

5. Utilisation des ressources et de l'environnement

INTRODUCTION

Comme les autres secteurs producteurs d'aliments dans le monde, l'aquaculture dépend de l'utilisation des ressources naturelles telles que la terre et l'eau. L'aquaculture requière aussi des alevins et des aliments, et les formes plus intensives de l'aquaculture dépendent des ressources auxiliaires telles que l'énergie (fossiles combustibles, électricité, etc.). Mais généralement, l'aquaculture exploite moins de terre ou de surfaces d'eau par unité de production en comparaison avec d'autres secteurs. L'utilisation des ressources naturelles pour la production aquacole exige une gestion appropriée des interactions entre l'aquaculture et l'environnement pendant la planification et l'exécution des activités, ceci est essentiel pour assurer la durabilité du secteur. Les interactions aquaculture/environnement et les questions liées à l'utilisation des ressources ont été bien documentées dans plusieurs publications (FAO/NACA, 1995; FAO, 1997; NACA/FAO, 2001a). Dans le passé, on focalisait sur les interactions environnementales, mais il est maintenant clair que pour une gestion optimale de l'aquaculture, les questions concernant la socio économie, la santé humaine et la sécurité alimentaire doivent également être abordées convenablement.

L'aquaculture est un secteur diversifié enjambant une gamme d'environnements aquatiques propagés à travers le monde. Elle utilise différents systèmes de production et différentes espèces. L'impact de l'aquaculture sur l'environnement ne peut pas être généralisé, mais il est important d'identifier les problèmes là où ils se produisent en vue d'y remédier. Les cas identifiés des interactions entre les ressources naturelles et environnementales et qui ont été négativement associées à l'aquaculture sont:

- la décharge d'effluent de l'aquaculture provoquant une dégradation de la qualité de l'eau (eutrophisation, problème des marées rouges, oxygène dissous bas, etc.) et une accumulation de sédiment riche en matière organique dans les zones d'élevage;
- l'altération ou la destruction des habitats naturels et les conséquences écologiques de conversion et changements des fonctions de l'écosystème;
- la concurrence pour l'utilisation de l'eau douce;
- la concurrence avec le secteur de l'élevage pour l'utilisation de la farine et l'huile de poissons pour la fabrication des aliments pour poissons;
- l'utilisation inappropriée des produits chimiques soulevant des inquiétudes hygiéniques et environnementales;
- l'introduction et la transmission des maladies des animaux aquatiques par des translocations mal régies;
- les impacts sur les ressources de pêcheries sauvages par la collecte d'alevins sauvages et de juvéniles; et
- les effets sur la faune sauvage à cause des méthodes utilisées pour contrôler la prédation des poissons en élevage.

Au cours des cinq dernières années, il y a eu un progrès considérable dans la gestion environnementale de l'aquaculture, mettant le point sur plusieurs des principaux soucis. L'opinion publique ainsi que la pression commerciale et le bon sens ont obligé le secteur aquacole à améliorer sa gestion, et on réalise, de plus en plus, que l'aquaculture a des avantages sociaux quand elle est bien planifiée et bien contrôlée. Pour éviter les mauvaises interactions environnement/aquaculture il faut:

- une utilisation plus efficace de l'énergie et des autres ressources naturelles que beaucoup d'autres formes de production animale;
- une source alternative de protéine animale aquatique qui peut être moins nuisible que certaines pratiques de pêche et de sur pêche; et

- l'amélioration de la qualité de l'eau et de l'environnement par les systèmes et les pratiques aquacoles tels que: l'élevage intégré, la pisciculture, l'algoculture, la conchyliculture et des élevages de poissons herbivores moins intensifs.

Durant la dernière décennie, la conscience et la sensibilité globales envers les questions environnementales liées à l'aquaculture ont augmenté, faisant que des politiques et des règlements régissant la durabilité environnementale ont été mis en place dans plusieurs pays, obligeant les producteurs aquacoles à se conformer à des mesures plus rigoureuses de mitigation/protection de l'environnement. Dans certains pays ces changements ont même été initiés par le secteur aquacole lui-même, souvent dans le secteur industriel privé plus organisé, pour assurer sa durabilité et protéger les exploitations contre les activités mal contrôlées. Le secteur privé a fait d'énormes progrès dans la gestion de ses activités et il existe plusieurs exemples d'une meilleure gestion des systèmes d'élevage qui a permis de réduire les impacts sur l'environnement tout en prouvant leur efficacité, ainsi que leur rentabilité, dans toutes les régions.

Dans plusieurs pays, les producteurs aquacoles ont introduit la certification environnementale, individuellement ou d'une façon collective, afin de démontrer, concrètement, que leurs activités de production ne sont pas polluantes, ne transmettent pas de maladies et/ou ne menacent pas l'écologie. Certains pays ont déjà élaboré des procédures de certification élaborées au niveau de l'État, pour certifier que les produits aquacoles sont aptes à être consommés et sont cultivés selon des normes environnementales.

Ce chapitre fournit plus d'informations sur les questions principales soulevées ci-dessus dans une perspective régionale et globale, y compris des évolutions significatives dans la gestion et l'atténuation en plus des leçons tirées durant ces dernières années. La sécurité alimentaire, la santé des animaux aquatiques et les questions transfrontalières sont traitées en détail dans des sections séparées (Chapitre 3, Marchés et commerce).

LES EFFLUENTS PROVENANT DE L'AQUACULTURE

L'aquaculture, comme beaucoup d'autres activités humaines, produit des déchets qui, en cas de mauvaise gestion, peuvent nuire à l'environnement. En aquaculture intensive, une quantité considérable de déchets organiques est produite sous forme de substances particulaires et/ou solubles (principalement les aliments non consommés, les fèces et les excréta) qui augmentent la demande biochimique en oxygène, et les quantités des nitrates et des phosphates dans les eaux réceptrices. Ceci peut ne pas constituer nécessairement un problème si le processus naturel de décomposition ou de dilution dans les eaux réceptrices peut assimiler ceci, à condition que les eaux naturelles ne soient pas surchargées, et la plus grande fertilité des eaux oligotrophes peut même avoir des effets positifs sur l'écosystème local, augmentant la disponibilité des aliments pour les espèces sauvages.

Le risque d'impacts négatifs des déchets de l'aquaculture est plus grand dans les eaux fermées avec de faibles taux de changement de l'eau, où le développement excessif de l'aquaculture intensive peut mener à l'eutrophisation et à d'autres changements de l'écosystème (par exemple la floraison d'algues et les niveaux bas d'oxygène dissous). Ceci est typique dans certains sites spécifiques et se produit dans les fleuves courant lentement, les lacs et les baies peu profondes, quand l'apport nutritif est bien plus important que la capacité de charge de l'écosystème, souvent à cause de la concentration (sur-chargement) ou de l'échange faible de l'eau.

Densité des exploitations et intensification des activités aquacoles - Bien que le nombre des entreprises individuelles possédant des exploitations piscicoles ait brusquement diminué dans tous les pays producteurs de poissons principalement en Europe occidentale durant les dix dernières années, le nombre des sites a demeuré, en grande partie, inchangé ou a légèrement diminué. Par exemple, l'augmentation de deux et demi enclos dans la production du saumon (298 000 à 730 000 tonnes) de 1994 à 2003 a été atteinte, en grande partie, grâce à l'utilisation d'une quantité plus grande d'aliment dans le même nombre de sites alourdissant de ce fait la pression environnementale dans ces localités (Rana, 2006). Quoique les chargements nets par tonne de la production aient diminué sensiblement, de telle activité d'élevage concentrée a eu comme conséquence une augmentation de la décharge organique et inorganique des éléments nutritifs, créant ainsi un défi important dans le contrôle de l'environnement à l'industrie européenne du saumon. La Norvège a un système de surveillance en place — MOM

ou Modélisation du monitoring des exploitations piscicoles croissantes (Hansen *et al.*, 2001). D'autres pays tels que l'Écosse et le Chili sont dotés de règlements rigoureux relatifs à l'environnement local pour l'élevage du saumon, qui requière de telles conditions.

Impacts des éléments nutritifs dissous - en général les concentrations totales déchargées de N et de P sont liées à l'intensité de l'aquaculture et aux facteurs de conversion des aliments aquacoles. Dans les eaux côtières norvégiennes et écossaises, environ 55 pour cent et 17 pour cent, respectivement, de la décharge totale côtière du phosphate provient de la mariculture. Ces décharges, bien que seulement indicatives, contribuent également à la charge globale des environnements intérieurs et côtiers dans certains endroits, ainsi que les décharges d'agriculture, de sylviculture, de l'industrie et des déchets domestiques. Cependant, ses impacts sur le chargement nutritif régional ne sont pas bien clairs et ils sont susceptibles d'être négligeables (Rana, 2006). Par exemple, il a été estimé qu'en pisciculture méditerranéenne (UNEP/MAP/MED POL, 2004) le chargement de N et P n'a pas augmenté en parallèle avec la production le long des années passées. Selon Karakassis, Pita et Krom (2005), le chargement de N et P de l'aquaculture serait moins de 0,1 pour cent du chargement total provenant de l'agriculture et des eaux usées.

Evidemment, sur une perspective globale, plus de recherches et de surveillances intégrées sont nécessaires pour faire des évaluations environnementales fiables de la capacité de charge des plans d'eau intérieurs et des zones côtières. Une telle information est nécessaire afin de mettre sur pieds des stratégies efficaces pour une aquaculture soutenue par l'intégration avec d'autres activités dans les zones côtières ou aquatiques (GESAMP, 2001).

