

Interactions entre

l'Aquaculture et l'Environnement

1

Guide pour le
développement durable
de l'aquaculture
méditerranéenne



Interactions entre

l'Aquaculture et l'Environnement

1

Guide pour le
développement durable
de l'aquaculture
méditerranéenne

La terminologie géographique employée dans cet ouvrage, de même que sa présentation, ne sont en aucune manière l'expression d'une opinion quelconque de la part de l'UICN, du Ministère espagnol de l'agriculture, pêche et alimentation ou de la Fédération européenne des producteurs d'aquaculture sur le statut juridique ou l'autorité de quelque pays, territoire ou région que ce soit, ou sur la délimitation de ses frontières.

Les opinions exprimées dans cette publication ne reflètent pas nécessairement celles de l'UICN ou du Ministère espagnol de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation ou de la Fédération européenne des producteurs d'aquaculture.

Le présent ouvrage a pu être publié grâce en partie à un soutien financier du Ministère espagnol de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation.

Publié par: UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne en collaboration avec le Ministère espagnol de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation et la Fédération européenne des producteurs d'aquaculture



Droits d'auteur: ©2007 Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources

La reproduction de cette publication à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source soit dûment citée.

La reproduction de cette publication à des fins commerciales, notamment en vue de la vente, est interdite sans autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur.

Citation: (2007). Guide pour le développement durable de l'aquaculture méditerranéenne. Interactions entre l'aquaculture et l'environnement. UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne. VI + 110 p.

NIPO: 251-07-085-X

ISBN: 978-84-491-0767-2

Dépôt légal:

Couverture conçue par: Chadi Abi Faraj

Photo couverture: © Guzel Yuçel-Gier

Gestion du Product: Sonsoles San Román

Mise en page: Chadi Abi Faraj

Produit par: Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN

Imprimé par: Solprint, Mijas (Malaga)

Disponible auprès du: Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN
C/ Marie Curie 35
29590 Campanillas, Malaga, Espagne
Tél: +34 952 028430
Fax: +34 952 028145
www.uicnmed.org

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
Secretaría General de Pesca Marítima
C/José Ortega y Gasset, 57
Madrid, Espagne
Tel. +34 91 3476164
www.mapa.es

Il existe aussi un catalogue des publications de l'UICN.

Cet ouvrage est imprimé sur papier recyclé Cyclusprint 100 g/m² sans chlore

Table des matières

Prologue	v
Résumé	1
Introduction aux Guides	11
Situation Générale de l'Aquaculture	15
Guide A: Domestication	21
Guide B: Introduction d'Espèces Marines	27
Guide C: Capture des Stocks Sauvages pour l'Aquaculture	33
Guide D: Ingrédients des Aliments	43
Guide E: Matière Organique dans les Effluents	53
Guide F: Transfert de Pathogènes	63
Guide G: Produits Thérapeutiques et Autres	67
Guide H: Procédés Antifouling	73
Guide I: Effets sur la Faune et la Flore Locales	77
Annexes	
Glossaire	85
Bibliographie Générale	89
Bibliographie	91
Liste des participants	105
Liste d'acronymes	109

Prologue

L'aquaculture doit actuellement relever un défi capital: comment soulager la pression halieutique qui s'exerce sur les stocks et comment, dans le même temps, satisfaire l'augmentation de la demande en produits d'origine aquatique, le tout sans entraîner de problèmes environnementaux. On pense actuellement que, dans un avenir proche, l'aquaculture se développera largement dans les pays européens, ainsi qu'au sud et à l'est de la Méditerranée. Pour éviter tout impact potentiel sur l'environnement, il est important que le secteur aquacole dispose de lignes directrices claires, concises et dotées de fondements scientifiques, afin d'assurer le développement durable de cette activité.

Le Programme Marin de l'Union Mondiale pour la Nature (UICN) encourage l'emploi de bonnes pratiques dans le domaine de l'aquaculture. L'UICN et la Fédération Européenne des Producteurs Aquacoles (FEPA) ont conclu en 2005 un accord de coopération visant le développement d'une aquaculture durable. Dans ce même sens, l'UICN et le Secrétariat général du Ministère espagnol de l'Agriculture, la Pêche et l'Alimentation ont signé un accord de coopération visant l'élaboration d'une série de « Guides pour le développement durable de l'aquaculture méditerranéenne ». Ces guides, qui ont pour objet de proposer des recommandations pour une aquaculture responsable et durable à l'intention des gestionnaires, des producteurs et des usagers de la région méditerranéenne, seront composés de guides thématiques individuels traitant de divers aspects. Les thèmes traités sont les suivants: Interaction entre l'environnement et l'aquaculture, Sélection de sites, Diversification des espèces et produits, Bien-être animal et aspects éthiques et sanitaires, Aspects sociaux, Origine et qualité de l'aliment, Aspects liés au marché et Gestion de l'aquaculture.

Le Groupe de travail connu sous l'appellation « Aquaculture et environnement » fut créé en 2004 par le Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN. Il est composé de spécialistes aquacoles de la région

méditerranéenne et d'experts de différents domaines de connaissance. En juin 2005, un atelier de travail fut organisé en Algérie, à la suite de la première réunion en 2004, en collaboration avec le Mouvement Écologique Algérien (MEA) et le Ministère algérien de la Pêche et des Ressources halieutiques. Par la suite, une réunion technique à Barcelone, en novembre, permit l'examen des résultats obtenus par l'atelier de travail précité, ainsi que la planification des activités à venir.

Ainsi ce document, le premier d'une série de guides qui traceront les lignes directrices d'un développement responsable et durable de l'aquaculture, est-il consacré à l'interaction entre les pratiques aquacoles et l'environnement. L'interaction avec d'autres activités humaines dans ce même environnement n'y est pas prise en compte. S'il ne traite pas non plus de l'aquaculture continentale, quelques exemples en sont toutefois fournis. Ce guide, qui traite essentiellement de pisciculture et de conchyliculture, met plus particulièrement l'accent sur la culture des poissons, et plus concrètement sur l'élevage en cages, ces activités étant prédominantes dans le bassin méditerranéen.

Le présent document a pour fondement les résultats issus de l'atelier de travail organisé par BIOGES (Université de Las Palmas, Ile de la Grande Canarie) durant trois jours dans cette même ville, du 26 au 28 octobre 2006. L'atelier a réuni vingt-six participants venus de la plupart des pays méditerranéens, et notamment des chercheurs, des producteurs aquacoles, des représentants gouvernementaux et diverses organisations environnementales (la liste des participants figure en annexe du document). La compilation des données et la rédaction du texte ont été réalisées par M. Alex Makol et le Pr. Ricardo Haroun (BIOGES), en collaboration avec les participants à l'atelier de travail, sous la coordination de MM. Javier Ojeda (APROMAR/FEAP) et François Simard (UICN).

La version française a été traduite par Michel X. R. Maurice et revue par Yvette Wright et Tristan Guéneuc de la Fédération Française d'Aquaculture ainsi que François Simard (UICN).

Résumé

L'aquaculture est la culture d'organismes aquatiques. Elle englobe celle des Poissons, des Mollusques, des Crustacés et des Plantes aquatiques. Cette culture implique une forme d'intervention dans le processus d'élevage pour augmenter la production, par exemple l'alimentation, la protection contre les prédateurs, etc. La culture implique également la propriété individuelle ou juridique du stock cultivé.

Il est possible de gérer et de minimiser la majeure partie des impacts potentiels de l'aquaculture à condition de connaître les processus mis en œuvre, de pratiquer une gestion responsable et de déterminer correctement l'emplacement des installations d'aquaculture. En conséquence, les guides proposés pour une gestion durable sont des outils essentiels pour les gestionnaires politiques, les techniciens des administrations, les producteurs aquacoles et autres parties intéressées. Ce guide se centre sur les interactions entre les pratiques de l'aquaculture et l'environnement.

Guide A: Domestication

Guide B: Introduction d'Espèces Marines

Guide C: Capture des Stocks Sauvages pour l'Aquaculture

Guide D: Ingrédients des Aliments

Guide E: Matière Organique dans les Effluents

Guide F: Transfert de Pathogènes

Guide G: Produits Thérapeutiques et Autres

Guide H: Procédés Antifouling

Guide I: Effets sur la Faune et la Flore Locales

Guide A Domestication

Principe

La domestication d'espèces est nécessaire à l'aquaculture. L'interaction des organismes domestiqués avec leurs homologues sauvages ne doit pas produire d'effets néfastes.

Lignes directrices

Par rapport au développement du processus de domestication

- La domestication des organismes d'élevage doit être encouragée.
- L'élevage sélectif des organismes doit être conçu de manière à réduire leur capacité de survie ou de reproduction dans le milieu naturel.
- Il faut encourager et soutenir la recherche en matière de processus de domestication.
- Il faut encourager la création de banques de gènes d'espèces sauvages afin de disposer d'une source de gènes.

Par rapport à la minimisation des effets des fuites sur l'environnement

- Les installations d'aquaculture doivent être conçues de manière à contenir efficacement les organismes élevés et à minimiser la possibilité de fuite.
- Il faut établir des protocoles en cas de fuites.
- Il faut encourager la recherche en matière de surveillance des organismes échappés.
- Il convient d'adopter des mesures préventives supplémentaires pour les activités comportant les plus grands risques de fuite, et notamment lors des transferts d'organismes, des tris et des récoltes.

Guide B

Introduction d'Espèces Marines

Principe

L'utilisation d'espèces exotiques en aquaculture représente un risque majeur. Le principe de précaution doit être appliqué. L'introduction d'espèces ne doit être réalisée que dans des cas spécifiques et en adoptant toutes les précautions nécessaires.

Lignes directrices

Par rapport à l'introduction des espèces

- Il faut, dans la mesure du possible, cultiver des espèces autochtones.
- Les recommandations développées dans le Code de Pratiques pour l'introduction et le transfert d'organismes marins du CIEM (2005), ainsi que les considérations et recommandations du rapport « Espèces Exotiques en Aquaculture » de l'UICN (Hewitt *et al.*, 2006) doivent être suivies.
- La collaboration régionale et internationale doit être appuyée pour prendre en compte les impacts transfrontaliers d'espèces introduites sur la biodiversité, comme il est indiqué dans le document PNUE/PAM (2005).

Par rapport à la gestion des fuites (voir chapitre « Domestication »)



Principe

La mise en élevage d'organismes marins ne doit affecter ni l'état naturel, ni la viabilité des populations sauvages, ni leurs écosystèmes, ni la biodiversité.

Lignes directrices

- Les organismes destinés à être élevés dans les installations aquacoles doivent de préférence être produits en éclosion.
- Il faut encourager la recherche pour boucler les cycles des espèces élevées, afin de pouvoir produire les organismes dans les éclosiers.
- Il faut encourager la recherche concernant le fonctionnement des écosystèmes.
- La capture d'organismes sauvages à des fins de grossissement doit être réalisée dans une optique de durabilité.
- La capture d'organismes sauvages destinés à être utilisés comme reproducteurs dans les élevages ne doit pas affecter les populations sauvages.
- Les individus sauvages d'espèces menacées ne doivent pas être prélevés, sauf pour les plans de repeuplement ou de récupération, afin de sauvegarder la biodiversité.



Guide D

Ingrédients des Aliments

Principe

La production d'aliments pour les organismes aquatiques doit être réalisée de façon durable. La source des matières premières utilisées doit être environnementalement acceptable et ne doit pas produire d'impacts préjudiciables dans les écosystèmes à partir desquels ces ingrédients sont obtenus.

Lignes directrices

Par rapport à l'origine des matières premières

- L'origine des matières premières doit être « certifiée durable ».

Par rapport à l'utilisation des aliments et la technologie

- L'emploi des granulés doit être recommandé.
- La gestion de l'alimentation doit être améliorée.
- Les technologies de production des granulés, ainsi que la qualité des régimes doivent être améliorées.

Par rapport à l'utilisation de sources alternatives pour les ingrédients des aliments

- L'utilisation d'ingrédients alternatifs doit être encouragée.
- L'emploi de différentes sources de protéines et d'huiles d'origine marine doit être encouragée.
- La recherche de sources alternatives d'ingrédients pour les régimes doit être encouragée.

Par rapport à l'optimisation des nutriments

- L'élevage d'espèces situées à la base de la chaîne trophique doit être encouragée.
- L'intégration de l'aquaculture à d'autres activités agricoles doit être encouragée.

Guide E Matières Organiques dans les Effluents

Principe

Les matières organiques issues des fermes aquacoles doivent pouvoir être assimilées par le milieu récepteur, qualitativement et quantitativement, sans entraîner d'impacts négatifs sur l'écosystème local.

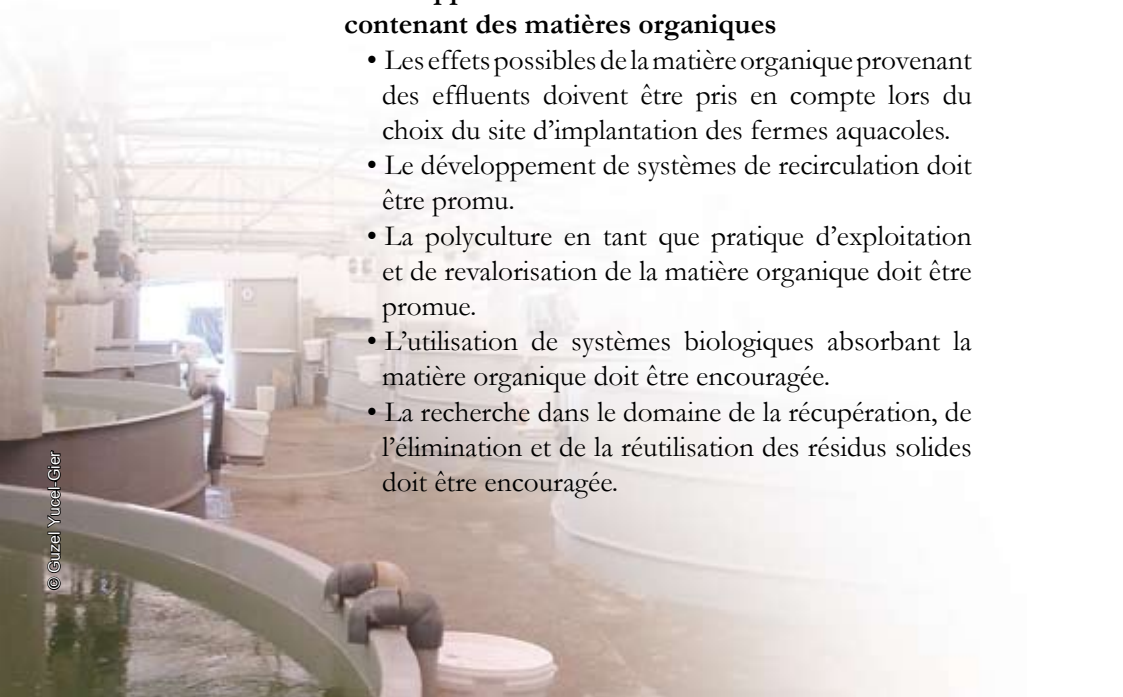
Lignes directrices

Par rapport à la gestion de la ferme aquacole

- Les fermes aquacoles doivent être gérées de manière à contrôler la charge en nutriments de leurs effluents.
- Il faut souligner que la qualité de l'aliment est un facteur essentiel de la maîtrise du contenu des effluents en matière organique.
- Des pratiques d'alimentation adéquates doivent être adoptées.
- Les organismes morts doivent être retirés et éliminés de façon adéquate.

Par rapport à la minimisation des effluents contenant des matières organiques

- Les effets possibles de la matière organique provenant des effluents doivent être pris en compte lors du choix du site d'implantation des fermes aquacoles.
- Le développement de systèmes de recirculation doit être promu.
- La polyculture en tant que pratique d'exploitation et de revalorisation de la matière organique doit être promue.
- L'utilisation de systèmes biologiques absorbant la matière organique doit être encouragée.
- La recherche dans le domaine de la récupération, de l'élimination et de la réutilisation des résidus solides doit être encouragée.



Principe

La possibilité de transfert de pathogènes entre organismes cultivés et populations sauvages doit être minimisée.

Lignes directrices

- Les organismes cultivés doivent être dans les meilleures conditions de santé.
- Les poussées épizootiques dans les fermes aquacoles doivent être prévenues, contenues et gérées.
- Des mesures de précaution doivent être mises en œuvre afin de prévenir les transferts de pathogènes
- Des mesures spéciales en matière de biosécurité doivent être mises en œuvre afin de limiter l'introduction de pathogènes dans les élevages.
- La recherche et le suivi en matière d'épidémiologie des maladies se déclarant au sein des populations sauvages vivant à proximité des zones d'aquaculture doivent être encouragés.

Principe

L'emploi de produits thérapeutiques doit être géré correctement afin de minimiser d'éventuels effets préjudiciables à l'environnement.

Lignes directrices

Par rapport à la diminution de l'emploi de produits thérapeutiques

- En aquaculture, les normes sanitaires doivent reposer sur des mesures de prophylaxie et de prévention appropriées.
- L'emploi d'antibiotiques à titre prophylactique doit être évité.
- Des médicaments à usage vétérinaire plus efficaces et plus sûrs du point de vue de leur usage à des fins aquacoles doivent être mis à disposition.

Par rapport à une gestion correcte des produits thérapeutiques et autres

- Un diagnostic des maladies précis doit être réalisé en laboratoire préalablement à l'administration d'antibiotiques.
- Seuls les antibiotiques garantis par un brevet légal doivent être employés.
- L'emploi de produits chimiques persistants doit être réduit.
- Des plans sanitaires visant à prévenir le développement de souches microbiennes résistantes aux antibiotiques doivent être établis.



Principe

Les produits antifouling utilisés en aquaculture ne doivent pas provoquer d'effets toxiques appréciables sur des organismes autres que ceux ciblés.

Lignes directrices

- Des produits et des revêtements antifouling non nocifs pour l'environnement doivent être employés.
- Des procédés non nocifs pour l'environnement doivent être encouragés pour prévenir ou éliminer les bio-salissures.
- L'utilisation de produits antifouling contenant des métaux lourds doit être évitée.

Principe

Il convient d'éviter les effets nocifs provoqués par l'interaction entre l'activité aquacole et la faune et la flore locales, tandis que les effets bénéfiques doivent être exploités.

Lignes directrices

Concernant les effets de l'aquaculture sur les communautés benthiques

- Des études d'impact environnemental doivent être réalisées afin d'identifier tout effet potentiel sur l'écosystème.
- La décision de poursuivre ou de stopper l'agrandissement d'installations aquacoles doit être prise au cas par cas.
- Des études hydrodynamiques doivent être effectuées dans le cadre du processus de sélection de l'emplacement des installations aquacoles.
- Les zones dans lesquelles il existe des communautés significatives de phanérogames marines doivent être considérées incompatibles avec l'établissement d'installations aquacoles.
- L'installation de structure d'élevage doit se faire de préférence dans des zones exposées, au large de la bande côtière.

Concernant l'attraction de la faune

- Dans la gestion des fermes aquacoles, il convient de tenir compte de l'attraction exercée par les installations d'aquaculture sur la faune locale.
- Il convient de gérer l'attraction des prédateurs et charognards.



Introduction aux Guides

Au cours de la dernière décennie, des efforts ont été réalisés pour assurer le développement durable des activités humaines, celui-ci étant entendu comme le « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs », tel que l'a défini la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED) en 1987.



L'aquaculture a retenu l'attention d'autorités gouvernementales et de secteurs non gouvernementaux, conduisant l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) à proposer une définition plus spécifique dans le domaine de l'agriculture et de la pêche: « le développement durable est la gestion et la conservation de la base des ressources naturelles, ainsi que l'orientation du changement technologique et institutionnel de manière à assurer de façon suivie la satisfaction des besoins des générations présentes et futures. Un tel développement durable (dans les secteurs agricoles, forestiers et halieutiques) conserve les ressources en terres et en eaux, ainsi que les ressources génétiques (végétales et animales); il est respectueux de l'environnement, technologiquement approprié, économiquement viable et socialement acceptable » (FAO, 1997).

Le développement et l'intensification de l'aquaculture ont soulevé un large éventail de questions ayant trait à l'environnement. Les Poissons et les Crustacés sont alimentés grâce à un régime à haute teneur en protéines et en lipides, composé essentiellement de farine et d'huile de poisson. Les juvéniles et les reproducteurs sont parfois prélevés dans des populations sauvages, du fait de la difficulté de les élever en captivité, ce qui accroît la pression existante sur ces populations. Un autre inconvénient réside dans l'interaction chimique provoquée par l'évacuation des eaux utilisées par les installations d'aquaculture, qui peuvent contenir des résidus de produits thérapeutiques, de produits antifouling ou d'aliments non ingérés. Une gestion inappropriée peut faire apparaître des problèmes tels que des souches de pathogènes résistantes aux antibiotiques, l'eutrophisation de la colonne d'eau, l'épuisement de l'oxygène et d'autres effets nocifs sur l'environnement.

L'interaction biologique provoquée par la fuite accidentelle d'organismes élevés ou par l'introduction d'espèces exotiques dans l'écosystème peut entraîner des altérations des caractéristiques génétiques des populations sauvages. Ces organismes fugitifs peuvent non seulement rivaliser avec les espèces autochtones pour les aliments et l'espace, mais aussi leur transmettre des pathogènes ou des parasites. Bien que les bactéries, virus et autres pathogènes soient naturellement présents dans le milieu, les pathologies sont plus fréquentes chez les organismes cultivés. De ce fait, une transmission croisée de pathogènes entre les organismes cultivés et sauvages peut exister. Tous ces aspects doivent être également pris en compte dans l'étude de la relation entre l'aquaculture et les autres activités humaines dans les zones

côtières. C'est le cas de l'interaction entre l'aquaculture et la pêche, en termes d'interactions environnementales, avec les écosystèmes marins et côtiers.

Il est possible de gérer et de minimiser la majeure partie des impacts potentiels de l'aquaculture à condition de connaître les processus mis en œuvre, de pratiquer une gestion responsable et de déterminer correctement l'emplacement des installations d'aquaculture. En conséquence, les guides proposés pour une gestion durable sont des outils essentiels pour les gestionnaires politiques, les techniciens des administrations, les producteurs aquacoles et autres parties intéressées.

La Commission européenne a abordé, dans sa communication intitulée « Stratégie pour le développement durable de l'aquaculture européenne » (Commission des Communautés européennes, 2002) destinée au Conseil et au Parlement européens, la question des effets environnementaux de l'aquaculture, qu'elle a défini comme un facteur clé. Dans ce sens, la Fédération européenne des producteurs aquacoles (FEPA) a élaboré un Code de Conduite (2000) promouvant une gestion et un développement durables de l'aquaculture européenne, dans l'optique de garantir des produits de haute qualité et respectueux de l'environnement.



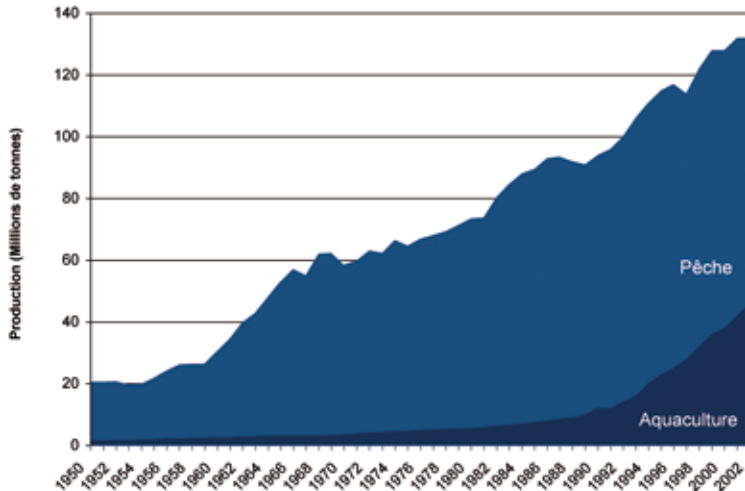
Situation Générale de l'Aquaculture

La demande mondiale de produits de la pêche a triplé entre 1961 et 2001, du fait de l'augmentation de la population mondiale et d'une consommation par habitant qui est passée de 11 kg/personne/an en 1970 à 16,2 kg/personne/an en 2002 (FAO, 2004b). Les produits de la pêche sont aujourd'hui l'une des sources de protéines animales les plus importantes dans le monde, représentant 25 % des protéines consommées dans les pays en voie de développement et 10 % en Europe et en Amérique du Nord.



