barraclough et Figer-Stich, 1996). Par exemple, en Inde, dans un village de la province du Tamil Nadu, les femmes doivent marcher deux à trois kilomètres pour recueillir de l'eau, alors qu'antérieurement à l'installation des bassins de crevettes, l'eau était disponible à proximité du village (Bhagat 1994 cité dans Barraclough et Figer-Stich, 1996)

En outre, certains lieux d'activités récréatives et de détente, comme la plage, ont été défendus d'accès (Barraclough et Figer-Stich, 1996). Les bassins d'élevage de crevettes installés en zone côtière peuvent s'étendre sur des centaines de kilomètres, bloquant ainsi l'accès aux villageois désirant rejoindre les côtes (Hein, 2002). L'augmentation de la privatisation des ressources communes génère ainsi des conséquences sociales sérieuses (Ahmed, 1997). Plusieurs désaccords entre les communautés et les compagnies ont engendré des conflits et ont résulté en des confrontations. Dans le monde, plusieurs cas de violence, d'intimidation et de meurtres ont été répertoriés (Corea *et al.*, 1998; Dewalt *et al.*, 1996).

3.2.3 Intimidation, violence et meurtres

De par leur valeur économique, les vols de crevettes sont communs. Afin de protéger leurs ressources, les grandes compagnies et certains éleveurs privés ont érigé des clôtures autour de leurs biens et engagé des gardes armés pour en empêcher l'accès aux habitants (Dewalt *et al.*, 1996). En Amérique du Sud et Centrale autant qu'en Asie, la compétition entre les locaux et les grandes entreprises a souvent dégénéré en des actes d'intimidation et de sabotage, en violence et en meurtres (Dewalt *et al.*, 1996). Au Bangladesh, plus d'une centaine de villageois ont été tués lors de conflits liés à la crevetticulture (Ahmed, 1997). Dans ce même pays, certains villages, comme Paikgacha et Batiaghata, ont subi des violences et même des assassinats lors de manifestations pacifiques (Ahmed, 1997).

3.2.4 Conditions de travail

Le domaine de la crevetticulture emploie autant hommes, femmes et enfants, et les conditions de travail sont souvent dangereuses pour la santé des travailleurs ((EJF, 2004). Les employés ou les producteurs de crevettes ne reçoivent pas tous une formation appropriée et de l'information pertinente en ce qui a trait aux produits qu'ils manipulent. Par exemple, dans l'étude menée par Holmström *et al.* (2003), plusieurs éleveurs mélangeaient à mains nues les antibiotiques utilisés avec la moulée donnée en nourriture aux crevettes. Ainsi, des cas d'éruption cutanée ont souvent été répertoriés suite aux manipulations d'antibiotiques comme les sulfamides. De plus, le chloramphénicol, un antibiotique utilisé en crevetticulture, peut causer des dommages sévères sur la santé telle qu'une anémie aplasique (GESAMP, 1997). Des exemples de maladies chroniques, comme le cancer et des troubles neurologiques, ont également été notés (Holmström *et al.*, 2003). Ces faits démontrent que le peu de réglementation concernant les produits et le manque de rigueur dans l'application des lois liées aux conditions de travail rendent difficile l'obtention de conditions sanitaires acceptables dans ces lieux (Holmström *et al.*, 2003).

Traditionnellement, les femmes se sont impliquées dans l'élevage de la crevette, autant dans les étapes de collecte des crevettes post-larvaires et leur croissance, que dans la réparation de filets, d'embarcations et autres matériaux utilisés dans cette activité (EJF, 2004; Halim, 2004). Aujourd'hui, avec le développement fulgurant de la crevetticulture, les femmes sont particulièrement présentes dans les établissements de transformation de la crevette, quoique leur participation reste toujours importante dans les autres étapes. Les conditions de travail de ces travailleuses sont souvent difficiles, autant physiquement que moralement, impliquant de longues heures, un faible revenu et un environnement de travail non sanitaire (EJF, 2004; Halim, 2004). De plus, plusieurs cas de violence physique ont été répertoriés dans ces lieux de travail (Ahmad, 1997; EJF, 2004; Halim, 2004). Des enfants sont également engagés dans l'industrie de la crevetticulture dans plusieurs pays en voie de développement, tels que le Bangladesh, l'Inde, le Sri Lanka et l'Équateur. Comme ils représentent une main-d'œuvre bon

marché pour les employeurs, ces enfants sont généralement privés d'une éducation régulière et doivent travailler dans des conditions difficiles et inappropriées (EJF, 2004; Halim, 2004).

3.3 Impacts économiques

En 2001, la production annuelle de la crevetticulture se situait à environ un million de tonnes métriques, représentant une valeur de 6 milliards de dollars américains et l'équivalent d'un tiers des crevettes vendues sur le marché mondial. Dans cette même année, il a été estimé que les crevettes d'élevage représentaient moins de 1 % des pêches globales selon le poids, mais équivalant à 10 % de la valeur économique des pêches mondiales (Neiland *et al.*, 2001).

L'industrie de la crevetticulture s'est développée intensivement depuis les deux dernières décennies générant des bénéfices économiques aux niveaux national, régional et local (Neiland *et al.*, 2001). Toutefois, la macro économie, c'est-à-dire les gains nationaux, est l'un des arguments clés afin de promouvoir cette activité économique. Elle comprend, entre autres, le remboursement de la dette nationale, la diversification du secteur économique, la création d'emplois ainsi que l'entrée d'investissements étrangers et le transfert d'avancées technologiques (Bailey, 1988; Pradhan et Flaherty, 2008; Stonich, 1995).

Le remboursement de la dette nationale est l'un des arguments majeurs dans le développement de la crevetticulture. Cette activité à fort potentiel lucratif est rentable à court terme, mais elle est généralement développée au détriment de l'environnement (Hein, 2002; Pradhan et Flaherty, 2008). Cependant, le développement durable de la crevetticulture peut encourager les institutions financières, les organisations internationales et les gouvernements à investir dans cette activité afin de préserver les ressources naturelles et de réduire les risques environnementaux dus à une mauvaise gestion (Neiland *et al.*, 2001). Toutefois, il y a très peu d'information disponible concernant la contribution directe de l'élevage de la crevette à la

réduction de la dette du pays, et ce, malgré l'apparition de cette activité sur les marchés économiques internationaux (Neiland *et al.*, 2001).

La stimulation économique, l'amélioration des infrastructures et les avancées technologiques associées à l'aquaculture ont favorisé le développement de plusieurs régions rurales éloignées (Pradhan et Flaherty, 2008). L'élevage de la crevette en Équateur est glorifiée pour avoir transformé l'économie régionale et créé des emplois et des habitations pour les travailleurs de l'industrie (Meltzoff et LiPuma, 1986). En Taiwan, la crevetticulture a joué un rôle majeur dans la stabilisation de l'économie rurale et côtière dans les années 70 (Liao *et al.* (1995) cités dans Neiland *et al.*, 2001). Ces communautés éloignées ont aujourd'hui la chance de bénéficier d'une diversification d'emplois incluant le travail sur les sites d'élevage, les activités de transformation ainsi que le marketing, des revenus salariaux et une production continue (Kumaran *et al.*, 2003). Plusieurs familles ont ainsi abandonné leurs occupations de pêche artisanale pour joindre cette activité plus lucrative (Ocampo-Thomason, 2006)

La création d'emplois est, par contre, un argument remis en question. En fait, la majorité des emplois créés par la crevetticulture sont liés à la phase de construction des infrastructures nécessaires et ne sont que temporaires et faiblement payés (Dewalt *et al.*, 1996; Ocampo-Thomason, 2006). Tel a été le cas à Chandabali, en Inde, où très peu d'opportunités d'emplois à long terme ont été créées pour les habitants, mais où plusieurs travailleurs sans formation particulière ont été embauchés pour la construction des bassins d'élevage, lors de la phase d'implantation (Pradhan et Flaherty, 2008). Habituellement, ce type d'emploi est saisonnier et est en demande seulement lorsqu'un producteur désire étendre sa production (Pradhan et Flaherty, 2008). De plus, il est important de mentionner que les emplois à temps plein dans la crevetticulture sont majoritairement liés à une expertise du domaine de l'aquaculture. Ces experts ne sont habituellement pas des personnes locales, mais proviennent plutôt des grandes villes ou même de l'extérieur du pays (Pradhan et Flaherty, 2008).

