

## L'aquaculture a-t-elle le potentiel pour devenir la « biotechnologie bleue » dans l'avenir ?

Patrick Sorgeloos

Ghent University  
Laboratory of Aquaculture & Artemia  
Reference Center  
Rozier 44  
9000 Gent  
Belgium  
<patrick.sorgeloos@ugent.be>

### Résumé

L'aquaculture est passée d'une contribution insignifiante de moins de 10 % de la quantité de produits aquatiques destinés à la consommation humaine dans les années 1970 à environ 50 % à l'heure actuelle. Les attentes sont élevées pour couvrir d'autres besoins dans l'avenir alors que les captures de la pêche stagnent et que les besoins de l'homme augmentent. Cet article passe en revue l'état de l'aquaculture, son expansion d'une production destinée à satisfaire une demande locale à une demande commerciale mondialisée, et examine comment l'approche empirique des besoins du passé doit être complétée par la science et la technologie, non seulement pour répondre aux attentes mais aussi pour rendre la production aquacole plus écologique et durable. Ce document est établi à partir d'une évaluation des besoins pour le développement durable préparée pour la Conférence mondiale de la FAO sur l'aquaculture (septembre 2010, Phuket, Thaïlande).

**Mots clés :** aquaculture ; développement durable ; recherche et développement.

**Thèmes :** pêche et aquaculture ; ressources naturelles et environnement.

### Abstract

#### Can aquaculture become the blue biotechnology of the future?

Aquaculture has expanded from an insignificant contribution of less than 10% in the quantity of aquatic products for human consumption in the 1970s to about 50% at present. Furthermore, expectations are high for aquaculture to fill further needs in the future as capture fisheries are stagnating and human needs are increasing. This article reviews the status of aquaculture, its expansion from an aquaculture for satisfying local food needs to a worldwide business. We also consider how the empirical approach of the past needs to be complemented with a knowledge-based science and technology not only to reach expectations but especially to make aquaculture more environment-friendly and sustainable. This paper is based on the plenary talk "Resources, technologies and services for future aquaculture: a needs assessment for sustainable development" prepared for the FAO Global Conference on Aquaculture (September 2010, Phuket, Thailand).

**Key words:** aquaculture; research and development; sustainable development.

**Subjects:** fishing and aquaculture; natural resources and environment.

Dans un premier temps quelques données statistiques et historiques permettent de planter le décor ; les pratiques d'élevage sont ensuite classées en deux catégories : l'aquaculture « artisanale »

pratiquée depuis des millénaires en Asie et l'aquaculture « moderne », intégrant les évolutions les plus récentes des techniques et du choix des espèces animales. Quelques réussites de l'aquaculture moderne illustrent ce propos.

Tirés à part : P. Sorgeloos

doi: 10.1684/agr.2014.0683

Pour citer cet article : Sorgeloos P. 2014. L'aquaculture a-t-elle le potentiel pour devenir la « biotechnologie bleue » dans l'avenir ? *Cah Agric* 23 : 53-64. doi : 10.1684/agr.2014.0683

## De l'aquaculture artisanale à l'aquaculture moderne

L'aquaculture est le mode d'élevage présentant la plus forte croissance (figure 1). Tout a commencé en Asie, en Chine en particulier, mais c'est seulement au cours des trois à quatre dernières décennies qu'une croissance spectaculaire s'est produite (FAO et NACA, 2012).

La moitié de la production mondiale aquacole concerne les poissons, les autres 50 % étant partagés à égalité entre les algues et les invertébrés (crustacés et mollusques) (figure 2). Exprimée en valeur marchande, la faible quantité de crustacés d'élevage, constituée surtout par les crevettes pénéidées, représente environ 20 % de la valeur de l'ensemble des produits de l'aquaculture ; les algues (15 %) et les mollusques (10 %) ont désormais une valeur marchande inférieure à celle des crustacés, voire même à celle de nombreuses espèces de poissons. L'Asie et le Pacifique sont

responsables de près de 90 % de la production (figure 3A) alors que la valeur du produit en Europe et Amérique latine exprimée en valeur monétaire atteint 20 %, les produits de leur aquaculture bénéficiant de valeurs marchandes supérieures (figure 3B).

Afin de faciliter analyses et comparaisons, on peut distinguer l'aquaculture artisanale et l'aquaculture moderne. L'aquaculture artisanale correspond à l'élevage traditionnel pratiqué depuis des millénaires en étangs en Asie. Cette approche « sécurité alimentaire » est principalement destinée à couvrir les besoins du producteur ou à être écoulee sur des marchés très locaux. Aujourd'hui encore, cette pratique de production en étang est très importante car elle fournit près de 15 millions de tonnes par an dans la seule Chine. L'approche intégrée de l'élevage de poissons combiné avec d'autres pratiques agricoles est typique de cette aquaculture artisanale. Quelques exemples : poissons dans les fossés des rizières, poissons se nourrissant de périphyton, des produits de décomposition des végétaux et des insectes, ou intégré à l'élevage d'animaux terrestres (poulets, canards et porcs) à l'aide de déchets et sous-produits comme

sources alimentaires directes et indirectes.

L'aquaculture moderne à caractère industriel est un phénomène beaucoup plus récent. Elle a été mise au point par les Japonais dès les années 1960, reprise plus tard et perfectionnée en Europe, États-Unis, Australie, etc. Le principe de base consiste à élever des espèces de valeur marchande importante en suivant les modèles de gestion économique de type capitalistique. Ces entreprises aquacoles sont possibles grâce à l'apport de nouvelles connaissances en biologie sur le cycle de vie des organismes ciblés. Par exemple, pour induire la maturation de géniteurs, pour améliorer les techniques d'écloserie pour une production massive d'alevins, et pour stocker ces alevins à haute densité dans les phases de grossissement. Comme pour les pratiques agricoles développées chez les végétaux et les animaux terrestres, cette aquaculture industrielle est caractérisée par une production mono-spécifique comme le montrent ces quelques exemples typiques :

- élevages en cages plus ou moins sophistiquées, installées dans des fjords et des baies, éventuellement déplaçables en haute mer ;
- systèmes terrestres utilisables dans les étangs ou dans des bassins cimentés ;

- systèmes en eau recirculée thermo-régulée qui ont suscité beaucoup d'intérêt ces dernières années et permis, à un coût plus élevé, de produire des produits frais, à proximité des marchés captifs, souvent sous des climats tempérés et froids.