L'aquaculture et la pêche extractive sont des activités complémentaires confrontées au défi de satisfaire cette hausse de la demande de produits de la mer. La production de pêche extractive, qui plafonne depuis la fin des années 80, s'est maintenue depuis lors autour de ce palier (90-95 millions de tonnes), ce qui traduit une exploitation des océans à un niveau proche de leur production maximale. Les améliorations apportées à la gestion des ressources permettront, au mieux, de maintenir les niveaux de pêche. D'après la FAO (FAO, 2004b), l'augmentation de la production de produits aquatiques à l'avenir ne pourra provenir que de l'aquaculture, comme on a pu l'observer depuis 15 ans.

Figure 1. Evolution de la production aquatique (pêche extractive et aquaculture) dans le monde durant la période 1950-2003 (FAO, 2004b)



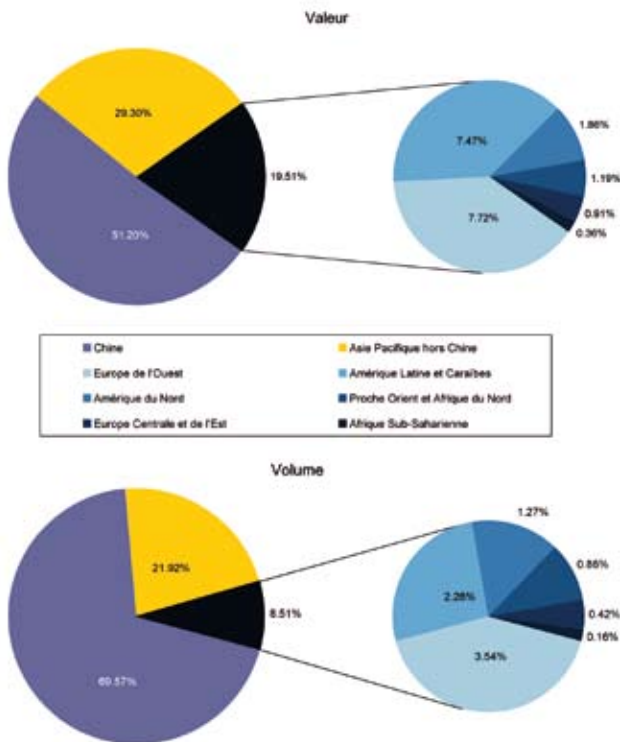
L'aquaculture est la culture d'organismes aquatiques; elle comprend celle des Poissons, des Mollusques, des Crustacés et des végétaux aquatiques. Cette culture implique diverses formes d'intervention dans le processus d'élevage pour augmenter la production, par exemple l'alimentation des animaux en élevage, la protection contre les prédateurs, etc. La culture implique également la propriété individuelle ou juridique du stock cultivé.

L'aquaculture est vieille de 4000 ans, mais cela ne fait que 50 ans qu'elle est devenue une activité économique importante, source de 9,8 millions d'emplois dans le monde entier (FAO, 2004b). Sa contribution à l'offre

mondiale en poissons, crustacés et mollusques augmente chaque année. Selon la FAO (FAO, 2004b), la part de l'aquaculture dans l'offre mondiale de produits de la pêche (en termes de poids) est passée de 3,9 % en 1970, à 29,9 % en 2002, la prévision étant qu'elle atteigne 50 % en 2025. A noter également qu'en 2006 déjà, près de la moitié des produits aquatiques destinés à la consommation humaine directe étaient issus de l'aquaculture.

Le secteur aquacole connaît une croissance plus rapide que tout autre secteur de produits alimentaires d'origine animale. A l'échelle mondiale, ce secteur a enregistré une croissance moyenne de 8,9 % par an depuis 1970, tandis que les filières de produits carnés terrestres n'ont progressé que de 2,8 %.

Figure 2. Production aquacole mondiale en 2004 par région, distinguant la Chine du reste de l'Asie (FAO, 2006a)

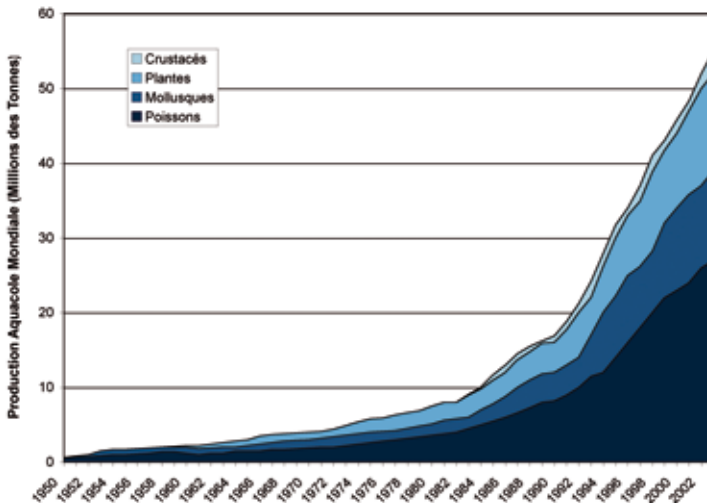


Plus de 90 % de la production aquacole vient d'Asie (essentiellement de Chine), 3,5 % d'Europe occidentale, 0,4 % d'Europe centrale et d'Europe de l'Est, 2,3 % de l'Amérique Latine et des Caraïbes, 1,3 % d'Amérique du Nord, et 0,9 % du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord, les 0,2 % restants venant de l'Afrique subsaharienne (figure 2).

L'aquaculture est une activité englobant de nombreuses pratiques différentes et un large éventail d'espèces produites, de systèmes et de techniques. Sa dimension économique représente de nouvelles opportunités économiques dans les régions où elle est implantée, grâce à la création d'emplois, à l'utilisation de plus en plus efficace des ressources naturelles et à la promotion du commerce local et international. Le succès de l'aquaculture moderne repose sur le contrôle de la reproduction des espèces, sur une meilleure connaissance de la biologie, sur les innovations technologiques et sur le développement de produits alimentaires sûrs et de haute qualité.

La production de poissons représentait la moitié de la production aquacole mondiale en 2003, mais l'accroissement de la production concerne également les autres catégories d'espèces (FAO, 2006a).

Figure 3. Evolution de la production aquacole mondiale par catégorie durant la période 1950-2003 (FAO, 2006a)



Les principales espèces élevées au niveau mondial sont les poissons omnivores et herbivores. Ces espèces sont surtout produites dans des pays en voie de

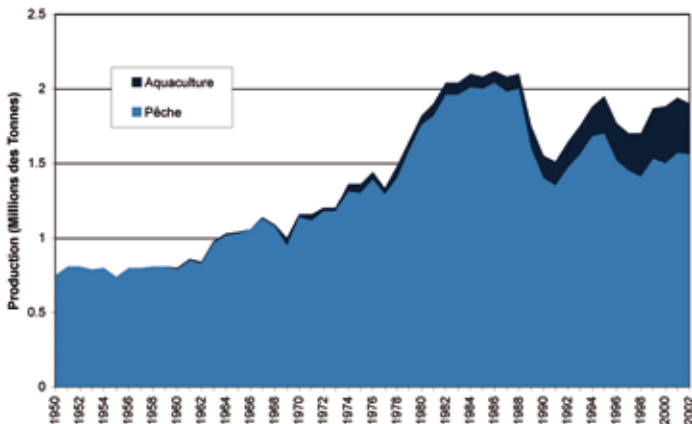
développement, avec une production sept fois plus élevée que celle des poissons carnivores, élevés principalement dans les pays développés.

En comparaison avec l'exploitation des filières agricoles terrestres, où la majeure partie de la production est issue d'un nombre restreint d'animaux et de plantes, plus de 210 espèces aquacoles (animales et végétales) ont été produites dans le monde en 2003. Cette diversité est due au grand nombre d'organismes aquatiques qui peuvent s'adapter à des systèmes et des conditions de production contrôlés.

Au cours des trente dernières années, l'aquaculture s'est développée, s'est diversifiée et a bénéficié d'énormes améliorations technologiques. Le potentiel de ces améliorations vis-à-vis du bien-être socioéconomique de tous les pays (développés ou en voie de développement), de l'amélioration de la qualité de vie et du renforcement de la sécurité alimentaire a été reconnu par la FAO dans sa Déclaration et Stratégie de Bangkok (2000). Ce document souligne la nécessité de soutenir le développement potentiel de l'aquaculture au profit des êtres humains.

Dans la région méditerranéenne, l'aquaculture s'est développée à un rythme soutenu depuis 20 ans, avec un taux de croissance annuel qui est passé de 4 % en 1980 à 13 % en l'an 2000 et une tendance à la diversification des espèces d'élevage qui facilite la croissance du secteur.

Figure 4. Production en Méditerranée. Pêche et Aquaculture (FAO, 2006a)



La production aquacole méditerranéenne était principalement axée sur l'élevage de Mollusques dans les années 90, mais la proportion de l'élevage de Poissons est en continuelle augmentation. La comparaison de la production aquacole méditerranéenne entre 1994 et 2003 fait apparaître une croissance significative de la production de poissons (près du triple); parallèlement, une augmentation de la production de Mollusques a été observée (figure 5).

Figure 5. Aquaculture en Méditerranée. Production par catégorie (FAO, 2006a)

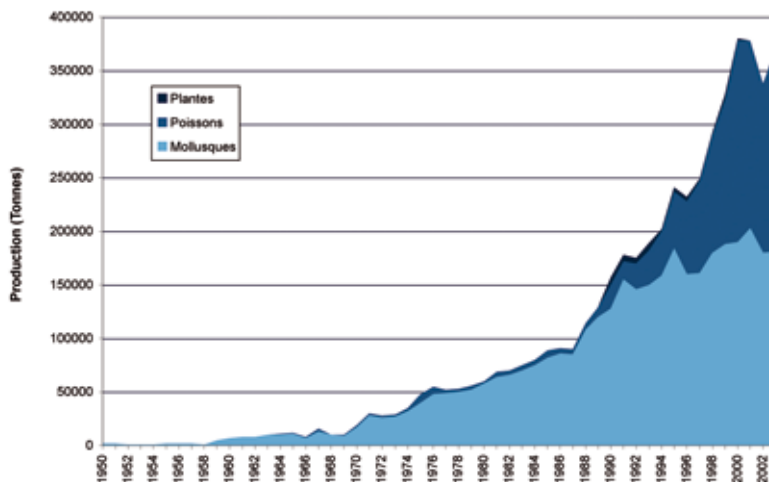


Tableau I. Aquaculture en Méditerranée. Production par espèce (FAO, 2006a)

Moule (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	147 920 t
Daurade royale (<i>Sparus aurata</i>)	74 078 t
Loup (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	43 804 t
Mulet (<i>Mugil cephalus</i>)	42 546 t
Palourde japonaise (<i>Ruditapes philippinarum</i>)	25 000 t
Autres espèces de loup	20 982 t
Huître japonaise (<i>Crassostrea gigas</i>)	8 608 t
Autres Poissons de mer	4 894 t
Truites (<i>Salmonidés</i>)	1 194 t
Ombre tropicale (<i>Sciaenops ocellatus</i>)	438 t

Domestication

Ce Guide met l'accent sur les aspects environnementaux de la domestication d'espèces à des fins aquacoles. La domestication, en aquaculture, repose sur l'acclimatation d'organismes aquatiques aux conditions de la captivité, sur la maîtrise totale du cycle de vie et sur la reproduction artificielle des organismes d'élevage (Hassin *et al.*, 1997).

Situation actuelle

La domestication peut contribuer à l'aquaculture durable, car elle évite la nécessité de capturer des stocks sauvages pour leur élevage. De plus, grâce à la domestication, l'impact potentiel des fuites de poissons d'élevage dans les écosystèmes sauvages peut être minimisé. En effet, il est possible de sélectionner les organismes d'élevage



© Arturo Boyra/oceanografica.com

de manière à ce qu'il ne leur soit pas possible de survivre dans les conditions « sauvages », leur mort survenant après une période de temps assez brève; on peut également les sélectionner de sorte que la plupart des organismes soient incapables de se reproduire (organismes stériles).

Diverses caractéristiques déterminent la capacité d'une espèce vis-à-vis de la domestication: une meilleure croissance (quantité et qualité); une meilleure résistance aux situations de stress qui sont susceptibles de se produire au sein des installations aquacoles; une valeur marchande importante; l'acceptation d'aliments composés (granulés) en tant que source de nourriture et la possibilité de se reproduire en captivité.

Les obstacles à la domestication d'espèces sont associés aux difficultés liées à divers principes fondamentaux de l'aquaculture, dont notamment la reproduction en captivité, la croissance biologique et les conditions sanitaires. L'expérience a montré que parmi les facteurs limitants il faut citer les suivants: l'inhibition de la reproduction ou la difficulté à obtenir une production de masse stable de juvéniles en captivité; la difficulté à fournir un aliment artificiel de haute qualité, approprié, et permettant de couvrir tous les besoins nutritionnels et physiologiques; et la dégradation du bien-être et de l'immunité des organismes susceptibles d'entraîner des poussées épizootiques ou pathologiques.

Parmi les autres effets négatifs associés à la domestication, nous citerons également l'apparition de problèmes de dérive génétique et d'endogamie (Falconer, 1989; Agnese *et al.*, 1995), du fait qu'il est d'usage de ne conserver qu'un nombre réduit de reproducteurs en captivité. Par ailleurs, la fuite d'organismes élevés obtenus à partir de reproducteurs domestiqués peut perturber et déséquilibrer l'écosystème local, eu égard aux interactions entre organismes domestiqués et sauvages, ce qui peut entraîner la diminution des populations sauvages, ainsi que des répercussions négatives sur leur variabilité génétique.

La salmoniculture est l'un des cas les plus importants quant aux effets préjudiciables à l'intégrité et à la diversité génétique des stocks sauvages, et pour lequel les documents de référence sont nombreux (Allendorf, 1991; Thorpe, 1991; Guillen *et al.*, 1999; Muir et Howard, 1999), car il existe des différences significatives et visibles entre la descendance de reproducteurs domestiqués et celle d'individus sauvages (Lachance et Magnan, 1990; Berejikian, 1995).

Situation scientifique actuelle

La recherche vise l'obtention d'espèces complètement acclimatées à la vie en captivité, avec des taux de croissance plus importants, et résistantes aux maladies et aux conditions de stress. En ce sens, le processus de domestication en région méditerranéenne concerne aujourd'hui un

nombre élevé d'espèces; il vise à diversifier les produits de l'aquaculture ainsi qu'à améliorer la culture des espèces déjà cultivées actuellement (Mylonas *et al.*, 2004; Papandroulakis *et al.*, 2005; Agulleiro *et al.*, 2006). Une partie des efforts de recherche vise l'obtention de méthodes et de techniques permettant de produire des variétés d'espèces non-viables dans les conditions « sauvages »: stériles et inaptes à la survie, et incapables de féconder ou de l'être par les stocks sauvages (Brake *et al.*, 2004; Omoto *et al.*, 2005; Cal *et al.*, 2006; Gagnaire *et al.*, 2006), afin d'éviter la contamination génétique de ces derniers. Les technologies génomiques modernes, qui permettent d'accélérer les processus (Howard *et al.*, 2004), pourraient épauler les techniques traditionnelles de sélection de la reproduction.

Justification

Nombreux sont les avantages de la domestication des organismes: assurer la fourniture des juvéniles (naissains); améliorer l'efficacité de la production à travers le perfectionnement des processus de reproduction et d'alimentation, notamment en sélectionnant les organismes dont la croissance est la plus rapide; obtenir une meilleure efficacité alimentaire; et ainsi, réduire la pression exercée sur les organismes sauvages utilisés dans l'alimentation. Cela permet en outre de minimiser les impacts potentiels sur les stocks sauvages lorsque l'on parvient à empêcher la survie des organismes cultivés au sein des écosystèmes sauvages.

Au fil du temps, les animaux domestiqués finissent par devenir fort différents de leurs homologues sauvages, aussi bien génétiquement que physiquement. La fuite ou la libération de ces organismes, avec leurs niveaux de domestication élevés, peut avoir des effets imprévisibles sur les écosystèmes, aussi bien vis-à-vis des populations sauvages de la même espèce que sur d'autres organismes. Dans le cas de l'aquaculture, le risque entraîné par la fuite d'organismes domestiqués est plus important que dans le cas d'animaux ou de plantes terrestres dans des circonstances similaires, eu égard à leur habileté à se disperser et aux difficultés qu'entraînerait leur recapture. De plus, les espèces actuellement utilisées en aquaculture méditerranéenne ne sont guère différentes, génétiquement parlant, de leurs homologues sauvages.

Principe

La domestication d'espèces est nécessaire à l'aquaculture. L'interaction des organismes domestiqués avec leurs homologues sauvages ne doit pas produire d'effets néfastes.

Lignes directrices

Par rapport au développement du processus de domestication

- **La domestication des organismes d'élevage doit être encouragée.** La domestication des organismes en aquaculture est fondamentale pour garantir la durabilité de celle-ci. Cela permettra de s'affranchir de la nécessité de capturer des spécimens sauvages, d'augmenter l'efficacité de la production via la réduction des besoins en matières premières — et notamment en aliments —, d'améliorer la résistance aux maladies, etc.
- **L'élevage sélectif des organismes doit être conçu de manière à réduire leur capacité de survie ou de reproduction dans le milieu naturel.** Lorsque les organismes d'élevage ne sont pas capables de survivre ou de se reproduire en conditions « sauvages », les effets potentiels des fuites sur l'environnement sont réduits au minimum. Par conséquent, l'utilisation d'organismes hautement domestiqués semble être la meilleure option pour minimiser ces effets potentiels.
- **Il faut encourager et soutenir la recherche en matière de processus de domestication.** Ces efforts doivent porter non seulement sur l'augmentation de la productivité et de la résistance aux maladies, mais aussi sur les méthodes de réduction de la fertilité, ainsi que sur les manières d'empêcher la survie des organismes élevés dans la nature. Les technologies génomiques modernes peuvent renforcer les techniques de sélection traditionnelles en accélérant les essais et les procédures.

- **Il faut encourager la création de banques de gènes d'espèces sauvages afin de disposer d'une source de gènes.** La conservation de la variabilité génétique est essentielle à la sauvegarde de la biodiversité et une source sûre de gènes peut donc aider à la récupération, à l'avenir, de populations affectées. D'autre part, à des fins de production, certains traits biologiques non recherchés aujourd'hui pourraient s'avérer nécessaires à l'avenir. Il est donc capital de disposer d'un système permettant leur récupération.

Par rapport à la minimisation des effets des fuites sur l'environnement

- **Les installations d'aquaculture doivent être conçues de manière à contenir efficacement les organismes élevés et à minimiser la possibilité de fuite.** La conception des installations d'aquaculture doit tenir compte de la nécessité de prévention des fuites et ce, non seulement pour éviter la perte économique que ces fuites peuvent occasionner pour les producteurs, mais également pour des raisons environnementales.
- **Il faut établir des protocoles en cas de fuites.** Les organismes domestiqués n'ayant pas tendance à se disperser rapidement après leur fuite, il existe un laps de temps pendant lequel la recapture des organismes est faisable et après lequel la recapture devient pratiquement impossible. Pour pouvoir réagir le plus rapidement possible à ces situations, il faut mettre en place des protocoles détaillés, et les employés doivent y être convenablement formés.
- **Il faut encourager la recherche en matière de surveillance des organismes échappés.** Les connaissances font encore défaut quant aux effets quantitatifs et qualitatifs des fuites sur les populations locales. Par ailleurs, la fuite d'organismes élevés ayant un effet cumulatif important, les producteurs doivent informer les autorités compétentes en cas de fuites afin d'améliorer les connaissances quant à leurs effets.
- **Il convient d'adopter des mesures préventives supplémentaires pour les activités comportant les plus grands risques de fuite,**

et notamment lors des transferts d'organismes, des tris et des récoltes. Lorsque des organismes d'élevage sont transférés à travers différents compartiments (cages ou viviers), durant les récoltes ou lors de toute opération de routine entraînant leur déplacement, il existe toujours un risque de fuite potentiel. Par conséquent, lorsque ces conditions sont réunies, il faudra redoubler de vigilance et mettre en place toutes mesures permettant de minimiser ces risques.

Organismes Génétiquement Modifiés (OGM)

Les améliorations génétiques recherchées chez les organismes d'élevage sont obtenues à travers des processus de reproduction traditionnels. Les producteurs de la région méditerranéenne n'emploient pas de techniques de génie génétique (technologies de transfert de gènes) visant l'obtention d'organismes génétiquement modifiés (OGM) en aquaculture. D'après la FAO (FAO, 2006a), l'emploi d'OGM est controversé dans la plupart des régions, eu égard aux préoccupations environnementales et aux risques sur la santé humaine.



© APROMAR

Introduction d'Espèces Marines

Les invasions biologiques se sont révélées être un des plus grands problèmes écologiques des XX^e et XXI^e siècles. Depuis les années cinquante, le commerce mondial s'est vu multiplié par un facteur 14; durant la même période les invasions biologiques dans les habitats terrestres et dans les eaux continentales ou marines ont augmenté de façon exponentielle (Ruesink *et al.*, 1995; Ruiz *et al.*, 1997; Nordstrom et Vaughan, 1999). Mains efforts ont été réalisés aux niveaux international et national afin de prévenir, d'éradiquer et de contrôler les espèces introduites. Malgré cela, de nouvelles voies d'entrée et de nouvelles invasions ont été découvertes dans différentes zones côtières, et souvent à un stade où les organismes invasifs sont déjà bien établis dans l'écosystème. Les actions menées jusqu'à ce jour se sont révélées inappropriées, et il reste donc fort à faire (Doelle, 2003; McNeely et Schutysler, 2003).



Scientifiques et gestionnaires politiques considèrent de plus en plus l'invasion d'espèces introduites, ainsi que le changement climatique, comme une menace croissante pour la biodiversité marine (Bax *et al.*, 2001, Hewitt *et al.*, 2006). L'introduction d'espèces dans les écosystèmes marins est largement imputable à toute une série d'activités humaines, le plus souvent liées au commerce mondial et aux déplacements humains. Diverses activités humaines permettent à des espèces marines introduites de gagner des zones en dehors de leur habitat naturel, ce qui peut parfois constituer une menace pour la santé des êtres humains, ainsi que pour les valeurs économiques et

environnementales. L'introduction d'espèces peut devenir une menace pour l'environnement marin quand elles se révèlent invasives (Carlton, 1992; Naylor *et al.*, 2001; PNUE/PAM, 2005) et qu'elles peuvent donc entraîner des effets négatifs pour une économie fondée sur les activités maritimes et l'utilisation des ressources marines. Les impacts des espèces marines invasives, qui peuvent être dramatiques, sont bien souvent irréversibles; ils peuvent notamment affecter gravement des pêcheries, augmenter les coûts de production, menacer la santé humaine et altérer la biodiversité. Toutefois, toutes les espèces introduites ne sont pas invasives, et nombre d'entre elles se limitent à s'établir au sein de leur nouveau écosystème, au développement duquel elles participent (Wabnitz *et al.*, 2003).

Les introductions, aussi bien accidentelles qu'intentionnelles, sont imputables à un certain nombre de pratiques. Au niveau mondial, et à tout moment, quelque 10 000 espèces différentes sont transportées entre différentes régions biogéographiques dans les ballasts des navires. Fort heureusement, les espèces potentiellement les plus invasives meurent le plus souvent avant d'avoir pu s'établir, les conditions de l'écosystème récepteur n'étant pas adéquates pour leur survie. Par ailleurs, lorsqu'elles s'établissent, la plupart ne se comportent pas d'emblée comme des espèces invasives.

Comme l'a indiqué un récent rapport de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE, 2006), les invasions biologiques en Méditerranée sont un sujet de préoccupation. Il existe un nombre élevé d'espèces marines introduites qui voient leurs effectifs augmenter dans bon nombre de ports et de lagunes. Le transport à travers le canal de Suez joue également un rôle important, d'où le plus grand nombre d'espèces exotiques rencontrées dans le bassin Est (PNUE/PAM, 2004).

- Près de 600 espèces marines exotiques ont été identifiées en Méditerranée.
- Le taux d'introduction d'espèces exotiques en Méditerranée a atteint un maximum au cours de la période comprise entre 1970 et 1980, et il est resté stable depuis; toutefois, de nombreux groupes ont continué d'augmenter, notamment les organismes benthiques.