En comparaison à d'autres systèmes de production situés en région côtière, comme le riz, les besoins en main-d'œuvre afin d'élever des crevettes sont moindres (Pradhan et Flaherty, 2008). Selon une étude réalisée en Indonésie, la production de riz emploie en moyenne 76 travailleurs de jour par 0,01 km² par cycle de production. Dans la même région, la production semi-intensive de crevette emploie, quant à elle, en moyenne 26 travailleurs par jour par 0,01 km² par cycle de production (Bailey et Skladany, 1991). En Inde, il a été rapporté que la production extensive de crevettes permet d'employer moins d'un tiers des travailleurs nécessaires à la culture du riz dans cette même région (Barraclough et Finger-Stich, 1996). Les cultivateurs de riz ne sont pas les seuls à être préoccupés par cette réduction d'emplois. Il y a également les villageois qui dépendent directement des mangroves et des ressources naturelles comme moyen de subsistance. Ces derniers craignent que l'industrie de la crevette ne puisse générer des emplois et des revenus équivalents à ce qu'offre l'écosystème mangrovié (Ocampo-Thomason, 2006). En général, la perception des petites communautés révèle que très peu d'emplois sont créés et ne compensent en rien les pertes importantes des ressources fournies par les mangroves qui ont été remplacées par les bassins de crevettes (Tobey *et al.*, 1998).

Un troisième argument employé pour le soutien du développement de la crevette est la création d'une diversité d'investisseurs dans cette activité économique, et de manière plus importante, l'arrivée d'investisseurs étrangers et l'intérêt marqué qu'ils portent à cette activité. Toutefois, les producteurs n'ont absolument pas le même point de départ sur le plan financier, reflétant par le fait même les différentes méthodes d'élevage de crevettes (Pradhan et Flaherty, 2008). Par exemple, la majorité des gros producteurs de crevettes investissent leur propre capital ou ont accès à des prêts d'institutions financières, leur permettant ainsi la vente de leurs produits sans intermédiaire. Ils peuvent également investir dans des méthodes de production plus avancées (traitements des eaux usées, aérateurs, produits chimiques, techniciens en aquaculture, crevettes post-larvaires provenant d'écloserie, etc.) (Pradhan et Flaherty, 2008). À l'opposé, les petits producteurs ne possèdent pas les ressources financières à investir dans leur élevage et dans les technologies ou en main-d'œuvre (Bardhan, 2006). De surcroît,

plusieurs investisseurs peuvent provenir du secteur privé, des gouvernements ou de l'étranger. Les communautés locales en dressent un portrait négatif puisqu'ils contrôlent généralement les productions en s'enrichissant que davantage (Pradhan et Flaherty, 2008). Toutefois, ils peuvent également être perçus comme des acteurs économiques plus responsables, au sens où ils instaurent une meilleure gestion de leur production et négligent moins l'environnement. De plus, ils sont en meilleure position afin de contrer les problèmes économiques sur le marché international, la fluctuation des prix, etc. (Pradhan et Flaherty, 2008).

Sans les infrastructures, la technologie et la gestion appropriées, la crevetticulture s'avère être une activité risquée tant du point de vue économique qu'environnemental. La majorité des pays ayant développé la production intensive de crevettes ont été confrontés à ces risques, et généralement, les méthodologies employées ont résulté en des pratiques non-durables pour l'environnement ainsi que l'abandon de nombreux sites d'élevage vu leur faible rentabilité (Thongrak *et al.*, 1997; Towatana *et al.*, 2003).

Chapitre 4

La crevetticulture vers un développement durable

L'industrie de la crevetticulture s'est développée au même moment où les connaissances et la conscience environnementales se sont intégrées aux mœurs modernes (FAO *et al.*, 2006). Depuis les dernières décennies, l'élevage de la crevette a été l'un des secteurs de l'aquaculture ayant connu un essor des plus remarquable, mais également très controversé. Son expansion rapide a généré des revenus substantiels pour plusieurs pays autant en Asie, qu'en Amérique latine, et plus récemment en Afrique (EJF, 2004). Cependant, elle a aussi suscité des inquiétudes et des préoccupations quant aux impacts écologiques, sociaux et à la durabilité de cette activité (Páez-Osuna, 2001; EJF, 2004), tels que discutés dans les chapitres précédents. Une question reste donc toujours en suspens : comment orienter cette industrie à fort potentiel économique vers une activité qui soit à la fois lucrative et respectueuse des communautés locales et qui permette la conservation des écosystèmes avoisinants, plus spécifiquement celui des mangroves?

Pour progresser vers cet objectif, il va sans dire qu'une mise en place de politiques et de législations liées au développement de la crevetticulture ainsi qu'à la réalisation de plans de conservation relatifs aux mangroves sont nécessaires afin de préserver l'intégrité de cet écosystème (Hein, 2002). Les discussions au sujet de l'assainissement de l'élevage de la crevette sont toujours d'actualité (Hein, 2002). Des solutions envisageables qui permettraient de « rendre plus verte » cette activité sont, par exemple, l'élaboration d'une éco-certification pour ce produit ainsi que la préconisation d'une utilisation de systèmes de production de crevettes intégrant les mangroves et les bienfaits de leur capacité de filtration (FAO *et al.*, 2006, Primavera, 2000b; Rönnbäck, 2001).

4.1 Politiques et législations

L'un des problèmes majeurs liés à la crevetticulture est le manque flagrant de politiques, de directives et de législations par rapport aux différentes composantes de cette activité économique (FAO *et al.*, 2006; Hein, 2002). Une implication plus significative des organisations internationales, des gouvernements, du secteur privé, des communautés locales et des consommateurs est nécessaire afin de favoriser la durabilité de la production de la crevette.

4.1.1 Organisations internationales

Malgré le fait que les impacts générés par la crevetticulture soient très localisés, ils sont aujourd'hui le sujet d'une attention particulière à l'échelle planétaire, et éveillent l'intérêt de plusieurs grandes organisations mondiales comme la Banque Mondiale, le Réseau des Centres d'Aquaculture en Asie- Pacifique (NACA), le Fonds mondial pour la vie sauvage (WWF) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (FAO *et al.*, 2006). D'ailleurs, ces quatre organismes importants se sont regroupés en 1999 pour former un Consortium permettant enfin d'unir connaissances, expériences, données et analyses des nombreux impacts environnementaux et sociaux produits par l'industrie de l'élevage de la crevette. En outre, la mission du Consortium intègre la notion approfondie d'une gestion d'élevage durable de la crevette (FAO *et al.*, 2006; Páez-Osuna, 2001). Plusieurs consultations internationales tenues par ces groupes d'experts ont eu lieu de 1999 à 2003. De ces rencontres, a émergé une panoplie de conseils pouvant contribuer au développement de méthodes de gestion adéquates et de mesures légales et institutionnelles efficaces pour des méthodes d'élevage durables de la crevette (FAO *et al.*, 2006). En 2003, lors d'une consultation en Norvège, l'emphase a été mise sur l'urgence et l'imminence d'élaborer des principes de gestion pour un développement durable de cette activité économique. Ce rôle a été attribué au Consortium aidé par le Programme global d'action pour la protection de l'environnement

marin à partir d'activités basées à terre émanant du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP/GPA), ce dernier ayant manifesté un intérêt pour ce projet (FAO *et al.*, 2006; Páez-Osuna, 2001).

L'élaboration de Principes Internationaux (PI) visant l'adoption d'un code de conduite pour une crevetticulture responsable a été réalisée en 2006 suite à des études scientifiques, à des consultations et grâce à une implication de différents acteurs, soient les gouvernements, le secteur privé et les organisations non-gouvernementales (FAO *et al.*, 2006). Les PI intègrent les aspects techniques, environnementaux et socio-économiques liés à la crevetticulture (FAO *et al.*, 2006). Ces principes sont présentés comme étant une référence en matière de gestion durable pour l'élevage de la crevette aux niveaux régional, national et mondial et constituent une aide importante pour les gouvernements à la mise en place de politiques et de cadres juridiques formels. Les PI définis par le Consortium répondent directement aux impacts les plus importants générés par la crevetticulture et visent : 1) la sélection de l'emplacement des bassins d'élevage, 2) la conception des fermes, 3) l'utilisation de l'eau, 4) les géniteurs et les post-larves, 5) la gestion de l'alimentation, 6) les aménagements sanitaires, 7) la sécurité alimentaire et 8) la responsabilité sociale (FAO *et al.*, 2006). Dépendamment des pays, des gouvernements et des politiques déjà existantes, des modifications et des adaptations des PI sont nécessaires afin de répondre aux besoins spécifiques d'une région visée (FAO *et al.*, 2006). De manière générale, l'application des PI minimise les impacts dévastateurs, sans toutefois les neutraliser complètement. Bien que les PI ne sont que des lignes directrices sans pouvoir législatif concret, leur adoption par les gouvernements est fortement encouragée (Hein, 2002; Páez-Osuna, 2001). Les départements gouvernementaux administrant le secteur des pêches, de l'aquaculture et de la gestion des ressources naturelles ont donc intérêt à se pencher sur la question afin d'améliorer la situation déjà existante, toutefois, il est important de noter que les changements se font généralement de manière graduelle et que les gouvernements rencontrent souvent plusieurs obstacles (Primavera, 2006).