Mesures de mitigation par le biais d'une gestion améliorée - l'atténuation de tout problème lié aux effluents et aux déchets de l'aquaculture des installations continentales ou côtières peut prendre diverses formes. Dans les étangs de poissons ou de crevette, l'utilisation de différents types de filtres et d'étangs de sédimentation peut considérablement réduire les quantités des éléments nutritifs dans les eaux réceptrices. Il y a de nouvelles méthodes de gestion des étangs de crevette utilisant la recirculation et l'aération élevée pour permettre un changement réduit de l'eau. Dans certains cas on arrive à une décharge presque nulle.

Gestion améliorée des aliments - les innovations dans les technologies d'alimentation automatisée et les formes/compositions des aliments ont sensiblement réduit les intrants d'aliments et les charges d'effluents par unité de production, tout en maintenant la productivité. Dans l'élevage du saumon, durant les dix dernières années passées, l'indice de conversion de l'aliment diminuait constamment pour passer de 1,5 à presque 1,0 (Larrain, Leyton et Almendras, 2005). Une telle réduction implique moins de matière organique et d'éléments nutritifs déchargés dans l'environnement. Cependant, d'autres types d'aquaculture (dorade et loup en Méditerranée) doivent encore améliorer leurs indices de conversion d'aliment et d'énormes efforts régionaux sont déployés pour accomplir cette tâche (FAO/GFCM, 2006).

En mer ouverte les déchets des cages piscicoles ne peuvent pas être quantifiés bien que l'impact des effluents puisse être considérablement réduit grâce à la bonne circulation de l'eau. Par l'utilisation régulière des aliments de bonne qualité et en adoptant une meilleure gestion des aliments, il est possible de réduire de manière significative l'impact des déchets dans de tels environnements. Le choix des sites adéquats avec une bonne circulation de l'eau et des courants, et l'espacement approprié des cages limite les impacts sur la colonne de l'eau et empêche la sédimentation excessive au fond de la mer. Les impacts des cages



Tables d'huître dans les eaux canadienne. L'élevage des mollusques est fortement considéré non nuisible à l'environnement car il n'exige aucun aliment pour leur croissance et utilise les éléments nutritifs des eaux environnantes. La mariculture intégrée est de plus en plus pratiquée avec les poissons, les mollusques et les algues cultivés dans des proximités étroites.

AVEC LA GRACIEUSE PERMISSION DE SHELLFISH HEALTH UNIT, DFO, MONCTON, CANADA



AVEC LA GRACIEUSE PERMISSION DE FLAVIO CORSINI

Fermier vérifiant les plateaux d'alimentation dans un étang de crevette. Les plateaux d'alimentation sont de plus en plus utilisés dans la crevetticulture pour vérifier l'efficacité de l'alimentation et la santé des animaux en élevage. Ces dispositifs rendent l'alimentation plus efficace et réduisent la pollution par l'alimentation excessive.

de l'aquaculture du saumon dans les fjords et les lochs côtiers sont bien documentés. Il y a une expérience considérable en ce qui concerne l'atténuation des impacts des effluents de l'aquaculture dans l'élevage du saumon. La production de Smolt au Chili se déplace rapidement loin des lacs, utilisant des systèmes d'eau entièrement recyclée, suivant les techniques semblables utilisées au Norvège et au Danemark (Morales et Morales, 2006). Il existe, également, des exemples d'élevage de la dorade et du loup en Méditerranée et de culture du tilapia dans les lacs d'eau douce en Asie.

La majorité des études publiées concernant l'impact des déchets de l'aquaculture concluent sur le fait que les seuls importants impacts sont les effets localisés de pollution organique sur les sédiments (Troell et Berg, 1997; Brooks *et al.*, 2003; Soto et Norambuena, 2004; Pitta

et al., 2005). Bien que l'eutrophisation ait été décrite comme impact potentiel, (Gowen, 1994) il y a quelques études qui démontrent directement que cet effet est bien réel. Ceci est dû au fait que la plupart des études ont été réalisées dans de grandes masses d'eau avec un effet élevé de dilution et où les impacts sont minimales (Aure et Stigebrandt, 1990). Dans les lacs d'eau douce fortement chargés, tels que le Lac Tal aux Philippines et les réservoirs dans le Java occidental, l'eutrophisation des cages d'élevage et les impacts sur l'eau ont été documentés (NACA/FAO, 2001b).

L'utilisation de l'aquaculture extractive pour réduire les charges des éléments nutritifs – l'aquaculture fournit également des moyens pour améliorer l'environnement aquatique. Les systèmes extensifs des mollusques ou d'algues avec de bas intrants enlèvent les éléments nutritifs de l'environnement de culture (Neori *et al.*, 2004). L'intégration efficace des combinaisons de l'alimentation aquacole et de telles pratiques d'aquaculture «extractives» peut avoir comme conséquence une nette augmentation de la productivité et pourrait atténuer l'accumulation des éléments nutritifs dans l'environnement. L'élevage par classes d'âges mélangées des poissons, mollusques et algues pratiqué dans les baies côtières de la Chine est un bon exemple. Cependant les techniques ont besoin d'être améliorées. L'économie de tels systèmes intégrés exige également un examen méticuleux. Dans le cas des sites à forte densité, même les systèmes d'aquaculture extractive peuvent avoir des impacts négatifs sur l'environnement, particulièrement sur les sédiments, en raison de l'accumulation fécale et pseudo-fécale.

La gestion du secteur au niveau d'une zone – le zonage approprié accompagné des Etudes d'Impact sur l'Environnement (EIE), y compris l'évaluation adéquate de la capacité de charge de l'environnement comme étape préalable nécessaire avant la création des exploitations aquacoles sont des outils importants pour la réduction de la pollution environnementale dans les environnements à usages multiples. Certains pays imposent déjà ces outils comme conditions pour l'émission d'autorisation aquacole, contribuant ainsi à minimiser les impacts négatifs de l'aquaculture sur l'environnement et à encourager le choix des sites adéquats¹.

MODIFICATION DES ÉCOSYSTÈMES ET HABITATS CÔTIERS

Le fait de détruire les mangroves pour les remplacer par les étangs de poissons et de crevette a, en grande partie, diminué au cours des années et ce, pour plusieurs raisons. Premièrement, la plus grande conscience de l'importance des mangroves qui a mené plusieurs gouvernements à imposer des règlements plus stricts sur leur utilisation ou même une nette interdiction bien que l'exécution de ces règles est encore inégale entre ces pays. Deuxièmement, il est devenu

¹ www.fao.org/figis/servlet/static?dom=root&xml=aquaculture/nalo_search.xml

clair que techniquement la mangrove n'est pas le meilleur emplacement pour l'aquaculture intensive ou semi-intensive et les nouvelles exploitations aquacoles cherchent des sites derrière les zones intertidales des mangroves. En plus, plusieurs pays essaient maintenant de mettre en application la Résolution VIII.32 de RAMSAR sur la «Conservation, la gestion intégrée, et l'utilisation soutenable des écosystèmes des mangroves et de leurs ressources» (RAMSAR, 2002), qui protège efficacement les écosystèmes fragiles des mangroves dans le monde entier. En conclusion, l'intérêt réservé aux palétuviers et à l'aquaculture a, en grande partie, ignoré les impacts des autres utilisations telles que l'agriculture. Diverses études prouvent maintenant que l'aquaculture cause, globalement, moins de 10 pour cent de la dégradation de cet important habitat côtier.



AVEC L'AMABLE AUTORISATION DE MOHAMMED SHARIF

Réadaptation de mangrove autour des étangs de crevette. On reproche à l'élevage de crevette la destruction des habitats de mangrove. Plusieurs pays interdisent maintenant la destruction de mangrove au profit de l'aquaculture.

L'utilisation des mangroves en aquaculture est une pratique ancienne. En Asie du Sud-est, en particulier en Indonésie et aux Philippines où la culture du chanos existe depuis longtemps, la zone des palétuviers a été considérée comme un emplacement idéal pour les étangs piscicoles d'eau saumâtre, vu le fait que l'altitude au sol dans de telles zones est assez basse pour être inondée naturellement pendant la marée haute. Cette forme d'attitude envers les mangroves était commune dans le monde entier jusqu'aux années 70, puisque les «mangroves ont été généralement considérés comme des terres abandonnées avec peu de valeur intrinsèque et leur destruction étaient encouragée par le gouvernement et les planificateurs» (Spalding, Blasco et Field, 1997). C'est seulement en 1980 lors du grand intérêt manifesté envers l'élevage de crevettes que le souci envers la destruction des mangroves a augmenté. Ceci semble coïncider avec le développement de grandes fermes d'élevage de crevettes dans les zones de mangrove dans l'hémisphère occidental, en particulier en Amérique latine. Ainsi, bien que la plupart des forêts de mangrove en Asie ont été à l'origine détruites à cause de l'élevage des poissons puis après des crevettes, la destruction des forêts de palétuviers est encore souvent attribuée en grande partie à l'élevage des crevettes.

Dans la majeure partie de l'Asie, non seulement on a interdit la destruction des forêts restantes de mangrove en faveur de l'aquaculture, mais plusieurs pays ont également commencé leur replantation et restauration. En plus il y a eu plusieurs tentatives pour développer l'aquaculture sans nuire aux mangroves (SEAFDEC, 2006; www.deh.gov.au/commitments/wssd/publications/mekong.html).