- On a estimé une moyenne d'une introduction toutes les quatre semaines depuis les cinq dernières années.

Le mode d'introduction varie selon le bassin de la Méditerranée. Tandis que dans la zone Est l'introduction la plus commune se produit à travers le Canal de Suez, dans la zone Ouest c'est surtout le transport naval et l'aquaculture qui sont responsables de la plupart des introductions d'espèces exotiques. Les écosystèmes de lagunes dans l'Adriatique Nord et le Sud de la France (avec, respectivement, 70 et 96 espèces exotiques, principalement introduites par l'aquaculture) sont considérés comme les « points noirs » du point de vue des espèces exotiques (AEE, 2006).

Situation actuelle

Bien que les principaux vecteurs d'introduction d'espèces exotiques soient les eaux de ballast des navires et les bio-salissures (*fouling*), l'aquaculture a elle aussi été identifiée comme un vecteur important pour l'arrivée d'espèces exotiques dans les zones côtières. Environ 17 % de la production mondiale de poissons est constituée par des espèces exotiques. Ainsi, par exemple, la production du Tilapia, un Cichlidé africain, est beaucoup plus importante en Asie (plus de 700 000 tonnes en 1996) que dans la plus grande partie d'Afrique (39 245 tonnes). Les Salmonidés introduits au Chili constituent le fondement d'une industrie aquacole prospère, laquelle est responsable d'environ 20 % de la production mondiale de saumon et fournit du travail à quelque 30 000 personnes (FAO, 2003). Trois espèces de macroalgues introduites sont devenues invasives à Hawaï: *Hypnea musciformis*, *Kappaphycus spp.* et *Gracilaria salicornia*. Ces espèces avaient été introduites intentionnellement à Oahu et Molokai dans les années 70 pour l'aquaculture expérimentale liée à l'industrie de l'agar-agar, mais elles ont désormais débordé des sites où elles avaient été introduites au départ, concurrençant ainsi la faune et la flore autochtones (Smith, 2002). À l'heure actuelle, la plupart des populations de ces macroalgues introduites, relativement confinées à certaines zones côtières, peuvent encore être maîtrisées ou éliminées en augmentant les populations autochtones d'herbivores marins.

Il existe deux voies possibles quant à l'introduction d'espèces en aquaculture:

- I. L'introduction « volontaire » d'espèces à des fins aquacoles. C'est le cas, par exemple, des espèces ci-dessus mentionnées à Hawaï, ou encore

de l'huître japonaise (*Cassostrea gigas*) durant les années soixante en France (Grizel et Héral, 1991). Ce n'est pas un phénomène récent: l'huître portugaise (*Cassostrea angulata*), accidentellement introduite en France (dans l'estuaire de la Gironde) en 1868, colonisa tout le littoral Atlantique depuis Biarritz jusqu'à Brest en moins de 20 ans (Héral, 1986). D'autres bivalves, comme la palourde américaine, ou « clam » (*Mercenaria mercenaria*) dans le bassin d'Arcachon en 1861 et dans la Seudre en 1910 (Ruckebusch, 1949), ou encore la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) en 1975 (Flassch et Leborgne, 1992), ont également été introduits dans des lagunes côtières méditerranéennes à des fins conchylicoles.

- II. L'introduction « accidentelle » d'espèces associées aux espèces que l'on souhaite introduire. C'est le cas de bon nombre d'algues japonaises, comme la *Sargassum muticum* et les *Porphyra* sp., introduites accidentellement (Eno *et al.*, 1997). On a ainsi pu observer que *S. muticum* (ou sargasse japonaise) était présente dans les Îles Britanniques et sur le littoral atlantique français, associée aux importations de naissains d'huître japonaise au cours des années soixante-dix. Quelques années plus tard, cette même algue réapparaissait aux côtés d'une autre espèce introduite en Méditerranée (Sète - Étang de Thau), de nouveau en association avec de nouvelles importations d'huître japonaise. Depuis, *S. muticum* s'est étendue sur toute la côte atlantique européenne depuis Kattegat et la Mer de Belt, en Scandinavie, jusqu'au littoral portugais (Haroun et Izquierdo, 1991; Eno *et al.*, 1997; Stahr *et al.*, 2000). Une tendance similaire, toujours liée à l'ostréiculture, a été observée sur la côte Pacifique d'Amérique du Nord, où *S. muticum* a colonisé près de 3000 km en quelques décennies (Haroun et Izquierdo, 1991; Cohen et Carlton, 1995). Cette algue brune est venue modifier l'écologie des populations macroalgales des zones intertidale et subtidale, aussi bien sur le littoral Pacifique nord-américain (Britton-Simmons, 2004) que sur le littoral Atlantique européen (Sánchez *et al.*, 2005; Thomsen *et al.*, 2006). De la même façon, divers invertébrés perforants ou parasites, dont notamment *Petricola pholadiformis* et *Crepidula fornicata*, ont été introduits avec des huîtres importées d'Amérique du Nord; ces espèces ont gagné les côtes de la Baltique et l'Atlantique Nord (Eno *et al.*, 1997; Gouletquer *et al.*, 2002; Wolff et Reise, 2002).

D'après l'Atlas CIESM des Espèces Exotiques en Méditerranée, vol. 1 (Poissons) et vol. 2 (Crustacés) (Galil *et al.*, 2002; Golani *et al.*, 2002), sur un total de 90 espèces de Poissons introduites, le mulot *Mugil soisy* fut introduit à des fins piscicoles depuis le Pacifique Ouest jusqu'à la Mer d'Azov et la Mer Noire, mais sa présence demeure assez rare en Mer Égée. Parmi les Crustacés, une espèce de crevette, *Marsupenaeus japonicus*, s'est échappée des installations d'aquaculture de la Méditerranée occidentale, mais est restée rare; cependant cette même espèce a été introduite sur la côte Sud méditerranéenne et dans le Levant à travers le Canal de Suez, et elle y est actuellement très abondante, et même commercialement importante pour la pêche en Turquie. Il existe encore deux espèces de crabes, *Dyspanopeus sayi* et *Rhithropanopeus harrisi*, qui ont été introduites avec des naissains de palourde et qui sont actuellement communes, voire abondantes, dans les eaux saumâtres de l'Adriatique, leur population dépassant même celle des crabes autochtones.

Quant aux espèces de Poissons, les fuites susceptibles de se produire en aquaculture peuvent constituer un vecteur d'introduction d'espèces en dehors de leur habitat naturel (CIEM, 2004; Hewitt *et al.*, 2006). Dans ce cas, les fuites d'organismes d'élevage dans les installations peuvent interagir avec les stocks sauvages locaux et leur porter atteinte. Certaines peuvent prendre la forme de « fuites au compte-gouttes », généralement imputables à de légères erreurs de fonctionnement des installations, d'où le faible nombre d'organismes qui s'échappent; quant aux fuites à grande échelle, elles sont imputables aux tempêtes, au vandalisme, à des mammifères marins ou à des erreurs humaines (McGinnity et Ferguson, 2003). Lorsque les organismes d'élevage s'échappent ou sont relâchés à des fins de repeuplement, ils peuvent s'hybrider avec des populations sauvages et modifier leur génome, parfois au détriment de la capacité même de ces espèces sauvages à vivre dans leur milieu naturel (Hindar, 2001; Youngson *et al.*, 2001; McGinnity et Ferguson, 2003). Lorsque la proportion de fugitifs dépasse celle des stocks sauvages, le génome de ces derniers peut évoluer, altérant ainsi les populations locales (NMFS/FWS, 2000).

Justification

Les risques que suppose l'introduction d'espèces en aquaculture, que ce soit pour leur culture (intentionnée) ou par le biais d'association avec des espèces cultivées (accidentelle), sont importants. Les conséquences, lorsque ces espèces sont libérées dans la nature, peuvent être lourdes pour la biodiversité et l'écosystème.

Principe

L'utilisation d'espèces exotiques en aquaculture représente un risque majeur. Le principe de précaution doit être appliqué. L'introduction d'espèces ne doit être réalisée que dans des cas spécifiques, et en adoptant toutes les précautions nécessaires.

Lignes directrices

Par rapport à l'introduction des espèces

- **Les espèces d'élevage doivent être des espèces autochtones, dans la mesure du possible.** L'utilisation d'espèces introduites doit être réservée à des cas spéciaux, et lorsque la fuite des organismes cultivés ou de leurs espèces associées est maîtrisée (circuit fermé) ou impossible (réservoirs).
- **Les recommandations développées dans le Code de Pratiques pour l'introduction et le transfert d'organismes marins du CIEM (2005), ainsi que les considérations et recommandations du rapport « Espèces Exotiques en Aquaculture » de l'UICN (Hewitt et al., 2006) doivent être suivies.** L'information technique contenue dans ces rapports est suffisante pour aider les gestionnaires politiques à décider des mesures préventives appropriées aux fins de prévention, d'éradication et de maîtrise des espèces marines introduites, le cas échéant.
- **La collaboration régionale et internationale doit être appuyée pour prendre en compte les impacts transfrontaliers d'espèces introduites sur la biodiversité, comme il est indiqué dans le document PNUE/PAM (2005).** La coopération entre nations est recommandée afin de juguler la propagation d'espèces introduites dans l'écosystème marin méditerranéen.

Par rapport à la gestion des fuites (voir chapitre « Domestication »)

Capture des Stocks Sauvages pour l'Aquaculture

Dans ce guide, l'interaction entre aquaculture et environnement met l'accent sur la nécessité dans laquelle se trouve l'aquaculture d'utiliser des stocks sauvages soit pour leur grossissement, soit à des fins de reproduction en captivité.

Situation actuelle

Durant de nombreuses années, la collecte de naissains ou de juvéniles sauvages a été réalisée au niveau mondial pour leur grossissement dans des installations aquacoles. La collecte d'organismes adultes est un cas spécial lié à la constitution d'un stock de reproducteurs pour la reproduction au sein des élevages. Ce



© François Simard

type de collecte n'est pas aussi important au niveau quantitatif, sauf dans les cas d'engraissement, comme dans le cas de l'élevage du thon (*Thunnus spp.*). La collecte d'alevins sauvages concerne principalement les espèces pour lesquelles les stocks sauvages existent en nombre suffisant pour couvrir cette demande sans que leurs populations en soient affectées, comme également la collecte de naissains de divers Mollusques (moules, huîtres, coquilles Saint-Jacques) (Davenport *et al.*, 2003). On y recourt dans le cas d'espèces dont les cycles de vie n'ont pas encore pu être complètement maîtrisés, et dont la reproduction en captivité demeure impossible. Citons, à titre d'exemples, les cas de l'anguille (*Anguilla spp.*), du thon (*Thunnus spp.*), de la sériole (*Seriola spp.*), du mérrou (*Epinephelus spp.*), du poulpe (*Octopus spp.*), du poisson-lapin (*Siganus rivulatus*), de diverses espèces de mullets, ainsi que d'autres

qui présentent des difficultés techniques ou économiques (Hair *et al.* 2002; Ottolenghi *et al.*, 2004).

L'aquaculture dépendante des populations sauvages (larves, juvéniles ou adultes), en tant que matériau biologique pour leur grossissement grâce à diverses techniques d'élevage jusqu'à ce qu'ils atteignent une taille commerciale, est connue comme « aquaculture basée sur la capture » ou « embouche » dans le cas des poissons. Cette pratique concerne environ 20 % du volume de la production de l'aquaculture – principalement des Mollusques, bien que les poissons carnivores soient de plus en plus importants (FAO, 2004b). Aujourd'hui, dans la plupart des pays, les élevages sont capables de produire des juvéniles et naissains d'espèces marines et d'eau douce de bonne qualité, réduisant ainsi graduellement la dépendance vis-à-vis des œufs sauvages, et la collecte de poissons matures est limitée à des fins des programmes de reproduction visant l'amélioration de la qualité du stock de reproducteurs (FAO, 2006b).

Dans le cas de l'élevage des Mollusques, naissains et juvéniles sont fournis par les élevages (c'est le cas des huîtres) ou collectés au sein des populations sauvages sans aucun effet négatif, grâce à l'abondance des organismes (c'est le cas de la moule commune). Les systèmes d'élevage sont similaires aux mécanismes naturels.

Dans les pays en développement, l'aquaculture basée sur la capture constitue une ressource alternative pour les communautés côtières locales, et peut générer des bénéfices économiques importants dans des régions où l'économie est déprimée (Ottolenghi *et al.*, 2004).

L'interaction entre aquaculture et pêche de capture a été traitée en détail dans le volume 78 d'Etudes et Revues de la CGPM (Cataudella *et al.*, 2005); la relation entre les deux secteurs y est discutée depuis une approche systémique, pour chaque dimension du secteur halieutique (gouvernance, écologie, économie et social).

Le principal problème de l'aquaculture basée sur la capture, telle que l'ont décrite Nash *et al.* en 2005, est l'augmentation de la pression halieutique sur les espèces visées (Figures 6 et 7), facteur qui peut conduire à l'épuisement, voire à la disparition totale du stock, sans compter d'autres problèmes annexes. De plus, les rejets d'espèces non

ciblées, la destruction et l'altération des habitats doivent également être pris en compte (FAO, 2004a); Nash *et al.* ont toutefois démontré en 2005 que ces rejets ne produisaient qu'un effet négligeable.

Sadek et Mires (2000) ont manifesté leur préoccupation concernant la collecte d'alevins sauvages en Méditerranée, et l'éventuel impact négatif que la poursuite de cette pratique pourrait entraîner du point de vue génétique et sur les écosystèmes. Dans divers pays, l'énorme pression que la pêche exerce sur ces ressources ne suffit pas à couvrir les besoins de l'aquaculture. Cette déficience se traduit par un transfert sélectif et massif de stocks génétiques entre régions, dont la poursuite pourrait bien finir par mettre en danger divers stocks endémiques.

Un tel exemple nous est fourni par l'élevage du mullet en Égypte, pays qui produisait quelques 133 000 tonnes en 2004, c'est-à-dire près de 38 % de la production aquacole égyptienne totale. Simultanément, l'Égypte capture annuellement de 100 à 135 millions d'alevins de différentes espèces de mullet dans le milieu naturel pour leur mise en élevage (GAFRD, 2004).

On pourra certes arguer du fait que le prélèvement précoce d'alevins sauvages et leur implantation au sein de systèmes aquacoles contrôlés et protégés ne produit qu'un effet insignifiant sur les stocks sauvages, vu le faible pourcentage de survie et de reproduction existant dans la nature. Toutefois, rien ne saurait justifier la mauvaise gestion des pêcheries et du transport, qui entraînent des pertes inacceptables. Il ne fait aucun doute qu'à l'avenir l'aquaculture devra être auto-suffisante de ce point de vue, et que de nombreuses écloséries devront être construites.

Figure 6. Tendence mondiale des captures de thon (1991-2000) (FAO, 2004b)

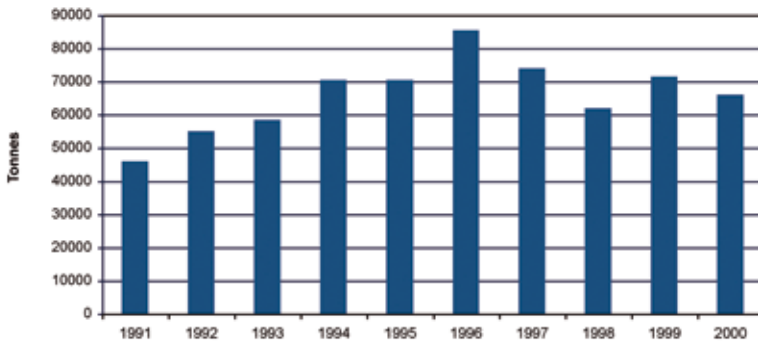
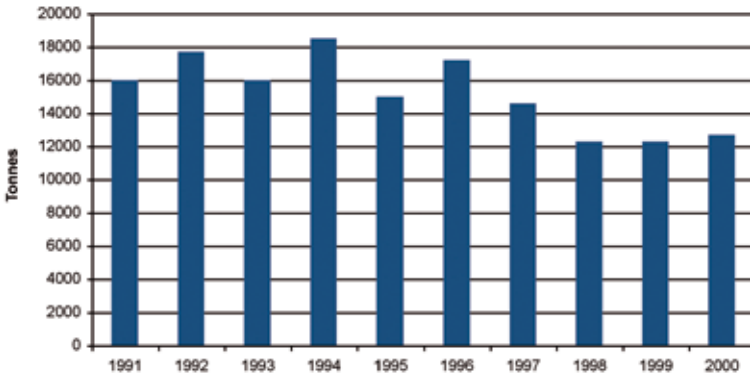


Figure 7. Tendence mondiale des captures d'anguille (1991-2000) (FAO, 2004b)



L'aquaculture basée sur la capture concerne plusieurs espèces, dont les anguilles, les mérous, les thons et les sérioles. Une estimation de la production en l'an 2000 est représentée sur le Tableau 2. La principale espèce produite par ce type d'aquaculture est l'anguille, dont l'approvisionnement en larves dépend des stocks sauvages.

Tableau 2. Estimations de la production de l'aquaculture fondée sur la capture de diverses espèces (Anguille, Mérou, Thon rouge et Sériole) en l'an 2000 (FAO, 2004b)

Espèces	Production estimée (en milliers de tonnes)
Anguilles	288
Mérous	15
Thons	10
Sérioles	136

Dans le cas du thon (Tableau 3), si la pression sur les stocks sauvages ne se relâche pas, les pêcheries s'épuiseront (Leonart et Majkowski, 2005; Lovatelli, 2005). La surpêche des mérous adultes se traduira par un déclin de la disponibilité de juvéniles pour leur capture et leur élevage, et celle des juvéniles peut avoir un impact plus durable, non seulement vis-à-vis des pêcheries d'adultes, mais aussi pour la fourniture de juvéniles pour l'élevage (Ottolenghi *et al.*, 2004).

Tableau 3. Estimations des captures annuelles de thon (en tonnes) par pays et par an (FAO, 2005b)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Chypre	0	0	0	0	0	0	0	0	
Croatie	--	1,105	906	970	930	903	977	--	--
Espagne	1,657	1,172	1,573	1,504	1,676	1,453	1,686	2,521	--
France	9,680	8,470	7,713	6,471	7,321	6,748	5,87	6,443	7,028
Grèce	0	0	0	0	0	0	0	0	--
Italie	--	--	--	--	--	3,255	3,245	--	--
Libye	--	--	--	--	--	--	200	905	--
Maroc	1,621	2,603	3,028	2,825	2,923	3,008	2,986	2,557	--
Pays UE	11,337	9,642	9,286	8,245	8,997	11,456	10,801	8,964	7,028
Turquie	--	--	--	--	--	--	2,3	3,3	1,09
Total	12,958	13,350	13,220	12,040	12,850	15,367	17,264	15,726	8,118

Situation scientifique actuelle

La recherche vise actuellement à « boucler » les cycles de vie de ces espèces grâce aux techniques de reproduction afin d'éviter la dépendance des élevages vis-à-vis des populations sauvages. Si, en conditions expérimentales, bon nombre de techniques de reproduction ont donné des résultats satisfaisants, elles n'ont pas encore pu être transposées dans les conditions industrielles – ces techniques de reproduction ne sont en effet pas considérées comme efficaces du point de vue de la production en masse, et sans rentabilité économique à grande échelle (Marino *et al.*, 2003; Iglesias *et al.*, 2004; Mylonas *et al.*, 2004; García *et al.*, 2005; Van Ginneken et Maes, 2005; Jerez *et al.*, 2006). Dans ces cas, l'aquaculture continue de reposer sur la capture des stocks de juvéniles sauvages pour couvrir la demande du marché.

À titre d'exemple, on peut encore citer le cas des poissons de récif, dont plus de 99 % des larves disparaissent durant la première semaine, principalement par prédation (Planes et Lecaillon, 2001; Doherty *et al.*, 2004). La collecte d'un petit pourcentage de postlarves de ces poissons de récif, préalablement à cette phase de haute mortalité, n'affecte pas significativement les futurs stocks sauvages (Bell *et al.*, 1999). Ce type de capture réduit l'impact environnemental. Par exemple, à Moorea (Polynésie Française), les pièges ont permis de collecter une moyenne de 1000 postlarves par nuit, ce qui

représente – en comparaison avec les 2 millions qui parviennent tous les soirs jusqu'au récif – une proportion insignifiante ($P < 0,05 \%$). Une technologie innovatrice, connue sous l'appellation de « système CARE » (pièges de collecte développés par Ecocean, Inc.), et qui fait actuellement l'objet d'essais en région méditerranéenne, permet la collecte de postlarves de poissons en parfait état. Après triage, ces postlarves sont prégrossies en viviers ou en cages afin de fournir le secteur aquacole local en alevins de poissons destinés à l'aquaculture ou au repeuplement de zones marines protégées.

Justification

Au niveau mondial, les stocks sauvages aquatiques et leurs écosystèmes sont dans un état fragile. L'importance croissante de la production aquacole ne doit pas augmenter la pression déjà exercée par les pêcheries sur les stocks sauvages. L'aquaculture doit au contraire être un moyen de soulager cette pression sur les stocks sauvages et de stimuler la conservation de la biodiversité, tout en satisfaisant l'augmentation de la demande du marché en produits aquatiques.

Principe

La mise en élevage d'organismes marins ne doit affecter ni l'état naturel, ni la viabilité des populations sauvages, ni leurs écosystèmes, ni la biodiversité.

Lignes directrices

- **Les organismes destinés à être élevés dans les installations aquacoles doivent de préférence être produits en éclosion.** La maîtrise complète du cycle de vie des espèces produites en aquaculture doit constituer une priorité. Seule cette connaissance permettra à la production aquacole de ne plus être tributaire de la situation des stocks sauvages.
- **Il faut encourager la recherche pour boucler les cycles des espèces élevées, afin de pouvoir produire les organismes dans les éclosiers.** Lorsque les cycles de vie des organismes

élevés ne sont pas bouclés, leur reproduction et leur grossissement ultérieurs dépendent de la capture de stocks sauvages. Par conséquent, pour minimiser l'interaction entre l'aquaculture basée sur la capture et l'écosystème, il est nécessaire de mener des recherches sur les cycles de vie des organismes dont l'élevage en captivité est recherché.

- **Il faut encourager la recherche concernant le fonctionnement des écosystèmes.** Une meilleure compréhension générale de l'écosystème permettrait de mieux comprendre quelles sont les captures de larves et de juvéniles (taille et période) qu'il est possible de réaliser sans que le fonctionnement de l'écosystème en soit affecté négativement.
- **La capture d'organismes sauvages à des fins de grossissement doit être réalisée dans une optique de durabilité.** Dans le cas de certains Mollusques (comme les moules), ainsi que pour certains Poissons (comme les mulets), où l'aquaculture dépend de la capture de spécimens sauvages (généralement naissains et juvéniles), on n'a pas observé d'effets préjudiciables. Dans le cas d'autres espèces utilisées en aquaculture, comme le thon, la sériole ou l'anguille, qui dépendent également de la capture de spécimens sauvages, leur capture doit être gérée de façon durable; il faut en outre adopter des mesures strictes afin d'assurer que cette gestion durable soit mise en oeuvre non seulement au niveau des populations sauvages de ces espèces mais également au niveau des écosystèmes.
- **La capture d'organismes sauvages destinés à être utilisés comme reproducteurs dans les élevages ne doit pas affecter les populations sauvages.** Si, grâce à la domestication d'espèces, l'aquaculture peut de plus en plus reposer sur des organismes élevés pour être reproducteurs, la nécessité d'introduire des individus sauvages dans les programmes de reproduction restera nécessaire. Dans le cas de la collecte d'organismes sauvages matures durant les périodes de reproduction, il est important de s'assurer que ladite collecte n'affectera pas les populations sauvages, et ne perturbera pas la reproduction des stocks sauvages au sein de l'écosystème.
- **Les individus sauvages d'espèces menacées ne doivent pas être prélevés, sauf pour les plans de repeuplement ou de**

récupération, afin de sauvegarder la biodiversité. Les espèces menacées, eu égard à la fragilité de leur statut biologique, sont protégées à travers diverses réglementations, et la capture de ce type d'organismes est donc interdite. Cependant, lorsque leur élevage vise des fins de repeuplement, les Gouvernements peuvent autoriser cette pratique.