Les réussites d'élevages industriels sont nombreuses, bien que la plupart aient connu ou connaissent encore des moments difficiles, comme l'élevage du saumon atlantique (*Salmo salar*) ; l'élevage de cette espèce a néanmoins préparé le terrain pour de nombreux autres types d'aquacultures industrielles :

- ainsi, la surproduction intervenue au début des années 1990 en Norvège a entraîné une grave crise financière, résolue finalement grâce aux efforts de marketing. La recherche de nouveaux produits et de nouveaux débouchés a permis un regain du développement de l'aquaculture industrielle du saumon ;

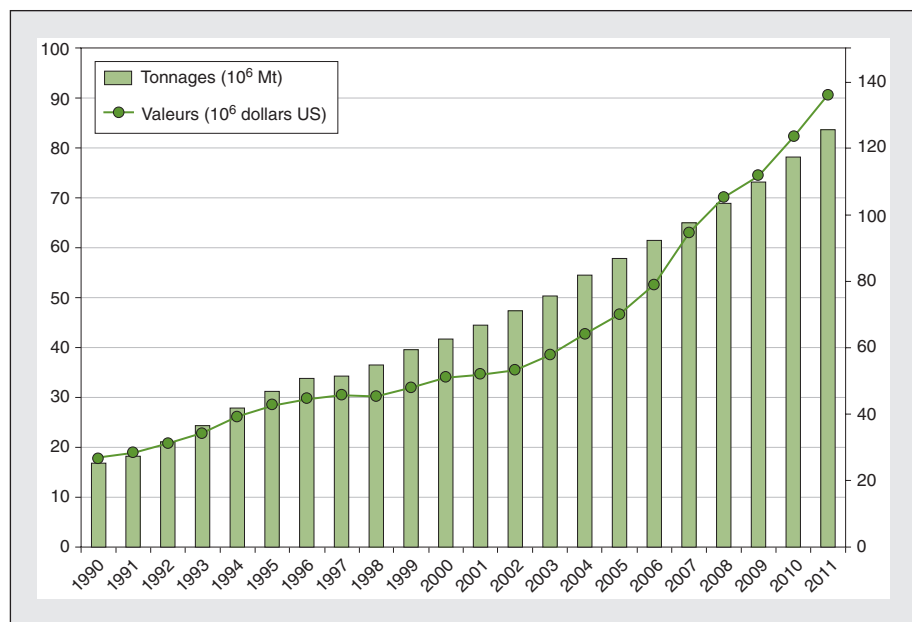


Figure 1. Productions animales et végétales aquatiques : tonnages et valeurs des productions provenant de l'aquaculture mondiale (communication personnelle de Rohana Subasinghe, FAO-Rome, 2013).

Figure 1. Quantity and value of world aquaculture production of aquatic animals and plants (courtesy Rohana Subasinghe, FAO-Rome, 2013).

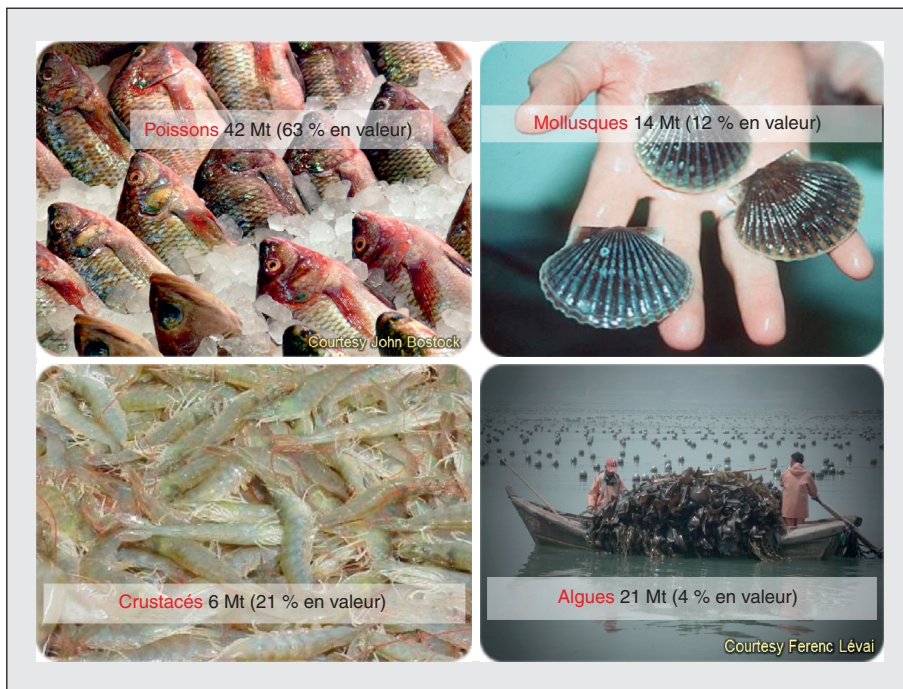


Figure 2. Produits provenant de l'aquaculture : tonnages et valeurs (FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2013).

Figure 2. Aquaculture products by quantity and value (FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2013).

– le développement des maladies chez le saumon atlantique est un autre exemple : malgré de nombreux progrès, nous manquons encore de moyens de contrôle de la pathologie. Le manque de mesures élémentaires de biosécurité (prophylaxie) est à l'origine des problèmes dévastateurs récents survenus au Chili ; récupérer de cet épisode pathologique sur le plan économique prendra des années. Les développements technologiques ont un rôle essentiel : le saumon peut être élevé dans des conditions hautement automatisées comme dans une pisciculture dans le fjord de Trondheim, Norvège (figure 4). Douze cages d'une capacité de 1 000 tonnes chacune sont immergées à des profondeurs dépassant 50 mètres. Elles sont exploitées par une équipe de moins de 10 personnes, soit 1 personne pour plus de 1 000 tonnes. Automatisation élevée et spécialisation approfondie sont les clés de ce succès. Une autre réussite est le fait des crevettes pénéides (figure 5). Après des décennies d'activités très rentables dans les années 1970 et 1980, l'aquaculture des crevettes a connu une décennie très difficile dans les années 1990 avec des problèmes graves de

maladies causées par de mauvaises pratiques de gestion et des transferts incontrôlés de géniteurs ou de post-larves contaminées. L'introduction de souches de crevette blanche *Penaeus vannamei* domestiquées et indemnes de germes pathogènes (SPF) a permis une croissance mieux maîtrisée de cette industrie. L'élevage de *Pangasius* dans le delta du Mékong au Vietnam entrera dans les livres d'histoire comme un exemple typique de l'aquaculture moderne adoptée dans un pays en développement. Dès que la maturation des géniteurs et que les pratiques d'écloserie ont été maîtrisées, l'élevage en cages flottantes, et plus tard en étangs, s'est développé très vite. De nouveaux opérateurs en particulier en Europe étaient impatient de proposer à meilleur marché les filets de pangasius comme substitut au poisson blanc fourni par la pêche classique. C'est là un exemple de réussite mais placé sous la menace sérieuse de problèmes non résolus de biosécurité et de développement durable. La production industrielle de crabe chinois (*Eriocheir sinensis*) est un autre exemple de réussite locale. Suite