L'Afrique, le Madagascar, le Mozambique et la République Unie de la Tanzanie ont identifié et réservé des zones appropriées pour l'élevage de crevette. Le Mozambique, en particulier, a imposé de strictes mesures de contrôle de l'environnement sur ces zones. Les exploitations aquacoles sont obligées de traiter l'eau effluente et un programme réussi et à grande échelle de réadaptation de la mangrove a été institué pour ces zones où les canaux d'approvisionnement en eau ont été construits à travers les marécages de mangrove (Hecht, 2006).

Auparavant, en Amérique latine, la crevetticulture a affecté les zones de mangrove en Colombie, au Guatemala, au Honduras, au Nicaragua, au Panama, en Équateur et au Brésil. De nos jours, on peut remarquer un rétablissement de la mangrove grâce à l'imposition de règlements pour leur protection, augmentant la conscience chez l'industrie de crevette, et les incitations pour leur restauration par des mesures de reboisement (reconversion des plantations) et d'entretien. Les quelques importantes initiatives qui ont vu le jour résultent de l'adoption de meilleures procédures de gestion de la crevetticulture (par exemple au Brésil) et le développement d'un atlas de palétuvier pour le nord-est du Brésil qui fournit des informations appropriées pour une meilleure gestion et usage de l'écosystème (Parente Maia *et al.*, 2005).

Le Mangrove n'est pas le seul écosystème côtier qui peut être affecté par l'aquaculture. Les effluents non traités des étangs peuvent également affecter les récifs de corail et les communautés de flore maritime, ce dernier a été bien documenté, les déchets organiques des cages piscicoles mal placées peuvent couler vers le bas et endommager de tels écosystèmes sensibles. Les marais d'eau douce et les zones humides qui sont souvent source d'alimentation des oiseaux sont les zones potentielles qui pourraient être inconvenablement exploitées par l'aquaculture sans un strict contrôle de la part du gouvernement. La conscience de l'importance de conserver les habitats sensibles et fragiles s'est enfin développée. Ceci a évidemment réduit l'utilisation délétère des habitats critiques pour l'aquaculture et a mené au développement de politiques appropriées et mesures réglementaires dans plusieurs pays producteurs, dans le monde en particulier dans ceux où une Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE) est obligatoire puisque les habitats fragiles sont ou devraient être clairement identifiés (GESAMP, 2001).

UTILISATION DE L'EAU ET DE LA TERRE EN AQUACULTURE

Les soucis liés à l'utilisation de la terre et de l'eau pour l'aquaculture résultent des problèmes de priorité, puisque les récoltes, particulièrement celle du riz, sont souvent considérés plus importantes que la pêche et le développement de l'aquaculture est perçu comme une concurrence et/ou menace pour l'agriculture. L'urbanisation et l'industrialisation commencent à prévaloir et à réduire les zones aquacoles, en particulier dans les endroits où il n'y a aucun zonage approprié de l'utilisation des terres.

Les défis liés à l'utilisation de l'eau pour l'aquaculture sont souvent associés à l'utilisation de l'eau douce, qui peut être également utilisée pour l'irrigation des récoltes et à l'usage humain (consommation, baignade, etc.). L'aquaculture d'eau douce peut utiliser des volumes significatifs, en particulier dans les systèmes ouverts, et ceci a mené à la spéculation concernant si l'aquaculture peut avoir les moyens de continuer à utiliser de grands volumes d'eau douce pour la production, face aux demandes croissantes en eau pour l'utilisation humaine. D'autre part, beaucoup d'étangs d'eau douce des fermes asiatiques contribuent à la conservation de l'eau. Cette discussion est plutôt complexe, car dans la plupart des cas l'aquaculture n'est pas un consommateur significatif de l'eau, puisque l'eau est retournée au système. Cependant la qualité de l'eau peut être altérée dans les activités intensives. Dans certains cas ceci peut représenter un avantage puisque cette eau peut être utilisée pour l'irrigation des récoltes contribuant à la fertilisation et à la production.

Les risques de conflits surgissent là où l'eau douce est menacée (c.-à-d. dans les pays arides ou quand l'eau douce est pompée des couches aquifères) et il y a une forte concurrence locale pour l'eau. L'aquaculture peut ne pas être un grand consommateur de l'eau et l'intégration optimale des utilisations de l'eau peut augmenter le bénéfice net pour les utilisateurs concurrentiels (par exemple l'utilisation des eaux usées de bonne qualité pour l'aquaculture).

L'utilisation des eaux marines pour l'aquaculture (mariculture) connaît, également la concurrence avec d'autres utilisateurs des ressources; ce n'est pas particulièrement la concurrence pour l'eau elle-même, mais plus pour l'usage des zones marines ou côtières à des fins autres que l'aquaculture. Une telle concurrence vient: de la pêche, du tourisme, de la navigation, du développement urbain, de la conservation de la biodiversité, etc., et elle est plus souvent liée à l'utilisation spatiale de l'eau pour l'aquaculture qu'à la qualité ou le volume d'eau utilisée. Selon les revues de la FAO sur les tendances régionales de l'aquaculture, certains pays ont commencé à limiter l'utilisation des ressources de la terre et de l'eau pour l'aquaculture par le zonage et la planification efficace de l'utilisation des terres (par exemple le Chili, le Mexique, la Chine) (Morales et Morales, 2006 et NACA, 2006).

En termes d'utilisation de l'eau, il y a une différence entre l'utilisation de l'eau douce pour l'aquaculture et l'utilisation de l'eau douce pour contrôler la salinité des eaux saumâtres pour l'aquaculture, bien que cette dernière soit fortement déconseillée et/ou interdite dans plusieurs pays. Cependant, l'utilisation multiple de l'eau pour l'irrigation, l'agriculture et l'aquaculture regagne de l'intérêt. La productivité des fermes intégrées dans plusieurs régions de l'Asie, en particulier la Chine, qui tire profit de la synergie entre le riz et les poissons est un bon exemple de telles utilisations multiples.

En Égypte, seules les eaux saumâtres et marines et les terres qui sont considérées comme inconvenables pour l'agriculture peuvent être utilisées pour l'aquaculture, limitant ainsi l'utilisation de l'eau douce (EL-Gayar et Leung, 2001). Un système d'alternance utilisant une partie de la terre pour le riz pendant la saison sèche et les poissons (ou les crevettes) pendant la saison des pluies comme c'est le cas en Asie peut être considéré comme une excellente manière d'optimiser l'utilisation de la terre basée sur une «meilleure utilisation» suivant la saison. Un système similaire existe dans le sud des États-Unis d'Amérique où les terres de riz sont utilisées pour produire des écrevisses pendant les mois d'hiver, ces dernières subsistent, amplement, de la croissance de la repousse des tiges de riz (Olin, 2006).

L'intégration de l'irrigation et l'aquaculture (IIA) est un concept qui a été développé pour maximiser l'efficacité de l'utilisation de l'eau, particulièrement en Afrique. Le développement de l'IIA a l'avantage d'augmenter la productivité des ressources rares d'eau douce et de réduire l'exploitation des ressources naturelles, en particulier dans les pays de l'Afrique occidentale sujets à la sécheresse. Les systèmes irrigués, les plaines d'inondation et les bas fonds des vallées sont identifiés comme trois principaux environnements cibles pour IIA en Afrique occidentale. Dans les systèmes irrigués, l'aquaculture est une activité non consommatrice d'eau qui augmente la productivité de l'eau (par exemple la rizipisciculture en Asie). La continuité de l'approvisionnement en eau, l'effet de l'aquaculture sur la répartition de l'eau et l'utilisation des produits agrochimiques sont les principaux points d'intérêt pour l'aquaculture dans les systèmes d'irrigation (NACA, 2006 et Poynton, 2006).

Les plaines inondées par les rivières et les terres basses deltaïques fournissent également la possibilité pour l'aquaculture intégrée. La production de nourriture peut être augmentée en clôturant des parties de ces zones inondées et en les peuplant d'organismes aquatiques. Les exemples de communauté basée sur la rizipisciculture au Bangladesh et au Viet Nam montrent que la production de poissons peut s'élever de 0,6 à 1,5 tonnes par hectare annuellement. Un autre exemple est l'utilisation saisonnière des étangs dans les zones humides entourant le Lac Victoria (Afrique de l'est) qui se remplissent d'eau et de poissons par inondation naturelle et sont gérés en utilisant les ressources localement disponibles telles que les engrais d'animaux et les déchets des récoltes. Ce sont toutes de bonnes stratégies de gestion pour une utilisation optimale de terre et de l'eau dans un cadre intégré.

En Arabie Saoudite, l'eau de l'irrigation est utilisée au début pour l'élevage de tilapia pour éviter la contamination à partir des pesticides utilisés dans les récoltes agricoles. La situation est différente quand l'eau douce est utilisée pour l'aquaculture d'eau saumâtre. Une fois mélangée à l'eau de mer, elle ne peut pas servir à d'autres buts. Ce qui rend cette pratique plus mauvaise c'est quand les eaux souterraines sont extraites par pompage à des fins aquacoles. Vu l'énorme volume requis, ceci peut causer l'intrusion de l'eau de mer dans la couche aquifère la rendant ainsi impropre à l'agriculture et à la boisson. (Poynton, 2006).