L'élevage du thon

Dans le cas de l'élevage du thon, et dans un contexte d'augmentation continue de la capture par pêche et de surcapacité des élevages, toutes les tentatives visant une gestion régionale réelle de ce poisson, ressource-clé en Méditerranée, ont échoué (WWF, 2006).



© APROMAR

Selon la FAO (2005b), l'élevage du thon rouge en Méditerranée doit être considéré comme une activité où le domaine halieutique et l'aquaculture se chevauchent. Le potentiel du thon rouge, ainsi que tous les risques associés et tous les sujets concernant la durabilité de cette activité récente, comprennent en effet aussi bien la pêche que l'aquaculture. D'après ce même document, la durabilité potentielle de l'élevage du thon rouge est également liée aux progrès de la recherche en matière de « domestication » de l'espèce. Malgré des progrès considérables, la production économiquement viable du thon rouge en circuit fermé n'a pas encore été atteinte.

L'essor du grossissement, ou embouche, du thon en Méditerranée a généré une demande croissante de spécimens sauvages. Par conséquent, la pression halieutique actuelle et potentielle constitue actuellement, vis-à-vis de cette demande, un souci majeur. Une étape importante vers une pêche responsable et durable serait franchie si l'on appliquait les mesures de conservation et de gestion des organisations régionales chargées de gérer les pêcheries, et notamment la Commission Internationale pour la Conservation du Thon de l'Atlantique (CICTA/ICCAT) et la Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée (CGPM).

Le problème de l'engraissement du thon vient non seulement du fait que l'on ignore toujours comment produire des larves et des juvéniles en quantité suffisante, mais aussi que l'activité d'engraissement dépend, par définition, des stocks sauvages. L'engraissement est en effet un cas spécial d'aquaculture qui n'englobe qu'une courte période du cycle de vie des poissons. Le concept de base est la conservation de poissons vivants et obtenus grâce à la pêche extractive, durant une période de temps suffisante pour en augmenter la valeur. Dans le cas du thon, la plupart des animaux engraisés en cages sont des adultes qui se sont déjà reproduits à de nombreuses reprises et qui font partie des quotas halieutiques. Par conséquent, les connaissances autorisant la production de juvéniles de ce poisson pourraient à l'avenir générer une nouvelle production (celle du thon d'élevage), mais cette dernière ne remplacerait pas automatiquement l'engraissement du thon, qui est une activité différente.

La question de savoir si l'engraissement du thon est ou n'est pas une activité aquicole fait actuellement l'objet de débats. Quoi qu'il en soit, cette activité se doit d'être durable, aussi bien du point de vue des stocks de thon (quotas, etc.) et des stocks de poissons utilisés pour leur alimentation que du point de vue économique (et le fait de reposer sur un marché situé à l'autre bout de la planète met sérieusement en question cette durabilité), et social: par exemple, certains types de pêche dominants tels que les seïneurs exploitent la ressource massivement au détriment d'autres systèmes de capture à plus petite échelle, comme les madragues traditionnelles.

L'activité d'engraissement du thon en Méditerranée pose un certain nombre d'autres questions concernant sa durabilité: le manque de données disponibles permettant d'évaluer l'état du stock; la difficulté que rencontrent les organisations de gestion des pêches pour établir des mesures de gestion solides; l'emploi de poissons provenant du monde entier comme aliment; l'utilisation équitable des ressources; l'impact sur l'environnement local; la conformité avec les régulations régionales, et bien d'autres encore. Un plan de récupération, concret et rigoureux, ainsi qu'un plan de gestion clair, devront être mis en œuvre sans délai pour éviter l'épuisement des ressources. Le plan de gestion devrait établir une sorte de quota secondaire, qui ferait partie du quota de capture, concernant le nombre de thons susceptibles d'être utilisés à des fins d'engraissement.



Ingrédients des Aliments

Les organismes élevés doivent être nourris. Certaines espèces filtreuses, comme les moules, les palourdes ou les huîtres, se nourrissent directement dans la colonne d'eau qui les entoure. Toutefois, dans la plupart des cas (pour tous les Poissons et Crustacés), c'est à l'aquaculteur d'alimenter les organismes en élevage.

L'aliment constitue le plus important apport externe vers le système d'élevage, et la quantité d'aliment requise est, en général, équivalente à deux ou trois fois le volume de produit final. Pour l'élaboration de ces aliments, d'énormes volumes de matières premières sont nécessaires.



Ce guide traite des effets sur l'environnement de l'utilisation des ressources naturelles pour la production d'aliments destinés à nourrir les espèces élevées.

Situation actuelle

Les espèces cultivées doivent être nourries en fonction de leurs besoins nutritionnels et physiologiques intrinsèques. Dans le cas des Poissons et des Crustacés marins, comme ceux élevés en Méditerranée, leur régime est généralement carnivore. C'est le cas de la plupart des espèces au niveau global car les chaînes trophiques marines sont beaucoup plus complexes que les terrestres. Les grandes algues et les plantes marines ne sont présentes que sur le fond des zones côtières peu profondes. En pleine mer, et dans la colonne d'eau des eaux côtières, les seuls végétaux présents sont des micro-algues dont la taille microscopique ne permet que l'alimentation du zooplancton, et non celle des Poissons.

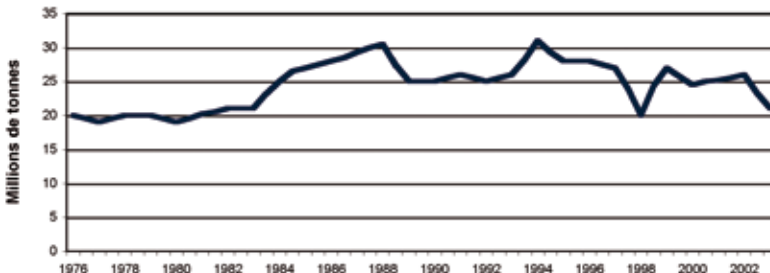
Bien que les espèces herbivores puissent être produites en aquaculture, généralement en eaux continentales, et bien qu'il s'agisse de poissons élevés d'une très grande importance au niveau mondial (comme par exemple le tilapia et la carpe), ils n'atteignent généralement qu'une faible valeur marchande. D'autre part, il existe une demande mondiale croissante, surtout dans les pays développés, d'espèces carnivores telles que le saumon, la truite, les grosses crevettes, le turbot et le cabillaud.

Les principales espèces élevées en région méditerranéenne sont la daurade (74 078 t), le loup (43 804 t) et le mullet (42 546 t) (FAO, 2003). Si le mullet est une espèce herbivore/omnivore, la daurade et le loup sont des poissons carnivores dont les proies naturelles sont d'autres Poissons, des Mollusques, des Crustacés et des Vers. C'est pour cela qu'historiquement les principaux ingrédients des aliments pour poissons élevés ont été la farine et l'huile de poisson, obtenus à partir de poissons sauvages capturés dans le monde entier.

La farine et l'huile de poisson sont des matières premières dont la commercialisation est étroitement liée à la mondialisation. Ces matières sont produites par des flottes halieutiques et des installations de traitement qui se consacrent spécifiquement à cette tâche. Les poissons sauvages capturés à ces fins, généralement de petite taille, ont une forte proportion de structures osseuses, ce qui fait que leur demande pour la consommation humaine directe est faible, voire nulle. On peut aussi valoriser les déchets issus du traitement des poissons.

Les farines et huiles de poisson servant à la fabrication de granulés pour poissons d'aquaculture en Méditerranée proviennent principalement des zones côtières Pacifique d'Amérique du Sud, mais aussi de l'Atlantique

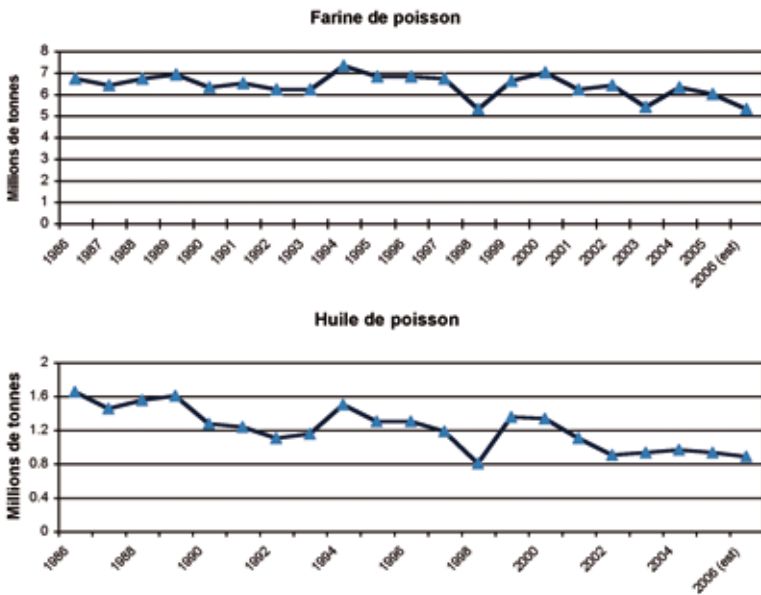
Figure 8. Débarquement de produits halieutiques au niveau mondial (FAO, 2005a)



du Nord-Est et de la Mer du Nord. Les principales espèces transformées en farine et en huile de poisson sont les anchois, les chinchards, les lançons, les sprats, les merlans, les tacauds et les harengs.

Actuellement, près de 28 millions de tonnes de poisson (30 % des captures au niveau mondial) et 5 millions de tonnes de déchets générés au cours du traitement des poissons destinés à l'alimentation sont utilisés pour produire de la farine et des huiles de poisson (IFFO, 2002). Le volume mondial annuel quant à la production de farine de poisson atteint les 6,3 millions de tonnes, et les 1,1 millions de tonnes pour l'huile de poisson. Les graphiques de production (Figure 9) reflètent une certaine constance au cours des dernières décennies, mais au cours des dernières années des efforts ont été réalisés afin d'assurer la durabilité de ces stocks. Rappelons ici que le cycle de vie de ces poissons est très court, ce qui permet une récupération annuelle rapide des stocks. Malgré tout, et bien que la stabilité des volumes de production mondiaux de farine et d'huile de poisson semble viable et garantie, on assiste à une augmentation de la demande de ces produits pour les animaux aquatiques aussi bien que terrestres.

Figure 9. Production mondiale de farine et d'huile de poisson (IFFO, 2006)



L'emploi de farine et d'huile de poisson se révèle avantageux pour l'alimentation d'espèces aquatiques, voire pour les organismes terrestres, car ces ingrédients permettent des croissances optimales, ils se révèlent bénéfiques pour la santé et ils sont relativement bon marché. Ils permettent de formuler des aliments équilibrés et à haute digestibilité, riches en protéines, en lipides, en minéraux et contenant en outre bon nombre de micronutriments.

L'industrie des granulés pour organismes aquatiques consomme près de 50 % de la production mondiale de farine, et plus de 80 % de la production d'huile de poisson. Les pronostics tablent sur une augmentation de ces pourcentages à l'avenir, comme le montrent les Figures 10 et 11.

Figure 11. Utilisation mondiale des farines et huiles de poisson en 2002 (Pike, 2005)

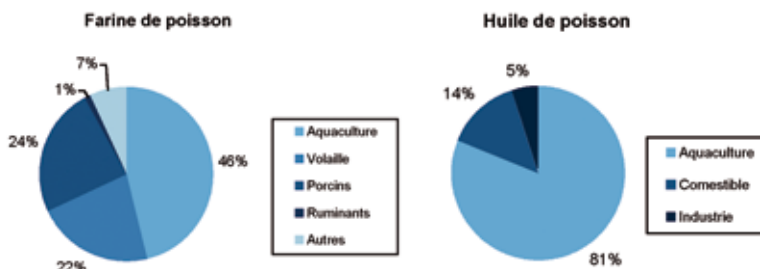
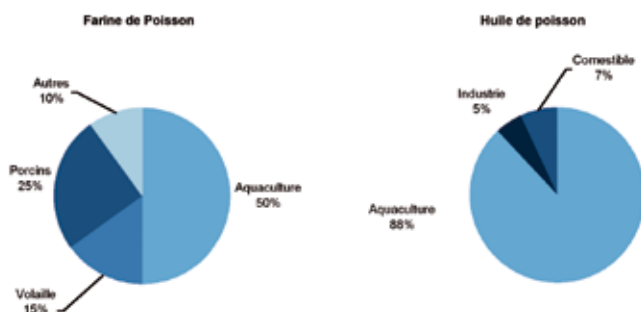


Figure 10. Estimation de l'utilisation mondiale des farines et huiles de poisson en 2012 (Pike, 2005)



Étant donné l'essor rapide de l'industrie aquacole, il devient impératif de diminuer la dépendance de ce secteur vis-à-vis des captures d'organismes marins sauvages.

Situation scientifique actuelle

Aujourd'hui, la fabrication d'aliments pour organismes aquatiques ne repose pas sur un seul ingrédient. La formulation des aliments pour poissons, qui s'est complexifiée au fil du temps, fait désormais appel à une grande variété d'ingrédients. Toutefois, aucune matière première ne peut, à elle seule, remplacer la farine et l'huile de poisson. Les nouveaux principes de formulation, qui impliquent un équilibre précis des valeurs nutritionnelles des régimes au niveau moléculaire, requièrent l'utilisation d'un grand nombre d'ingrédients différents en faibles quantités. Il faut par conséquent encourager la recherche afin de déterminer la possibilité d'utiliser une large gamme de matières premières.

Diverses études ont été réalisées afin d'identifier des sources alternatives de lipides et de protéines. Les recherches visent actuellement à découvrir des possibilités de remplacement durables pour les sources de farine et d'huile de poisson, sans pour autant affecter la croissance, la qualité et le bien-être des organismes cultivés. Le but ultime est la garantie de la croissance adéquate de l'industrie aquacole à l'avenir. Un certain nombre d'études ont porté sur les huiles et les farines d'origines animale et végétale, lesquelles pourraient réduire aussi bien la pression halieutique sur les stocks pélagiques sauvages que le coût des régimes (Sabaut, 2002; Bell *et al.*, 2003). Cependant, la production de granulés à bas coût ne réduira pas nécessairement les coûts de production des aquaculteurs, car une croissance des organismes d'élevage moins satisfaisante et un indice de conversion alimentaire accru impliquent de fournir une plus grande quantité d'aliments par kilogramme d'organisme produit.

La substitution totale de la farine de poisson par une source de protéine plus durable et renouvelable, comme l'huile de graines ou les farines végétales, a déjà soulevé un certain nombre de problèmes, notamment un équilibre inapproprié en acides aminés et une faible digestibilité de ces protéines (Sargent et Tacon, 1999; Webster *et al.*, 1999; Bell *et al.*, 2002; Martínez, 2005).

De meilleurs résultats ont toutefois été obtenus pour certaines espèces de Crustacés et de Poissons herbivores et omnivores (carpe, tilapia, poisson-chat, crevette du Pacifique etc.): le remplacement total de la farine et de l'huile de poisson n'a affecté ni leur croissance ni l'efficacité alimentaire (Davis *et al.*, 2004; Muzinic *et al.*, 2004; Yu, 2004).

D'autre part, chez des espèces carnivores comme la daurade ou le loup, on a pu démontrer qu'une certaine proportion d'huile de poisson (jusqu'à environ 60 %) pouvait être remplacée par diverses huiles végétales (huiles de soja, de colza et de lin), sans que cela n'affecte négativement le développement des poissons ni la qualité du filet. De plus, même avec des niveaux de remplacement élevés, on conserverait les effets bénéfiques de la consommation de poisson pour la santé humaine, comme la réduction des problèmes cardiovasculaires, ou encore la réduction du taux de cholestérol (Izquierdo *et al.*, 2003).

Une autre option possible porte sur la valorisation des déchets générés au cours du traitement des produits de la pêche et de l'agriculture, qui peuvent être recyclés et ultérieurement utilisés dans les régimes d'aquaculture. C'est notamment le cas des farines et huiles de poissons et de crustacés obtenues à partir des rejets, de l'orge et des extraits de levure générés par divers produits de fermentation et d'élaboration, et des brisures de riz, du son de blé et autres déchets issus de la mouture des céréales (New *et al.*, 1995; Tacon, 2004).

Justification

Le développement futur de l'aquaculture est fortement lié à la possibilité d'obtenir les ingrédients pour aliment de façon durable. L'essor marqué de la production aquacole doit tenir compte de ce que la farine et l'huile de poisson sont des ressources limitées au niveau mondial. Dans l'hypothèse d'une augmentation de la production d'espèces carnivores, il faudra apporter des améliorations à l'alimentation de ces organismes, et trouver des matières premières alternatives pour la formulation de ces régimes.

Principe

La production d'aliments pour organismes aquatiques doit être réalisée de façon durable. La source des matières premières utilisées doit être environnementalement acceptable, et elle ne doit pas produire d'impacts préjudiciables dans les écosystèmes à partir desquels ces ingrédients sont obtenus.

Lignes directrices

Par rapport à l'origine des matières premières

- **L'origine des matières premières doit être « certifiée durable ».** Une des mesures les plus importantes pour assurer la durabilité de l'aquaculture au niveau mondial est la certification de la durabilité des sources de matières premières destinées à la fabrication des aliments pour ce secteur. Si ce type de certification n'est sans doute pas encore faisable aujourd'hui, ce doit être l'objectif à viser pour l'avenir. Cette certification ne doit pas se cantonner aux seuls stocks halieutiques utilisés pour la production de farine et d'huile de poisson: elle doit aussi s'appliquer aux autres ingrédients, y compris les produits agricoles.

Par rapport à l'utilisation des aliments et la technologie

- **L'emploi des granulés doit être recommandé.** Les aliments formulés, généralement sous forme de granulés, favorisent un meilleur développement que d'autres types d'aliments, que ce soit par rapport aux bénéfices nutritionnels, à la santé animale ou à la sécurité alimentaire. Cette recommandation ne concerne pas les organismes filtreurs, qui captent l'aliment directement au sein de leur environnement local.
- **La gestion de l'alimentation doit être améliorée.** La manière dont l'aliment est distribué aux organismes aquatiques est importante, car l'optimisation et la réduction des pertes d'aliment en sont tributaires. Des améliorations quant à l'utilisation de l'aliment contribueraient à optimiser le recours aux poissons sauvages pour la fabrication de farines et d'huiles. Un effort doit être fait pour la formation des employés des fermes aquacoles, à tous les niveaux, sur ces aspects.
- **Les technologies de production des granulés, ainsi que la qualité des régimes doivent être améliorées.** Il faut encourager les nouvelles technologies de fabrication afin d'améliorer la qualité des aliments et, par conséquent, leur efficacité.

Par rapport à l'utilisation de sources alternatives pour les ingrédients des aliments

- **L'utilisation d'ingrédients alternatifs doit être encouragée.** Les ingrédients utilisés doivent satisfaire aux besoins « standards » en matière de sécurité alimentaire, de rentabilité, de santé et de bien-être animal, être produits de façon durable et fournir des valeurs nutritionnelles adéquates pour les consommateurs. Ces ingrédients alternatifs comprennent les protéines et huiles végétales, ainsi que divers sous-produits (issus de traitements d'organismes terrestres, levures, ferments, etc.).
- **L'emploi de différentes sources de protéines et d'huiles d'origine marine doit être encouragée.** Les mers et les océans du monde contiennent des ressources encore non découvertes qui pourraient être utilisées comme sources d'ingrédients pour la fabrication de régimes utilisés en aquaculture. Dans certains cas, ils peuvent être durablement obtenus si les mesures nécessaires sont adoptées; c'est notamment le cas du krill ou de l'utilisation de déchets des industries de traitement qui permettraient, dans le même temps, de valoriser ces sous-produits. Dans d'autres cas, ces matières premières peuvent être cultivées expressément, comme par exemple les Algues, les Vers ou les Mollusques.
- **La recherche de sources alternatives d'ingrédients pour les aliments doit être encouragée.** Il faut notamment stimuler la collaboration entre scientifiques, producteurs d'aliments pour organismes aquatiques et producteurs aquacoles.

Par rapport à l'optimisation des nutriments

- **L'élevage d'espèces situées à la base de la chaîne trophique doit être encouragé.** La production d'espèces de bas niveau trophique, comme les espèces herbivores ou omnivores, réduirait le pourcentage de farine et d'huile de poisson à utiliser, outre le fait d'être écologiquement plus efficace. Des Poissons comme le mullet, la carpe ou le tilapia, ou encore des Mollusques comme les

moules, les palourdes ou les huîtres, peuvent efficacement utiliser les nutriments disponibles dans la colonne d'eau pour croître. Dans le cas des Poissons, toutefois, si l'on recherche une production raisonnable, il convient de fournir de l'aliment ou de fertiliser les eaux où ils sont élevés. Malheureusement, les poissons herbivores n'ont que peu de débouchés sur les marchés des pays méditerranéens.

- **L'intégration de l'aquaculture à d'autres activités agricoles doit être encouragée.** L'intégration de la production aquacole à d'autres activités agricoles ou d'élevage permettrait une utilisation plus efficace des ressources naturelles.

Quel type d'aliment pour quel type de poisson?

« Transformer les poissons carnivores en herbivores », Powell (2003) a suggéré que cette idée pourrait bien constituer la solution la plus durable. Ce projet comporte des gageures spécifiques, mais si l'on tient compte de l'augmentation des coûts de production des poissons carnivores et des implications écologiques de la réduction des stocks sauvages, la voie à suivre semble toute tracée (New et Wijkstrom, 2002).



© Arturo Boyra/oceanografica.com

La conversion de poissons carnivores en herbivores est une question majeure. Dans les aliments pour poissons, on remplace aujourd'hui partiellement la farine et l'huile de poisson par des protéines et des huiles végétales. La recherche de la durabilité entraînera probablement, au fur et à mesure, une augmentation des pourcentages de substitution. Toutefois, il apparaît une confrontation entre deux concepts éthiques: ce qui est considéré comme « naturel », et ce qui est considéré comme « durable ».

Se pose également la question de la sécurité alimentaire, notamment en rapport avec l'inclusion de protéines d'origine animale terrestre dans les

aliments pour poissons. L'utilisation de farine de sang (normalement de porc) dans les aliments pour poissons carnivores a été pratiquée au niveau mondial durant des décennies, eu égard à son excellente qualité. Après la crise suscitée par l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB) en 1986, l'utilisation de ces protéines fut interdite, à titre de précaution, au sein de l'Union européenne. En 2003, après que les Comités Scientifiques de la Commission européenne eurent démontré la sécurité de ces ingrédients, l'emploi de farine de sang d'animaux non ruminants a de nouveau été autorisé. Toutefois, en Europe, l'emploi de ces protéines dans les aliments pour organismes aquatiques est très faible, car le secteur aquicole est inquiet quant à son image. En revanche, ces sources de protéines sont largement utilisées en Asie et en Amérique.

L'emploi d'organismes génétiquement modifiés (OGM) en tant qu'ingrédients des aliments utilisés en aquaculture pourrait être une solution. La production d'huiles à partir de plantes génétiquement modifiées, avec des profils de composition adaptés, pourrait constituer la solution définitive à la pénurie d'huile de poisson. Toutefois, leur application en Europe demande des preuves solides du point de vue de la sécurité alimentaire et environnementale, ainsi qu'un changement d'attitude vis-à-vis des OGM de la part des consommateurs et des législateurs.

Matières Organiques dans les Effluents

Ce guide traite des effets environnementaux des matières organiques contenues dans les eaux rejetées par les installations aquacoles. Ces effluents, qui contiennent de l'aliment non ingéré, des excréments métaboliques, des fèces et des poissons morts, charrient des résidus solides et des nutriments, organiques et inorganiques. Lorsque le flux de ces composés vers l'environnement dépasse la capacité d'assimilation des écosystèmes, l'impact peut être sévère, aussi bien sur la colonne d'eau que sur le benthos (communautés du substrat); cet impact peut être décrit en termes d'eutrophisation, d'épuisement de l'oxygène et d'altération de la biodiversité locale.