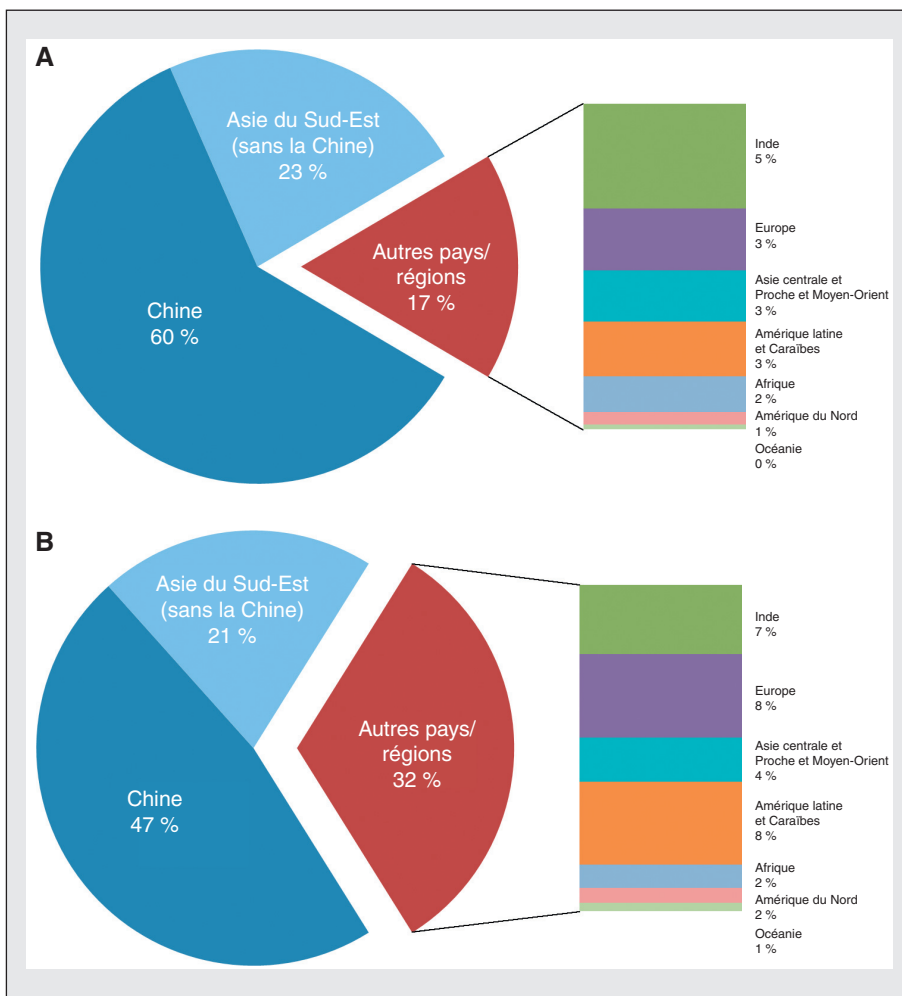
à la catastrophe causée par la maladie virale des taches blanches dans les élevages de crevettes sur la côte chinoise au début des années 1990, une reconversion à la production de crabe chinois s'est avérée positive ; les quantités produites dépassent déjà 700 000 tonnes par an et la demande des marchés locaux ne cesse de grandir. De nouvelles pratiques aquacoles telles que la polyculture du crabe chinois dans les rizières, se développent même loin à l'intérieur de la Chine continentale (figure 6).

Hors Asie, les succès que représentent l'élevage de mollusques (avec une production supérieure à 14 millions de tonnes annuellement) et la production d'algues (16 millions de tonnes par an) sont souvent oubliés. Ces deux derniers types d'aquaculture méritent qu'on leur prête beaucoup plus d'attention à l'avenir.

Quelles sont les attentes futures vis-à-vis de l'aquaculture ? Quels sont les défis et les menaces auxquelles elle est confrontée ? La population mondiale continue de croître et les consommateurs sont de plus en plus convaincus des avantages pour la santé des produits d'origine aquatique. De ce fait, pour les années à venir les demandes du marché en produits de l'aquaculture iront en croissant. Au cours des décennies à venir, l'eau douce deviendra de plus en plus rare et il faudra probablement tirer davantage parti de la mer et des océans comme milieu de production des denrées alimentaires.

Selon les données de la FAO, au cours des trois dernières décennies on observe une augmentation progressive de la contribution de l'aquaculture à la consommation des produits d'origine aquatique dans le monde (figure 7) : de moins de 10 % dans les années 1970, cette contribution atteint près de 50 % aujourd'hui. Cette tendance se poursuivra, car les demandes augmentent et les stocks de pêche sont exploités aux limites, voire au-delà, d'un rendement maximal durable.

Les calculs de la FAO basés sur la consommation actuelle de poissons par habitant et en tenant compte des prévisions sur la population à échéance de 10 ans, indiquent que la production de l'aquaculture devra augmenter de 25 % au cours des dix prochaines années. Dans le même temps, la croissance de la population impliquera que la production terrestre augmente



**Figure 3.** Productions issues de l'aquaculture : répartition régionale (communication personnelle de Rohana Subasinghe, FAO-Rome, 2013).

**Figure 3.** Aquaculture production per region (A : quantity, B : value) (courtesy Rohana Subasinghe, FAO-Rome, 2013).

A) tonnages ; B) valeurs.

de façon conséquente ; les terres cultivables et les pâturages seront soumis à une pression très importante (Duarte *et al.*, 2009). Toutefois, la vaste région constituée par les mers et les océans devrait être mieux explorée/exploitée afin de constituer une part beaucoup plus importante de la production alimentaire destinée à l'humanité. La production primaire globale est aussi importante dans les mers et les océans que sur terre ; cependant, aujourd'hui, la contribution du milieu marin dans notre alimentation est inférieure à 2 % exprimée en quantité brute ou 16 % en quantité de protéines (Field *et al.*, 1998). C'est en grande partie à cause de la longue histoire de production de poissons d'eau douce qu'aujourd'hui la production aquacole dans les eaux

marines est à peine légèrement plus élevée que celle des habitats d'eau douce (FAO et NACA, 2012). Dans les décennies futures, non seulement on peut espérer, mais en fait on doit promouvoir, une augmentation importante de la production des océans et des mers.

Cette augmentation peut-elle être réalisée sur la base des savoir-faire et connaissances actuelles ? Est-elle possible sans risques pour l'environnement ou la santé humaine ? Pour répondre à ces défis, il est nécessaire de développer une meilleure connaissance de base sur les bio-industries. Tous les processus biologiques intervenant dans le résultat final de la production doivent être maîtrisés. Alors seulement il sera possible de dévelop-

per une industrie dont les processus seront plus fiables, plus économiques et, finalement, plus durables.

L'*encadré 1* liste les thèmes à traiter en priorité pour les besoins de l'aquaculture du futur. La plupart de ces thèmes ont été discutés en détail (FAO et NACA, 2012). Chacun d'entre eux sera abordé brièvement.

## Priorité 1 : absence de domestication

L'aquaculture a encore de nombreuses années de retard sur la production animale terrestre. Pour la plupart des espèces aquatiques, nous en sommes toujours au niveau de la « chasse » aux géniteurs sauvages ou à la récolte des semences avec toutes les conséquences que cela implique quant aux risques d'introduction de maladies mais aussi éventuellement quant à la variabilité interannuelle de la production, sans oublier la présence d'espèces parasitaires ou commensales qui peuvent se révéler être des pestes dans les conditions d'élevage.

La collecte des premières semences à partir de géniteurs sauvages peut être un succès ; ce succès ne préjuge pas de ce que sera celui de la génération de géniteurs issue de cette collecte initiale. La production de semences de ces organismes aquatiques délicats reste un défi toujours renouvelé. Aujourd'hui, malgré une production mondiale conséquente d'alevins de poissons et de larves de fruits de mer en éclosiers plus ou moins sophistiqués, la prévisibilité de ces productions et leur rentabilité peuvent être considérablement améliorées.