Au cours des années, ces problèmes de l'utilisation de terre et de l'eau en aquaculture ont été traités avec prudence par plusieurs pays producteurs. La planification de l'utilisation des terres, le zonage, l'utilisation optimale des ressources de l'eau, l'utilisation multiple de l'eau, etc., ont été adoptés par plusieurs pays à différentes échelles. Actuellement certains pays utilisent des systèmes d'eau partiellement ou totalement fermés pour la crevetteculture. Bien qu'ils soient chers, ces systèmes ou les eaux fermées ont prouvé leur biosécurité améliorée, réduisent ainsi la maladie.



CAVEC LA GRACEUSE PERMISSION DE MATTHIAS HALWART

La Rizipisciculture en Guyane. La rizipisciculture est principalement pratiquée en Asie. Cependant, dans les Caraïbes cette activité est en train de prendre de l'élan. Les fermiers qui produisent du riz se procurent un revenu supplémentaire en élevant des poissons dans des rizières et cette pratique intégrée renforce l'efficacité de l'utilisation de l'eau.

L'aquaculture offre également la possibilité des utilisations alternatives de la terre et des corps d'eau qui souffrent de salinisation après irrigation ou qui ne sont pas appropriés à l'agriculture. Par exemple en Europe de l'Est la plupart des étangs piscicoles ont été construits sur des zones qui ne servent pas à une production agricole réussite à cause de la mauvaise qualité du sol. Tel est le cas aussi de quelques zones continentales étendues qui sont régulièrement inondées où des étangs piscicoles ou réservoirs ont été construits (FAO/NACEE, 2006).

Dans les zones côtières, l'aquaculture peut entrer en conflit avec le tourisme et les activités de loisir; la Méditerranée et la mer Adriatique en sont un exemple. Bien que l'industrie piscicole cherche maintenant de l'espace plus approprié pour la relocalisation ou l'expansion, le tourisme et l'industrie de loisir limite ceci, créant ainsi un conflit d'intérêt. Actuellement, certains pays dans la région mettent en application les procédures d'une bonne planification de l'utilisation des terres et une Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE) pour les activités de développement (y compris l'aquaculture) qui évitent de tels conflits, tout en améliorant les impacts sociaux et le revenu économique (Rana, 2006).

Dans d'autres pays tels que le Chili et le Mexique les principaux conflits pour l'usage de l'eau et de l'espace en particulier dans la pisciculture sont avec la pêche à petite échelle, cependant, le zonage de l'aquaculture a été établi pour réduire au minimum ou éviter de tels conflits (Morales et Morales, 2006).

L'ALIMENTATION DES POISSONS PAR DES POISSONS ET AUTRES ALIMENTS

Souvent, on reproche à l'aquaculture l'utilisation des espèces de faible valeur commerciale telles que les sardines, les harengs ou les anchois (parfois poissons d'eau douce peu coûteux) comme aliment (farine de poisson, huile de poisson et des poissons de rebut) pour produire des espèces carnivores d'une haute valeur telles que le thon, le mérrou, les crabes et les crevettes. Deux principaux problèmes surgissent; premièrement, avec cette pratique, l'aquaculture des poissons carnivores ne contribue pas à la production globale des poissons, puisque chaque kilogramme de poisson en élevage exige plus d'un kilogramme d'espèces de poissons d'alimentation selon la forme de l'aliment utilisé soit du poisson cru directement ou sous forme de farine de poisson comme ingrédient pour la fabrication des aliments. Deuxièmement, les espèces de faible valeur marchande converties en des espèces de haute valeur peuvent rendre les prix des poissons cultivés au delà du pouvoir d'achat des pauvres et ont donc des implications sur la sécurité alimentaire. Cependant, en dépit de telles reproches, la production aquacole de poisson bas dans la chaîne alimentaire, telles que les carpes, reste encore plus grande que les espèces carnivores, de ce fait, l'aquaculture demeure évidemment un producteur net des produits aquatiques et un contribuant à la sécurité alimentaire globale. D'autre part, la production des produits de haute valeur tels que les saumons, même si elle n'est pas destinée à l'alimentation des pauvres, dans la plupart des cas procure de l'emploi et pourrait avoir un grand impact social (Morales et Morales, 2006).

De point de vue écologique, convertir plusieurs unités de biomasse de poissons en une unité de biomasse de poissons est inefficace, bien que ce soit un phénomène parfaitement naturel en se déplaçant d'un niveau trophique à un autre. Cependant, l'aquaculture est une activité économique où l'efficacité est mesurée en termes monétaires, pas en termes de biomasse ou de conversion d'énergie, bien que de tels concepts devraient être plus pris en considération. Ainsi l'utilisation des poissons en aquaculture, sous leur forme fraîche (crue) ou sous forme de farine, continuera probablement tant qu'il est économiquement avantageux de faire ainsi.

L'aliment s'élève à 60-80 pour cent des coûts opérationnels en aquaculture intensive, alors que les aliments et les engrais représentent environ 40-60 pour cent du coût total de la production aquacole dans les systèmes aquacoles semi-intensifs. Les engrais et l'aliment continueront, donc, à dominer les besoins de l'aquaculture. L'importance de la consommation des aliments en aquaculture peut être soulignée davantage par le fait qu'environ 22,8 millions de tonnes ou 41,6 pour cent de la production totale de l'aquaculture globale en 2003 dépendaient de l'utilisation directe des aliments ou d'ingrédients simples, aliments aquacoles produits à la ferme ou industriellement fabriqués (FAO, 2005). En 2003, on a estimé que 19,5 millions de tonnes d'aliments aquacoles composés sont produits et les premiers utilisateurs de ces aliments aquacoles sont les carpes non-filtreuses, la crevette marine, les saumons, les poissons marins, le tilapia, la truite, le poisson-chat, les crustacés d'eau douce, le chanos et les anguilles (FAO, 2006).

TABLEAU 5
 Evaluation des poissons de rebut pour produire des espèces d'eau douce et marines au Viet Nam.

Espèces	Production (mt)	% utilisation de poisson de rebut	TCA	Aliment humide/sec (t)	Poisson de rebut (t)	
					Min	Max
<i>Pangasius</i> poisson chat	180 000	80%	2,5	360 000	64 800	180 000
Crevette (<i>Penaeus monodon</i>)	160 000	38%	4,75	287 280	71 820	143 640
poissons marins (mérrou)	2 000	100%	5,9	11 800	11 800	11 800
Langouste (<i>P. ornatus</i>)	1 000	100%	28	28 000	28 000	28 000
Total				687 080	176 420	363 440

(Source: Étude sur les poissons de rebut et la farine de poissons marins en tant qu'ingrédients de l'alimentation en aquaculture au Viet Nam. P. Edwards, Le Anh Tuan & G L Allen. ACIAR. 2004).

Les estimations des poissons de rebut utilisés en aquaculture intérieure, côtière et globale au Viet Nam sont entre 64 800 et 180 000 tonnes; entre 72 000 tonnes et 144 000 tonnes; et entre 177 000 tonnes et 364 000 tonnes, respectivement.

Bien que l'aquaculture basée sur les aliments aquacoles dépend fortement de la pêche pour l'approvisionnement en ingrédients comme la farine ou l'huile de poisson et les dénommés «poissons de rebut à faible valeur marchande», les principaux consommateurs de la farine de poisson et de l'huile de poissons sont les poissons carnivores et les crustacés. On a estimé qu'environ 53 pour cent de farine de poisson globale et 87 pour cent d'huile de poissons ont été consommés par les salmonidés, les poissons marins (en général) et la crevette marine en 2003.

Trois principaux types de matières premières sont utilisés pour produire de la farine de poisson: (a) les produits récupérés des installations de transformation des poissons, (b) la pêche, et (c) les espèces de poissons, qui se produisent en grands volumes mais qui ne sont pas demandés pour la consommation humaine directe. L'anchois pêché dans les zones d'upwelling outre la côte Pacifique de la pointe méridionale de l'Amérique du Sud est un bon exemple de telles espèces. À côté de l'anchois comme importante matière première pour la farine de poisson il y a le capelan, les merlans bleus, le lançon, les sprats, le menhaden et les merlans jaunes d'Alaska dans l'hémisphère Nord. Depuis 1985, la production globale s'est stabilisée à 6 ou 7 millions de tonnes de farine de poissons et un million de tonnes d'huile de poissons (IFFO, 2006).

Ceci signifie que les secteurs de l'aquaculture et de l'élevage qui sont en expansion entreront en concurrence pour une ressource limitée - une situation à la laquelle on s'est référé comme «fish meal trap» ou «piège de farine de poisson» (FAO, 2002). Dans une telle situation d'approvisionnement apparemment limité en farine et huile de poissons, et avec un manque ou une faible amélioration de l'efficacité de l'utilisation de la farine et de l'huile de poissons, l'expansion de certains types d'aquaculture pourrait être compromise ou même complètement arrêtée. Même avec un approvisionnement stable (qui ne connaît ni augmentation ni diminution) en poissons crus pour la production de farine de poissons, il est également prouvé que la demande croissante de la farine de poissons continuera à augmenter son prix ainsi que celui de l'huile de poisson. Lorsque les prix atteindront un certain niveau, l'utilisation de la farine et de l'huile de poissons ne peut plus être financièrement viable. Ceci renforce la nécessité de réduire la dépendance de la farine de poisson et optimiser son utilisation. De nos jours, plusieurs pays producteurs ont entamé d'importantes recherches à ce sujet. Le secteur de l'élevage semble avoir été forcé d'accomplir de grand progrès, poussé par des facteurs économiques.