© APROMAR

Situation actuelle

Il existe un grand nombre de composés chimiques que l'aquaculture est susceptible de relarguer dans l'écosystème marin adjacent; certains sont libérés sous forme de particules et d'autres sous une forme soluble. Les principaux flux de composés chimiques libérés sont à base de carbone (C), d'azote (N) et/ou de phosphore (P): ce sont des sous-produits du métabolisme des poissons. Il existe également une forte consommation de l'oxygène dissous; phénomène imputable aussi bien à la respiration des poissons élevés qu'à la faune et à la flore associées aux fermes aquacoles. Quand les emplacements des fermes aquacoles sont bien choisis — c'est-à-dire dans des zones parcourues par un flux de courant raisonnable —, les problèmes associés à la

consommation d'oxygène sont négligeables (à moins que d'autres fermes ou activités demandeuses d'oxygène ne soient desservies par le même courant); ce sujet sera traité plus en profondeur dans le guide concernant le « Choix des sites ». L'essentiel du carbone libéré dans le milieu est excrété sous forme de CO_2 , ce qui, en théorie, peut affecter le pH de l'eau de mer. Mais là aussi, lorsque les installations occupent un site bien choisi, cet effet n'est pas à redouter; on ne connaît d'ailleurs aucun cas de fermes piscicoles ayant entraîné une altération du pH. Le carbone organique, autre forme sous laquelle cet élément est relâché dans le milieu, a pour origines les pertes d'aliment, les fèces, les excréments muqueuses, les écailles, divers composés organiques dissous, et des poissons morts. L'ammonium constitue la forme prédominante sous laquelle l'azote se dégage des cages de poissons, bien qu'une faible partie soit libérée sous forme de composés organiques azotés dissous ou particuliers. Les niveaux de nitrites et de nitrates à proximité des cages sont généralement très faibles, à moins qu'il n'existe une forte activité nitrifiante dans les alentours. Quant au phosphore, il est excrété par les poissons soit sous forme d'orthophosphate dissous, soit sous forme de composés organiques du phosphore; on observe souvent un pic de phosphore sédimentaire autour des fermes piscicoles, phénomène partiellement lié à la richesse en phosphore des farines et des os de poissons. Dans le cas de l'élevage en cages, C, N et P sont libérés dans l'écosystème sans traitement préalable, alors que dans les installations situées à terre, un traitement préalable permet d'éliminer ou de réduire fortement la charge en nutriments des effluents avant l'évacuation dans la mer. Les effluents solides et dissous peuvent poser divers problèmes, tels que l'eutrophisation, l'épuisement de l'oxygène et l'altération de la biodiversité locale, aussi bien dans la colonne d'eau que sur le fond marin. Pour augmenter la durabilité des activités aquacoles, il faut réduire l'effet exercé par les effluents des fermes sur les systèmes pélagiques et benthiques.

Il existe une préoccupation croissante, dans de nombreux pays, aussi bien au niveau public que scientifique, par rapport à la durabilité de cette activité en plein essor, comme l'a montré une récente édition spéciale du Manuel de chimie environnementale, totalement consacré aux effets environnementaux associés à l'aquaculture de Poissons de mer (Hargrave, 2005). Ainsi l'importance de l'impact écologique dépend-elle

des conditions physiques et océanographiques du site, de la température de l'eau, de la capacité d'assimilation de l'écosystème, de la gestion de la ferme et de sa taille, de la densité d'élevage, de la durée des opérations d'élevage, de la digestibilité de la nourriture, de l'état de santé, etc.

Il existe deux types de résidus produits par les sous-produits:

- De la matière particulaire, avec des solides en suspension et sédimentables, lesquels peuvent inclure des fèces, de l'aliment non ingéré, de la matière organique, ainsi que des composés contenant de l'azote et/ou du phosphore.
- De la matière soluble, y compris divers composés organiques et inorganiques — souvent azotés ou phosphorés —, issue du métabolisme des poissons et mollusques (comme l'ammonium ou l'urée) et de la décomposition de résidus solides (matière solide).

Les rejets de résidus solides depuis les cages affectent, en composition et en nombre, les populations de bactéries endémiques, ainsi que la faune et la flore. L'altération physique du fond marin sous les cages (modifications de la granulométrie, de la porosité, etc.) est assortie d'une altération chimique (hypoxie ou anoxie, pH, sulfites, niveaux de nutriments dans l'eau interstitielle) et d'une modification de la composition biologique des sédiments: la structure des communautés benthiques existantes est souvent perturbée (Costa-Pierce, 1996; Burd, 1997; Boesch *et al.*, 2001; Vezzulli *et al.*, 2002). De fortes concentrations de solides en suspension peuvent réduire la pénétration de la lumière solaire au sein de la colonne d'eau, altérant ainsi l'activité photosynthétique des macrophytes et phanérogames. Bien que l'étendue des zones de fonds marins affectées soit très variable selon l'hydrographie et la bathymétrie (entre autres facteurs), la plupart des études relèvent généralement un impact très net dans la zone comprise entre 50 et 150 m (Angel *et al.*, 1995; Beveridge, 1996; Pearson et Black, 2000; Chelossi *et al.*, 2003; Sarà *et al.*, 2004; Porrello *et al.*, 2005).

Les cages à forte charge de biomasses, souvent situées près de la ligne de côte et en eaux peu profondes, peuvent entraîner des altérations de la qualité de l'eau et des sédiments sous-jacents, aussi bien au voisinage immédiat de la ferme aquacole que jusqu'à une certaine distance. La portée des effets causés

par les fermes marines demeure généralement limitée en terme d'espace (Pearson et Black, 2000); toutefois, l'effet de l'hydrodynamique locale (forces dispersantes) doit être pris en compte (Sarà *et al.*, 2004, 2006). Dans des zones à faible circulation d'eau, des effets environnementaux de grande ampleur peuvent se produire: épuisement de l'oxygène et enrichissement en nutriments (imputable aux pertes d'aliment, aux fèces et autres produits d'excrétion). D'autre part, dans ces mêmes zones, il peut se produire une accumulation de matière organique particulière dans le benthos, ce qui peut déboucher sur une situation d'anoxie et une accumulation de sulfure d'hydrogène dans les sédiments. Ce phénomène, qui a été largement étudié en eaux froides, au Nord comme au Sud (Norvège, Chili, Irlande, Canada, Écosse, États-Unis, Australie et Nouvelle-Zélande), a été mis en rapport avec l'élevage de salmonidés, dont les installations occupent surtout des eaux à forte productivité. Les études réalisées sur l'aquaculture en eaux tempérées sont plus récentes; on peut notamment citer celles ayant porté sur les eaux oligotrophiques de la Mer Méditerranée et de la Mer Rouge (Angel *et al.*, 1995, Karakassis *et al.*, 2000; Kovac *et al.*, 2004), principalement liées à des projets de recherche de collaboration internationale (MARAQUA, BIOFAQs, MEDVEG, ECASA, etc.). Malgré les différences entre environnements et entre espèces cultivées, la plupart des effets et des processus environnementaux sont assez similaires.

Situation scientifique actuelle

Une des principales difficultés de l'étude des impacts dérivant des relargages de N et P issus de l'aquaculture est que ces nutriments peuvent aussi bien provenir de sources différentes (effluents provenant de rivières ou d'eaux résiduares). Dans les eaux où les nutriments sont limités, de faibles largages peuvent augmenter la productivité et la biodiversité de la zone, mais cela peut facilement tourner à l'eutrophisation lorsque la circulation de l'eau (dispersion des nutriments) n'est pas suffisante.

Un nombre important d'études et de projets à grande échelle (MEDVEG, MERAMED, etc.) ont montré que les effets de l'aquaculture sur le benthos étaient d'une portée limitée en fonction de la distance depuis les cages, généralement de l'ordre de 30 à 50 m. Il existe néanmoins des preuves que des communautés de poissons pélagiques, ainsi que des

invertébrés et des phanérogames marins, pouvaient se voir affectés à des distances supérieures (Dimech *et al.*, 2000; Pergent-Martini *et al.*, 2006). Nul ne doute cependant que la pisciculture libère une quantité considérable de nutriments dans l'environnement marin, et il est, par conséquent, raisonnable d'escompter des effets à plus long terme, notamment en cas d'établissement d'un groupe de fermes dans une baie côtière. Des données extraites de projets à grande échelle (y compris MARAQUA, BIOFAQs, AQUCESS, ECASA) indiquent que ces effets peuvent également concerner les communautés benthiques et piscicoles vivant dans les environs des zones où se développe l'aquaculture, et notamment les environnements oligotrophiques, comme la Méditerranée, où la rareté des nutriments limite la productivité.

Le temps estimé pour que le benthos récupère son abondance naturelle en espèces, sa richesse et sa biomasse après que les activités de production aquacole aient cessé oscille entre quelques mois et cinq ans, selon l'échelle et la durée de l'activité d'élevage et selon la géographie de la zone (Burd, 1997; Angel *et al.*, 1998; Mazzola *et al.*, 2000; McGhie *et al.*, 2000; Pohle *et al.*, 2001; Pergent-Martini *et al.*, 2006). L'apport massif de matière organique en dessous des cages et à proximité se traduit par une légère chute de la biomasse de la méiofaune benthique et par un appauvrissement de la diversité d'espèces. L'abondance des principaux groupes de méiofaune (Nématodes, Harpacticoïdes, Polychètes, Turbellariés et Bivalves) augmente graduellement au fur et à mesure que l'on s'éloigne des fermes piscicoles en direction des zones non affectées. La diversité augmente en effet depuis un niveau relativement faible, juste en dessous des cages, pour atteindre un niveau plus important à une distance de 200 m de celles-ci (zone-témoin).

Outre les largages de résidus solides, une autre source importante de N et de P dans les eaux entourant les installations provient des effluents de nutriments inorganiques dissous dans les eaux des couches moins profondes, ainsi que la décomposition de la matière organique. Un excès d'azote et de phosphore peut entraîner une eutrophisation, c'est-à-dire une augmentation de la production primaire, avec des changements de la composition des algues, voire des *blooms* algaux, lesquelles peuvent être toxiques; par ailleurs, lorsque les algues se décomposent, cela peut provoquer des situations d'hypoxie, voire même d'anoxie (Gismervik *et al.*, 1997; McClelland et Valiella 1998; Worm *et al.*, 1999; GESAMP, 1990; Worm et Lotze, 2000; Worm *et al.*, 2000). Des

études réalisées au sein d'installations d'élevage de Crustacés montrent que la portée des effets causés par les nutriments (décomposition des biodépôts) est liée aux paramètres océanographiques et biologiques de la zone. Ces études ont montré une gradation des effets sur le benthos entre « aucun effet appréciable » (Hostin, 2003), « effet modéré » (Buschmann *et al.*, 1996; Crawford *et al.*, 2003; Miron *et al.*, 2005; Da Costa et Nalesso, 2006), et « effets importants » (Mirto *et al.*, 2000; Chamberlain *et al.*, 2001; Christensen *et al.*, 2003; Smith & Shackley, 2004). Dans la Baie de Fundy, on a ainsi pu détecter une augmentation de la concentration en zinc des sédiments intertidaux situés à plus d'un kilomètre de la ferme aquacole de salmonidés la plus proche: la fraction dissoute a bel et bien pu couvrir cette distance; dans le même temps, une augmentation de la biomasse d'algues vertes (principalement des ulves) a également été détectée. Or une couverture d'algues affecte négativement le recrutement et le comportement des palourdes (notamment leur croissance et leur survie) et, par conséquent, la récolte annuelle de ce bivalve (Robinson *et al.*, 2005). L'étude réalisée par Kovac *et al.* (2004) dans la Baie de Piran (Nord de l'Adriatique, Slovénie) a démontré l'impact à long terme de l'aquaculture sur les communautés de la méiofaune.

Diverses mesures ont été proposées dans l'objet de mitiger l'enrichissement en matière organique et inorganique sous les cages ou près d'elles. Il est possible de les classer selon deux types principaux:

- **Biofiltres**

En 2002, Angel et Spanier ont proposé l'installation de récifs plastiques artificiels près des cages afin de stimuler la croissance d'organismes filtreurs incrustants (principalement tuniciens et bryozoaires) pour la rétention et le filtrage de la matière particulaire (ou dissoute) provenant des cages. Pour réduire le flux de nutriments dissous émanant des installations aquacoles à destination des eaux environnantes, il est possible d'utiliser des algues ou d'autres organismes biofiltreurs afin de capturer l'ammonium et le phosphore; cela permettrait en outre d'oxygéner certains bassins d'élevage (Krom *et al.*, 1995; Troell *et al.*, 1997; Chopin *et al.*, 1999; Soto et Mena, 1999; Jones *et al.*, 2001; Marinho-Soriano *et al.*, 2002; Neori *et al.*, 2004).

- **Aquaculture intégrée**

Des études récentes ont révélé le potentiel des techniques d'aquaculture intégrée (polyculture) à capturer et à exploiter le flux de nutriments, particuliers et dissous, qu'ils proviennent de systèmes d'élevage basés à terre ou de cages en mer (Chopin *et al.*, 2001; Hussenot, 2003; Neori *et al.*, 2003; Troell *et al.*, 2003; Angel, 2004; Viera *et al.*, 2006). Cette approche est actuellement testée dans plusieurs pays: Canada, Écosse, Israël, République Sud-Africaine, Australie, Espagne et Chili. Différentes stratégies fondées sur cette même approche sont utilisés depuis de longues années en Asie, notamment en Chine et au Vietnam, où la polyculture constitue une pratique traditionnelle (Alongi *et al.*, 2000).

Justification

Les déchets issus des aliments utilisés en aquaculture peuvent affecter la qualité de l'eau en augmentant la turbidité ou en altérant les concentrations de nutriments dissous et solides en suspension et ils peuvent également affecter le benthos sous-jacent de différentes façons. Il existe plusieurs manières de réduire ces impacts sur la qualité de l'eau ou du benthos, mais les technologies actuelles sont généralement d'un coût élevé, et elles ne sont pas suffisamment éprouvées pour connaître leur viabilité environnementale, pratique et économique.

Principe

Les matières organiques issues des fermes aquacoles doivent pouvoir être assimilées par le milieu récepteur, qualitativement et quantitativement, sans entraîner d'impacts négatifs sur l'écosystème local.

Lignes directrices

Par rapport à la gestion de la ferme aquacole

- **Les fermes aquacoles doivent être gérées de manière à contrôler la charge en nutriments de leurs effluents.** Afin de contrôler la production de matière organique, il s'avère critique d'adopter une

gestion appropriée. Le plus grand apport de matière organique provenant des aliments, la qualité de ceux-ci et les pratiques d'alimentation sont donc des facteurs-clés. Dans la mesure du possible (en particulier dans le cas des installations situées à terre), les matières organiques doivent être éliminées des effluents.

- **Il faut souligner que la qualité de l'aliment est un facteur essentiel de la maîtrise du contenu des effluents en matière organique.** Par conséquent, il faut tenir compte de la composition des granulés (types et digestibilité des protéines et des huiles), de la technologie de fabrication (comme l'extrusion), de la taille de granulé adéquate (en rapport avec la taille de l'organisme et avec l'espèce) et la présence de poussière. De plus, la qualité des aliments doit être soignée, et ceux-ci doivent être exempts d'élément nocifs, tels que métaux lourds et autres composant indésirables.
- **Des pratiques d'alimentation adéquates doivent être adoptées.** Cela inclut une distribution adéquate (volume en accord avec le stock), une bonne méthode de distribution (répartie de la façon la plus homogène possible au sein du système de culture) et de bonnes conditions de stockage des aliments (pour conserver leur qualité nutritionnelle et leur palatabilité). Les employés responsables de l'alimentation des organismes doivent suivre une formation adéquate.
- **Les organismes morts doivent être retirés et éliminés d'une façon adéquate.** Les restes d'organismes entraînés par la mortalité quotidienne doivent être retirés des systèmes de culture et éliminés d'une manière appropriée.

Par rapport à la minimisation des effluents contenant des matières organiques

- **Les effets possibles de la matière organique provenant des effluents doivent être pris en compte lors du choix du site d'implantation des fermes aquacoles.** Les courants locaux et la profondeur de l'eau jouent un rôle crucial sur la capacité de dispersion et d'absorption de la matière organique par

l'écosystème. Les décideurs des emplacements des fermes aquacoles doivent tenir compte des conditions hydrodynamiques en accord avec la production prévue.

- **Le développement de systèmes de recirculation doit être promu.** Dans les installations à terre, la recirculation, partielle ou totale, des eaux de culture, permet la réutilisation des eaux et l'élimination de la matière organique.
- **La polyculture en tant que pratique d'exploitation et de revalorisation de la matière organique doit être promue.** Les systèmes de polyculture peuvent être des outils puissants pour mitiger l'apport de nutriments à l'écosystème, tout en autorisant une autre production valorisable.
- **L'utilisation de systèmes biologiques absorbant la matière organique doit être encouragée.** La construction de structures physiques dans les environs des fermes aquacoles peut stimuler l'implantation de communautés végétales et animales filtreuses; ces organismes retiennent les particules et utilisent la matière organique pour leur propre survie. Lagunes côtières et récifs artificiels peuvent servir ce but.
- **La recherche dans le domaine de la récupération, de l'élimination et de la réutilisation des résidus solides doit être encouragée.** Il faut améliorer les méthodes de traitement et de récupération de résidus, comme par exemple pour le secteur agro-industriel.

Des eaux en jachère

En aquaculture, la pratique de rotation de la production entre différentes zones est connue sous le nom de *fallowing* (jachère). Le fait de laisser une zone sans la faire produire durant une période de temps raisonnable permet à l'écosystème local d'assimiler le surplus de matière organique accumulée et de rétablir ses conditions initiales. Simultanément, ce processus, en interrompant les cycles de vie des organismes potentiellement pathogènes, contribue à assurer un bon état

sanitaire pour la génération suivante d'organismes qui seront cultivés dans cette zone.

Si la jachère est une pratique commune dans les pays du nord de l'Europe, elle ne l'est pas dans la région méditerranéenne. Dans la plupart des pays, il existe d'importantes limitations légales quant à la possibilité de disposer de plusieurs zones pour une même installation aquacole. Il est également nécessaire de réaliser davantage d'études concernant cette pratique afin de vérifier son utilité en eaux plus tempérées, où les réactions biochimiques au sein de la matière organique se produisent à des vitesses plus importantes.



© Guzel Yucel-Gier

Transfert de Pathogènes

Ce Guide traite de l'interaction entre l'aquaculture et l'environnement du point de vue du le transfert éventuel de pathogènes vers et depuis l'environnement naturel.

Situation actuelle

Les agents pathogènes, partie intégrante de l'écosystème naturel, ne provoquent normalement d'épizooties que lorsqu'ils sont accompagnés de changements environnementaux importants (Winton, 2001). Toutefois, des conditions suboptimales et des pratiques de gestion peu adéquates au sein des installations aquacoles (hautes densités, suralimentation ou déséquilibre nutritionnel) peuvent induire un stress chez les organismes cultivés, ce qui les rend plus susceptibles aux poussées pathologiques (Verschuere *et al.*, 2000; Winton, 2001; Weber, 2003; Schulze *et al.*, 2006).



Une des limitations les plus importantes de la production de poissons et de crustacés est imputable à l'apparition de maladies (Verschuere *et al.*, 2000; Schulze *et al.*, 2006), ce qui entraîne des pertes économiques et, par conséquent, la non-durabilité du secteur aquacole. Par ailleurs, les maladies importées peuvent également affecter les populations sauvages et provoquer des altérations de l'équilibre de l'écosystème.

Les maladies des organismes aquatiques, qui se transmettent généralement aux systèmes de production depuis l'environnement où ces mêmes pathogènes sont présents à des concentrations sub-

létales, affectent les stocks de poissons supportant des conditions de stress. Quelques rares cas de transfert de pathogènes ont été signalés à cause de l'utilisation de poisson non traité en tant qu'aliment frais en aquaculture (Anon, 2005). Mais, le poisson employé étant généralement surgelé, seuls certains virus et certains types de bactéries peuvent survivre (Goodwin *et al.*, 2004).

D'autre part, en Méditerranée, on ne dispose pas de preuve documentée du transfert de pathogènes depuis les espèces cultivées vers les sauvages. On a toutefois pu relever une faible incidence et un risque minime de transfert de pathologies potentielles depuis les organismes cultivés vers les populations sauvages (Waknitz *et al.*, 2002; Gardner *et al.*, 2004). Un cas bien différent concerne l'introduction d'espèces exotiques, lesquelles se sont révélées être la cause de la propagation de plusieurs pathologies à travers le monde.

Les systèmes aquacoles ouverts sont plus exposés aux pathogènes présents dans l'environnement naturel que les systèmes fermés, et la maîtrise de ce risque est malaisée. Toutefois, des mesures proactives telles que le choix d'un emplacement adéquat pour l'installation aquacole, celui des espèces à y cultiver, des systèmes de culture adéquats, des plans de contingence et des systèmes de suivi peuvent réduire ce risque (McVicar, 1997; Myrick, 2002).

Situation scientifique actuelle

Blazer et LaPatra (2002) ont identifié trois modes potentiels de transmission des pathogènes: premièrement, l'introduction de nouveaux pathogènes au sein d'une zone via l'importation d'espèces exotiques pour leur culture; deuxièmement, l'introduction de nouveaux pathogènes ou de nouvelles souches pathogènes via le transfert de stocks cultivés (autochtones et exotiques); et troisièmement, le développement de pathogènes existants au sein des populations sauvages et leur transmission aux populations cultivées via la culture intensive, ce qui peut même réduire à néant toute possibilité de culture.

On a récemment souligné que l'éventuelle introduction dans l'écosystème de pathogènes pouvait être associée à une libération

fortuite d'exemplaires cultivés infectés (autochtones ou exotiques). Toutefois, aucune donnée scientifique n'a démontré le transfert de pathogènes entre stocks (De Silva *et al.*, 2006).

Actuellement, la recherche vise à déterminer la situation du transfert de pathogènes entre organismes cultivés et sauvages. Toutefois, ces transferts sont difficiles à déterminer, voire à mettre en corrélation, car il peuvent être associés à d'autres facteurs.

Justification

Les fermes aquacoles sont généralement des systèmes de production ouverts où les pathogènes, qui peuvent entrer et sortir, interagissent avec les populations sauvages. Bien que l'on n'ait que rarement vu en Méditerranée de cas de transfert de pathogènes entre populations sauvages et cultivées, ou vice-versa, la croissance continue de l'aquaculture augmente le risque que cela puisse arriver à l'avenir. D'autre part, ce risque est avéré important en cas d'introduction d'espèces exotiques, lesquelles peuvent transmettre des maladies particulièrement virulentes pour les espèces autochtones.

Principe

La possibilité de transfert de pathogènes entre organismes cultivés et populations sauvages doit être minimisée.

Lignes directrices

- **Les organismes cultivés doivent être dans les meilleures conditions de santé.** Les animaux en parfait état sanitaire étant moins susceptibles d'être malades, le risque de transfert de pathogènes aux populations sauvages en est d'autant minimisé; et ils sont aussi moins sensibles aux effets des pathogènes importés depuis l'environnement.
- **Les poussées épizootiques dans les fermes aquacoles doivent être prévenues, contenues et gérées.** Cela requiert l'application de mesures telle que le suivi de l'état de santé, des diagnostics rapides,

et l'application de traitements appropriés sous prescription et surveillance vétérinaire en cas d'éclosion épizootique.

- **Des mesures de précaution afin de prévenir les transferts de pathogènes doivent être mises en œuvre.** Ces mesures vont depuis la garantie que le stock capturé et introduit dans les systèmes de production est en parfait état sanitaire et que son origine est connue, sans oublier les périodes de quarantaine, jusqu'au tri des organismes en fonction de l'âge, en passant par leur vaccination. Ces mesures devront être encore plus strictement appliquées lorsqu'il s'agira d'introduction d'espèces exotiques.
- **Il faut mettre en œuvre des mesures spéciales en matière de biosécurité afin de limiter l'introduction de pathogènes dans les élevages.** La transmission verticale de pathologies au sein des cycles de production aquacole peut affecter potentiellement les populations sauvages, que celles-ci en soient ou non la cause. Cette voie doit être barrée au niveau des élevages au moyen de mesures telles que: l'utilisation de reproducteurs sains, la stérilisation de l'eau de renouvellement, le contrôle d'autres intrants tels que la nourriture, la minimisation des situations impliquant une manipulation ou un stress et la mise en place de protocoles de nettoyage et de désinfection.
- **La recherche et le suivi en matière d'épidémiologie des maladies se déclarant au sein des populations sauvages vivant à proximité des zones d'aquaculture doivent être encouragés.** Il faut améliorer et augmenter les connaissances permettant d'évaluer les impacts des pathologies transférées depuis les organismes cultivés vers les sauvages, et vice-versa.

Produits Thérapeutiques et Autres

Les médicaments à usage vétérinaire et les produits thérapeutiques sont des outils de gestion de la santé animale. Ils sont importants pour le bien-être des animaux, mais doivent aussi être considérés du point de vue de la sécurité alimentaire humaine.