## Priorité 2 : relation bactéries- hôtes larvaires

L'écloserie industrielle du bar (*Dicentrarchus labrax*) et de la daurade (*Sparus aurata*) en Méditerranée, est un secteur d'activité dont le chiffre d'affaires annuel dépasse 150 millions d'euros. Les niveaux actuels de survie 60 jours après l'éclosion sont

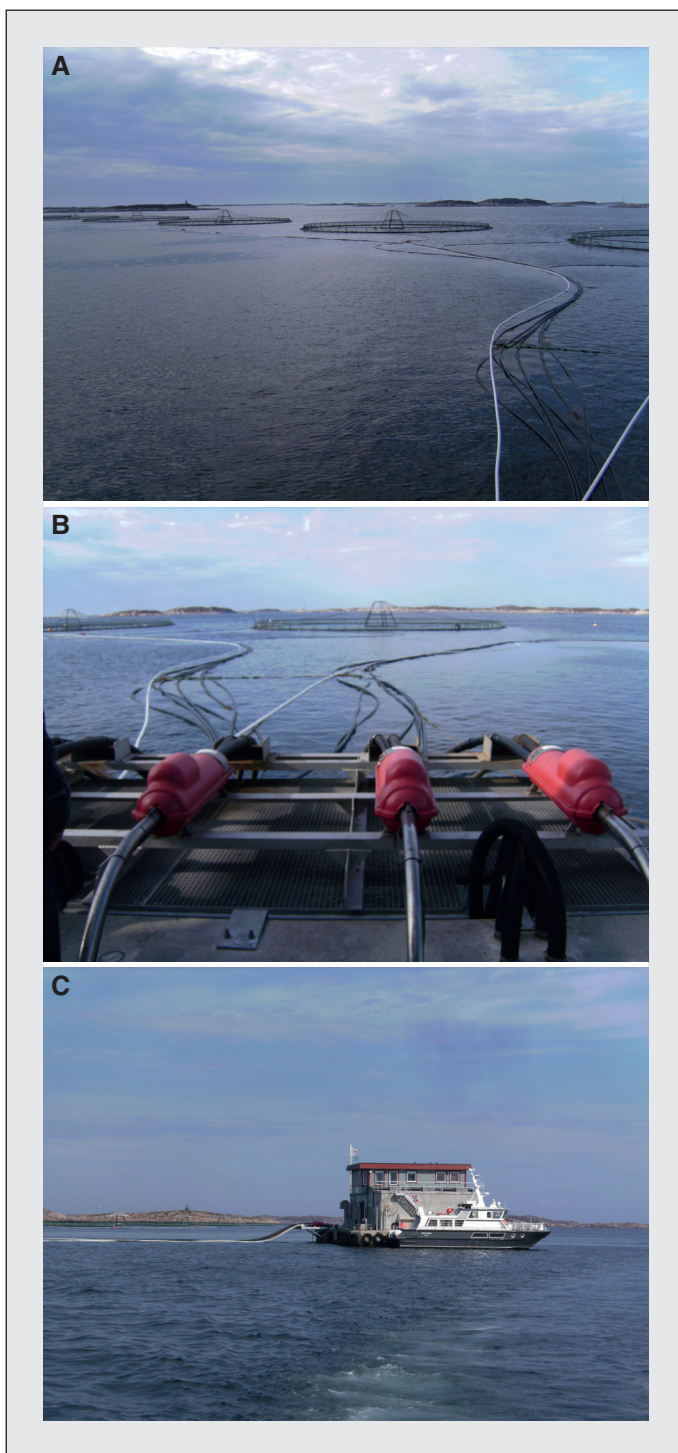


Figure 4. Norvège : ferme de production (12 000 tonnes/an) en mer.

Figure 4. Norway : 12,000 tons/year off-shore salmon farm.

A) cages d'élevage flottantes en mer ; B) distribution pneumatique des aliments ; C) construction flottante à 4 niveaux pour le stockage de l'aliment et salle de contrôle.

seulement de 20 %. Il existe donc une marge de progrès potentiel, non seulement d'un point de vue coût/efficacité et qualité, mais aussi pour des

raisons de durabilité environnementale et globale. L'interférence microbienne est souvent citée comme source de problèmes. Les bactéries pathogènes,

mais qui ne sont pas nécessairement virulentes, se développent au cours de la production de nourriture vivante (micro-algues, rotifères, artémias) : elles sont transportées en même temps que la nourriture vivante dans le bac d'élevage larvaire ; elles peuvent alors interférer avec la délicate évolution physiologique des larves, par exemple sur leur physiologie digestive, ou sur leur système immunitaire. Cette étude des interactions hôte-parasite nécessite une approche renouvelée. Les interactions entre l'hôte, l'environnement et les communautés microbiennes sont multiparamétriques et tout simplement trop complexes pour tenter de les démêler dans des conditions *in vivo*. Les premiers résultats obtenus en élevant des larves de bar en milieu axénique, c'est-à-dire sans bactéries, sur une période de 12 jours et nourries avec des larves *nauplii* d'*Artemia* exemptes de bactéries vivantes, montrent que chez les espèces aquatiques d'importants progrès fondamentaux sont possibles lorsque l'on travaille avec des modèles gnotobiotiques, c'est-à-dire à flore bactérienne contrôlée (Dierckens *et al.*, 2009).

L'objectif ultime doit être de développer de nouvelles pratiques d'élevage (pilotage de la flore microbienne, par exemple) et d'apporter des produits innovants (substrat pour des espèces bactériennes spécifiques ou sous forme de molécules d'alarme destinées à perturber les déclencheurs de virulence, par exemple) qui aboutiront à terme à une production en écloserie sécurisée fournissant des semences certifiées, avec des caractéristiques améliorées.

### Priorité 3 : diversification des espèces en élevage

Il est nécessaire d'être davantage pro-actifs pour la sélection des espèces. Il ne s'agit pas d'accroître le palmarès des nombreuses espèces cultivées, mais plutôt d'être plus sélectifs dans l'identification des espèces destinées aux marchés de masse, comme le pangasius et les espèces correspondant à des marchés locaux où ayant une valeur ajoutée importante.

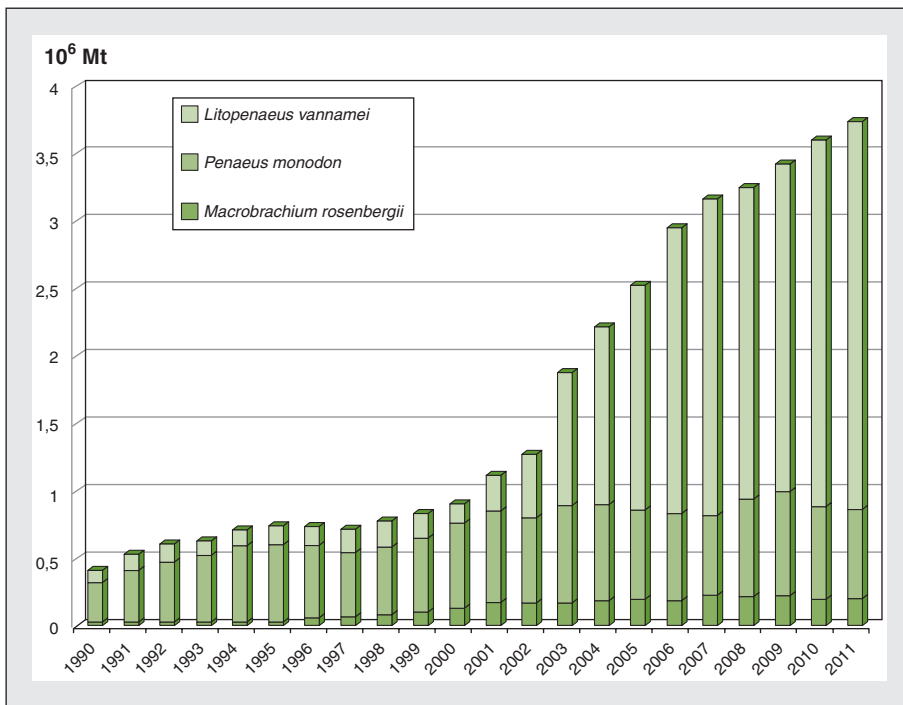


Figure 5. Production de crevettes par espèces (communication personnelle de Rohana Subasinghe, FAO-Rome, 2013).