Les phénomènes naturels affectant l'environnement et la disponibilité/qualité des aliments - Le phénomène El Niño est une perturbation du système



CAVEC LA GRACIEUSE PERMISSION DE FLAVIO CORSIN

Préparation du poisson de rebut pour alimenter les poissons d'eau douce mis en élevage en cages au Cambodge. L'utilisation de poisson de rebut à des fins aquacoles est devenue un sujet de discussion. Surtout dans le cas où des poissons d'une certaine qualité alimentaire sont donnés comme aliment pour l'élevage d'espèces marines de haute valeur telles que le mérrou.

océan-atmosphère dans le Pacifique tropical ayant des conséquences importantes sur le climat global. La pêche de l'anchois péruvien, un composant important de la farine de poissons (qui a représenté plus d'un quart ou de 28,5 pour cent du total estimé des débarquements des pêcheries marines a connu une baisse en 2003) est extrêmement sensible au phénomène de El Niño. Au cours du dernier siècle la pêche de l'anchois péruvien a subi des chutes catastrophiques après chaque passage fort de El Niño, au cours des 30 dernières années les débarquements passèrent de plus de 13 millions de tonnes en 1970 à moins de 0,1 million de tonnes après le passage de El Niño en 1982-1983 (le plus fort de ce siècle), et les captures diminuent fortement après chaque important événement.

Cependant, les populations de l'anchois péruvien ont montré une capacité élevée de récupération après ce type d'événement atmosphérique s'il est suivi de conditions environnementales plus favorables et si une gestion appropriée de la pêche est mise en place. D'autres espèces ont été transformées en farine de poissons dans la région (telles que les saurels et les sardines) ce qui rend la production de farine de poissons plus résiliente à ces événements et aux effets de variabilité d'abondance d'espèces uniques. En outre, les capacités de surveillance et de prévision des événements tels que El Niño se sont développées et en conséquence, la gestion des pêches est ou doit se trouver en meilleure position pour répondre et faire face à ces changements.

La farine de poissons peut être remplacée par la protéine végétale, mais avec des coûts élevés à cause de l'utilisation des enzymes pour éliminer les facteurs anti-nutritionnels et celle des acides aminés afin d'améliorer le côté nutritionnel (Tacon, 2005). Néanmoins, la farine de poisson est toujours relativement disponible et son utilisation continuera jusqu'à ce que sa disponibilité devienne sérieusement compromise. La substitution des huiles de poissons reste un challenge vu la difficulté de trouver des sources alternatives de l'oméga 3. Cependant, les prix en hausse de la farine et de l'huile de poissons incitent la recherche dans l'industrie alimentaire à trouver des substituts (FAO, 2006).

Les tendances globales indiquent que le secteur aquacole de haute valeur se développe et que ce secteur est le plus dépendant des aliments contenant de la farine et de l'huile de poissons. Dans le secteur aquacole d'eau douce, il existe des variations probables dans les aliments et leur composition puisqu'il y a la possibilité d'utiliser des ingrédients alimentaires de source non marine (en particulier les déchets provenant des cuisines ménagères, déchets de brasseries et sous-produits agricoles moulus). Le prix du marché le plus élevé des poissons marins élevés et des crustacés permettra à cette partie du secteur de faire face aux prix élevés de la farine de poissons au fur et à mesure que la demande augmente.

Tandis que certains pays dans le monde produisent des aliments aquacoles de bonne qualité commerciale, plusieurs autres dépendent des importations des pays de la même région ou de l'extérieur de la région. La fabrication des aliments aquacoles a connu un progrès considérable dans toutes les régions, excepté l'Afrique. Comme mentionné ci-dessus, plusieurs études en cours visent à réduire ou substituer la farine de poissons avec une protéine moins chère et disponible.

LES CONTAMINANTS ET LES RÉSIDUS EN AQUACULTURE

Les activités aquacoles, en particulier les formes intensives, exigent parfois l'utilisation de produits thérapeutiques (généralement désignés sous le nom de médicaments), en vue de contrôler les maladies. On inclut parmi ces produits des agents utilisés pour le traitement efficace contre les maladies, et/ou leur prévention, comme les antimicrobiens (y compris des antibiotiques), les antiparasites, les fongicides, les produits biologiques, les hormones, les produits chimiques, les solutions, et des produits composés; ces derniers ne peuvent pas être utilisés dans n'importe quel site aquacole. D'autres traitements peuvent être nécessaires pour contrer les risques tels que les prédateurs et les salissures des cages marines.

Les produits thérapeutiques sont parfois nécessaires pour des usages spécifiques et identifiés en aquaculture. Cependant, ils devraient être utilisés de façon responsable et sous un contrôle rigoureux avec un règlement approprié. Comme on s'intéresse de plus en plus aux locaux et à la formation des aquaculteurs et des processeurs pour l'utilisation responsable des médicaments; les fabricants des produits pharmaceutiques, les vendeurs, les fabricants d'aliments, et les autres prestataires de services devraient également coopérer pleinement aux efforts de régulation de l'utilisation des produits thérapeutiques en aquaculture. Plusieurs gouvernements ont changé

leurs règlements nationaux sur l'utilisation des produits thérapeutiques en général, et dans le secteur aquacole en particulier.

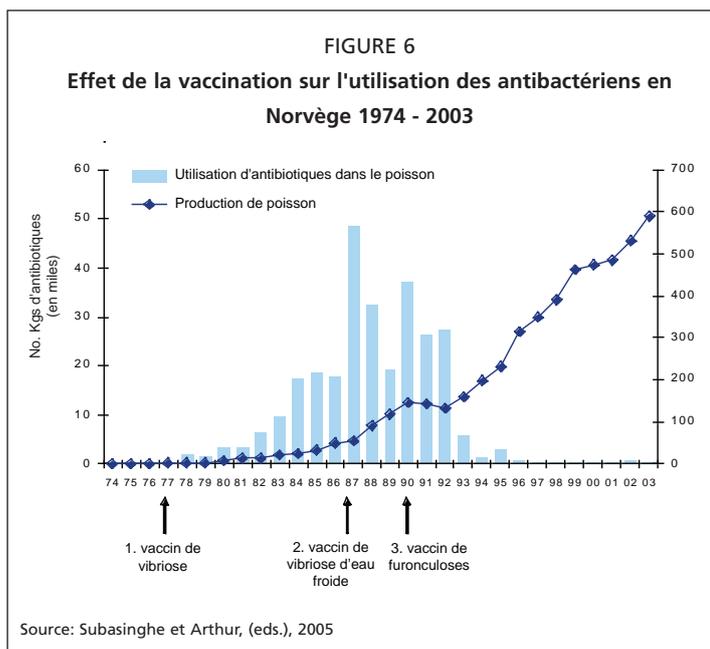
L'utilisation des produits thérapeutiques, particulièrement les antibiotiques, est maintenant fortement réglementée dans plusieurs pays, grâce aux conditions strictes suivies par plusieurs nations, y compris les marchés importateurs. L'utilisation des antibiotiques a diminué sensiblement dans certains pays après le développement des vaccins de poissons, comme c'est le cas pour les saumons en Norvège; la forte baisse a eu lieu après que le vaccin contre la furunculose provoquée par la bactérie *Aeromonas salmonicida* ait été développé (Midtlyng, 2000). Cependant, plus d'efforts devraient être déployés dans la recherche afin d'arriver à une meilleure gestion sanitaire pour les poissons et les crustacés en aquaculture.

D'excellentes expériences ont été acquises et des résultats positifs ont été obtenus en employant le concept de «gestion de groupe» qui consiste à rassembler les aquaculteurs de crevette à petite échelle et la gestion collective de leurs étangs en suivant les meilleures procédures de gestion. Ceci a réduit l'utilisation des antibiotiques et a complètement éradiqué la nécessité d'utiliser les médicaments antibactériens et vétérinaires interdits. (voir Chapitre 3, Marchés et Commerce.)

L'utilisation des produits thérapeutiques peut laisser des résidus dans les produits aquacoles. La majeure partie des médicaments actuellement autorisés sont relativement sûrs et ne devraient pas nuire à l'environnement à l'extérieur des étangs piscicoles ou cages d'élevage tant qu'ils sont utilisés correctement. Les meilleures procédures de gestion, abordées longuement dans les autres chapitres de cette revue, devraient réduire, de manière significative, l'utilisation des produits chimiques et d'autres substances risquées. En général, l'utilisation de ces produits chimiques ou des pesticides a diminué en raison d'un règlement plus strict adopté par les gouvernements et des conditions rigoureuses du commerce de l'exportation.

Bien que l'utilisation des antibiotiques ait été recommandée pour la désinfection durant la manipulation des poissons, elle s'est avérée non hygiénique, et elle n'est généralement pas approuvée par les services d'inspection des poissons. En aquaculture, les antibiotiques n'ont pas toujours été utilisés d'une façon responsable et dans un certain nombre de cas rapportés, le contrôle de l'utilisation des antibiotiques n'a pas fourni une véritable assurance de la prévention contre les risques pour la santé des humains. Les organismes comprenant la FAO, l'OMS, l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) et un certain nombre de gouvernements nationaux essayent de limiter l'utilisation des antibiotiques dans tous les secteurs de production, puisque les risques potentiels pour la santé publique sont d'un intérêt particulier.