Lorsque les médicaments à usage vétérinaire sont utilisés correctement, ils n'entraînent pour la plupart pas d'effets adverses notables sur l'environnement. Toutefois, un dosage excessif, une neutralisation mal exécutée ou un défaut de dilution préalable au rejet vers l'environnement peut rendre leur utilisation peu sûre, voire dangereuse, pour la vie sauvage à proximité des installations aquacoles.



Ce guide traite des effets sur l'environnement des diverses pratiques aquacoles, telles que la prévention de maladies et/ou leur traitement et du rejet fortuit des produits chimiques utilisés.

Situation actuelle

Les produits thérapeutiques utilisés en aquaculture incluent toute une panoplie d'antibiotiques, de vaccins, de pesticides, de désinfectants et d'anesthésiques. Ils permettent de maîtriser les infections microbiennes, les infestations internes et externes par les parasites et de faciliter la gestion des organismes cultivés. L'obtention de brevets de produits pharmaceutiques étant coûteuse et leurs débouchés dans le secteur aquacole somme toute assez réduits en comparaison avec

les nécessités humaines ou celles du bétail, seul un petit nombre de médicaments et de produits chimiques ont reçu l'agrément pour leur usage en aquaculture.

Les motifs de préoccupation concernant les impacts négatifs de ces produits sur l'environnement vont depuis l'action des résidus chimiques sur la faune sauvage et le milieu benthique et les effets toxiques sur des espèces en principe non ciblées, jusqu'aux souches bactériennes résistantes pouvant menacer les activités aquacoles ou être susceptibles de contaminer la chaîne alimentaire humaine (Smith *et al.*, 1994; Schmidt *et al.*, 2001).

L'impact écologique de ces substances chimiques dépend principalement de leur délai de biodégradation, des produits générés au cours de leur dégradation et de leur tendance à s'accumuler dans les tissus animaux.

Les poussées infectieuses apparaissent surtout lorsque la gestion des installations aquacoles n'est pas assurée de façon adéquate, soit par génération de situations stressantes pour les animaux, soit par application de mesures sanitaires inappropriées. L'aquaculture intensive, qui présente un plus grand risque de provoquer des situations de stress pour les organismes, contribue par là même à favoriser bon nombre de troubles sanitaires chez les organismes cultivés; c'est d'ailleurs une des limitations majeures de la production de Poissons et Mollusques (Bachère *et al.*, 1995; Verschuere *et al.*, 2000).

Les pesticides sont normalement utilisés comme outils pour éliminer des parasites, mais leurs résidus, souvent toxiques, persistent dans l'eau et les sédiments. Aussi causent-ils la mort d'espèces non ciblées, notamment des Crustacés, et affectent-ils l'écosystème naturel.

En aquaculture, une vaste gamme d'anesthésiques est employée afin de calmer ou d'endormir les animaux au cours de diverses pratiques telles que vaccination, manipulation, échantillonnage ou transport.

L'emploi de médicaments peut être réduit à travers certaines pratiques de gestion et en mettant en œuvre des mesures de prévention sanitaires adéquates, comme l'emploi de vaccins et d'immunostimulants. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande une approche

préventive (prophylactique) en matière de gestion sanitaire dans le but d'éviter les dispendieux surcoûts des traitements *a posteriori* et leurs effets environnementaux: augmentation des pathogènes résistants, accumulation dans le sol et effets sur les organismes non ciblés (OMS, 2002).

Une partie des stratégies de la gestion sanitaire repose sur l'emploi de vaccins (Thorarinsson et Powell, 2006). Le développement et l'emploi de ces vaccins sont en plein essor (NCR, 1999), en substitution à l'emploi d'antibiotiques. Il existe actuellement des vaccins contre divers pathogènes affectant le secteur aquacole (Costello *et al.*, 2001). Ils peuvent être administrés oralement, par injection, par immersion ou en aérosol (Avault, 1997).

Situation scientifique actuelle

À l'heure actuelle, la recherche vétérinaire en aquaculture porte principalement sur la production de vaccins contre les différentes pathologies connues et sur l'emploi de produits chimiques inoffensifs pour l'environnement. Le développement de probiotiques et d'immunostimulants constitue l'un des secteurs de recherche les plus innovateurs et porteurs, ces produits permettant de stimuler le système immunitaire des organismes élevés (Dugenci, 2003; Rodríguez *et al.*, 2003; Torrecillas *et al.*, sous presse). D'autre part, l'emploi de nouveaux anesthésiques est également à l'étude afin de réduire les effets préjudiciables sur les organismes cultivés et sur l'environnement.

Guichard et Licek (2006) ont récemment déterminé le nombre d'agents ayant une action antimicrobienne à usage aquacole dans trente et un pays de la région européenne. Ces données, exposées par Pete Smith dans un rapport PANDA, sont résumées par le Tableau n°4.

Tableau n°4. Nombre de produits autorisés à usage aquacole dans les pays européens.

Nbre substances actives*	Pays
0	9
1	7
2	5
3	8
4	2
5	0

* Dans ce Tableau, les substances actives présentant de hauts niveaux de résistance croisée (telles que la flumequine ou l'acide oxolinique) ont été regroupées et traitées comme s'il s'agissait d'un seul et même agent.

Ce tableau montre, sous une forme succincte, combien il est nécessaire et urgent d'adopter des mesures visant à accroître la disponibilité de médicaments et de vaccins. Les raisons étayant cette nécessité sont les suivantes: forte croissance de l'aquaculture en Europe, bien-être des organismes cultivés, durabilité du secteur et mise en place d'une filière sans barrières commerciales entre les États-Membres. Les limitations actuelles concernant l'obtention de brevets et le poids relativement modeste de l'industrie aquacole ont jusqu'à présent découragé les compagnies pharmaceutiques, qui n'ont pas investi dans de nouveaux brevets qui permettraient l'emploi de nouveaux produits à usage aquacole.

Justification

Comme toute production d'élevage, l'industrie aquacole est vulnérable aux épizooties et l'emploi de médicaments vétérinaires est donc nécessaire. Ces composés chimiques peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement lorsqu'ils ne sont pas correctement utilisés. Afin de minimiser les effets préjudiciables sur les organismes cultivés et l'environnement, il convient d'établir des mesures préventives et des traitements adéquats.

Principe

L'emploi de produits thérapeutiques doit être géré correctement afin de minimiser d'éventuels effets préjudiciables à l'environnement.

Lignes directrices

Par rapport à la diminution de l'emploi de produits thérapeutiques

- **En aquaculture, les normes sanitaires doivent reposer sur des mesures de prophylaxie et de prévention appropriées.** Pour minimiser l'apparition de poussées pathologiques et l'usage d'antibiotiques qui s'ensuivrait, il convient d'adopter de bonnes pratiques de gestion et il faut aussi tenir compte du

bien-être animal, de la vaccination et du renforcement du système immunitaire.

L'emploi d'antibiotiques à titre prophylactique doit être évité. Cet usage ne doit être jugé acceptable que s'il s'inscrit dans une stratégie méticuleuse et ayant fait l'objet d'une étude préalable, en suivant un antibiogramme et en respectant scrupuleusement la prescription vétérinaire.

- **Des médicaments à usage vétérinaire plus efficaces et plus sûrs du point de vue de leur usage à des fins aquacoles doivent être mis à disposition.** Il faut encourager la recherche et l'obtention de brevets pour de nouveaux vaccins, ainsi que l'obtention d'antibiotiques plus efficaces et plus sûrs.

Par rapport à une gestion correcte des produits thérapeutiques et autres

- **Un diagnostic des maladies précis doit être réalisé en laboratoire préalablement à l'administration d'antibiotiques.** Dans l'objet de faire un usage responsable des antibiotiques, il est nécessaire de réaliser des antibiogrammes depuis un laboratoire, préalablement à l'application d'agents thérapeutiques.
- **Seuls les antibiotiques garantis par un brevet légal doivent être employés.** Et ceux-ci ne doivent être administrés que sur prescription d'un professionnel qualifié.
- **L'emploi de produits chimiques persistants doit être réduit.** Il est recommandable d'utiliser des produits chimiques biodégradables chaque fois que cela est possible.
- **Des plans sanitaires visant à prévenir le développement de souches microbiennes résistantes aux antibiotiques doivent être établis.** Dans la lutte contre chaque type de pathologie, il faut pouvoir disposer de plusieurs types d'antibiotiques, car une alternance appropriée dans leur administration réduit le risque d'apparition de résistances.



Procédés Antifouling

Les salissures biologiques marines (fouling), ou biosalissures marines, sont définies comme l'accumulation non souhaitée de microorganismes, de plantes ou d'animaux à la surface des structures immergées dans l'eau. Il s'agit d'un problème complexe et récurrent qui altère les structures aquacoles immergées telles que les cages, les filets et les pontons; les équipements et les structures comme les tuyauteries, les pompes, les filtres et les cuvettes de retenue; et même des espèces cultivées telles que les moules, les coquilles Saint-Jacques ou les huîtres. Ces accumulations alourdissent les structures flottantes et réduisent le flux d'eau, accroissant ainsi les coûts de production en raison du déclin de la productivité et de l'accroissement des frais d'entretien. Il existe différents procédés pour remédier au fouling, le plus classique consistant à recouvrir les surfaces immergées de peintures anti-incrustantes (anit-fouling) similaires à celles employées dans l'industrie navale.



© Arturo Boyra/oceanografica.com

L'objectif de ce guide est d'analyser l'interaction entre les procédés antifouling et l'écosystème.

Situation actuelle

Le principal effet négatif provoqué par les biosalissures sur les systèmes aquacoles est la réduction de la disponibilité d'oxygène dissous dans l'eau en raison de l'obstruction de filets et de tuyauteries, de l'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone dans les

eaux de culture et du ralentissement de la dispersion de l'ammonium, des aliments non ingérés et des excréments. Parallèlement, les bioalissures s'ajoutent au poids des structures, diminuant ainsi leur résistance aux forces marines telles que les tempêtes et les courants. Une autre conséquence importante des bioalissures est que les structures aquacoles peuvent devenir des réservoirs d'organismes pathogènes, susceptibles d'altérer les organismes cultivés (Tan *et al.*, 2002). Cependant, la gravité des problèmes associés aux bioalissures dépend de leur intensité, celle-ci étant spécifique à chaque site en fonction de la situation géographique, des conditions environnementales et de la saison.

La méthode la plus courante pour prévenir ou retarder les bioalissures sur les structures immergées consiste à les traiter avec des produits chimiques antisalissures. Outre leurs propriétés anti-incrustantes, ces produits protègent également les matériaux contre les effets de l'exposition à la lumière solaire (par exemple la dégradation des filets et des cordages due aux rayons ultraviolets).

Autrefois, les produits antifouling employés étaient à base de métaux lourds tels que le chrome ou l'étain. Aujourd'hui, le cuivre est la principale substance active utilisée; toutefois, plusieurs études ont prouvé les effets négatifs du cuivre sur les microorganismes et les Mollusques marins (Manley, 1983; Viarengo, 1989; Elfving et Tedengren, 2002). Le cuivre est réglementé par la législation de l'Union Européenne sur les substances dangereuses et sa libération dans le milieu naturel peut être contrôlée par des limites de rejet et des études complémentaires (Henderson et Davies, 2000).

Actuellement, les produits antifouling provoquent un impact moindre sur l'environnement que dans le passé, grâce à l'optimisation des quantités de produit utilisées et du fait qu'ils sont plus efficaces vis-à-vis des espèces incrustantes ciblées.

Situation scientifique actuelle

De nos jours, le cuivre est le principal composant employé dans les peintures antifouling, où il est utilisé sous forme d'oxyde de cuivre

(Cu₂O). L'oxyde se dissout dans une matrice polymérique qui fait office de véhicule, la dissolution lente dans l'eau favorisant la dispersion progressive du cuivre et renforçant ainsi l'effet anti-incrustation.

La recherche est axée sur des éléments répulsifs naturels et sur l'emploi de substances biologiques prévenant la fixation d'organismes incrustants grâce à une connaissance plus approfondie des mécanismes de fixation. D'autres recherches portent sur de nouveaux produits de traitement tels que les revêtements à effet retardé à base de silicone (Baum *et al.*, 2002), les solutions anti-incrustations (acide acétique) pouvant être utilisées sous forme d'aérosol (Carver *et al.*, 2003), ou encore, les nanotechnologies appliquée aux nouveaux matériaux. Le projet européen intitulé Recherche collective sur les bioalissures en aquaculture (*Collective Research on Aquaculture Biofouling*) a été consacré intégralement aux bioalissures et à leurs solutions (CRAB, www.crabproject.com).

Le secteur aquacole recherche des solutions de remplacement aux produits de revêtement tels que le cuivre et s'oriente vers des procédés plus respectueux de l'environnement. Ceux-ci comprennent la lutte biologique contre les organismes incrustants basée sur l'utilisation de brouteurs qui se nourrissent de ces organismes (Lodeiros et García, 2004). Les espèces brouteuses peuvent être des Mollusques tels que certains Gastéropodes, des Oursins, voire des Poissons.

Justification

Les produits antifouling sont nécessaires en aquaculture pour prévenir ou minimiser les espèces incrustantes, mais l'efficacité de ces produits est subordonnée à leurs propriétés toxiques vis-à-vis de ces organismes. Or cette toxicité peut affecter les espèces non visées et les écosystèmes environnants.

Principe

Los produits antifouling utilizados en aquaculture ne doivent pas provoquer d'effets toxiques appréciables sur des organismes autres que ceux ciblés.

Lignes directrices

- **Des produits et des revêtements antifouling non nocifs pour l'environnement doivent être employés.** Cela peut inclure des revêtements à base de silicone, des polyuréthanes et des technologies enzymatiques.
- **Des procédés non nocifs pour l'environnement doivent être encouragés pour prévenir ou éliminer les biosalissures.** Des solutions de remplacement doivent être recherchées dans cette lutte contre les salissures. Ces solutions peuvent inclure une gestion appropriée qui tienne compte de la productivité naturelle des zones d'implantation des fermes aquacoles, des lavages plus fréquents des filets, la prise en compte des cycles vitaux des organismes encroutants lors du remplacement des filets, etc. Pour le nettoyage des biosalissures *in situ*, divers procédés non toxiques peuvent être employés, tels que le nettoyage à l'eau sous haute pression ou la dessiccation à l'air libre, ou encore de nouvelles méthodes telles que le contrôle biologique au moyen de brouteurs.
- **L'utilisation de produits antifouling contenant des métaux lourds doit être évitée.** Il convient d'éviter l'emploi de substances comme l'étain, le plomb ou le cadmium, dont les effets nocifs sur les écosystèmes ont été prouvés.

Effets sur la Faune et la Flore Locales

Ce chapitre traite de l'interaction entre la faune et la flore locales et les activités aquacoles.

Les activités aquacoles peuvent avoir des effets sur la faune et la flore locales, mais cette interaction n'est pas toujours négative et peut même être positive. Ces effets peuvent être imputables au processus d'alimentation, aux excréments des organismes, aux effluents et aux fuitifs (aspects abordés dans les différents guides précédents). Bon nombre des préoccupations sociales concernent les effets environnementaux sur la faune et la flore locales observés lors de la production en cages d'élevage ou dans des systèmes installés sur la terre ferme.



© Christine Pergent

Situation actuelle

Interaction entre l'aquaculture et les communautés benthiques, en particulier les prairies de phanérogames.

De nombreuses études ont révélé que les effets visibles de l'aquaculture sur l'écosystème benthique sont observés sur une courte distance, dans un rayon généralement inférieur à 50 m autour des fermes aquacoles, tandis que les communautés résidant dans la colonne d'eau peuvent

être affectées à une distance supérieure (Grant *et al.*, 1995; MEDVEG, MERAMED, Uriarte et Basurco, 2001; Machias *et al.*, 2005). Les fonds marins où sont placées les cages ne reçoivent pas la lumière solaire en raison de l'effet d'ombrage, ce qui provoque un blocage de l'écosystème local. Dans le cas des prairies de phanérogames, la diminution de lumière altère le processus de photosynthèse et entraîne donc des modifications dans les prairies sauvages. Cela est encore accentué par les rejets de nutriments et le recouvrement des épiphytes. Les prairies de phanérogames sont des écosystèmes essentiels qui jouent un rôle fondamental dans la prévention de l'érosion de la zone côtière en Méditerranée, tout en favorisant la biodiversité et la transparence de l'eau et en oxygénant l'eau et les sédiments (Hemminga et Duarte, 2000). Les prairies de *Posidonia oceanica*, éléments-clés pour la détermination de la qualité biologique des zones côtières méditerranéennes (directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000), sont très vulnérables aux activités humaines telles que l'aquaculture marine (Delgado *et al.*, 1997; Ruiz *et al.*, 2001; Pergent-Martini *et al.*, 2006). Avec l'enrichissement de l'eau en nutriments, les prairies de phanérogames subissent des pertes à grande échelle (Ruiz *et al.*, 2001; Cancemi *et al.*, 2003) qui peuvent se prolonger durant de nombreuses années, même après la fin de l'activité (Delgado *et al.*, 1999). En dessous ou près des cages marines, les prairies de *Posidonia oceanica* meurent et les effets sont irréversibles, du moins sur une échelle de temps humaine (Holmer *et al.*, 2003; Pergent-Martini *et al.*, 2006). En raison de la sensibilité des prairies de phanérogames à l'activité aquacole, la croissance verticale des rhizomes peut servir d'indicateur précoce de l'impact des fermes aquacoles sur les prairies de *P. oceanica* (Marbà *et al.*, 2006).

Inversement, les cages peuvent entraîner non seulement une prolifération des épiphytes, mais également provoquer des modifications au sein des communautés benthiques et chez les Poissons. La pose des cages exige une planification soignée sur le plan écorégional, et notamment des études bathymétriques, hydrodynamiques et écologiques afin d'éviter tout effet nocif sur les écosystèmes limitrophes. Les systèmes d'information géographique (SIG) peuvent être utiles aux responsables politiques, mais la décision en matière de gestion est fondée sur un choix social.

Attraction de la faune par les installations aquacoles

Les installations d'aquaculture peuvent attirer la faune sauvage à la recherche d'aliments ou d'un abri, ce qui altère la structure de la population locale. Cela peut provoquer des problèmes pour les fermes aquacoles en raison de la prédation, du stress des animaux, de la transmission de maladies, etc. De nombreux représentants de la faune sauvage (notamment prédateurs et charognards) sont attirés par les installations aquacoles. Les organismes les plus couramment attirés sont d'autres poissons, mais les installations aquacoles peuvent aussi recevoir la visite d'oiseaux, de mammifères marins, de requins et de tortues. Ces organismes y recherchent des aliments, qu'ils trouvent aussi bien dans les organismes cultivés que dans les organismes qui colonisent les structures aquacoles ou s'établissent dans leurs alentours (Nash *et al.*, 2005). Le principal risque, pour tout animal approchant les fermes aquacoles, est constitué par les déchets du site (fragments de plastique, de conditionnement d'aliments ou de cordages), qui peuvent être mortels en cas d'ingestion accidentelle. Cependant, la structure aquacole en elle-même (par exemple cordages, éclairage, acoustique, bouées, filets) ne représente qu'une menace minimale pour les espèces sauvages grâce aux améliorations apportées ces dernières années (Nash *et al.*, 2005); par conséquent, les populations sauvages y sont protégées contre d'autres activités tels que la pêche extractive, la pollution, etc.

On a vu que l'aquaculture libérait une quantité considérable de nutriments dans l'écosystème marin, il est donc logique de prévoir des effets dans un rayon supérieur à celui de la ferme aquacole, notamment lorsqu'une batterie de cages est installée dans une baie côtière. Des études récentes montrent que ces changements affectent les communautés piscicoles des zones voisines, en particulier dans des environnements oligotrophiques tels que la Méditerranée, où le manque de nutriments limite la productivité et la production des pêcheries. Dans ce sens, la libération de nutriments par les fermes aquacoles dans ce type d'environnement peut avoir un effet positif sur la production des pêcheries locales, sans exercer d'effet négatif visible en termes de composition ou de biodiversité des espèces (Machias *et al.*, 2005).

Les effets des cages et d'autres structures aquacoles sont très divers et variables dans le temps. En général, la situation peut être résumée comme suit:

- une interaction élevée se produit entre les fermes aquacoles et la faune et la flore locales;
- une partie de la faune locale bénéficie des excédents d'aliments qui peuvent s'accumuler sous les cages;
- à proximité des cages, la richesse semble diminuer, mais elle augmente à mesure que l'on s'éloigne des cages;
- les captures et le débarquement de poisson sauvage augmentent dans les zones proches des cages;
- l'interaction provoquée est en majeure partie réversible, sauf pour certaines espèces particulièrement sensibles, telles que la *Posidonia*, et certains écosystèmes spécifiques.

Justification

L'interaction de l'aquaculture avec la faune et la flore sauvages limitrophes est un sujet de préoccupation dans une perspective de développement de cette activité. Dans certains cas, les installations aquacoles, notamment les cages, exercent des effets négatifs sur les espèces locales particulièrement sensibles ou fragiles, comme les prairies de phanérogames. D'autre part, les opérations réalisées dans les fermes aquacoles peuvent attirer la faune locale, voire entraîner des effets positifs sur les populations de poissons et leur productivité.

Principe

Il convient d'éviter les effets nocifs provoqués par l'interaction entre l'activité aquacole et la faune et la flore locales, tandis que les effets bénéfiques doivent être exploités.

Lignes directrices

Concernant les effets de l'aquaculture sur les communautés benthiques

- Des études d'impact environnemental doivent être réalisées afin d'identifier tout effet potentiel sur l'écosystème. L'utilisation d'espèces bio-indicatrices est préférable à la collecte d'autres paramètres.
- La décision de poursuivre ou de stopper l'agrandissement d'installations aquacoles doit être prise au cas par cas. Il convient de tenir compte de l'écosystème ainsi que de critères techniques et économiques tels que la présence d'espèces sensibles, le nombre de fermes aquacoles, leur type, leurs dimensions et les densités au sein des systèmes aquacoles.
- Des études hydrodynamiques doivent être effectuées dans le cadre du processus de sélection de l'emplacement des installations aquacoles.
- Les zones dans lesquelles il existe des communautés significatives de phanérogames marines doivent être considérées incompatibles avec l'établissement d'installations aquacoles.
- L'installation de structure d'élevage doit se faire de préférence dans des zones exposées, au large de la bande côtière. Cela minimisera d'autant les effets sur les fonds marins et les écosystèmes côtiers.

Concernant l'attraction de faune

- Dans la gestion des fermes aquacoles, il convient de tenir compte de l'attraction exercée par les installations d'aquaculture sur la faune locale. Des effets positifs peuvent être observés, accroissant ainsi la productivité locale et, par conséquent, les stocks halieutiques.
- Il convient de gérer l'attraction des prédateurs et charognards. La prédation exercée par la faune sauvage sur les poissons élevés, ou sur tout autre type d'aliment, n'est pas souhaitable et peut être problématique. Des mesures doivent être prises pour éviter ce

phénomène. On peut utiliser des techniques pour faire fuir les prédateurs et éviter la dispersion d'aliments ou d'organismes morts au moyen de conteneurs fermés.

Quel type d'aquaculture pour quel type d'aire marine protégée?

L'un des principaux problèmes des aires marines protégées réside dans le rôle qu'elles peuvent jouer dans le maintien des moyens de subsistance locaux et dans la lutte contre la pauvreté locale. Les pêches à petite échelle, l'écotourisme et les activités sous-marines sont souvent présentées comme des activités durables qui peuvent être développées au sein



© Guzel Yucel-Gier

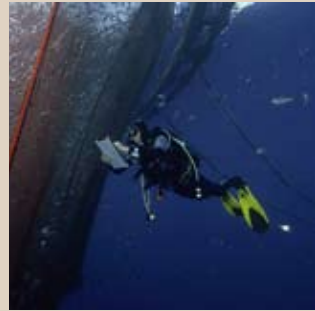
ou à proximité de zones marines protégées. Dans ce contexte, l'aquaculture peut jouer un rôle important. L'aquaculture exige des eaux de bonne qualité et un écosystème sain, une fonction de « sentinelle » lui étant donc souvent attribuée: si les paramètres environnementaux subissent des altérations négatives, l'aquaculture en souffrira immédiatement. En d'autres termes, l'aquaculture durable n'est possible que dans un environnement sain. Si la surcharge de matière organique résultant des activités aquacoles n'est généralement pas compatible avec les aires marines protégées, une aquaculture de faible densité pourrait toutefois être une bonne solution pour maintenir les moyens de subsistance de la population locale autour des zones marines protégées.