Figure 5. World shrimp production by species (courtesy Rohana Subasinghe, FAO-Rome, 2013).

## Priorité 4 : amélioration génétique

La demande de travaux de sélection plus orientés est une autre priorité. Encore une fois, il s'agit d'un domaine de recherche où les travaux réalisés sur les plantes et animaux terrestres sont plus avancés que les travaux réalisés sur les espèces aquatiques. En aquaculture les besoins d'investissement en recherche sont considérables comme ce fut le cas pour la crevette tigre, *Penaeus monodon*, pour laquelle un effort important a été réalisé au cours des années récentes. Une part importante des outils développés en sélection génomique végétale, comme par exemple l'utilisation de marqueurs génétiques, peut être appliquée aux animaux aquatiques afin d'accélérer le travail de sélection. Anticiper sur la demande : de préférence plus tôt que plus tard, nous pouvons penser à sélectionner de nouvelles variétés mieux adaptées aux effets négatifs du changement climatique par exemple

en prenant soin de ne pas nuire au niveau des consommateurs à l'image des produits issus de l'aquaculture.

## Priorité 5 : flore microbienne et gestion de la matière organique rejetée

Grâce à la disponibilité de nouveaux outils génomiques, de nombreuses recherches ont été entreprises sur le rôle des micro-organismes dans l'agriculture, sur la santé humaine, la qualité des aliments, etc. L'eau étant un environnement idéal pour le développement microbien, le rôle des bactéries bénéfiques ou pathogènes dans les systèmes aquacoles, exige beaucoup plus d'attention de la part des chercheurs : quel est leur rôle dans le milieu aquatique sur le contrôle de la qualité de l'eau, mais aussi comment interviennent-elles pour convertir la matière organique « usée » en biomasse nutritive. Ces déchets

appelés « bioflocs » sont riches en protéines et aussi en micronutriments spécifiques (vitamines et acides gras oméga-3). Le contrôle de la production de bioflocs pourrait contribuer grandement à une durabilité accrue et à plus de biosécurité des systèmes de production, tout en réduisant les besoins en eau et en ayant un meilleur taux de conversion de l'aliment. Au lieu d'en limiter l'application au sein de la production de la même espèce ainsi qu'on le fait avec le tilapia et la crevette, les bioflocs pourraient être utilisés plus efficacement dans des élevages aquatiques multispécifiques. Par exemple, lors de l'association de poissons ou de crevettes en production intensive, on pourrait associer à l'élevage des espèces d'animaux filtreurs et convertir ces déchets en biomasse d'artémias ou de mollusques aisée à récolter et utiliser comme ingrédient alimentaire pour d'autres productions.

Chez les espèces terrestres (poulets, porcs et bovins), les interactions hôtes-micro-organismes peuvent avoir une influence considérable essentiellement au cours des stades juvéniles et adultes. Des études récentes chez des espèces aquatiques ont également montré comment ces interactions peuvent être utilisées pour améliorer la santé des animaux, ou comment le contrôle de la flore bactérienne, tant sur le plan des volumes que de la composition spécifique, peut avoir un impact sur les performances de l'animal. Ainsi, chez le bar juvénile, abaisser le pH intestinal de 7,7 à 7,3 par administration et libération d'un acide organique faible (acide butyrique, par exemple), entraîne une modification importante de la composition microbienne, comme en témoignent les empreintes génétiques des bactéries, mais aussi une augmentation de la croissance de plus de 20 % (De Schryver *et al.*, 2009). Ces observations empiriques requièrent des recherches sur la nutrition afin de mettre en évidence le rôle fonctionnel des bactéries sur la physiologie digestive de l'animal et très probablement sur son profil immunologique.

## Priorité 6 : pathologie

Notre connaissance du contrôle sanitaire des animaux aquatiques est

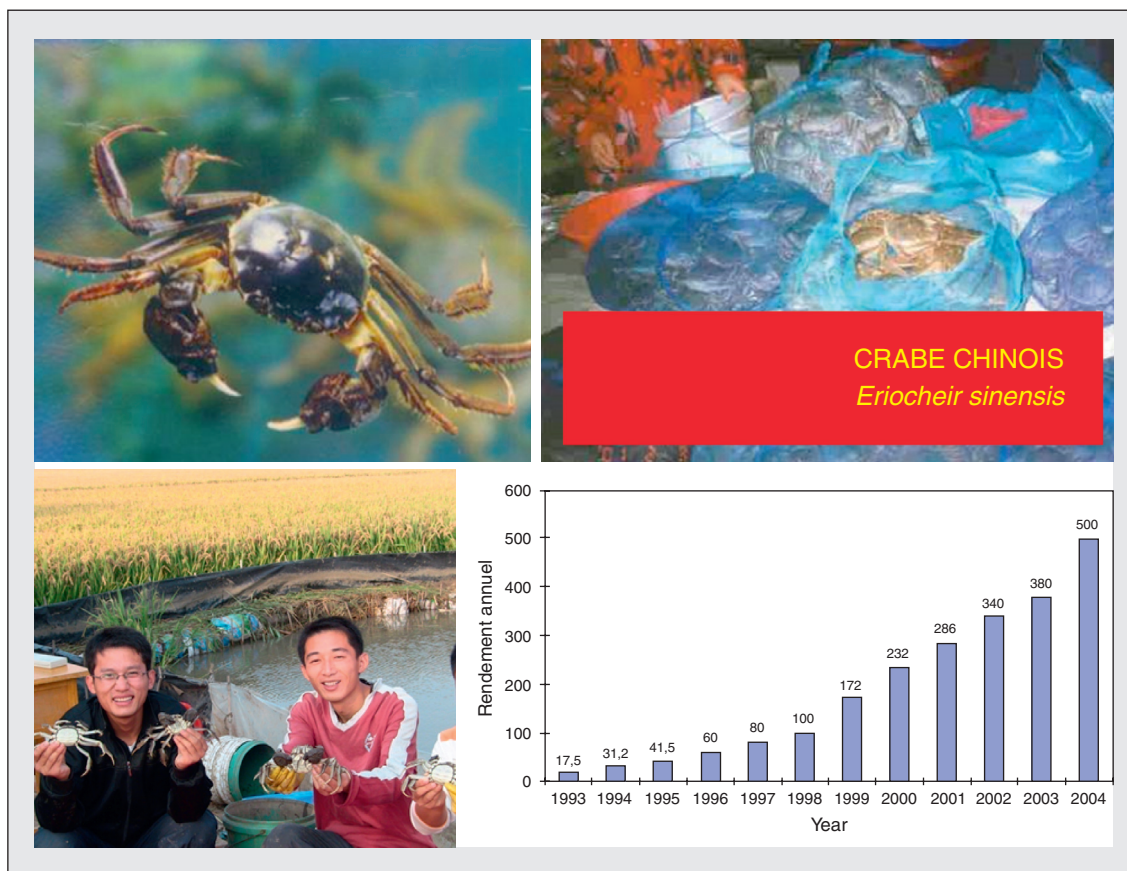


Figure 6. Élevage en rizière de crabes chinois (*Eriocheir sinensis*) en Chine (communication Yong-Xu Cheng, Shanghai Fisheries University, 2010).