4.1.2 Gouvernements

Les gouvernements de certains pays ont réalisé la nécessité d’instaurer un système de lois et de réglementations afin de contrôler le développement de la crevetticulture et de diriger cette industrie vers un développement durable (Rönnbäck, 2001). Certains ont recours à différents stratagèmes de gestion, tels que le zonage et la classification de l’usage des terres, les évaluations d’impacts environnementaux, la délivrance de permis, les taxes et les amendes (Boyd *et al.*, 2002; Primavera, 2006). Par exemple, le gouvernement thaïlandais, suite aux pertes économiques importantes causées par les maladies en 1990, a élaboré plusieurs règlements afin de mieux gérer la crevetticulture. Tout d’abord, tous les éleveurs de crevettes doivent maintenant être enregistrés. Ensuite, un plan de gestion des sédiments et de leur traitement a été mis sur pied. De plus, des limites précises ont été fixées quant aux effluents, à la nourriture donnée aux crevettes et aux produits chimiques appliqués. Une interdiction de rejeter de l’eau salée dans les cours d’eau douce publics a également été instaurée (Rönnbäck, 2001). Malheureusement, la réglementation et les lois mises en place par la majorité des gouvernements sont souvent ignorées et un nombre élevé de violations restent impunies (Rönnbäck, 2001). L’approche réglementaire est entourée de problèmes, d’abord au niveau des entreprises privées, qui arrivent généralement à contourner la législation, mais aussi au niveau du gouvernement lui-même qui éprouve parfois un manque de volonté ou de ressources dans l’application rigoureuse d’une législation (Barraclough et Finger-Stich, 1996; Páez-Osuna, 2001; Pradhan et Flaherty, 2008).

Dans le cas de la crevetticulture, les gouvernements doivent non seulement s’intéresser à la gestion de cette activité, mais ils doivent également s’investir dans l’élaboration de plans de gestion et de conservation des mangroves, en mettant l’emphase sur les plans d’aménagement et de zonage quant aux sites d’élevage de crevettes (FAO, 2007; Primavera, 2000a). D’ailleurs, afin d’harmoniser les différentes activités pratiquées en région côtière avec la

conservation des ressources de ce milieu, les gouvernements ont, de plus en plus, recours à une approche qui est celle de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC).

La gestion intégrée des zones côtières est une démarche et un outil de gouvernance des territoires littoraux visant un développement local et durable. Elle encourage une gestion intégrée de l'espace et des ressources tout en tenant compte simultanément des enjeux terrestres et marins, environnementaux, économiques et sociaux d'une zone littorale définie (Masalu, 2003 ; Tookwinas, 1999). La GIZC permet la concertation entre les différents partis prenants, tels que les diverses unités gouvernementales impliquées (agriculture, pêches, environnement), les communautés locales et les secteurs publics et privés, afin de participer à l'élaboration de plans et de politiques concernant le développement et la protection des écosystèmes, tels que les mangroves, et des ressources côtières (Bailey, 1988 ; Masalu, 2003 ; Primavera, 2000b). Cette approche offre également aux parties de faire part de leurs préoccupations en lien avec la gestion mise en place ainsi que de faciliter et de renforcer les divers partenariats autant aux niveaux local que gouvernemental (Masalu, 2003). Les politiques élaborées communément permettent d'améliorer les prises de décisions en précisant les maintes utilisations des ressources et en aidant les résolutions de conflits tout en considérant les différents intérêts. La GIZC favorise le développement durable et la gestion appropriée des ressources utilisées, et par le fait même, améliore les moyens de subsistance des communautés côtières et le développement national (Masalu, 2003 ; Primavera, 2000b). Afin d'intégrer la crevetticulture dans cette table de concertation, elle est amenée à développer des lignes directrices respectueuses de l'environnement côtier et marin pour tout projet désirant être mené à terme. Pour faciliter l'implantation de projets, des études d'évaluations environnementales incluant des consultations publiques sont fortement suggérées (Masalu, 2003). Les politiques d'une GIZC permettent ainsi de minimiser les impacts négatifs et les conflits des différents utilisateurs dans les domaines des pêches, de l'agriculture et de la forêt (Masalu, 2003).

Plusieurs exemples de réussites de GIZC ont démontré que cette approche s'est avérée être un système juste et efficace (Bailey, 1988 ; Masalu, 2003). Toutefois, il est important de noter que pour obtenir de telles réussites, une réelle volonté doit être montrée de la part des gouvernements. Ces derniers doivent trouver les ressources nécessaires à l'élaboration de politiques et à l'application des législations puisqu'ils en ont la responsabilité (Primavera, 2000b). Ils doivent également supporter toutes les parties dans leurs démarches. Certaines tables de concertation ont d'ailleurs failli en raison d'un manque d'implication des gouvernements (Beveridge *et al.*, 1997).

4.1.3 Consommateurs

Les consommateurs, quant à eux, possèdent également un pouvoir politique et une responsabilité sociale pouvant contribuer à diriger la crevetticulture soit vers un développement durable, soit vers un désastre environnemental, et ce, de par leur pouvoir d'achat (Barraclough et Finger-Stich, 1996). Depuis la dernière décennie, la tendance des consommateurs à préférer des produits aquacoles issus de la production biologique s'accroît (FAO, 2003). Le secteur de l'aquaculture a du retard par rapport à celui de l'agriculture en ce qui concerne les quantités et la diversité de produits certifiés «biologiques». Ceci reflète, en l'occurrence, une absence de normes, de politiques, de réglementations et de critères d'accréditation pour des denrées aquacoles biologiques acceptées tant sur les plans international, régional que national (FAO, 2003). Toutefois, la conscience environnementale d'aujourd'hui ainsi que la sensibilité des consommateurs vis-à-vis les impacts que peuvent générer l'achat de leurs produits et également, la demande pour un marché de produits marins biologiques peuvent résulter en un changement dans la pratique de la production de crevettes (Rönnbäck, 2001). Par exemple, certains importateurs, restaurants et producteurs de crevettes réalisent les impacts négatifs possibles de cette industrie et suivent une politique de vente qui favorise le commerce de crevettes qui sont uniquement certifiées biologiques (Boyd *et al.*, 2002). Cependant, malgré toute la volonté de certains à consommer de façon responsable et

encourager les produits respectueux de l'environnement, la diversification des produits éco-certifiés demeure faible (FAO, 2003).

4.2 Éco-certification

L'éco-certification est une approche utilisée afin de promouvoir et d'informer les consommateurs dans leur sélection de produits attestant que ces derniers respectent les critères de qualité de gestion des ressources naturelles et de l'environnement (Deere, 1999). Malheureusement, les organismes de certification dans le domaine de l'aquaculture et les aquaculteurs organisés sont très peu nombreux. Ils sont situés pour la plupart dans les pays développés d'Europe, d'Océanie et d'Amérique du Nord, lesquels contribuent à moins de 10% de la production aquacole globale en 1999 (FAO, 2003).

Pour le consommateur, la partie visible de l'éco-certification est l'apposition d'une étiquette écologique reconnue comme une garantie de qualité de gestion sur le produit fini. Elle peut aider les consommateurs à utiliser leur pouvoir d'achat pour encourager des méthodes de production saines sur le plan de l'environnement (FAO, 2003). Toutefois, la question posant problème est de savoir : qui est en droit d'émettre cette certification et sur quels critères se base cette démarche?