Certains types d'aquaculture, tels que la mytiliculture ou l'ostréiculture, ont une longue histoire derrière eux et sont des pratiques traditionnelles étroitement liées aux écosystèmes locaux. Dans ce cas, certaines zones aquacoles devraient être protégées de la même façon que l'on protège aujourd'hui des vignobles ou des

oliveraies. Les zones d'aquaculture traditionnelle renferment des valeurs culturelles. Par exemple, les fermes aquacoles situées sur les estuaires de la côte sud-ouest de l'Espagne, qui résultent de l'évolution économique d'anciens marais salants, sont un élément-clé pour la sauvegarde d'un espace local protégé (Parc naturel *Bahía de Cádiz*). Un autre exemple est la mytiliculture dans les rias de Galice, élément important du paysage local. Il est capital de reconnaître que l'aquaculture traditionnelle favorise la biodiversité locale, ainsi que les paysages terrestre et marin, et qu'elle peut favoriser la conservation de la biodiversité marine. Les zones de développement de l'aquaculture traditionnelle peuvent être considérées dans le cadre de zones marines protégées. Dans ce cas, elles seront classées dans la catégorie V de l'UICN (*Paysage terrestre ou marin protégé: aire protégée, administrée principalement dans le but d'assurer la conservation de paysages terrestres ou marins et à des fins récréatives*).

Ecotourisme dans les fermes aquacoles

À l'instar des fermes en milieu rural, les installations aquacoles peuvent devenir des attractions touristiques. Outre la visite des installations et l'observation des systèmes de production, les visiteurs peuvent apprendre bien des choses sur l'intégration de la production aquacole dans l'environnement. Le fait qu'un grand nombre de poissons et d'autres animaux puisse être attiré par les cages peut être



© Arturo Boyra/oceanografica.com

utilisé comme élément touristique, par exemple à travers l'organisation de plongées aux alentours des cages. Cela permettrait aux vacanciers de voir l'aquaculture sous un meilleur angle, tout en encourageant les producteurs à bien entretenir leurs fermes aquacoles et les environs afin de présenter une image positive de leur activité. En outre, les produits pourraient être vendus directement aux touristes.

Densité d'élevage et densité des problèmes

La densité d'élevage est un facteur important quant aux effets sur les communautés benthiques et la faune et la flore locales. La densité d'élevage peut être exprimée par le nombre de poissons par unité de volume d'eau dans une cage (ou la quantité de mollusques dans une structure), ou encore par la quantité de structures dans une zone déterminée. Tout



© Arturo Boyra/oceanografica.com

dépend de l'échelle retenue. Dans les deux cas, l'intensité des effets est liée à la densité d'élevage. Il convient donc d'étudier la densité et la typologie appropriée des activités aquacoles réalisées, ainsi que la sensibilité de l'écosystème local. L'optimisation des densités dans les cages ou dans d'autres types d'installations peut éviter des problèmes liés à la sensibilité de l'écosystème. L'aquaculture extensive peut, dans de nombreux cas, permettre d'éviter les retombées négatives vis-à-vis de la faune et de la flore locales. Le concept de capacité de charge est essentiel à cet égard.

Annexes

Glossaire

Aquaculture

Selon les Directives techniques pour une pêche responsable de la FAO (1997), « *L'aquaculture consiste dans la culture d'organismes aquatiques, y compris Poissons, Mollusques, Crustacés et Plantes aquatiques. Le terme « culture » implique une quelconque forme d'intervention dans le processus d'élevage en vue d'améliorer la production, telle que l'empoissonnement à intervalle régulier, l'alimentation, la protection contre les prédateurs, etc. La culture implique également la propriété individuelle ou juridique du stock en élevage. Du point de vue des statistiques, les organismes aquatiques récoltés par un individu ou une personne juridique les ayant eus en propriété tout au long de leur période d'élevage sont donc des produits de l'aquaculture.* »

Aquaculture en zone exposée (océanique)

L'aquaculture est généralement définie comme une aquaculture exposée ou océanique lorsque « *l'aquaculture s'effectue dans des zones marines non protégées par la ligne de côte contre les conditions marines adverses* ».

Aquaculture en zone abritée

L'aquaculture est généralement définie comme une aquaculture en zone abritée lorsque « *l'aquaculture s'effectue dans des zones marines protégées contre les conditions marines adverses par la ligne de côte* ». Elle peut être assimilée à l'aquaculture côtière.

Aquaculture intégrée

Selon la FAO, « *L'aquaculture intégrée est un système aquacole qui permet de partager les ressources en eau, aliments, gestion, etc. avec d'autres activités, fréquemment agricoles ou agro-industrielles, ou leurs infrastructures (eaux usées, énergie, etc.).* » Cependant, elle peut également être définie comme « *la culture de plusieurs organismes dans la même installation aquacole, où les déchets d'une espèce sont utilisés comme source d'alimentation pour d'autres espèces* ».

Ce système réduit le volume total de déchets de l'installation tout en accroissant la production totale de biomasse.

Aire marine protégée

La définition de l'aire marine protégée (AMP) adoptée par l'UICN est la suivante: « *Toute région intertidale ou subtidale, de même que les eaux la recouvrant, ainsi que la flore, la faune et les caractéristiques historiques et culturelles associées, classées par la législation dans le but de protéger partiellement ou intégralement l'environnement inclus* ».

Aire protégée

La Convention sur la Diversité biologique définit une aire protégée comme « *toute zone géographiquement délimitée qui est désignée, ou réglementée, et gérée en vue d'atteindre des objectifs spécifiques de conservation* ». L'UICN (1994) définit l'aire protégée comme « *Une portion de terre et/ou de mer vouée spécialement à la protection et au maintien de la diversité biologique, ainsi que des ressources naturelles et culturelles associées, et gérée par des moyens efficaces, juridiques ou autres* ».

Bassin

Selon la FAO, le bassin est un « *Ouvrage destiné à contenir de l'eau et des poissons, généralement situé au-dessus du sol, typiquement caractérisé par un échange d'eau important; environnement hautement contrôlé* ».

Biodiversité

La biodiversité (abréviation de « diversité biologique ») est une notion qui représente la complexité ou le réseau de la vie sous toutes ses formes. La Convention sur la Diversité biologique (CDB) définit la biodiversité comme la « *Variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes* ».

Signée lors du Sommet de la Terre (Sommet de Rio) en 1992 par 150 dirigeants gouvernementaux, la Convention sur la Diversité Biologique est consacrée à la promotion du développement durable. Conçue comme un outil pratique pour transformer en réalité les principes de l'Agenda

21, la Convention reconnaît que la diversité biologique va au-delà des plantes, des animaux et des microorganismes et de leurs écosystèmes, mais concerne aussi les gens et leurs besoins en termes de sécurité alimentaire, de médicaments, d'air pur et d'eau douce, d'abris et d'un environnement propre et sain dans lequel ils puissent vivre.

Biosalissures

Les salissures biologiques marines, communément appelées biosalissures ou fouling, consistent en l'accumulation non souhaitée de microorganismes, de végétaux et d'animaux sur des surfaces immergées dans l'eau de mer.

Cage

Selon la FAO, la cage est une « *Unité d'élevage dont le fond et les côtés sont fermés par un écran ajouré en bois ou en filet. Ceci permet un échange naturel d'eau latéralement et, dans la plupart des cas, par le dessous de la cage* ».

Capacité de charge

Selon la FAO, « *La capacité de charge est la quantité d'une activité donnée qui peut être accommodée dans la capacité environnementale d'une zone déterminée. En aquaculture: « se dit souvent de la quantité maximale de poissons que peut supporter un plan d'eau pendant une période prolongée sans l'apparition d'effets négatifs chez les poissons ou dans l'environnement* ».

Culture intensive

Selon la FAO, « *La culture intensive est un système de culture caractérisé par une production allant jusqu'à 200t/ha/an; un degré de contrôle poussé; des coûts initiaux élevés, un haut niveau technologique et une efficacité productive élevée; une tendance à se dissocier du climat et de la qualité de l'eau du site; et l'utilisation de systèmes de culture artificiels* ».

Domestication

Selon la FAO, « *La domestication dans un sens général: processus par lequel des végétaux, des animaux ou des microbes recueillis à l'état naturel s'adaptent à un habitat particulier créé à leur intention par l'être humain. Processus qui consiste à amener une espèce sauvage sous gestion humaine. D'un point de vue génétique, processus par lequel des modifications de fréquences de gènes et de performances sont obtenues lorsqu'une population est soumise à un nouvel ensemble de pressions de sélection* ».

Etang

Selon la FAO, « *L'étang est un plan d'eau stagnante ou de faible taux d'échange, relativement peu profond et généralement de faible superficie, très souvent formé artificiellement* ».

Gestion de zones côtières

La gestion de zones côtières peut être définie comme « *la gestion de zones marines et côtières et des ressources visant à assurer leur utilisation, leur développement et leur protection durables* ».

Immunostimulants

Molécules ayant des effets stimulants sur le système immunitaire non spécifique des humains et des animaux. Ce sont des composés particulièrement utiles dans l'élevage intensif d'animaux et de poissons, car ils permettent d'améliorer la santé des organismes et de prévenir les éclosions épizootiques tout en autorisant une moindre utilisation d'antibiotiques et de médicaments vétérinaires.

Mise en jachère

Selon la FAO, « *La mise en jachère est la procédure dans laquelle des sites normalement exploités pour la production restent inexploités pendant une partie ou la totalité de la saison de croissance.* »

Polyculture

Selon la FAO, la polyculture est « *L'élevage d'au moins deux espèces non compétitives dans la même unité d'élevage* ». Il n'existe pas de rivalité pour l'alimentation ou l'habitat, mais il n'existe pas non plus d'avantage trophique résultant de l'interaction.

Bibliographie Générale

Cette bibliographie peut ne pas être citée directement dans le texte mais inclut des documents basiques sur l'aquaculture.

- Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos (APROMAR), 2005.** *La Acuicultura Marina de Peces en España*. 39 pp.
- Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos (APROMAR), 2006.** *La Acuicultura Marina de Peces en España*. 52 pp.
- Black, K.D. (Ed.), 2001.** *Environmental Impacts of Aquaculture*. Academic Press, Sheffield, UK, 214 pp.
- Beaz, D., Beaz, V., Dürr, V., Icely, J., Lane, A., Thomason, J., Watson, D. and Willemsen, P.R., 2005.** Sustainable Solutions for Mariculture Biofouling in Europe. ASLO Meeting, Santiago de Compostela, Spain, 19th June 2005.
- Bostick, C., Clay, J.W., McNevin, A.A., 2005.** Aquaculture and the Environment. A WWF Handbook on Production Practices, Impacts, and Markets.
- Dunham, R.A., Majumdar, K., Hallerman, E., Bartley, D., Mair, G., Hulata, G., Liu, Z., Pongthana, N., Bakos, J., Penman, D., Gupta, M., Rothlisberg, P. & Hoerstgen-Schwark, G., 2001.** Review of the status of aquaculture genetics. In R.P. Subasinghe, P. 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. 137-166. NACA, Bangkok and FAO, Rome.
- Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 1997.** Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. *Reports and Studies GESAMP*. No. 65. London, IMO. 40 pp. <<http://www.fao.org/docrep/meeting/003/w6435e.htm>>.
- Hargrave, B., 2005.** Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture. *The Handbook of Environmental Chemistry*, vol. 5, Part M. Springer, Berlin.
- Hasan, M.R., 2001.** Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium. In R.P. Subasinghe, P.

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. 193-219. NACA, Bangkok and FAO, Rome.

- Moyle, P.B. & T. Light, 1999.** Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. *Biological Conservation*, 78: 149-161.
- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M., 2000.** Effects of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017– 1024.
- 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.
- Railkin, A.I., 2004.** Marine biofouling: colonization process and defenses. ISBN 0-8493-1419-4. CRC Press.
- Rodríguez, C., Carrasco, J.F., Arronte, J.C., Rodríguez, M., 2006.** Common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) juvenile ongrowing in floating cages. *Aquaculture*, 256: 293-300.
- Rottmann, R.W., R. Francis-Floyd, and R. Durborow, 1992.** The role of stress in fish disease. Feb. 1992. *Southern Regional Aquaculture Center* Publication 474. 21May2001. <http://ag.ansc.purdue.edu/aquanic/publicat/usda_rac/efs/srac/474fs.pdf>.
- Tacon, A.G.J., 2004.** Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. *Aquat. Resour. Cult. Dev.*, 1: 3–14.
- Treasurer, J.W., 2002.** A review of potential pathogens of sea lice and the application of cleaner fish in biological control. *Pest Management Science*, 58 (6): 546-558.
- United Nations Environment Programme /Mediterranean Action Plan, 2004.** *Marine pollution indicators Fact*. Document UNEP(DEC)MEDWG.264/Inf.14. <http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2213>
- United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan, 2005.** *Action Plan concerning species introductions and invasive species in the Mediterranean Sea*. Ed. RAC/SPA, Tunis. 30 pp.

Bibliographie

- Agnese, J.-F., Oteme, Z.J. and Gilles, S., 1995.** Effects of domestication on genetic variability, fertility, survival and growth rate in a tropical siluriform: *Heterobranchus longifilis* Valenciennes 1840. *Aquaculture*, 131: 197-204.
- Agulleiro, M.J., Anguis, V., Cañabate, J.P., Martínez-Rodríguez, G., Mylonas, C.C. and Cerdà, J., 2006.** Induction of spawning of captive-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*) using different administration methods for gonadotropin-releasing hormone agonist. *Aquaculture*, 257: 511-524.
- Allendorf, F.W., 1991.** Ecological and genetic effects of fish introductions: Synthesis and recommendation. *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.*, 48: 178-181.
- Alongi, D.M., Johnston, D.J. and Xuan, T.T., 2000.** Carbon and nitrogen budgets in shrimp ponds of extensive mixed shrimp– mangrove forestry farms in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquac. Res.*, 31: 387– 399.
- Angel, D.L. 2004.** Integrated aquaculture - variations on the theme of biofiltration. *Bull. Aquaculture Ass.Canada* 104: 20-25.
- Angel, D.L. and Spanier, E. 2002.** An application of artificial reefs to reduce organic enrichment caused by net-cage fish farming: preliminary results. *ICES J. Mar. Science*, 59: 324-329.
- Angel, D.L., Krost, P. and Gordin, H. 1995.** Benthic implications of net cage aquaculture in the oligotrophic Gulf of Aqaba. *European Aquaculture Society*, 25: 129-173.
- Anon, 2005.** *Risk on local fish populations and ecosystems posed by the use of imported feed fish by the tuna farming industry in the Mediterranean.* WWW Mediterranean Programme 12 pp.
- Avault, J.W., 1997.** Prevention of diseases: some fundamentals reviewed. *Aquaculture Magazine (March/ April)*: 78-83.
- Bachère, E., Mialhe, E., Noël, D., Boul, V., Morvan, A. and Rodrigues, J., 1995.** Knowledge and research prospects in marine mollusc and crustacean immunology. *Aquaculture*, 132: 17–32.
- Baum, C., Meyer, W., Fleischer, L.G. and Siebers, D., 2002.** Biozidfreie Anti-fouling Beschichtung, EU Patent EP1249476A2.
- Bax, N., K. Hayes, A. Marshall, D. Parry, and R. Thresher, 2001.** *Man-made marinas as sheltered islands for alien marine organisms: Establishment and eradication of an alien invasive species. Turning the tide: the eradication of invasive species.* IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. pp 26-39.
- Bell, J., Doherty, P. and Hair, 1999.** Capture et élevage du poisson de récif coralline au stade post-larvaire: des débouchés pour les nouvelles entreprises artisanales. Ressources marines et commercialisation. *Bulletin de la CPS*, 6: 31-34.

- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., McGhee, F., Dick, J.R., Porter, A., Smullen, R.P. and Sargent, J.R., 2002.** Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. *American Society for Nutritional Sciences*: 222-230.
- Bell, J.G., McGhee, F., Campbell, P.J. and Sargent, J.R. (2003)** Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-molt Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil wash out. *Aquaculture*, 218: 515–528.
- Berejikian, B.A., 1995.** The effects of hatchery and wild ancestry and experience on the relative ability of steelhead trout fry (*Oncorhynchus mykiss*) to avoid a benthic predator. *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.*, 52: 2476-2482.
- Beveridge, M.C.M. 1996.** *Cage Aquaculture*, 2nd ed. Edinburgh, Scotland: Fishing News Books: 346.
- Blazer, V.S. and LaPatra, S.E., 2002.** Pathogens of cultured fishes: potential risks to wild fish populations. Pages 197-224. In: J. Tomasso, ed. *Aquaculture and the Environment in the United States*. U.S. Aquaculture Society, A Chapter of the World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.
- Boesch, D.F., R.H. Burroughs, J.E. Baker, R.P. Mason, C.L. Rowe, and R.L. Siefert, 2001.** *Marine Pollution in the United States: Significant Accomplishments, Future Challenges*. Pew Oceans Commission, Arlington, Virginia.
- Brake, J., Davidson, J. And Davis, J., 2004.** Field observations on growth, gametogenesis, and sex ratio of triploid *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 236: 179-191.
- Britton-Simmons K.H. 2004.** Direct and indirect effects of the introduced alga *Sargassum muticum* on benthic, subtidal communities of Washington State, USA. *Mar Ecol Prog Ser*, 277: 61-78.
- Burd, B., 1997.** B.C. *Salmon Aquaculture Review Interim Draft Report. Key Issue C: Waste Discharges*. British Columbia Environmental Assessment Office. 157 pp.
- Buschmann, A.H., Lopez, D.A. and Medina, A., 1996.** A review of environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquacult. Eng.*, 15, 397– 421.
- Cal, R.M., Vidal, S., Gómez, C., Álvarez-Blázquez, A., Martínez, P. and Piferrer, F., 2006.** Growth and gonadal development in diploid and triploid turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 251: 99-108.
- Cancemi, G., de Falco, G. and Pergent, G., 2003.** Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 961-968.
- Carlton, J.T., 1992.** Introduced marine and estuarine mollusks of North America: an end-of-the-20th-century perspective. *J. Shellfish Res.*, 11: 489-505.
- Carroll, M.L., Cochrane, S., Fielor, R., Velvin, R. and White, P., 2003.** Organic enrichment of sediments from salmon farming: environmental factors, management practises, and monitoring techniques. *Aquaculture*, 226: 165– 180.

- Carver, C.E., Chisholm, A. and Mallet, A.L., 2003.** Strategies to mitigate the impact of *Ciona intestinalis* (L.) biofouling on shellfish production. *J. Shellf. Res.*, 22: 621-631.
- Cataudella, S., Massa, F., Crosetti, D., 2005 (eds).** Interaction Between Aquaculture and Capture Fisheries: a methodological perspective” Studies and Review General Fisheries Commission for the Mediterranean N. 78, FAO. Rome, 229 pp.
- Chamberlain, J., Fernandes, T.F., Read, P., Nickell, T.D. and Davies, I.M., 2001.** Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding superficial sediments. *ICES J. Mar. Sci.*, 58: 411– 416.
- Chelossi, E., Vezzulli, L., Milano, A., Branzoni, M., Fabiano, M., Riccardi, G. and Banat, I.M., 2003.** Antibiotic resistance of benthic bacteria in fish farm and control sediments of the western Mediterranean. *Aquaculture*, 219: 83-97.
- Chopin, T., Yarish, C., Wilkes, R. Belyea, E., Lu, S. and Mathieson., A., 1999.** Developing *Porphyra*/salmon integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry. *J. Applied Phycol.*, 11: 463–472.
- Chopin, T., Buschmann, A.H., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., Kraemer, G.E., Zertuche-González, J.A., Yarish, C. and Neefus, C. 2001.** Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. *J. Phycol.*, 37: 975-986
- Christensen, P.B., Glud, R.N., Dalsgaard, T. and Gillespie, P., 2003.** Impacts of longline mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediments. *Aquaculture*, 218: 567– 588.
- Cohen A.N. and Carlton J.T. 1995.** *Nonindigenous aquatic species in a U.S. estuary: a case study of the biological invasions of the San Francisco Bay and delta.* Report US Fish & Wildlife Service, Washington D.C. and National Sea Grant College Program, Connecticut Sea Grant, (NOAA Grant Number NA36RG0467).
- Commision of the European Communities, 2002.** A strategy for the sustainable development of European aquaculture. *Communication from zhe Commission to the Council and the European Parliament.* 26 pp.
- Costa-Pierce, B.A., 1996.** Environmental Impacts of nutrients from aquaculture: Towards the evolution of sustainable aquaculture. In: *Aquaculture and Water Resource Management*, D.J. Baird, M.C.M. Beveridge, L.A. Kelly and J.F. Muir (eds.). Blackwell Science, U.K. 81-113 pp.
- Costello, M.J., Grant, A., Davies, I.M., Cecchini, S., Papoutsoglou, S., Quigley D. and Saroglia, M., 2001.** The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol.*, 17 (4): 173– 180.
- Crawford, C.M., Macleod, C.K.A. and Mitchell, I.M., 2003.** Effects of shellfish farming on the benthic environment. *Aquaculture*, 224: 117– 140.
- Da Costa, K.G. and Nalesso, R.C., 2006.** Effects of mussel farming on macrobenthic community structure in Southeastern Brazil. *Aquaculture*, 258: 655-663.
- Davenport, J., Black, G., Burnell, G., Cross, T., Culloty, S., Ekaratne, S., Furness, B., Mulcahy, M. and Thetmeyer, H., 2003.** *Aquaculture: the ecological issues.* British Ecological Society: Ecological Issues Series (Blackwell Science Ltd) 89 pages.

- Davis, D.A., Samocha, T.M., Bullis, R.A., Patnaik, S., Browdy, C.L., Stokes, A.D. and Atwood, H.L. 2004. Practical diets for *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931): working towards organic and/or all plant production diets. In L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M.G. Nieto-Lopez, D.A. Villarreal-Cavazos, U. Scholz & M.L. Gonzalez-Felix, (eds.) *Proceedings of the VII International Symposium on Aquaculture Nutrition*. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Mexico. Hermosillo, Mexico,
- Delgado, O., Grau, A., Pou, S., Riera, F., Massuti, C., Zabala, M. And Ballesteros, E., 1997. Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanologia Acta*, 20: 557-563.
- Delgado, O., Ruiz, J., Pérez, M., Romero, J. and Ballesteros, E., 1999. Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanologia Acta*, 22: 109-117.
- De Silva, S., Nguyen, T.T., Wabery, N. and Amarasinghe, U.S., 2006. An evaluation of the role and impacts of alien finfish in Asian inland aquaculture. *Aquaculture Research*, 37: 1-17.
- Dimech, M., Borg, J.A. and Schembri, P.J., 2000. Structural changes in a *Posidonia oceanica* meadow exposed to a pollution gradient from a marine fish-farm in Malta (Central Mediterranean). *Biol. Mar. Mediterr.*, 7(2): 361-364.
- Doherty, P.J., Dufour, V., Galzin, R., Hixon, M.A. Meekan, M.G and Planes, S., 2004. High mortality during settlement is a population bottleneck for a tropical surgeonfish. *Ecology*, 85:2422-2428.
- Doelle, M. 2003. The Quiet Invasion: Legal and Policy responses to Aquatic Invasive Species in North America. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, 18 (2): 261-294.
- Dugenci, S.K., (2003). Some Medical Plants as Immunostimulant for Fish. *Journal of Ethnopharmacology*, 88:99-106.
- Elfwing, T. and Tedengren, M., 2002. Effects of copper on the metabolism of three species of tropical oysters, *Saccostrea cucullata*, *Crassostrea lugubris* and *C. belcheri*. *Aquaculture*, 204: 157-166.
- EEA, 2006. *Priority issues in the Mediterranean environment*. EEA Report 4, 88 pp
- Eno N.C., Clark R.A. and Sanderson W.G. 1997. *Non-native marine species in British waters: a review and directory*. Published by JNCC, Peterborough: 152pp.
- Environmental Assessment Office (EAO), 1998. **British Columbia**. The Salmon Aquaculture Review. <<http://www.eao.gov.bc.ca/project/aquacult/salmon/report/toc.htm>>.
- European Commission, 2004. European Code of Practice for Sustainable and Responsible Fisheries. Luxemburgo: Official Publications Office of European Communities. 15 pp.
- Falconer, D.S., 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*, 3rd edn. Longman, New York.
- Federation of European Aquaculture Producers (FEAP), 2000. *Code of Conduct for European Aquaculture*. FEAP, Brussels. <http://www.feap.info/FileLibrary/6/FEAP%20Code%20of%20Conduct.pdf>.