Figure 6. Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) farming in rice paddies in China (courtesy Yong-Xu Cheng, Shanghai Fisheries University, 2010).

encore très limitée, en particulier chez les invertébrés, les crustacés et les mollusques. Beaucoup de travaux de base utilisant les outils moléculaires devraient améliorer notre connaissance sur les conditions d'activation, de bon fonctionnement et de perturbation du système immunitaire de l'animal. Alors seulement nous pourrions passer du tâtonnement empirique pratiqué aujourd'hui avec toutes sortes d'immunostimulants putatifs, prébiotiques et probiotiques, à des produits et stratégies basés sur les connaissances. Avec certaines espèces comme le saumon, notre connaissance est bien avancée et différentes générations de vaccins ont prouvé leur efficacité. Toutefois, les vaccins ne sont pas une solution définitive et le progrès scientifique devrait être inscrit dans un effort plus concerté dans la gestion de la santé.

## Priorité 7 : durabilité des productions aquacoles

Quand on évoque la durabilité des élevages aquacoles, il est nécessaire de mieux intégrer les principes de gestion écologique. Il faut reconsidérer les approches de monoculture qui sont de plus en plus pratiquées dans les formes modernes de l'aquaculture moderne. Tout comme pour les productions terrestres, un changement de paradigme doit répondre aux besoins de la production alimentaire des décennies à venir, avec peu de terres disponibles mais aussi en particulier de rares réserves d'eau douce pour les productions végétales et animales. Les cultures hydroponiques intégrées à

une pisciculture à haute densité dans des systèmes d'eau recirculée sont testées sur les différents continents. Des programmes de recherche ont pour objet de démontrer la viabilité d'une agriculture intégrant des plantes terrestres et aquatiques avec des animaux ; il s'agit, en s'appuyant sur les technologies modernes (détecteurs automatiques, programmes de gestion informatisée...) d'optimiser l'utilisation de l'énergie thermique et de l'énergie nutritionnelle au sein du circuit d'élevage. Changer de concept alors que les paradigmes actuels privilégient les pratiques monoculturelles ne sera pas une tâche facile : cela implique d'accepter les conséquences socio-économiques de l'intégration d'industries fabriquant des aliments destinés à des espèces différentes et nécessitera des changements de mentalité importants de la part du corps social.

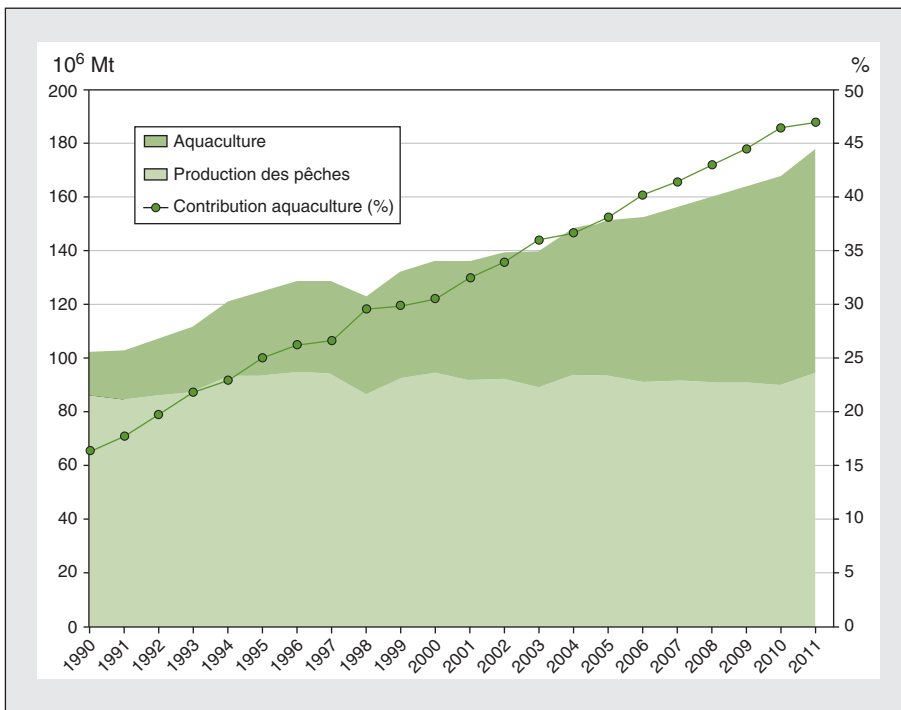


Figure 7. Contribution de l'aquaculture à l'alimentation mondiale en poissons (communication personnelle de Rohana Subasinghe, FAO-Rome, 2013).

Figure 7. Contribution of aquaculture to world food-fish consumption (courtesy Rohana Subasinghe, FAO-Rome, 2013).

## Priorité 8 : retour vers la mer

Les mers et les océans recèlent 70 % des ressources biologiques mondiales. Il faut sans tarder plus longtemps accorder une plus grande attention à l'environnement marin. C'est l'occasion non seulement de satisfaire les demandes du marché en produits de la mer, mais aussi d'offrir des protéines d'origine aquatique en remplacement des protéines d'origine terrestre comme source de nourriture durable pour l'humanité dans les décennies à venir. Plusieurs groupes de réflexion sont parvenus à la conclusion qu'au milieu de ce siècle nous ne pourrions pas avoir assez d'eau douce pour poursuivre la production de viande de mammifères. Le moment est venu d'avoir une réflexion approfondie sur les orientations futures de l'aquaculture côtière ou hauturière.

D'une manière simpliste, on peut classer les modes de production aquacoles en méthodes d'aquaculture par apport d'aliments (*fed aquaculture*) pour l'élevage de poissons et de crustacés dans les cages et les étangs d'une part, et d'autre part en pratiques d'aquaculture extractive (*extractive aquaculture*), sans apport alimentaire concernant la production d'algues macroscopiques captant le phosphore et l'azote minéral, et la production d'organismes filtreurs, mollusques notamment, consommant l'azote organique et le phosphore.

La pression sur l'environnement est évidente dans cette aquaculture d'étangs en libre circulation de crevettes ou de poissons (figure 8). Il en est de même dans les élevages en cages à haute densité dans les eaux côtières peu profondes où les poissons sont nourris avec des poissons de rebut et où il y a des pertes importantes de granulés non consommés (figure 9).

Le rôle des algues macroscopiques dans la biorestoration, par exemple dans la remise en état des milieux côtiers, est souvent négligé. L'engagement de la Chine vers 1950 dans la production d'algues brunes et rouges a permis de réduire de façon drastique l'eutrophisation côtière. Près de 10 millions de tonnes d'algues sont récoltées chaque année le long de la côte de la Chine – ce qui devrait plutôt

### Encadré 1 Priorités pour l'aquaculture du futur<sup>1</sup>.

1. Populations **domestiquées** indépendantes des stocks naturels
2. Amélioration de la production d'**œufs** et **alevins** à des coûts contrôlés
3. Amélioration du **ciblage** des espèces susceptibles d'élevage
4. **Amélioration génétique** des espèces retenues
5. **Contrôle des populations microbiennes** dans le cadre d'une production soutenable
6. Pathologie : **connaissance des systèmes immunitaires** chez les vertébrés et invertébrés
7. **Intégration des productions végétales et animales** pour une gestion écologique
8. Développer des structures de **productions littorales et hauturières** intégrant productions alimentaires et fourniture d'énergie
9. Libérer les élevages de la contrainte représentée par l'origine marine des **lipides et protides**
10. **Intégrer** les actions de repeuplement dans la gestion des **pêches**
11. **Importance sociale** :
  - interaction à partenaires multiples
  - coopération internationale à bénéfices réciproques

<sup>1</sup> D'après « Resources, technologies and services for future aquaculture: a needs assessment for sustainable development », conférence plénière par Patrick Sorgeloos, Global Conference on Aquaculture, 22–25 September 2010, Phuket, Thailand.