La contamination des produits aquacoles - l'autre face de la pièce de monnaie est la contamination des produits aquacoles par d'autres activités humaines. Ceci est devenu un souci d'intérêt public particulièrement après la publication d'information se rapportant à la contamination des saumons cultivés par la farine de poisson avec des dioxines, PCBs (diphényles polychlorés) et d'autres produits chimiques, souvent des pesticides (Hites *et al.*, 2004). Quoique les avantages globaux de manger des saumons et d'autres produits comme les fruits de mer soient primordiaux, les consommateurs sont maintenant, conscients et exigent des produits plus sûrs. Plusieurs activités humaines peuvent affecter



L'utilisation des antibactériens en aquaculture est controversée. Cependant, les procédures alternatives de gestion de la santé telles que le développement de vaccins efficaces ont pu, de manière significative, réduire l'utilisation des antibactériens et, aussi, augmenter la production. Le meilleur exemple est la Norvège.

l'aquaculture, la plus importante est l'évacuation des eaux usées, qui peuvent engendrer la contamination bactérienne et favoriser l'eutrophisation, augmenter la floraison d'algues, etc., et les évacuations industrielles, qui peuvent contenir des contaminants qui affectent la performance de l'aquaculture ou peuvent être détectés comme résidus dans des produits aquacoles. L'utilisation des pesticides et des engrais dans l'agriculture peut causer un dommage substantiel à l'aquaculture. La détérioration de l'environnement aquatique par les effluents industriels est considérée comme un obstacle majeur au développement futur de l'aquaculture dans certaines zones côtières et c'est l'une des raisons qui a poussé l'aquaculture vers la mer ouverte. La contamination de la farine de poisson dans les régions industrialisées du monde est également un problème important quant à l'utilisation des ressources alimentaires pour l'aquaculture.

L'UTILISATION DU STOCK DE GÉNITEURS, POST-LARVES ET ALEVINS DES CAPTURES SAUVAGES

La plupart des espèces d'eau douce utilisées en aquaculture sont actuellement reproduites en éclosion, bien que les juvéniles capturés à l'état sauvage soient toujours utilisés dans certaines régions du monde. De nos jours, dans la majorité des pays, les éclosiers sont en mesure de répondre à la demande d'alevins des espèces d'eau douce de qualité. La dépendance de l'aquaculture des alevins sauvages capturés est en train de diminuer progressivement ainsi, elle sera très probablement limitée aux poissons matures qui seront utilisés dans des programmes de reproduction pour améliorer la qualité du stock des géniteurs. Cependant, dans l'industrie des poissons ornementaux, il y a certaines espèces qui sont encore capturées à l'état de juvéniles pour les exportations aquacoles.

La situation est différente dans les environnements marins et saumâtres où l'élevage d'une gamme d'espèces (mérrou, crabe de palétuviers, crevette, thon, anguille, etc.) dépend encore des géniteurs ou des d'alevins sauvages capturés.

L'utilisation des individus sauvages capturés en aquaculture est perçue comme étant une pratique pouvant avoir des impacts négatifs sur la biodiversité aquatique. Tel est le cas de la crevette géante tigrée, *Penaeus monodon*. Après des années de culture en Asie et en Amérique latine, presque tous les postlarves sont maintenant reproduites en éclosion. Cependant, l'aquaculture de *P. monodon* dépend toujours et presque entièrement des géniteurs sauvages capturés. L'utilisation continue d'individus sauvages capturés comme géniteurs rend l'industrie de crevette vulnérable à la détérioration de la qualité du stock d'alevins, avec une susceptibilité aux microbes pathogènes. C'est dans de telles circonstances que plusieurs producteurs de l'Asie de l'est et du sud-est ont optés pour la crevette blanche Pacifique, *Penaeus vannamei*, en raison de la disponibilité commerciale du stock de reproduction prêt «exempt d'agents pathogènes spécifiques» ou «indemnes d'organismes pathogènes spécifiques» (SPF). Il faut noter que, de nos jours, la capacité de produire du *P. vannamei* SPF, a suscité un intérêt considérable donnant libre voie à la recherche et au développement pour produire des stocks SPF de plusieurs autres espèces dont la production commerciale commence déjà (par exemple *P. chinensis*) (Briggs *et al.*, 2005).

En plus de son impact sur la biodiversité, l'exploitation massive du stock naturel d'alevins conduit également à une collecte inattentive d'alevins des espèces non ciblées réduisant la capture des pêcheries. Ceci affecte aussi le revenu des pêcheurs à petite échelle dépendants des espèces affectées. Cependant, dans certaines circonstances le fait d'interdire brusquement et complètement la collecte d'alevins sauvages n'est pas sans impact social. Cela est encore vrai pour le *P. monodon* particulièrement en Asie du sud. Au Bangladesh, les centaines de milliers de pêcheurs pauvres, spécialement les femmes, dépendent de la collecte des postlarves naturelles de *P. monodon* du Sundarbans. Le développement de l'industrie aquacole de crevette représente une issue pour ces pauvres familles habitant la côte. Une situation similaire régnait en Équateur, cependant, l'apparition d'éclosion de reproduction de postlarves propres a eu comme conséquence l'arrêt presque total de cette activité car les fermes aquacoles préfèrent les postlarves reproduites en éclosion en raison de leur état sanitaire plus fiable. L'élevage de plusieurs espèces marines de poissons et quelques espèces de crustacés de haute valeur et de mollusques dépendent encore du stock d'alevins sauvages capturés. Dans la plupart des cas, ceci est dû au manque de production fiable, en série de semence dans les éclosiers. On peut citer comme exemples le crabe de mangrove (*Scylla* spp.), plusieurs espèces de mérrou (*Epinephelus* spp.) et la truite de corail (*Plectropomus leopardus*).

Vu que les écloséries productrices d'alevins de chanos (*Chanos chanos*) peuvent maintenant entièrement subvenir aux besoins de l'industrie, l'unique raison pour laquelle les alevins sauvages sont encore collectés c'est qu'ils représentent un moyen de survie des pêcheurs pauvres. La technologie pour propager les crabes de mangrove a été développée et on s'attend à ce que, vu la demande en juvéniles de crabe qui dépasse l'approvisionnement en stock naturel, l'investissement dans les écloséries de crabe devienne de plus en plus attrayant. La même situation est vraie pour quelques espèces de mérou. Le mérou bossu, *Cromileptes altiveles*, est actuellement produit commercialement en Indonésie. Un bon exemple d'un candidat pour la production en captivité est le wrasse à bosse, *Cheilinus undulates*, qui est maintenant sur les listes au CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction), rendant ainsi, le commerce des poissons sauvages capturés illégal. Ceci influence le prix du marché à la hausse et peut être commercialisé légalement seulement en cas de présentation de preuve qu'ils proviennent de l'élevage aquacole.

Dans les pays où, parfois, les poissons sauvages capturés sont utilisés en aquaculture, il existe une législation régissant ce processus. En Égypte, le gouvernement, par le biais de l'Autorité Générale chargée de la recherche et développement de la pêche (GAFRD) du Ministère de l'Agriculture, émet des permis et contrôle la collecte d'alevins destinés à des fins aquacoles. Il dirige également les centres officiels de collecte d'alevins. Mais pendant que la collecte d'alevins est surveillée, le contrôle des prix a donné naissance à un marché noir d'alevins. Ceci a rendu difficile la gestion des ressources d'alevins car la quantité d'alevins collectée peut être quatre à cinq fois le chiffre officiel rapporté.

Il est probable que la dépendance du secteur du stock d'alevins et de géniteurs sauvages capturés va sensiblement diminuer. La gestion appropriée de stock de reproduction en aquaculture contribuera, également, à restaurer les stocks sauvages épuisés, contribuant de ce fait à leur conservation.

LES IMPACTES SUR LA BIODIVERSITÉ

Aucun processus de développement ou activité intensive de production alimentaire ne peut ignorer ses impacts sur la biodiversité et l'aquaculture ne fait pas une exception à cet égard. Pourtant l'aquaculture a pu utiliser la biodiversité d'une perspective biotechnologique par l'offre simple de nouvelles espèces pour l'élevage.

L'aquaculture peut affecter la biodiversité locale de plusieurs manières. Comme mentionné précédemment l'utilisation des alevins sauvages capturés est toujours commune pour certaines espèces marines particulières. La pêche répétée des juvéniles de certaines espèces peut rigoureusement changer la composition des espèces en empêchant le recrutement de certaines populations reproductrices.

Le mouvement du stock d'alevins dans un pays ou entre les pays peut de manière significative changer les caractéristiques génétiques du stock local des mêmes espèces à cause des évasions inévitables et/ou les pratiques de perfectionnement du stock comme celles rapportées chez les stocks des salmonidés en Amérique du Nord, en Europe et en Amérique du Sud (Naylor *et al.*, 2005). De même, l'évasion des espèces étrangères telles que les saumons et le tilapia peut avoir des effets délétères sur la biodiversité. Une revue récente (Canonico *et al.*, 2005) sur les effets des tilapias indique que, en tant qu'espèces étrangères, elles sont très envahissantes et existent à l'état sauvage dans chaque région où ils sont cultivées ou introduites. D'autre part, une revue sur les impacts des tilapias, en tant qu'espèces étrangères en Asie et le Pacifique (FAO, 2004), basée sur des expériences menées en Asie continentale, précise qu'il n'y a aucune évidence concrète qui prouve que les tilapias ont des impacts négatifs sur la biodiversité dans cette région. En outre, ces auteurs argumentent le fait que les tilapias tendent à se produire dans les habitats dégradés directement ou indirectement



AVEC LA GRACIEUSE PERMISSION DE MICHAEL PHILIPS

Le wrasse à bosse (Cheilinus undulates). Bien qu'il soit une des espèces de poisson d'alimentation chères connues en Asie du sud-est, ce poisson figure actuellement sur les listes CITES rendant ainsi, le commerce des poissons sauvages capturés illégal. L'élevage en captivité de cette espèce est maintenant bien établi.