En 2003, de petits producteurs de crevettes ont été éco-certifiés au Brésil, Équateur, Thaïlande, Pérou, Indonésie et Vietnam par un organisme suédois « Naturland », alors que la seule éclosérie certifiée se trouve en Équateur (EJF, 2004). Toutefois, cette démarche est controversée. Bien qu'une éco-certification permette de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et soit socialement justifiée, une telle démarche devrait être vigoureusement encadrée afin d'éviter la fausse publicité, d'adapter leurs critères environnementaux et sociaux aux différentes régions visées et de considérer les législations nationales (Cuoco, 2005; FAO, 2003). De plus, la certification a souvent l'effet de marginaliser les producteurs qui ne peuvent

se permettre d'adapter de leurs infrastructures pour se conformer aux critères techniques, sociaux et environnementaux de la certification, et par conséquent, elle élimine les petits producteurs (Islam, 2008). Une alternative serait d'assigner la mission de certifier les producteurs à une organisation ou un regroupement d'organisations, tel que le Consortium sur l'élevage de la crevette et l'environnement, qui possèdent les connaissances et les compétences dans le domaine de la crevetticulture et de l'environnement, afin de s'assurer de son application et d'obtenir des résultats positifs pour les consommateurs (Primavera, 2006; Rönnbäck, 2001).

L'éco-certification de l'élevage de la crevette est une réalisation possible qui permettrait d'améliorer le sort des milieux côtiers et des mangroves. Tout comme cette option, l'utilisation de systèmes de production intégrant un élevage de crevettes à l'intérieur d'aires colonisées par des mangroves est une alternative intéressante puisque ce sont les méthodes de pratique qui sont directement modifiées (Primavera 2000b, Primavera, 2006).

4.3 Systèmes intégrant la production des crevettes et la conservation des mangroves

Les mangroves de par leurs services écologiques, par exemple, leur contrôle sur l'érosion, la protection qu'elles offrent contre les vagues et les inondations, leur capacité de filtration de l'eau et leur biodiversité, peuvent promouvoir une production de la crevette davantage respectueuse de l'environnement (Sathirathay et Barbier, 2001, Primavera, 2000a ; Primavera 2000b). Dans ce cas-ci, c'est la capacité des mangroves à filtrer l'eau qui se révèle primordiale, puisqu'elle filtre naturellement les effluents d'un élevage et améliore la qualité des eaux. Néanmoins, la capacité de filtration des mangroves s'avère efficace seulement si la densité des crevettes dans les bassins est suffisamment faible afin de ne pas dépasser la capacité support du milieu (Rönnbäck, 2001). De plus, afin d'atteindre l'efficacité désirée, le ratio mangrove/élevage doit être respecté. En ce qui concerne la production intensive, la

superficie de la mangrove doit être vingt-deux fois plus élevée que celle des élevages pour s'assurer d'une filtration efficace du phosphore et de l'azote (Robertson et Phillips, 1995).

Les systèmes intégrant l'élevage de crevettes et la conservation des mangroves sont présents au Japon, Vietnam, Philippines et Indonésie (Primavera, 2000b). Il existe plusieurs modèles d'aménagement pour ce type de système. La configuration de base est celle où les mangroves sont conservées ou plantées sur une plate-forme centrale occupant 60 à 80 % de la surface totale et un canal situé en périphérie où il y a combinaison d'élevage de poissons, mollusques, crevettes et crabes (Primavera, 2000b). La production annuelle de ce type d'élevage se situe entre 100 et 400 kg par 0,01 km², ce qui est inférieur aux systèmes d'élevage intensifs, mais qui introduit une toute autre variété de produits (Primavera, 2000b). En effet, en plus de générer des revenus pour les éleveurs, l'intégration d'arbres, de poissons et de mollusques avec les crevettes assure une protection des ressources lors de contamination par les maladies (Rönnbäck, 2001). De surcroît, les systèmes mangroves-crevetticulture sont davantage intensifs par rapport au travail demandé qu'au capital généré. Par conséquent, ces systèmes offrent aux communautés côtières la possibilité d'obtenir des emplois et des revenus. La majorité des bassins d'élevage intégrés sont de petites entreprises qui appartiennent à des familles ou encore qui consistent en une coopérative gérée par un village (Rönnbäck, 2001). Cette situation va à l'encontre de la nature capitaliste d'une crevetticulture intensive qui appartient généralement à des investisseurs d'entreprises multinationales, nationales ou à l'élite locale.

Les systèmes intégrant l'élevage de la crevette et la conservation des mangroves favorisent un développement socio-économique durable et davantage respectueux de l'environnement. Toutefois, ces systèmes ne sont pas parfaits. La construction de digues et de canaux modifie la géomorphologie de l'environnement et les flots naturels des marées. Quant à la fonction d'habitat des mangroves pour la faune marine sauvage, celle-ci est modifiée, voir parfois perdue. Des répercussions sur les pêches côtières peuvent être également observés (Rönnbäck, 2001). Ces désavantages liés à l'utilisation de systèmes intégrant l'élevage de crevettes et la

conservation des mangroves sont toutefois faibles en comparaison avec le statut quo de cette activité économique.

Conclusion

Le présent essai avait, comme premier objectif, de décrire l'importance mondiale d'un écosystème particulièrement singulier, soit la mangrove. Son unicité se reflète par ses diverses adaptations qui lui permettent de coloniser la zone intertidale des régions tropicales et subtropicales. En plus de tolérer les changements de niveau des eaux et de la salinité, les mangroves remplissent de nombreuses fonctions essentielles sur les plans écologique, économique et social. Elles jouent, entre autres, un rôle clé dans la protection des rives, la filtration des eaux, la réduction de l'érosion du littoral, la biodiversité des milieux côtiers et représentent un habitat de choix pour une multitude d'espèces marines ou terrestres. Dans les régions tropicales, les mangroves sont également liées aux valeurs culturelles et sociales de plusieurs communautés côtières, qui souvent dépendent directement des biens et des services offerts par cet écosystème. Malheureusement, les mangroves subissent une dégradation continue provenant de sources, autant anthropiques que naturelles.

Conséquemment, le second objectif était d'identifier les différentes menaces affligeant l'état originel des mangroves, tout en axant la recherche sur l'industrie de la crevette et son développement. Bien évidemment, l'homme possède une grande part de responsabilités dans la dégradation des mangroves, toutefois, plusieurs sources naturelles, telles que les stress environnementaux et la prédation des herbivores, influencent les chances de survie et d'établissement de cet écosystème. Le rétablissement d'une mangrove, suite à un désastre naturel, peut être ralenti si celle-ci est également affectée par des menaces anthropiques qui sont, sans contredit, nombreuses. Toutefois, la crevetticulture remporte la palme peu glorieuse de la menace la plus préoccupante. Depuis quelques décennies, l'aquaculture a été promue universellement grâce à deux arguments de poids, soient de mettre un terme à la faim dans le monde en offrant une source de protéines à un prix raisonnable et d'assurer des revenus aux communautés côtières des pays en voie de développement. Toutefois, cette argumentation

voile une vérité cachée, soit le potentiel lucratif de cette activité. La crevetticulture existe depuis plusieurs siècles mais a connu, depuis la fin des années 60, un essor phénoménal. De ce fait, son expansion s'est accomplie au détriment de l'environnement puisque des superficies effarantes de mangroves ont été converties à cette fin. L'élevage de crevettes traditionnelle a pris de l'envergure pour devenir une production extensive qui, à son tour, s'est développée en un système de production semi-intensif, puis intensif, générant des impacts négatifs tous aussi inquiétants les uns que les autres sur l'environnement.

En raison de sa croissance rapide, la crevetticulture a provoqué de nombreux impacts sur l'environnement, autant aux niveaux écologique, social qu'économique, affectant ainsi non seulement les communautés côtières, mais également les écosystèmes avoisinants et leurs composantes. Parmi les impacts écologiques les plus importants se trouvent : la salinisation des terres agricoles et la contamination des cours d'eau douce adjacents, la pollution, l'utilisation exagérée d'antibiotiques, l'abandon de bassins d'élevage et de sites où la restauration est difficile et coûteuse, la propagation de maladies détruisant les élevages et provoquant des pertes économiques effrayantes et la diminution des stocks d'espèces marines sauvages. La crevetticulture va à l'encontre de ces objectifs de départ puisqu'elle déstabilise la sécurité alimentaire, crée des conflits par rapport à l'accessibilité des ressources et offre majoritairement des emplois saisonniers dont les conditions de travail sont souvent inadéquates. Ces sombres constats ont permis de répondre au troisième objectif de cet essai qui était de déterminer et de décrire les différents impacts sur l'environnement générés par l'élevage de la crevette.