Figure 8. Élevage côtier de crevettes en Thaïlande.

Figure 8. Coastal shrimp farm in Thailand.



Figure 9. Élevage côtier en cages de courbine jaune en Chine.

Figure 9. Coastal cage farming of yellow croaker in China.

En vignettes : utilisation de poissons fourrage comme ressource alimentaire.

s'exprimer en disant que des centaines de milliers de tonnes d'azote et de phosphores sont éliminées chaque année. À coup sûr, cette activité aquacole a significativement diminué l'eutrophisation côtière.

Il y a beaucoup à apprendre des pratiques empiriques développées dans quelques régions côtières en Chine ; là où initialement seules les algues étaient cultivées (figure 10), on peut voir quelques années plus tard, lorsque les semences de mollusque ont pu être produites en éclosion, une production mixte de mollusques et de différentes espèces de mollusques (figure 11). Ces dernières décennies, l'installation de cages d'élevage de poissons marins a complexifié le dispositif de production. Certaines de ces zones sont très vastes, couvrant des surfaces de plusieurs dizaines de kilomètres carrés comme le montre l'image satellite (figure 12). Au cours des années récentes, plusieurs équipes de recherche internationales ont analysé le flux des éléments nutritifs dans les systèmes de polyculture et ont abouti à la conclusion que la plupart de ces habitats peuvent être classés comme milieux oligotrophes, c'est-à-dire pauvres en nutriments. Les systèmes de productions associées permettent de valoriser au mieux les substances énergétiques présentes dissoutes dans l'eau.

L'avenir appartient à une aquaculture à niveaux trophiques multiples mais il faudra beaucoup d'efforts pour motiver les aquaculteurs et les industriels qui opèrent aujourd'hui dans un monde très concurrentiel. Les options ont un caractère politique et il est du ressort des gouvernements de manifester une plus grande proactivité pour soutenir et faciliter des projets pilotes. Quand on parle des besoins et du potentiel offerts pour une plus grande intégration des activités aquacoles, il est nécessaire de tenir compte des nouvelles infrastructures en pleine mer en construction pour la production d'énergie, qu'il s'agisse de vent ou des vagues. Ces constructions pourraient fournir les installations susceptibles d'intégration pour l'élevage en cage et sur cordons d'espèces de poissons, de mollusques et d'algues. Les deux secteurs de l'énergie et la production alimentaire pourraient permettre de développer d'intéressantes synergies.



Figure 10. Production d'algues sur cordeaux dans la baie Alian, province du Shandong, Chine.

Figure 10. Seaweed farming on long lines in the Alian Bay in Shandong province (China).

## Priorité 9 : le paradoxe « farine- huile de poisson »

L'élevage de poissons nécessite des apports alimentaires en protéines et

lipides élevés comparés à ceux des espèces animales terrestres (Kaushik, 2009). La farine de poisson constitue la meilleure source pour ces composants alimentaires. La solution très généralement adoptée est de les apporter sous la forme de farines fabriquées à partir de refus de

pêche, déchets de conditionnement et espèces marines sans valeur marchande. Sur le plan de l'économie, il est paradoxal d'élever des espèces dites nobles avec des espèces marines constituant la pêche minotière dont on sait que la disponibilité est désormais limitée. Les travaux de recherche actuels permettent d'envisager le remplacement des protéines et des lipides provenant de la pêche par des productions végétales d'origine terrestre. Il est possible d'être optimiste : le paradoxe de la farine et de l'huile de poisson en aquaculture est en cours de résolution progressive (Médale et Kaushik, 2009 ; Corraze et Kaushik, 2009).

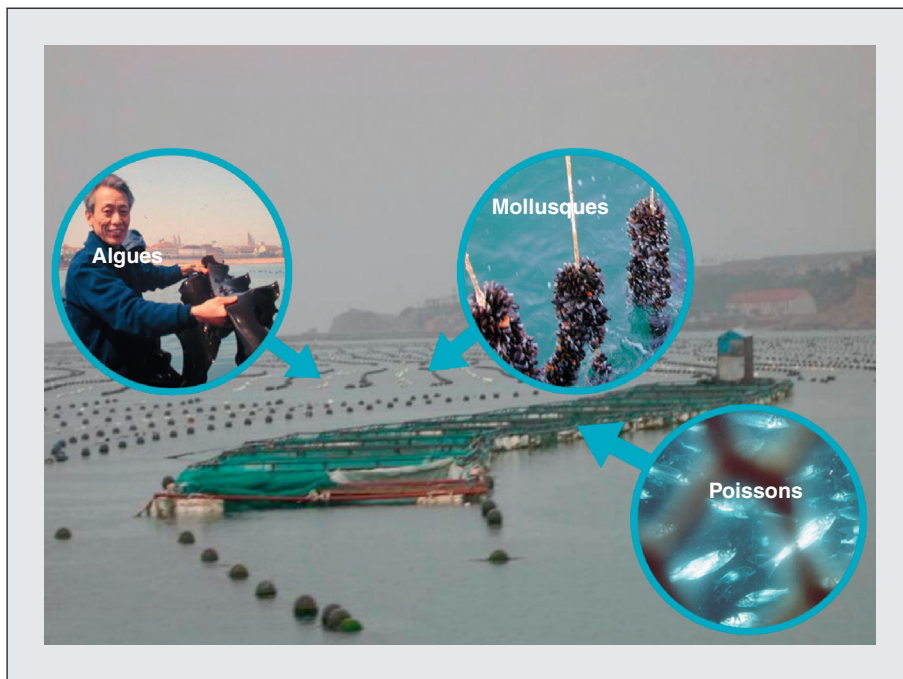
## Priorité 10 : repeuplement

L'intégration éventuelle du repeuplement dans les activités de gestion des pêches nécessite une attention particulière. Cette recommandation particulière a été énoncée lors de la conférence de la FAO à Bangkok en 2000. Il existe d'abondantes preuves empiriques sur les avantages apportés par les projets de repeuplement dans les milieux dulçaquicoles et marins. Cependant, de nombreuses critiques évoquent les répercussions possibles de ces repeuplements sur les questions de biodiversité et sur l'efficacité globale de ces opérations. Experts halieutes et chercheurs en aquaculture doivent se concerter pour proposer des programmes multidisciplinaires en recherche et développement ayant pour objet une meilleure évaluation du potentiel technique et socio-économique. Des outils d'analyse très efficaces pour traiter de telles expériences à grande échelle sont désormais disponibles. Les pêcheurs sont plus que désireux de coopérer à de telles études. Citons un programme de libération de juvéniles de turbot le long de la côte de la mer du Nord qui a reçu un excellent soutien de la part des pêcheurs locaux ; ces professionnels de la pêche ont recapturé 30 % des poissons relâchés qui avaient migré pendant une année de la Belgique vers l'ensemble de la mer du Nord (Delbare et De Clerck, 2000).