AVEC LA GRACIEUSE PERMISSION DE SIMON FUNGE-SMITH

Niche de Tilapia dans Kiribati. Les Tilapias sont des espèces introduites avec succès dans plusieurs régions du monde. Ils ont causé quelques soucis environnementaux, dont un est la nidification et la reproduction prolifiques des poissons. Ce phénomène a contribué au rejet général de cette espèce en tant qu'espèce aquacole candidate en Micronésie Pacifique.

par d'autres activités humaines, et qui sont ainsi peu convenables pour les espèces indigènes. Cependant, la situation dans certaines îles Pacifiques et Micronésiennes est évidemment différente.

Néanmoins, le souci en ce qui concerne l'utilisation des espèces étrangères en aquaculture augmente. On craint souvent que ces dernières, en cas d'évasion, puissent former des populations de frai dans le pays où elles sont introduites et déloger les espèces indigènes des niches alimentaires établies ou pire, devenir des parasites. Aussi, les espèces exotiques qui ne fondent pas de populations reproductibles pourraient avoir des impacts à court terme en raison d'autres interactions avec les espèces et populations indigènes. Evidemment, une approche de précaution doit être adoptée en ce qui concerne l'utilisation des espèces étrangères pour

l'aquaculture, particulièrement en ce qui concerne la conservation de la biodiversité. Plusieurs pays ont adopté, Comme réaction, des règlements spécifiques pour mettre en application des mesures de mitigation/contrôle pour les poissons échappés; c'est, en particulier, le cas des saumons (Naylor *et al.*, 2005).

Le chargement organique des cages ou enclos aquacoles est fréquemment cité en tant que cause de la dégradation de la biodiversité des fonds. Bien que de tels effets soient plus locaux car, souvent, il y a un rétablissement rapide qui se produit au delà du site des fermes (Brooks *et al.*, 2003), dans certains cas les impacts pourraient être plus étendus; par exemple, quand l'habitat affecté est d'une biodiversité élevée et qu'il représente un refuge pour les espèces comme c'est le cas des fonds d'herbe marine (UNEP/MAP/MED POL, 2004). Une meilleure planification, un site adéquat, des constructions et des procédures de gestion améliorées peuvent, de manière considérable, réduire de tels impacts négatifs.

Les impacts de l'aquaculture sur la biodiversité ont été relativement exagérés comparés aux effets des autres secteurs productifs tels que l'agriculture, et dans la plupart des cas les effets sont liés à l'évasion des espèces étrangères ou des stocks étrangers, bien que souvent aucune preuve tangible n'est fournie. Très souvent, les changements d'habitat et la dégradation provoqués par les activités non aquacoles qui affectent les stocks indigènes et la biodiversité précèdent ceux liés à l'aquaculture et peuvent même faciliter ces derniers. Comme les pratiques aquacoles deviennent de plus en plus responsables, les impacts sur la biodiversité devraient diminuer.

Il y a une variété d'améliorations génétiques mises à la disposition des aquaculteurs et qui vont de la reproduction traditionnelle des animaux à la technologie génétique. L'utilisation des organismes génétiquement modifiés (OGM) (technologie de transfert de gène) est contestée dans la plupart des régions à cause des soucis liés aux risques pour la santé humaine et l'environnement. Il y a plusieurs débats, même parmi les scientifiques, sur le degré de risque pour l'environnement lié aux organismes génétiquement modifiés. Cependant, plusieurs sources bien informées conviennent qu'avec les gènes qui sont actuellement modifiés à des fins aquacoles, les risques pour la santé humaine sont minimes.

L'UTILISATION OPTIMALE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES

L'aquaculture comme entreprise économique est sensible aux fluctuations des coûts de l'énergie, spécialement, dans les systèmes intensifs. Même si l'énergie est principalement utilisée pour le pompage, la circulation de l'eau, l'aération et l'éclairage, le transport et la réfrigération ne sont pas à négliger. Les subventions du carburant pourraient améliorer

la viabilité économique de l'aquaculture, cependant, en raison de l'augmentation du coût de l'énergie, l'aquaculture est poussée à devenir plus efficace et innovatrice. C'est probablement l'un des plus grands défis de l'aquaculture intensive, en particulier pour les systèmes de recyclage de l'eau qui ne nuisent pas beaucoup à l'environnement car ils réduisent la sortie des éléments nutritifs, les risques de maladies et les évasions, etc. mais avec des coûts d'énergie plus élevés. La recherche et le développement technologique devraient se concentrer sur de tels défis. Il faut également considérer les coûts totaux de l'énergie des produits aquacoles le long de tout le processus (Troell *et al.*, 2004) afin de mettre l'aquaculture dans un contexte d'écosystème et aider également à la prise de décision concernant les entreprises ou les activités alternatives dans une zone donnée. Les procédures d'optimisation sont souvent la meilleure approche et les aquaculteurs utilisant les systèmes intensifs de production, en particulier pour les produits de haute valeur tels que la crevette et les saumons, ont adopté de telles approches. Néanmoins l'optimisation de la production aquacole avec une perspective d'économie en énergie devrait être largement adoptée à toutes les échelles de production. La formation et l'organisation des petits aquaculteurs sont aussi des approches importantes pour atteindre ce but. Paradoxalement, les systèmes aquacoles évoluent pour réduire l'impact sur les environnements dans lesquels ils sont placés, mais c'est là où il y a une augmentation relative des besoins en énergie requise pour la production intensive croissante et le traitement des effluents.

LE PROGRÈS DE LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DE L'AQUACULTURE

Plusieurs initiatives et améliorations dans la gestion environnementale de l'aquaculture ont été citées. Ces mesures suggèrent que les problèmes écologiques de mitigation exigent des actions concertées entre les secteurs public et privé. Bien que des progrès considérables aient été accomplis ces dernières années, il reste plusieurs défis à gagner pour que les deux secteurs améliorent la performance environnementale globale de l'aquaculture. La nécessité de promouvoir persistera, en raison des pressions élevées sur les ressources aquatiques, et comme consommateurs, les gouvernements et la communauté internationale se concentrent sur les impacts de l'aquaculture sur l'environnement. Quelques exemples de l'Asie se rapportant à l'élevage de crevette sont présentés au chapitre 3.

Au niveau des exploitations aquacoles, les principaux indicateurs d'un environnement piscicole durable sont l'utilisation croissante de la mise en jachère, la conception améliorée des cages en vue de réduire au minimum les évasions et l'utilisation réduite des antibiotiques. Les règlements sont mis en application dans le monde entier, bien que ces mesures visent et restent limitées à l'exploitation. Les règlements semblent être rigoureux dans les pays où la croissance de l'aquaculture a été la plus rapide et qui produisent des produits de haute valeur. Dans plusieurs pays, l'industrie a pris les devants pour réagir aux pressions environnementales, souvent soulevées par les forces du marché.

Les outils de gestion côtière sont disponibles avec les études de cas les plus pertinents, l'appui et les informations scientifiques (GESAMP, 2001). Pourtant la gestion côtière intégrée n'a pas été largement réussie dû, en partie, au manque de participation et d'intérêt du public et des parties intéressées et aux ressources limitées. Dans de telles approches, il existe de grandes possibilités pour intégrer l'aquaculture à d'autres activités côtières comme l'intégration de différentes activités aquacoles afin d'optimiser l'utilisation des aliments nutritifs, améliorer la productivité et diminuer les impacts des évacuations (Neori *et al.*, 2004). L'établissement des programmes de contrôle permanent pour évaluer l'influence des facteurs externes sur l'aquaculture ainsi que les impacts de l'aquaculture sur l'environnement aiderait à améliorer la gestion du secteur.

Tous les pays du monde montrent un vif intérêt pour un travail coordonné entre les établissements officiels et les groupes de fermiers aquacoles pour traiter les questions liées à l'environnement, y compris l'intégration des réglementations et des codes de conduite. La série récente de revues nationales de la FAO intitulée «vue d'ensemble des législations nationales sur l'aquaculture» (NALO)², a montré que pendant la dernière décennie un grand nombre de pays ont établi des règlements spécifiques afin de promouvoir la gestion environnementale de l'aquaculture. Les rapports du gouvernement sur l'état d'exécution

² http://www.fao.org/figis/servlet/static?xml=nalo.xml&dom=collection&xp_nav=1

du Code de conduite pour une pêche responsable indiquent que, à l'échelle mondiale, des efforts sont déployés pour améliorer des stratégies et des cadres de normalisation soutenant le développement durable de l'aquaculture et réduisant les impacts du secteur sur l'environnement.