Heureusement, l'industrie de la crevetticulture s'est développée au même moment où les connaissances et la conscience environnementales se sont introduites dans les mœurs de la société d'aujourd'hui. Plusieurs organisations internationales et locales ayant à cœur la conservation des ressources naturelles ont été alarmées par les impacts des différentes pratiques de la crevetticulture amenant ainsi progressivement cette activité économique vers un développement durable. De ce fait même, le dernier objectif était d'établir où se situait

présentement la production de crevettes dans une optique de développement durable. Il va sans dire qu'une mise en place de politiques et de législations relatives au développement de la crevetticulture sont nécessaires afin de parvenir à une gestion durable de cette activité. Un Consortium sur l'élevage de la crevette et l'environnement regroupant de grandes organisations et des institutions internationales comme la Banque Mondiale, la NACA, le WWF, la FAO et l'UNEP a émis, en 2006, des Politiques Internationales cadres permettant une planification et une gestion opérationnelle de l'élevage responsable de la crevette pour les gouvernements et les secteurs publics et privés. La gestion intégrée des zones côtières, l'éco-certification et un retour vers des pratiques intégrant l'élevage des crevettes et la conservation des mangroves sont également des solutions présentement initiées afin de diriger la crevetticulture vers une activité durable. Toutefois, plusieurs efforts et de la volonté doivent être mis en commun par toutes les parties prenantes, ce qui n'est pas toujours gagné d'avance.

Finalement, pour répondre à la question initiale cherchant à savoir si l'élevage de la crevette est une menace pour les écosystèmes mangroviens? L'auteure de cet essai est d'avis que la crevetticulture n'est pas nécessairement indissociable de ses impacts négatifs sur les mangroves. Toutefois, le défi demeure dans la mise en application de politiques efficaces autant en ce qui concerne la production de crevettes que la conservation des mangroves, et plus particulièrement d'être en mesure de pouvoir les appliquer rigoureusement. De plus, l'éducation et la sensibilisation des communautés côtières dans la gestion durable d'une production de crevettes est essentielle dans toutes régions où est pratiquée cette activité. Dans des perspectives de développement futur, l'élevage de la crevette nécessite un approfondissement de connaissances dans le domaine, en concentrant plus spécifiquement des efforts sur les programmes d'élevage post-larvaire dans les écloseries. L'avenir de l'industrie de la crevette ainsi que l'impact de celle-ci sur les mangroves dépendra de l'efficacité des stratégies de gestion et des efforts investis par les différents niveaux soient locaux, nationaux et mondiaux.

Références

- Abia, L., Armesto, X.L., Canle, L., García, M.V. et Santaballa, J.A. (1998). Oxidation of aliphatic amines by aqueous chlorine. *Tetrahedron* 54, 521-530.
- Achuthankutty, C.T. (1997). Shrimp farming in estuarine environment: Points to ponder. Dans *Proceedings of the Workshop on Environmental Impact Assessment of Aquaculture Enterprises*, R. Ganapathy, S. Kandan, éd. (India: Rajiv Gandhi Centre for Aquaculture), pp. 32-38.
- Achuthankutty, C.T. et Sreepada, R.A. (1998). Brackishwater shrimp farming: Possible impacts on estuarine ecosystem. Dans *Advances in aquatic biology and fisheries*, P. Natarajan, éd. (India: University of Kerala), pp. 175-189.
- Adeel, Z. et King, C. (2002). *Conserving Our Coastal Environment: A summary of UNU's research on sustainable management of the coastal hydrosphere in the Asia Pacific region* (Japon: UNU).
- Ahmad, N. (1997). Aquaculture : Innocent victims. *Samudra Rep.* 17, 19-22.
- Allen, J.A., Krauss, K.W. et Hauff, R.D. (2003) Factors limiting the intertidal distribution of the mangrove species *Xylocarpus granatum*. *Oecol.* 135, 110-121.
- Aluri, R.J. (1990). Observations on the floral biology of certain mangroves. *Proc. Indian Natl. Sci. Acad. Biol. Sci.* 56, 367-374.

- Anderson, S., Zepp, R., Machula, J., Santavy, D., Hansen, L. et Mueller, F. (2001). Indicators of UV Exposure in Corals and their Relevance to Global Climate Change and Coral Bleaching. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 7, 1271-1282.
- Azocar, A., Rada, F. et Orozco, A. (1992). Relaciones hidricas e intercambio de gases en dos especies de mangle, con mecanismos contrastantes de regulación de la salinidad interna. *Ecotropica.* 5, 11-19.
- Bailey, C. (1988). The social consequences of tropical shrimp mariculture development. *Ocean Shore. Manage.* 11, 31-44.
- Bailey, C. et Skladany, M. (1991). Aquacultural development in tropical Asia: A re-evaluation. *Nat. Resour. Forum* 15, 66-71.
- Bandaranayake, W.M. (1998). Traditional and medicinal uses of mangroves. *Mangr. Salt Marsh.* 2, 133-148.
- Bardhan, P. (2006). Globalization and rural poverty. *World Development* 34, 1393-1404.
- Barraclough, S. et Figer-Stich, A. (1996). Some ecological and social implications of commercial shrimp farming in Asia (Switzerland: UNRISD).
- Battacharya, A. et Sarkar, S. (2003). Impact of overexploitation of shellfish: Northeastern Coast of India. *Ambio* 32, 70-75.
- Be, T.T., Dung, L.C. et Brennan, D. (1999). Environmental costs of shrimp culture in the rice-growing regions of the Mekong Delta. *Aquacult. Econ. Manage.* 3, 31-42.

- Berkes, F. (1999). Sacred ecology: Traditional ecological knowledge and resource management (Philadelphia : Taylor and Francis).
- Beveridge, M.C.M., Phillips, M.J. et Macintosh, D.J. (1997). Aquaculture and the environment: The supply of and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability. *Aquacult. Res.* 28, 797–807.
- Binh, T.N.K.D., Vromant, N., Hung, N.T., Hens, L. et Boon, E.K. (2005). Land cover changes between 1986 and 2003 in Cai Nuoc, Ca Mau Peninsula, Vietnam. *Environ. Dev. Sustain.* 7, 519-536.
- Boyd, C.E. et Massaut, L. (1999). Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture. *Aquacult. Eng.* 20, 113-132.
- Braaten, R.O. et Flaherty, M. (2001). Salt balances of inland shrimp ponds in Thailand : implications for land and water salinization. *Environ. Conserv.* 28, 357-367.
- Briggs, M.R.P. (2009). Programme d'Information sur les espèces aquatiques cultivées, *Penaeus vannamei* (Boone, 1931).
http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Litopenaeus_vannamei/fr, 28 août 2009.
- Briggs, M.R.P. et Funge-Smith, S.J. (1994). A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. *Aquacult. Fish. Manage.* 25, 789-811.
- Burford, M.A., Costanzo, S.D., Dennison, W.C., Jackson, C.J., Jones, A.B., McKinnon, A.D., Preston, N.P. et Trott, L.A. (2003). A synthesis of dominant ecological processes in intensive shrimp ponds and adjacent coastal environments in NE Australia. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 1456-1469.

- Burns, K.A., Codi, S. et Duke, N.C. (2000). Gladstone, Australia field studies: weathering and degradation of hydrocarbons in oiled mangrove and saltmarsh sediments with and without the application of an experimental bioremediation protocol. *Mar. Pollut. Bull.* 41, 392-402.
- Chien, Y.H., Lai, H.T. et Liu, S.M. (1999). Modeling the effects of sodium chloride on degradation of chloramphenicol in aquaculture pond sediment. *Sci. Tot. Environ.* 239, 81-87.
- Clark, M.W., McConchie, D., Saenger, P. et Pillswortht, M. (1997). Hydrological Controls on Copper, Cadmium, Lead and Zinc Concentrations in an Anthropogenically Polluted Mangrove Ecosystem, Wynnum, Brisbane, Australia. *J. Coast. Res.* 13, 1150-1158.
- Clarke, P.J. et Kerrigan, R.A. (2002). The effects of seed predators on the recruitment of mangroves. *J. Ecol.* 90, 728-736.
- CI (Conservation International) (2007). Diversity hotspots: Atlantic forest. http://www.biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/atlantic_forest/Pages/biodiversity.aspx, 24 janvier 2009.
- Corea, A., Johnstone, R., Jayasinghe, J., Ekaratne, S. et Jayawardene, K. (1998). Self-pollution: A major threat to the prawn farming industry in Sri Lanka. *Ambio* 27, 662-668.
- Cormier-Salem, M.C. (2006). Mangrove: Changes and conflicts in claimed ownership, uses and purposes. Dans *Environment and livelihoods in tropical coastal zones managing agriculture–fishery–aquaculture conflicts*, C.T. Hoanh, T.P. Tuong, J.W. Gowing et B. Hardy, éd. (UK: CABI), pp. 163-176.