## Priorité 11 : importance sociale

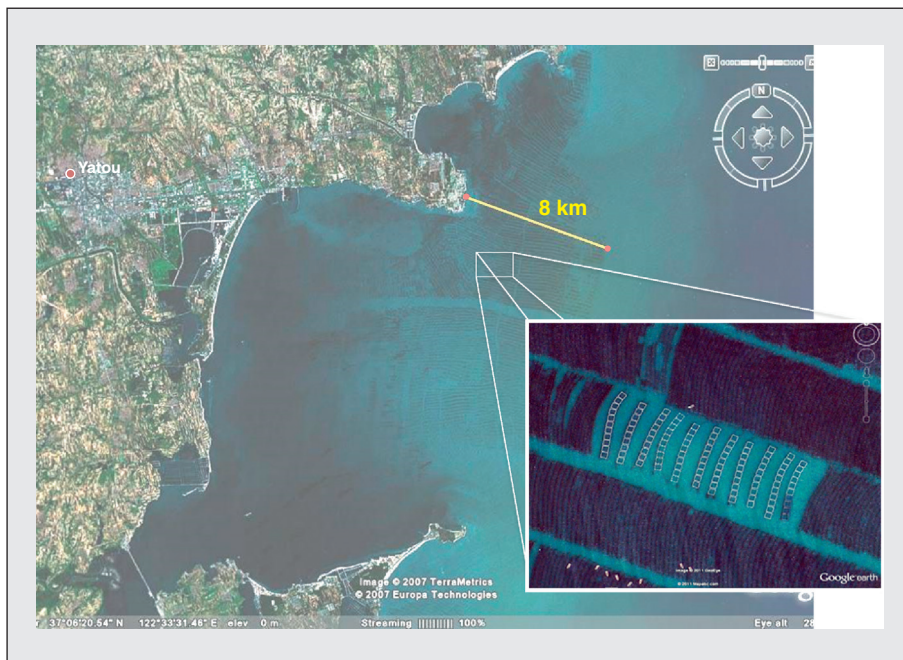
Dernier élément sur la liste : le levier social sera important afin d'atteindre les objectifs définis par les priorités évoquées. Une approche multipartenariale, impliquant tous les acteurs clés pour décider des priorités et s'assurer que tous les partenaires regardent dans la même direction est nécessaire. La coopération internationale dans le respect des différences culturelles est une nécessité de haute valeur et exigera plus d'efforts pour parvenir à des compromis. Cependant, il existe de nombreuses possibilités entre le Nord et le Sud, l'Est et l'Ouest pour développer des échanges gagnant-gagnant, même dans les secteurs où, aujourd'hui, il semble que la tension augmente ; pour preuve, la création récente de la plate-forme technologique européenne de l'aquaculture et de l'innovation (EATiP). Cet organisme regroupe l'ensemble des partenaires de l'aquaculture européenne et a pour but d'établir une relation solide entre l'aquaculture et les consommateurs, avec l'assurance du développement d'une industrie durable.

Avec les entreprises leaders en charge du pilotage et impliquant toutes les parties prenantes, EATiP est désormais en état de finaliser son document « *Vision 2030 de l'Aquaculture* » et de bâtir sur cette base son Agenda stratégique de recherche. Parlant d'une seule voix, EATiP veut tirer parti d'un effet de levier pour résoudre les problèmes particuliers, tels que la législation et la coopération internationales. Par l'intermédiaire de son bureau international récemment créé, EATiP veut devenir plus proactif afin d'explorer et faciliter les interactions gagnant-gagnant avec d'autres régions du monde, comme dans le cas de partenaires asiatiques, compte tenu des très bonnes relations établies entre l'ensemble des régions par la plate-forme de l'aquaculture ASEM ([www.asemaqaculture.org](http://www.asemaqaculture.org)). Il faut espérer que d'autres plates-formes multilatérales pourront être configurées afin de stimuler les interactions régionales dans le monde de l'aquaculture.



**Figure 11.** Élevage côtier en cages de poissons (loup de mer) ; mollusques (pétoncles, ormeaux), concombres de mer (*Holothurians*) en filets à lanternes et d'algues (*Laminaria* et *Gracilaria*) sur cordeaux en baie Alian, province du Shandong, Chine.

**Figure 11.** Coastal farming of fish (sea bass) in cages; mollusks (scallop, abalone) and sea cucumber in lantern nets and seaweed (*Laminaria* and *Gracilaria*) on long lines in Alian Bay in Shandong province (China).



**Figure 12.** Vue aérienne de la baie de Sanggou, province du Shandong, Chine.

**Figure 12.** Aerial view of Sanggou Bay in Shandong province, China.  
En vignette : proximité des cages à poisson entourées par les cordeaux d'algues et mollusques.

## Conclusion

La présentation des caractéristiques de l'aquaculture montre les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de systèmes de production en milieu aquatique. Ces difficultés ont été dominées grâce à la détermination des acteurs de la filière et la participation des organismes de recherche scientifiques. D'autres difficultés sont susceptibles de freiner le développement de ces productions (utilisation concurrentielle de l'eau par les riverains ; qualité des eaux ; aménagements hydrauliques...). L'analyse prospective des priorités souligne le fait que de multiples facettes restent à explorer, tant sur le plan du matériel vivant que sur celui des techniques et infrastructures. Elle montre aussi que pêche et aquaculture ne sont pas deux voies de production opposées ; au contraire, elles s'avèrent complémentaires, les produits sauvages de la mer et des

eaux continentales constituant des réserves de matériel biologique dans lesquelles puise l'aquaculture pour diversifier les espèces élevées et disposer de matériel génétique nouveau nécessaire à son développement. Les conditions sont désormais réunies pour que l'aquaculture soit la « biotechnologie bleue » de l'avenir. ■

## Références

- Corraze G, Kaushik S, 2009. Alimentation lipidique et remplacement des huiles de poisson par des huiles végétales en pisciculture. *Cahiers Agricultures* 18 : 112-8. doi: 10.1684/agr.2009.0276
- Delbare D, De Clerck R, 2000. *Release of reared turbot in Belgian coastal waters as a tool for stock enhancement*. 2000 ICES Annual Science Conference, 27-30 September, ICES CM 2000/O :02.
- De Schryver P, Sinha AK, Kunwar PS, Baruah K, Verstraete W, Boon N, *et al.*, 2009. Poly- $\beta$ -hydroxybutyrate (PHB) increases growth performance and intestinal bacterial range-weighted richness in juvenile European sea bass. *Applied Microbiology and Biotechnology* 86 : 1535-41.
- Dierckens K, Rekecki A, Laureau S, Sorgeloos P, Boon N, Van den Broeck W, *et al.*, 2009. Development of a bacterial challenge test for gnotobiotic sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Environmental Microbiology* 11 : 526-33.
- Duarte CM, Holmer M, Olsen Y, Sotot D, Marbà N, Guiu J, *et al.*, 2009. Will the oceans help feed humanity? *BioScience* 2009(59):967-76.
- FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2013. Global Aquaculture Production Statistics for 2011. ftp.fao.org/FI/news/GlobalAquacultureProductionStatistics2011.pdf
- FAO ; NACA, 2012. Farming the Waters for People and Food. In : Subasinghe RP, Arthur JR, Bartley DM, De Silva SS, Halwart M, Hishamunda N, Mohan CV, Sorgeloos P, eds. *Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22-25 September 2010*. Rome ; Bangkok : FAO ; NACA.
- Field CB, Behrenfeld MJ, Randerson JT, Falkowski P, 1998. Primary production of the biosphere : Integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281 : 237-40.
- Kaushik S, 2009. Nutrition et alimentation des poissons : éléments pour un nouveau développement. *Cahiers Agricultures* 18 : 100-2. doi: 10.1684/agr.2009.0280
- Médale F, Kaushik S, 2009. Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevage. *Cahiers Agricultures* 18 : 103-11. doi: 10.1684/agr.2009.0279