L'industrie et la recherche sont efficacement liées dans les régions où la gestion de l'environnement peut être améliorée, par exemple les approches de recherche sur les sites adéquats, les meilleurs aliments et les sources de protéine moins coûteuses; les innovations technologiques sur la fabrication d'aliments et l'utilisation efficace de l'énergie. Il faut plus de recherche pour l'implémentation de l'aquaculture intégrée sur de plus grandes échelles de production suivies de la formation des aquaculteurs de sorte que ces derniers puissent mettre efficacement, en application ces approches. Le renforcement des capacités est important en particulier pour développer et mettre en application les meilleures procédures de gestion. En outre une communication plus efficace est nécessaire à tous les niveaux afin de partager les expériences d'une meilleure gestion du secteur entre toutes les parties intéressées et pour créer un dialogue et des associations en vue de renforcer les accords et trouver des solutions aux pressantes questions liées à l'environnement affectant le développement de cet important secteur de production alimentaire.

RÉFÉRENCES

- Aure, J. & Stigebrandt, A.** 1990. Quantitative estimates of eutrophication effects on fjords of fish farming. *Aquaculture*, 90: 135-156.
- Briggs, M., Funge-Smith, S., Subasinghe, R.P. & Phillips, M.** 2005. Introduction and movement of two penaeid shrimp species in Asia and the Pacific. FAO Fisheries Technical Paper. No. 476. Rome, FAO. 2005. 78p.
- Brooks, K.M., Stierns, A.R., Mahnken, C.V.W. & Blackburn, D.B.** 2003. Chemical and biological remediation of the benthos near Atlantic salmon farms. *Aquaculture*, 219: 355-377.
- Canonico, G.C., Arthington, A., McCrary, J.K. & Thieme, M.** 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, 15: 463-483.
- De Silva, S.S., Subasinghe, R.P., Bartley, D.M. & Lowther, A.** 2004. *Tilapia as alien aquatics in Asia and the Pacific: a review*. FAO Fisheries Technical Paper. No.453. Rome, FAO. 65pp.
- El-Gayar, O.F. & Leung, P.** 2001. A multiple criteria decision making framework for regional aquaculture development. *Eur. J. Oper. Res.*, 33: 462-482.
- FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service.** 1997. *Review of the state of world aquaculture: environment and sustainability*. FAO Fisheries Circular. No. 886, Rev.1. Rome. 163 pp.
- FAO.** 2002. *Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap*, by M.B. New & U. N. Wijkstrom. FAO Fisheries Circular. No. 975. Rome.
- FAO.** 2005. *Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Vers. 2.30*. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Rome (available at www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp).
- FAO/Network of Aquaculture Centres in Central and Eastern Europe.** 2006. *Regional review on aquaculture development trends. 5. Central and Eastern Europe – 2005*. FAO Fisheries Circular. No. 1017/5. Rome, FAO. 97 pp.
- FAO/GFCM.** 2006. *Report of the experts meeting for the re-establishment of the GFCM Committee on Aquaculture Network on Environment and Aquaculture in the Mediterranean. Rome, 7–9 December 2005*. FAO Fisheries Report. No. 791. Rome. 60 pp.
- FAO/NACA.** 1995. *Regional study and workshop on the environmental assessment and management of aquaculture development (TCP/RAS/2253)*. NACA Environment and Aquaculture Development Series No. 1. Bangkok. 492 pp.
- GESAMP.** 2001. *Planning and management for sustainable coastal aquaculture development*. Rep. Std. GESAMP No. 68. 90 pp.

- Gowen, R.J. 1994. Managing eutrophication associated with aquaculture development. *J. Appl. Ichthyol.*, 10: 242–257.
- Hansen, P.K., Ervik, A., Schaanning, M., Johannessen, P., Aure, J., Jahnsen, T. & Stigebrandt, A. 2001. Regulating the local environmental impact of intensive, marine fish farming - II. The monitoring programme of the MOM system (Modelling-Ongrowing fish farms-Monitoring). *Aquaculture*, 194: 75–92.
- Hecht, T. 2006. *Regional review on aquaculture development. 4. Sub-Saharan Africa – 2005*. FAO Fisheries Circular. No. 1017/4. Rome, FAO. 96 pp.
- Hites, R.A., Foran, J.A., Carpenter, D.O., Hamilton, M.C., Knuth, B.A. & Schwager, S.J. 2004. Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. *Science*, 303: 226–229.
- IFFO. 2006. *Fishmeal industry overview*. International Fishmeal and Fish Oil Organization (available at www.iffco.org).
- Karakassis, I., Pitta, P. & Krom, M.D. 2005. Contribution of fish farming to the nutrient loading of the Mediterranean. *Scientia Marina*, 69: 313–321.
- Larraín, C., Leyton, P. & Almendras, F. 2005. Aquafeed country profile – Chile and salmon farming. *International Aquafeed*, 8(1): 22–27.
- Midtlyng, P.J. 2000. Vaccination in salmonid aquaculture: a review. In: M. Fingerma & R. Nagabhushnam, eds. *Recent Advances in Marine Biotechnology*. Vol. 5. *Immunobiology and pathology*, pp. 227–242. Enfield, NH, USA, Science Publishers.
- Morales, Q.V.V. & Morales, R.R. 2006. *Síntesis regional del desarrollo de la acuicultura. 1. América Latina y el Caribe – 2005/Regional review on aquaculture development.1. Latin America and the Caribbean – 2005*. FAO Circular de Pesca/FAO Fisheries Circular. No. 1017/1. Roma/Rome, FAO. 177 pp.
- NACA/FAO. 2001a. *Aquaculture in the third millennium. Technical proceedings of the conference on aquaculture in the third millennium, Bangkok, Thailand, 20–25 February 2000*, eds., R.P. Subasinghe, P.B. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur. Bangkok, NACA and Rome, FAO. 471pp.
- NACA/FAO. 2001b. Human resources development for sustainable aquaculture in the new millennium, plenary lecture IV, by S.S. De Silva, M.J. Philips, Y.S. Sih & X.W. Zhou In: R.P. Subasinghe, P.B. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, eds. *Aquaculture in the third millennium. Technical proceedings of the conference on aquaculture in the third millennium, Bangkok, Thailand, 20–25 February 2000*, pp.43–48. Bangkok, NACA and Rome, FAO.
- Naylor, R., Hindar, K., Flaming, I.A., Goldberg, R., Williams, S., Volpe, J., Whoriskey, F., Eagle, J., Kelso, D. & Mangel, M. 2005. Fugitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *BioScience*, 55: 427–473.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M. & Yarish, C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing sea-weed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231: 361–391.
- Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. 2006. *Regional review on aquaculture development. 3. Asia and the Pacific – 2005*. FAO Fisheries Circular. No. 1017/3. Rome, FAO. 97 pp.
- Olin, P.G. 2006. *Regional review on aquaculture development. 7. North America – 2005*. FAO Fisheries Circular. No. 1017/7. Rome, FAO. 25 pp.
- Parente Maia, L., Drude de Lacerda, L., Hislei Uchôa Monteiro, L. & Marques e Souza, G. 2005. *Atlas dos Manguezais do Nordeste do Brasil: Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco*. Document of Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, e Sociedade Internacional Para Ecossistemas de Manguezal – Isme-Br, 51pp.
- Pitta, P.A., Apostolaki, E.T., Giannoulaki, M. & Karakassis, I. 2005. Mesoscale changes in the water column in response to fish farming zones in three coastal areas in the Eastern Mediterranean Sea. *Estua. Coast. Shelf Sc.*, 65: 501–512.

- Poynton, S.L.** 2006. *Regional review on aquaculture development. 2. Near East and North Africa – 2005*. FAO Fisheries Circular. No. 1017/2. Rome, FAO. 79 pp.
- RAMSAR.** 2002. *Wetlands: water, life, and culture*. 8th Meeting of the Conference of the contracting parties to the convention on wetlands (Ramsar, Iran, 1971) Valencia, Spain, 18-26 November 2002.
- Rana, K. J.** In press. *Regional review on aquaculture development. 6. Western Europe – 2005*. FAO Fisheries Circular. No. 1017/6. Rome, FAO.
- SEAFDEC AQD.** 2006. *Mangrove-friendly shrimp culture: an ASEAN-SEAFDEC project* (available at www.mangroveweb.seafdec.org.ph).
- Soto, D. & Norambuena, F.** 2004. Evaluating salmon farming nutrient input effects in Southern Chile inner seas: a large scale mensurative experiment. *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 1-9.
- Subasinghe, R.P. & Arthur, J.R. (eds.).** 2005. *Regional workshop on preparedness and response to aquatic animal emergencies in Asia. Jakarta, Indonesia, 21-23 September 2004*. FAO Fisheries Proceedings. No. 4. Rome, FAO. 2005. 178 pp.
- Tacon, A.** 2005. *State of information on salmon aquaculture feed and the environment*. Salmon Dialog Report, WWF (available at www.worldwildlife.org/cci/dialogues/salmon.cfm).
- Tacon, A.J.C., Hasan, M.R. & Subasinghe, R.P.** 2006. *Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications*. FAO Fisheries Circular. No. 1018. Rome, FAO.
- Troell, M. & Berg, H.** 1997. Cage fish farming in the tropical Lake Kariba, Zimbabwe: impact and biogeochemical changes in sediment. *Aquacult. Res.*, 28: 527-544.
- Troell, M., Tyedmers, P., Kautsky, N. & Ronnback, P.** 2004. *Aquaculture and energy use*. Encyclopedia of Energy, Vol. 1. pp.97-108. Elsevier.
- UNEP/MAP/MED POL.** 2004. *Mariculture in the Mediterranean*. MAP Technical Reports Series No. 140. Athens, UNEP/MAP.