- Cuoco, L. (2005). Organic Aquaculture in Ecuador: A More Sustainable Solution? *Tropic. Resour. Bull.* 24, 59-65.
- Dahdouh-Guebas, F., Collin, S., Seen, D.L, Rönnbäck, P., Depommier, D., Ravishankar, T. et Koedam, N. (2006). Analysing ethnobotanical and fishery-related importance of mangroves of the East-Godavari Delta (Andhra Pradesh, India) for conservation and management purposes. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 2, 1-22.
- Dall, W., Hill, B.J., Rothlisberg, P.C. et Staples, D.J. (1990). The biology of the Penaeidae. Dans *Advances in Marine Biology*, Blaxter, J. H. S. et Southward, A. J., éd. (San Diego: Academic Press), pp. 1-489.
- Das, B. Khan, Y.S.A. et Das, P. (2004). Environmental impact of aquaculture-sedimentation and nutrient loadings from shrimp culture of the southeast coastal region of the Bay of Bengal. *J. Environ. Sci.* 16, 466-470.
- Davis, A. et Wagner, J.R. (2003). Who knows? On the importance of identifying “experts” when researching local ecological knowledge. *Hum. Ecol.* 31, 463–489.
- Deere, C.L. (1999). *Eco-labelling and Sustainable Fisheries* (Rome: FAO et Washington, D.C: IUCN).
- Delgado, C., Wada, M., Rosegrant, N., Meijer, S. et Mahfuzuddin, A. (2003). *Fish to 2020: Supply and Demand in Changing Local Markets* (Penang, Malaysia : International Food Policy Research Institute et World Fish Center).
<http://www.ifpri.org/publication/outlook-fish-2020>

- Dewalt, B.R., Vergne, P. et Hardin, M. (1996). Shrimp aquaculture development and the environment : People, mangroves and Fisheries on the Gulf of Fonseca, Honduras. *World Devel.* 24, 1193-1208.
- Duke, N.C. (1992). Mangrove floristics and biogeography. Dans *Coastal and estuarine studies: Tropical mangrove ecosystems*, A.I. Robertson et D.M. Alongi, éd. (Washington: American Geophysical Union), pp. 63-100.
- Duke, N.C., Meynecke, O.J., Dittmann, S., Ellison, A.M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K.C., Field, C.D., Kodedam, N., Lee, S.Y., Marchand, C., Nordhanus, I. et Dahdough-Guebas, F. (2007). A world without mangroves? *Sci.* 47, 41-43.
- EJF (Environmental Justice Foundation) (2004). *Farming the sea, coasting the earth: Why we must green the blue revolution* (London, UK: Environmental Justice Foundation).
- Ellison, J.C. (1998). Impacts of sediment burial on mangroves. *Mar. Pollut. Bull.* 37, 420-426.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1999). *Aquaculture Production Statistics* (Rome: FAO).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2003). *Review of the state of world aquaculture* (Rome: Inland Water Resources and Aquaculture Service).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2007). *The world mangroves 1980-2005* (Italie : FAO).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), NACA (Network Aquaculture Centres in Asia-Pacific), UNEP (United Nations Environmental Programme), WB (World Bank) et WWF (World Wildlife Fund) (2006). *International*

- Principles for responsible shrimp farming (Bangkok: Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific).
- Feller, I.C. et Sitnik, M. (1996). Mangrove ecology workshop manual (Washington : Smithsonian Institution).
- Flaherty, M. et Karnjanakesorn, C. (1995). Marine shrimp aquaculture and natural resource degradation in Thailand. *Environ. Manag.* 19, 27-37.
- Flaherty, M., Szuster, B. et Miller, P. (2000). Low salinity inland shrimp farming in Thailand. *Ambio* 29, 174-179.
- Fortes, M.D. (1988). Mangrove and seagrass beds of East Asia : Habitats under stress. *Ambio* 17, 207-213.
- Fujimoto, K. (2000). Below-ground carbon sequestration of mangrove forests in the Asia-Pacific Region. Dans *Mangrove management and conservation – Present and Future*, M. Vannucci, éd. (Japan : United Nations University Press), pp. 138-146.
- GESAMP (Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (1997). Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. *GESAMP Rep. Stud.* 65, 1-40.
- Gilman, E., Ellison, J., Duke, N.C. et Field, C. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aqua. Bot.* 89, 237-250.
- Gilman, E., Lavieren, H.V., Ellison, J., Jungblut, V., Wilson, L., Areki, F., Brighthouse, G., Bungitak, J., Dus, E., Henry, M., Sauni, I.J., Kilman, M., Matthews, E., Teariki-Ruatu,

- N., Tukia, S. et Yuknavage, K. (2006). *Pacific Island Mangroves in a Changing Climate and Rising Sea* (Nairobi: UNEP).
- Goreau, T.J. et de Mello, W.Z. (2007). Minimizing net greenhouse gas sources from mangrove and wetland soils. Dans *Greenhouse Gas and Carbon Balances in Mangrove Coastal Ecosystems*, Tateda, Y., Upstill-Goddard, R., Goreau, T., Alongi, D., Nose, A., Kristensen, E. et Wattayakorn, G., éd. (Tokyo: CRIEPI), pp. 239-248.
- Grant, D.L., Clarke, P.J. et Allaway, W.G. (1993). The response of grey mangrove (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.) seedlings to spills of crude oil. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* *171*, 273-295.
- Gräslund, S. et Bengtsson, B.E. (2001). Chemicals and biological products used in south-east Asian shrimp farming, and their potential impact on the environment – a review. *Sci. Tot. Environ.* *280*, 93-131.
- Gräslund, S., Holmström, K. et Wahlström, A. (2003). A field survey of chemicals and biological products used in shrimp farming. *Mar. Pollut. Bull.* *26*, 81-90.
- Greenland, D.J. (1997). *The Sustainability of Rice Farming* (New York: CAB International).
- Halim, S. (2004). Marginalization or empowerment? Women's involvement in shrimp cultivation and shrimp processing plants in Bangladesh. *Women, Gender and Discrimination*, 95-112.
- Halling-Sorensen, B. (2000). Algal toxicity of antibacterial agents used in intensive farming. *Chemosphere* *40*, 731-739.

- Hein, L. (2000). Impact of shrimp farming on mangroves along India's East Coast. *Unasylva* 203, 48-55.
- Hein, L. (2002). Toward improved environmental and social management of Indian shrimp farming. *Environ. Manage.* 29, 340-359.
- Hektoen, H., Berge, J.A., Hormazambal, V. et Yndestad, M. (1995). Persistence of antibacterials in marine sediments. *Aquacult.* 133, 175-184.
- Hernández-Rodríguez, A., Alceste-Oliviero, C., Sanchez, R., Jory, D., Vidal, L. et Constain-Franco, L.F. (2001). Dans *Aquaculture development trends in Latin America and the Caribbean. Aquaculture in the Third Millennium*, R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery et J.R. Arthur, éd. (Bangkok: Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium), pp. 317-340.
- Holmström, K., Gräslund, S., Wahlström, A., Pongshompoo, S., Bengtsson, B.E. et Kautsky, N. (2003). Antibiotic use in shrimp farming and implications for environmental impacts and human health. *Int. J. Food Sci. Technol.* 38, 255-266.
- Huang, X., Huang, L., Li, Y., Xu, Z., Fong, C.W., Huang, D., Han, Q., Huang, H., Tan, Y. et Liu, S. (2006). Main seagrass beds and threats to their habitats in the coastal sea of South China. *Chinese Sci. Bull.* 51, 136-142.
- Hutchings, P. et Saenger, P. (1987). *Ecology of mangroves (Australia : University of Queensland Press)*.
- Islam, S. (2008). From pond to plate: Towards a twin-driven commodity chain in Bangladesh shrimp aquaculture. *Food Pol.* 33, 209-223.

- Islam, S. et Haque, M. (2004). The mangrove-based coastal and nearshore fisheries of Bangladesh : Ecology, exploitation and management. *Rev. Fish Biol. Fish.* 14, 153-180.
- Islam, S., Wahab, A. et Tanaka, M. (2004). Seed supply for coastal brackishwater shrimp farming : environmental impacts and sustainability. *Mar. Pollut. Bull.* 48, 7-11.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (1993). Oil gas exploration and production in mangroves areas. Guidelines for environmental Protection (Switzerland: IUCN – The World Conservation Union).
- Jackson, C.J., Preston, N.P., Burford, M.A. et Thompson, P.J. (2003a). Managing the development of sustainable shrimp farming in Australia: the role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water. *Aquacult.* 226, 23-34.
- Jackson, C.J., Preston, N.P., Thompson, P.J. et Burford, M.A. (2003b). Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquacul.* 218, 397-411.
- Jennerjahn, T. et Ittekkot, V. (2002). Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. *Naturwissenschaften* 89, 23-30.
- Kaplowitz, M.D. (2001). Assessing mangrove products and services at the local level: the use of focus groups and individual interviews. *Landscape Urban Plan.* 56, 53-60.
- Kathiresan, K. et Bingham, B.L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Adv. Mar Biol.* 40, 81-251.

- King, C. et Adeel, Z. (2002). Strategies for sustainable coastal management in Asia and the Pacific - perspectives from a regional initiative. *Global Environ. Change* 12, 139-142.
- Kumaran, M., Ravichandran, P., Gupta, B. P. et Nagavel, A. (2003). Shrimp farming practices and its socio-economic consequences in East Godavari district, Andhra Pradesh, India - A case study. *Aquacult. Asia* 8, 48-52.
- Li, S.W. et Chan, B.K.K. (2008). Adaptations to barnacle fouling in the mangroves *Kandelia obovata* and *Aegiceras corniculatum*. *Mar. Biol.* 155, 263-271.
- Lightner, D.V. et Redman, R.M. (1998). Shrimp diseases and current diagnostic methods. *Aquacult.* 164, 201-220.
- Low, J., Arshad, A. et Lim, K.H. (1994). Mangroves as a habitat for endangered species and biodiversity conservation. Dans *Living coastal resources of Southeast Asia: Status and Management. Report of the consultation forum: Third ASEAN-Australian Symposium on Living Coastal Resources*, C. Wilkinson, S. Sudara et L.M. Chou, éd. (Thailand: Chulalongkorn University), pp. 71-76.
- Lugo, A.E. et Snedaker S. C. (1974). The ecology of mangroves. *Ann. Rev. Ecol Syst.* 5, 39-64.
- Mackey, A.P., Hodgkinson, M. et Nardella, R. (1992). Nutrient levels and heavy metals in mangrove sediments from the Brisbane River, Australia. *Mar. Pollut. Bull.* 24, 418-420.
- Masalu, D.C.P. (2003). Challenges of coastal area management in coastal developing countries – lessons from the proposed Rufiji delta prawn farming project, Tanzania. *Ocean Coast. Manage.* 46, 175-188.

- Maumont, S., Bousquet-Mélou, A. et Fougère-Danezan, M. (2002). Phylogénie et histoire biogéographique des palétuviers. *J. Bois Forêts Trop.* 273, 23-30.
- McLennen, C. (2004). White spot syndrome virus: The economic, environmental and technical implications on the development of Latin American shrimp farming. M.A.L.D. Thesis, Tufts University, Medford, Massachusetts.
- Melana, D.M., Atchue, J., Yao, C.E., Edwards, R., Melana, E.E. et Gozales, H.I. (2000). Mangrove management handbook (Philippines : DENR).
- Meltzoff, S.K. et LiPuma, E. (1986). The social and political economy of coastal zone management: shrimp mariculture in Ecuador. *J. Coast. Zone Manage.* 14, 349-380.
- Melville, F., Andersen, L.E. et Jolley, D.F. (2009). The Gladstone (Australia) oil spill – Impacts on intertidal areas : Baseline and six months post-spill. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 263-271.
- Moberg, F. et Folke, C. (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecol. Econ.* 29, 215-233.
- Moorthy, P. et Kathiresan, K. (1997a). Photosynthetic pigments in tropical mangroves: Impacts of seasonal flux on UV-B radiation and other environmental attributes. *Bot. Mar.* 40, 341-349.
- Moorthy, P. et Kathiresan, K. (1997b). Influence of UV-B radiation on photosynthetic and biochemical characteristics of a mangrove *Rhizophora apiculata* Blume. *Photosynth.* 34, 465-471.

- Nagelkerken, I., Blaber, S.J.M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L.G., Meynecke, J.-O., Pawlik, J.R., Penrose, H.M., Sasekumar, A. et Somerfield, P.J. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquat. Bot.* 89, 155-185.
- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. et Troell, M. (2000). Effects of aquaculture on world fish supplies. *Nat.* 405, 1017-1024.
- Neiland, A.E., Neill, S., Varley, J.B. et Whitmarsh, D.J. (2001). Shrimp aquaculture: economic perspectives for policy development. *Mar. Pol.* 25, 265-79.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (2002). *Oil Spills in Mangroves: Planning and Response Considerations* (Maryland : Office of Response and Restoration).
- NRC (National Research Council) (1999). *Sustaining marine fisheries* (Washington, DC : National Academy Press).
- Ocampo-Thomason, P. (2006). Mangroves, people and cockles: Impacts of the shrimp-farming industry on mangrove communities. Dans Esmeraldas, Ecuador. *Environment and livelihoods in tropical coastal zones: Managing agriculture-fishery-aquaculture conflicts*, C. T. Hoanh, T. P. Tuong, J. W. Gowing et B. Hardy, éd. (Wallingford, UK: CABI), pp. 140-153.
- Páez-Osuna, F. (2001). The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. *Environ. Manage.* 28, 131-140.

- Perry, D.M. (1988). Effects of associated fauna on growth and productivity in the red mangrove. *Ecol.* 69, 1064-1075.
- Pradhan, D. et Flaherty, M. (2008). National initiatives, local effects: Trade liberalization, shrimp aquaculture, and coastal communities in Orissa, India. *Soc. Nat. Resour.* 21, 63-76.
- Primavera, J.H. (1991). Intensive prawn farming in the Philippines: Ecological, social, and economic implications. *Ambio* 20, 28-33.
- Primavera, J.H. (1993). A critical review of shrimp pond culture in the Philippines. *Rev. Fish. Sci.* 1, 151-201.
- Primavera, J.H. (1997). Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquacult. Res.* 28, 815–827.
- Primavera, J. H. (2000a). Development and conservation of Philippine mangroves: institutional issues. *Ecol. Econ.* 35, 91-106.
- Primavera, J. H. (2000b). Integrated mangrove-aquaculture systems in Asia. *Integr. Coast. Zone Manage. Autumn 2000 éd.*, 121-128.
- Primavera, J.H. (2006). Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean Coast. Manage.* 49, 531-545.
- Purnobasuki, H. et Suzuki, M. (2005). Functional anatomy of air conducting network on the pneumatophores of a mangrove plant, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Asian J. Plant Sci.* 4, 334-347.

- Rasolofo, M.V. (1997). Use of mangroves by traditional fishermen in Madagascar. *Mang. Salt Marsh. 1*, 243-253.
- Reid, D.J. et MacFarlane, G.R. (2003). Potential biomarkers of crude oil exposure in the gastropod mollusc, *Austrocochlea porcata*: a laboratory and manipulative field study. *Environ. Pollut. 126*, 147–155.
- Rist, S. et Dahdouh-Guebas, F. (2006). Ethnoscience: a step towards the integration of scientific and traditional forms of knowledge in the management of natural resources for the future. *Environ. Dev. Sustain. 8*, 467-493.
- Robertson, A.I. (1991). Plant-animal interactions and the structure and function of mangrove forest ecosystems. *Aust. J. Ecol. 16*, 433-443.
- Robertson, A.I., Giddins, R. et Smith, T.J. (1990). Seed predation by insects in tropical mangrove forests : Extent and effects on seed viability and the growth of seedlings. *Oecol. 83*, 213-219.
- Robertson, A.I. et Phillips, M.J. (1995). Mangroves as filters of shrimp pond effluents: Predictions and biogeochemical research needs. *Hydrobiol. 295*, 311-321.
- Rönnbäck, P. (2001). Shrimp Aquaculture - State of the Art (Swedish : Swedish International Development Agency, Swedish EIA Centre et Swedish University of Agricultural Sciences).
- Rönnbäck, P., Kautsky, N., Pihl, L., Troell, M., Söderqvist, T. et Wennhage, H. (2007). Ecosystem goods and services from Swedish coastal habitats: Identification, valuation, and implications of ecosystem shifts. *Ambio 36*, 534-544.

- Salim, M., Saxena, R. et Akbar, M. (1990). Salinity stress and varietal resistance in rice: Effects on whitebacked planthopper. *Crop Sci.* *30*, 654-659.
- Santhakumaran, K.N. et Sawant, S.G. (1994). Observations on the damage caused by marine fouling organisms to mangrove saplings along Goa coast. *J. Tim. Dev. Ass.* *40*, 5-13.
- Sathirathai, S. (1998). Economic Valuation of Mangroves and the Roles of Local Communities in the Conservation of the Resources: Case Study of Surat Thani, South of Thailand. Final report submitted to the Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA), EEPSEA, Singapore.
<http://www.idrc.ca/uploads/user-S/10536137110ACF9E.pdf>, 28 août 1009.
- Sathirathai, S. et Barbier, E.B. (2001). Valuing mangrove conservation in Southern Thailand. *Contemp. Econ. Pol.* *19*, 109-122.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Hemmingsen, E. et Garey, W. (1962). Salt balance in mangroves. *Plant Physiol.* *37*, 722-729.
- Sheaves, M. et Molony, B. (2000). Short-circuit in the mangrove food chain. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* *199*, 97-109.
- Smith, V.H., Tilman, G.D. et Nekola, J.C. (1999). Eutrophication : Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environ. Pollut.* *100*, 179-196.
- Sousa, W.P. et Mitchell, B.J. (1999). The effect of seed predators on plant distributions: is there a general pattern in mangroves? *Oikos* *86*, 55-66.
- Spalding, M.D. (1997). The global distribution and status of mangrove ecosystems. *Int. Newsletter Coast. Manage.-Intercoast. Networks* *1*, 20-21.

- Stewart, M. et Fairfull, S. (2008). Mangroves – Primefacts 746. Profitable and sustainable primary industries. www.dpi.nsw.gov.au
- Stickney, R.R. (1979). Principles of warmwater Aquaculture (New York: John Wiley & Sons).
- Stonich, S.C. (1995). The environmental quality and social justice implications of shrimp mariculture development in Honduras. *Hum. Ecol.* 22, 143-68.
- Stonich, S.C. et Bailey, C. (2000). Resisting the Blue Revolution: Contending coalitions surrounding industrial shrimp farming. *Hum. Org.* 59, 23-36.
- Szuster, B.W. et Flaherty, M. (2002). Cumulative environmental effects of low salinity shrimp farming in Thailand. *Impact Assess. Project App.* 20, 189-2000.
- Tam, N.F.Y et Yao, M.W.Y (1998). Normalisation and heavy metal contamination in mangrove sediments. *Sci. Tot. Environ.* 216, 33-39.
- Tam, N.F.Y. et Wong, Y.S. (1996a). Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater. *Environ. Pollut.* 94, 283-291.
- Tam, N.F.Y. et Wong, Y.S. (1996b). Retention of wastewater-borne nitrogen and phosphorus in mangrove soils. *Environ. Technol.* 17, 851-859.
- Tchiadje, N.F.T. (2007). Strategies to reduce the impact of salt on crops (rice, cotton and chilli) production: A case study of the tsunami-affected area of India. *Desalin.* 206, 524-530.

- Tho, N. Vromant, N., Hung, N.T. et Hens, L. (2006). Organic pollution and salt intrusion in Cai Nuoc District, Ca Mau Province, Vietnam. *Water Environ. Res.* 78, 716-723.
- Thom, B.G. (1982). Mangrove ecology - a geomorphic perspective. Dans *Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function, and Management*, B.F. Clough, éd. (Canberra : Australian National University Press), pp. 3-17.
- Thongrak, S., Prato, T., Chiayvareesajja, S. et Kurtz, W. (1997). Economic and water quality evaluation of intensive shrimp production systems in Thailand. *Agric. Syst.* 53, 121-141.
- Threlfall, E.J., Ward, L.R., Frost, J.A. et Willshaw, G.A. (2000). Review: The emergence and spread of antibiotic resistance in food-borne bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 62, 1-5.
- Tilmant, J.T., Curry, R.W., Jones, R., Szmant, A., Zieman, J.C, Flora, M., Rohblee, M.B., Smith, D., Snow, R. W. et Wanless, H. (1994). Hurricane Andrew's Effects on Marine Resources - The small underwater impact contrasts sharply with the destruction in mangrove and upland-forest communities. *BioSci.* 44, 230-237.
- Tobey, J., Clay, J. et Vergne, P. (1998). A difficult balance: the economic, environmental and social impacts of shrimp farming in Latin America (Rhode Island : Costal Resources Center).
- Tomlinson, P.B. (1986). *The botany of mangroves* (Cambridge : Cambridge University Press).
- Tookwinas, S. (1997). The environmental impact of marine shrimp farming effluents and carrying capacity estimation at Kung Krabaen Bay, Eastern Thailand. *Asian Fisheries Sci.* 11, 303-316.

- Tookwinas, S. (1999). Coastal planning of shrimp farming: carrying capacity, zoning and integrated planning in Thailand. Dans Towards sustainable shrimp culture in Thailand and the Region, P.T. Smith, éd. (Canberra : Australian Centre for International Agricultural Research), pp. 108-109.
- Towatana, P., Voradej, C. et Leeraphante, N. (2003). Reclamation of abandoned shrimp pond soils in southern Thailand for cultivation of Mauritius grass (*Brachiaria mutica*). Environ. Geochem. Health 25, 365-386.
- UNDP (United Nations Development Programme), UNEP (United Nations Environmental Programme), World Bank et World Resources Institute (2000). A Guide to World Resources 2000–2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of Life (Washington: World Resources Institute).
- UNEP-WCMC (United Nations Environmental Programme - World Conservation Monitoring Centre) (2006). In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs. (Cambridge : UNEP-WCMC)
http://www.unep-wcmc.org/resources/PDFs/In_the_front_line.pdf
- Valiela, I., Bowen, J. et York, J. (2001). Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. Biosci. 51, 807–815.
- van Mulekom, L., Axelsson, A., Batungbacal, E., Baxtger, D., Siregar, R., de la Torre, I. et SEAFISH for Justice (2006). Trade and export orientation of fisheries in Southeast Asia: Under-priced export at the expense of domestic food security and local economies. Ocean Coast. Manage. 49, 546–561.
- van Wijk, D.J. et Hutchinson, T.H. (1995). The ecotoxicity of chlorate to aquatic organisms: a critical review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 32, 244-253.

- Vane, C.H., Harrison, I., Kim, A.W., Moss-Hayes, V., Vickers, B.P. et Hong, K. (2009). Organic and metal contamination in surface mangrove sediments of South China. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 134-144.
- Walters, B.B., Rönnbäck, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Primavera, J.H., Barbier, E. et Dahdouh-Guebas, F. (2008). Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquat. Bot.* 89, 220-236.
- Weidner, D. et Rosenberry, B. (1992). World shrimp farming. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming, J. Wyban, éd. (Baton Rouge, LA: World Aquaculture Society), pp. 1-21.
- Wolanski, E., Spagnol, S., Thomas, S., Moore, K., Alongi, D.M., Trott, L. et Davidson, A. (2000). Modelling and visualizing the fate of shrimp pond effluent in a mangrove-fringed tidal creek. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 50, 85-97.
- Wong, Y.S., Lan, C.Y., Chen, G.Z., Li, S.H., Chen, X.R., Liu, Z.P et Tam, N.F.Y. (1995). Effect of wastewater discharge on nutrient contamination of mangrove soils and plants. *Hydrobiol.* 295, 243-254.
- Woodroffe, C.D. (1992). Mangrove sediments and geomorphology. Dans Coastal and estuarine studies: Tropical mangrove ecosystems, A.I. Robertson et D.M. Alongi, éd. (Washington : American Geophysical Union), pp. 7-41.
- World Bank, NACA (Network Aquaculture Centres in Asia-Pacific), WWF (World Wildlife Fund) et FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2002). Shrimp farming and the environment: A Consortium Program "To analyze and share

experience on the better management of shrimp aquaculture in coastal areas”, (Rome: Consortium/FAO)

Zitko, V. (1986). Chemical contamination in aquaculture. *Can. Aquacult.* 2, 9-10.