- Flassch J.P. and Leborgne Y. 1992.** Introduction in Europe, from 1972 to 1980, of the Japanese Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) and the effects on aquaculture production and natural settlement. *ICES mar. Sci. Symp.*, 194: 92-96.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1997.** *Aquaculture development*. FAO Tech. Guidel. Responsible Fisheries, (5):40 pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2003.** Fishery Records Collections. FIGIS Data Collection. FAO - Rome. Updated Jan 31 2007. <http://www.fao.org/figis/servlet/static?dom=collection&xml=dias.xml>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004a.** The State of World Fisheries and Aquaculture. SOFIA 2004. <http://www.fao.org/DOCREP/007/y5600e/y5600e00.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004b.** Capture-based aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2005a.** FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production: quantities 1950–2003; Aquaculture production: values 1984–2003; Capture production: 1950–2003; Commodities production and trade: 1950–2003; Total production: 1970–2003, Vers. 2.30. www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2005b.** General fisheries commission for the Mediterranean international commission for the conservation of Atlantic tunas. Report meeting of the ad hoc GFCM/ICCAT working group on sustainable bluefin tuna farming/fattening practices in the Mediterranean. Rome, 2005.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006a.** *State of world aquaculture: 2006*. FAO Fisheries technical paper No. 500, 145pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006b.** *Use of fisheries resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications*. FAO Fisheries Circular No. 1018, 114 pp.
- Galil B., Froglià, C. and Noël, P., 2002.** *CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean. Vol.2. Crustaceans. Decapods and stomapods*. CIESM Publishers, Monaco. 192 pp.
- García-Gómez, A., Díaz, M.V., de la Gándara, F., de la Serna, J.M., Belmonte, A., Ayora, E., Gordin, H., Fauvel, C., Medina, A., Bridges, C., Vassallo-Agius, R., Mylonas C. and De Metrio, G., 2005.** Posibilidades de reproducción del atún rojo, *Thunnus thynnus*, en cautividad. *Actas del X Congreso Nacional de Acuicultura, Gandía (Valencia)*. Universidad Politécnica de Valencia: 358-359.
- Gardner, J., Peterson, D., Wood, A. and Maloney, V., 2004.** *Making sense of the debate about hatchery impacts, interactions between enhanced and wild salmon on Canada's Pacific coast*. Pacific Fisheries Resource Conservation Council. Vancouver, British Columbia, 159 pp.
- Gagnaire, B., Soletchnik, P., Madec, P., Geairon, P., Le Moine, O. and Renault, T., 2006.** Diploid and triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg), reared at two heights above sediment in Marennes-Oleron Basin, France: Difference in mortality, sexual maturation and hemocyte parameters. *Aquaculture*, 254: 606-616.

- General Authority For Fish Resources Development (GAFRD), 2004.** *Fish production statistics in Egypt for the year.* Egyptian Ministry for Agriculture and Reclamation land. 195 pp.
- Golani D., Rellini-Orsi, I., Massutri, E. and Quignard, J.-P., 2002.** *CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean. Vol.1. Fishes.* CIESM Publishers, Monaco. 256 pp.
- Gouletquer Ph., Bachelet G., Sauriau P.G. and Noel P. 2002.** Open Atlantic coast of Europe - a century of introduced species into French waters. In: Leppakoski E., Gollasch S. and Olenin S.(eds), *Invasive Aquatic species of Europe - distribution impacts and management.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London: 276-290.
- Goodwin A.E., Peterson, J.E., Meyers, T.R. and Money, D.J., 2004.** Transmission of Exotic Fish Viruses: The Relative Risks of Wild and Cultured Bait. *Fisheries*, 29(5): 19-23.
- Grant, J., Hatcher, A., Scott, D.B., Pocklington, P., Schafer, C.T., Winters, G.V., 1995.** A multidisciplinary approach to evaluating impacts of shellfish aquaculture on benthic communities. *Estuaries* 18(1A):124-144
- Grizel H. and Héral M. 1991.** Introduction into France of the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) J. *Cons. Int. Explor. Mer*, 47: 399-403.
- Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 1990.** The state of the marine environment. *Rep. Stud. GESAMP*, (39): 111 p.
- Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 1997.** Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. *Reports and Studies GESAMP*. No. 65. London, IMO. 40 pp. <<http://www.fao.org/docrep/meeting/003/w6435e.htm>>.
- Guichard, B. & Licek, E., 2006.** A comparative study of antibiotics registered for use in farmed fish in European countries. Poster. OIE Global Conference on Aquatic Animal Health, Bergen.
- Guillen, I., Berlanga, J., Valenzuela, C.M. Morales, A., Toledo, J., Estrada, M.P., Puentes, P., Hayes, O. and LaFuente, J, 1999.** Safety evaluation of transgenic tilapia with accelerated growth. *Mar. Biotech.*, 1: 2-14.
- Hair, C., Bell, J. and Doherty, P. 2002.** The use of wild-caught juveniles in coastal aquaculture and its application to coral reef fishes. In R.R. Stickney & J. McVey, eds. *Responsible Marine Aquaculture*, pp. 327-351. Wallingford, England, CAB International.
- Haroun, R.J. and Izquierdo, M.S. 1991.** Distribución de *Sargassum muticum* (Yendo) Fehnholt en Europa. Peligros de su penetración en la Península Ibérica" *Actas V Simp. Iber. Estud. Bentos Mar.*, Vol. I: 22 - 27.
- Hassin, S., De Monbrison, D., Hanin, Y., Elizur, A., Zohar, Y. and Popper,**

- D.M., 1997.** Domestication of the white grouper, *Epinephelus aeneus*. 1. Growth and reproduction. *Aquaculture*, 156: 305-316.
- Hemminga, M.A. and Duarte, C.M., 2000.** *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 298 pp.
- Henderson, A.R. and Davies, I.M., 2000.** Review of aquaculture, its regulation and monitoring in Scotland. *J. Appl. Ichthyol.*, 16: 200-208.
- Héral M. 1986,** L'ostréiculture française traditionnelle. In: Barnabé G. (éd.), *Aquaculture. Vol. 1*. Lavoisier, Paris, pp. 345-390.
- Hewitt, C.L., Campbell, M.L. and Gollasch, S., 2006.** *Alien Species in Aquaculture. Considerations for responsible use*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. viii + 32 pp.
- Hindar, K., 2001.** Interactions of cultured and wild species. In: *Marine aquaculture and the environment: a meeting for stakeholders in the Northeast*. University of Massachusetts, Boston. 11–13 pp.
- Holmer, M., Pérez, M and Duarte, C.M., 2003.** Benthic primary producers—a neglected environmental problem in Mediterranean maricultures? *Mar. Pol. Bull.*, 46: 1372–1376.
- Hostin, L.M., 2003.** *Influência de cultivos de ostras (Crassostrea Sacco, 1897) nas comunidades macrobênticas de um canal de maré da Baía de Guaratuba, Paraná*. Dissertation. Biology Department, Universidade Federal do Paraná, 76 pp.
- Howard, R.D., DeWoody, J.A. and Muir, W.M., 2004.** Transgenic male mating advantage provides opportunity for Trojan gene effect in fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(9): 2934-2938.
- Hussenot, J.M.E., 2003.** Emerging effluent management strategies in marine fish-culture farms located in European coastal wetlands. *Aquaculture*, 226: 113-128.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2004.** *Report of the Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms (WGITMO)*. International Council for the Exploration of the Seas, Copenhagen, Denmark, 151 pp.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2005.** *ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms*. International Council for the Exploration of the Seas, Copenhagen, Denmark. 30p.
- Iglesias, J., Otero, J.J., Moxica, C., Fuentes, L. and Sánchez, F.J., 2004.** The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) under culture conditions: paralarval rearing using *Artemia* and zoeae, and first data of juvenile growth up to 8 months of age. *Aquaculture Internacional*, 12: 481-487.
- Ingrid, G., Andersen, T., and Vadstein, O., 1997.** Pelagic food webs and eutrophication of coastal waters: impact of grazers on algal communities. *Mar. Pol. Bull.*, 33(1-6): 22-35.
- International Fishmeal & Fish Oil Organisation (IFFO), 2002.** Resources and Markets – The world market overview of fishmeal and fish oil, S. M Barlow, Paper presented to the 2nd Seafood By-Products Conference, Alaska in November 2002. <http://www.iffco.org.uk/tech/alaska.htm>

- Izquierdo, M.S., Obach, A., Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L. and Rosenlund, G., 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquacult. Nutr.*, 9: 397–407.
- Jerez, S., Samper, M., Santamaria, F.J., Villamandos, J., Cejas, J. and Felipe, B., 2006. Natural spawning of greater amberjack (*Seriola dumerili*) kept in captivity in the Canary Islands. *Aquaculture*, 252: 199–207.
- Jones, A.B., Dennison, W.C. and Preston, N.P., 2001. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture*, 193: 155–178.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.N. and Plaiti, W., 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1462–1471.
- Kovac, N., Cermelj, B., Vrišer, B. and Lojen, S., 2004. The Influence of Fish Farming on Coastal Marine Sediment in Slovenia (Piran Bay, northern Adriatic) – Summary. In: UNEP/MAP/MED POL: *Mariculture in the Mediterranean*. MAP Technical Reports Series No. 140, UNEP/MAP, Athens, 2004.
- Krom, M.D., Ellner, S., van-Rijn, J. and Neori, A., 1995. Nitrogen and phosphorus cycling and transformations in a prototype “non-polluting” integrated mariculture system, Eliat, Israel. *Mar.Ecol. Prog. Ser.*, 118:25–36.
- Lachance, S. and Magnan, P., 1990. Performance of domestic, hybrid, and wild strains of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, after stocking: The impact of intra- and interspecific competition. *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.*, 47: 2278–2284.
- Leonart, J. and Majkowski, J., 2005. Summary report on bluefin tuna capture fishing for farming/fattening in the Mediterranean. In: *GFCM/ICCA ICCAT Working Group on sustainable Tuna Farming/Fattening practices in the Mediterranean*. Rome,
- Lodeiros, C. and García, N., 2004. The use of sea urchins to control fouling during suspended culture of bivalves. *Aquaculture*, 231: 293–298.
- Lovatelli, A., 2005. Summary report on the status of bluefin tuna aquaculture in the Mediterranean. In: *GFCM/ICCA ICCAT Working Group on sustainable Tuna Farming/Fattening practices in the Mediterranean*. Rome, 16–18 pp.
- Machias, A., Karakassis, I., Giannoulaki, M., Papadopoulou, K.N., Smith, C.J. and Somarakis, S., 2005. Response of demersal fish communities to the presence of fish farms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 288: 241–250.
- Manley, A.R., 1983. The effects of copper on the behaviour, respiration, filtration and ventilation activity of *Mytilus edulis*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 63: 205–222.
- Marbà, N., Santiago, R., Díaz-Almela, E., Álvarez, E. and Duarte, C.M., 2006. Seagrass (*Posidonia oceanica*) vertical growth as an early indicator of fish farm-derived stress. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67: 475–483.
- Marinho-Soriano, E., Morales, C. and Moreira, W.S.C., 2002. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in shrimp pond effluents in Brazil. *Aquac. Res.*, 33: 1081–1086.

- Marino, G., E. Panini, A. Longobardi, A. Mandich, M.G. Finoia, Y. Zohar and C. Mylonas, 2003.** Induction of ovulation in captive-reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained-release GnRH α implant. *Aquaculture*, 219 (1-4): 841-858.
- Martínez, S., 2005.** *Contribución al estudio del crecimiento y aprovechamiento nutritivo de la dorada (Sparus aurata) alimentada con piensos con diferentes fuentes proteicas y lipídicas.* Tesis Doctoral. Universidad de Valencia: 204 pp.
- Mazzola, A., Mirto, S., La Rosa, T., Danovaro, R. and Fabiano, M., 2000.** Fish farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of the meiofaunal resilience. *ICES Journal of Mar. Sci.*, 57: 1454–1461.
- McClelland, J.W. and Valiela, I., 1998.** Changes in food web structure under the influence of increased anthropogenic nitrogen inputs to estuaries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 168: 259-271.
- McGhie, T.K., Crawford, C.M., Mitchell, I.M. and O'Brian, D., 2000.** The degradation of fish-waste in sediments during fallowing. *Aquaculture*. 187(3-4): 351-366.
- McGinnity, P. and Ferguson, A., 2003.** Accidental and Deliberate Introduction of Farmed Salmon and Result in reduced Survival and Fitness could Lead to Extinction of Vulnerable Wild Populations of Atlantic Salmon. <http://130.226.135.19/fiskepleje/PDFs/Nontechnical.pdf>
- McNeely, J.A. and Schutyser, F., 2003.** Invasive species: A global concern bubbling to the surface. *International Conference on the Impact of Global Environmental Problems on Continental and Coastal Marine Waters.* Geneva, Switzerland, 12 pp.
- McVicar, A.H. 1997.** Disease and parasite implications of the coexistence of wild and cultured Atlantic salmon populations. *ICES J. Mar. Sci.*, 54: 1093–1103.
- Miron, G., Landry, T., Archambault, P. and Frenette, B., 2005.** Effects of mussel culture husbandry practices on various benthic characteristics. *Aquaculture*, 250: 138-154.
- Mirto, S., La Rosa, T., Danovaro, R. and Mazzola, A., 2000.** Microbial and meiofaunal response to intensive mussel farm biodeposition in coastal sediments of the Western Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.*, 40: 244–252.
- Muir, W.M. and Howard, R.D., 1999.** Possible ecological risks of transgenic organism release when transgenes affect mating success: sexual selection and the Trojan gene hypothesis. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 96: 13853-13856.
- Muzinic, L.A., Thompson, K.R., Morris, A., Webster, C.D., Rouse, D.B. and Manomaitis, L., 2004.** Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and brewer's grains with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*, 230: 359–376.
- Mylonas, C., Papandroulakis, N. Smboukis, A., Papadaki, M. and Divanach, P., 2004.** Induction of spawning of cultured greater amberjack (*Seriola dumerili*) using GnRH α implants. *Aquaculture*, 237: 141-154.
- Myrick, C.A., 2002.** Ecological impacts of escaped organisms. In: *Aquaculture and the Environment in the United States.* U.S., J. Tomasso, (ed.). Aquaculture Society, A Chapter of the World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA. 225-245 pp.

- Nash, C.E., P.R. Burbridge, and J.K. Volkman (editors). 2005. *Guidelines for ecological risk assessment of marine fish aquaculture*. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-71, 90 p.
- National Research Council (NRC), 1999. *The Use of Drugs in Food Animals: Benefits and Risks*. National Academy Press, Washington, D.C.
- National Research Council (NRC), 2000. *Clean Coastal Waters: Understanding and Reducing the Effects of Nutrient Pollution*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Neori, A, Msuya, F.E., Shauli, L., Schuenhoff, A., Kopel, F. and Shpigel, M. 2003. A novel three-stage seaweed (*Ulva lactuca*) biofilter design for integrated mariculture. *J. Applied Phycol.*, 15: 543-553.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M. and Yarish, C., 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231: 361-391.
- New, M.B., Tacon, A.G.J. and Csavas, I. (eds.), 1995. *Farm-made aquafeeds*. FAO Fisheries Technical Paper No. 343, 434 pp., Rome.
- New, M.B. and Wijkstrom, U.N., 2002. *Use of fish meal and fish oil in aquafeeds further thoughts on the fish meal trap*. FAO Fish. Circ. 975. Rome, 61 pp.
- National Marine Fisheries Service/ U.S. Fish and Wildlife Service (NMFS/FWS), 2000. November 2000. Guide to the listing of a distinct population segment of Atlantic salmon as endangered. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. 21 May 2001. <http://www.nmfs.gov/press_release/salmonguide00.01.pdf>.
- Nordstrom, H., and Vaughan, S., 1999. *Trade and Environment*. Special Studies 4. Geneva: World Trade Organization.
- Omoto, N., Maebayashi, M., Adachi, S., Arai, K. and Yamauchi, K., 2005. Sex ratios of triploids and gynogenetic diploids induced in the hybrid sturgeon, the bester (*Huso huso* female x *Acipenser ruthenus* male). *Aquaculture*, 245:39-47.
- Ottolenghi, F, Silvestri, C., Giordano, P., Lovatelli, A. and New, M.B., 2004. *Capture-based aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails*. FAO, Rome. 308 pp.
- Papandroulakis, N., Mylonas, C.C., Maingot, E. and Divanach, P., 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. *Aquaculture*, 250: 155-161.
- Pearson, T.H. and Black, K.D., 2001. The environmental impacts of marine fish cage culture. In: *Environmental Impacts of Aquaculture*, Black, K.D. (ed.). Sheffield Academic Press, 1- 27 pp..
- Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F., Pasqualini, V. and Pergent, G., 2006. Impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows: a review. *Marine Ecology*, 27: 310-319p.

- Pike, I.H.** 2005. Eco-efficiency in aquaculture: global catch of wild fish used in aquaculture. *Int. Aquafeed*, 8(1): 38–40.
- Planes, S. and Lecaillon, G.**, 2001. Caging experiment to examine mortality, during metamorphosis of coral reef fish larvae. *Coral Reefs*, 20(3): 211-218.
- Pohle, G., Frost, B. and Findlay, R.**, 2001. Assessment of regional benthic impact of salmon mariculture within the Letang Inlet, Bay of Fundy. *ICES J. Mar. Sci.*, 58: 417-426.
- Porrello, S., Tomassetti, T., Manzueto, L., Finoia, M.G., Persia, E., Mercatali, I. and Stipa, P.**, 2005. The influence of marine cages on the sediment chemistry in the Western Mediterranean Sea. *Aquaculture*, 249: 145– 158.
- Powell, K.**, 2003. Fish farming: eat your veg. *Nature*, 426: 378-379.
- Robinson, S.M.C., Auffrey, L.M. and Barbeau, M.A.**, 2005. Far-Field Impacts of Eutrophication on the Intertidal Zone in the Bay of Fundy, Canada with Emphasis of the Soft-Shell Clam, *Mya arenaria*. *Hdb. Env. Chem.*, vol. 5, Part M: 253-274.
- Rodriguez, A., Cuesta, A., Ortuno, J., Esteban M.A. and Meseguer, J.**, 2003. Immunostimulant properties of cell wall-modified whole *Saccharomyces cerevisiae* strain administered by diet to seabream (*Sparus aurata* L.). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 96: 183-192.
- Ruckebusch, H.**, 1949. Le clam : note sur *Venus mercenaria* (L.), son introduction et son élevage dans le Bassin de la Seudre. *Rev. Trav. Off. Scient. Tech. Pêches. Mar.*, XV (1-4) (1949) 99-117.
- Ruesink, J., Groom, M., Parker, I. and Kareiva, P.**, 1995. Reducing the risks of nonindigenous species introductions. *BioScience*, 47: 465-477.
- Ruiz, G.M., Carlton, J.T., Grosholz, E.D. and Hines, A.H.**, 1997. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: Mechanisms, extent, and consequences. *Am. Zool.*, 37: 621-632.
- Ruiz, J.M., Perez, M. and Romero, J.**, 2001. Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pol. Bull.*, 42, 749-760.
- Sadek, S. and Mires, M.**, 2000. Capture of wild finfish fry in Mediterranean coastal areas and possible impact on aquaculture development and marine genetic resources. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 52(2), 77-88.
- Sabaut, J.-J.**, 2002. *Feeding Farmed Fish*. President of the Inter-professional Committee for Aquaculture Products (CIPA) France.
- Sanchez I., Fernandez, C., and Arrontes, J.**, 2005. Long-term changes in the structure of intertidal assemblages after invasion by *Sargassum muticum* (Phaeophyta). *J. Phycology*, 41: 942-949.
- Sarà, G., Scilipoti, D., Mazzola, A. and Modica, A.**, 2004. Effects of fish farming waste on sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). *Aquaculture*, 234: 199–213.

- Sarà, G., Scilipoti, D., Milazzo, M. and Modica, A., 2006.** Use of stable isotopes to investigate dispersal of waste from fish farms as a function of hydrodynamics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 313: 261-270.
- Sargent, J.R. and Tacon, A.G., 1999.** Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. *Proceeding of Nutritional Society*, 58: 377-383.
- Schmidt, A.S., Bruun, M.S., Dalsgaard, I. and Larsen, J.L., 2001.** Incidence, distribution, and spread of tetracycline determinants and integron-associated antibiotic resistance genes among motile aeromonads from a fish farming environment. *Appl. Environ. Microbiol.*, 67: 5675– 5682.
- Schulze, A.D., Alabi, A.O., Tattersall-Sheldrake, A.R. and Miller, K.M., 2006.** Bacterial diversity in a marine hatchery: Balance between pathogenic and potentially probiotic bacterial strains. *Aquaculture*, 256: 50-73.
- Smith, J. and Shackley, S.E., 2004.** Effects of a commercial mussel *Mytilus edulis* lay on a sublittoral, soft sediment benthic community. *Mar. Ecol., Prog. Ser.*, 282: 185– 191.
- Smith, J.E., 2002.** *Alien Marine Algae in the Hawaiian Islands.*
www.botany.hawaii.edu/GradStud/smith/invasive/BROCHURE.htm
- Smith, P., Hiney, M.P. and Samuelsen, O.B., 1994.** Bacterial resistance to antimicrobial agents used in fish farming: a critical evaluation of method and meaning. *Annu. Rev. Fish Dis.*, 4: 273–313.
- Soto, D. and Mena, G., 1999.** Filter feeding by the freshwater mussel, *Diplodon chilensis*, as a biocontrol of salmon farming eutrophication. *Aquaculture*, 171: 65–81.
- Stahr, P.A., Pedersen, M.F., Thomsen, M.S., Wernberg, T. and Krause-Jensen, D., 2000.** Invasion of *Sargassum muticum* in Limfjorden (Denmark) and its possible impact on the indigenous macroalgal community. *Mar Ecol Pro Ser*, 207: 79-88.
- Tacon, A.G.J., 2004.** Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. *Aquat. Resour. Cult. Dev.*, 1: 3–14.
- Tan, C.K.F., Nowak, B.F. and Hodson, S.L., 2002.** Biofouling as a reservoir of *Neoparamoeba pemaquidensis* (Page 1970), the causative agent of AGD in Atlantic salmon. *Aquaculture*, 210: 49– 58.
- Thomsen, M.S., Wernberg, T., Stahr, P.A. and Pedersen, M.F., 2006.** Spatio-temporal distribution patterns of the invasive macroalga *Sargassum muticum* within a Danish *Sargassum*-bed. *Helgoland Marine Research*, 60(1): 50-58.
- Thorarinsson, R. and Powell, D.B., 2006.** Effects of disease risk, vaccine efficacy, and market price on the economics of fish vaccination. *Aquaculture*, 256: 42-49.
- Thorpe, J.E., 1991.** Acceleration and deceleration effects of hatchery rearing on salmonid development, and their consequences for wild stocks. *Aquaculture*, 98: 111-118.
- Torrecillas, S., Makol, A., Caballero, M.J., Montero, D., Robaina, L., Real, F., Sweetman, J., Tort, L. and Izquierdo, M.S., 2007.** Immune stimulation and improved infection resistance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)

- fed mannan oligosaccharides. *Fish & Shellfish Immunology*. (in press, doi: 10.1016/j.fsi.2007.03.007).
- Troell, M., Halling, C., Nilsson, A., Buschmann, A.H., Kautsky, N. and Kautsky, L., 1997.** Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*, 156: 45–61.
- Troell, M., Halling, C., Neori, A., Chopin, T., Buschmann, A.H., Kautsky N. and Yarish, C., 2003.** Integrated aquaculture: asking the right questions. *Aquaculture*, 226: 69-90.
- United Nations Environment Programme /Mediterranean Action Plan, 2004.** *Marine pollution indicators Fact*. Document UNEP(DEC)MEDWG.264/Inf.14. <http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2213>
- United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan, 2005.** *Action Plan concerning species introductions and invasive species in the Mediterranean Sea*. Ed. RAC/SPA, Tunis. 30 pp.
- Uriarte, A. and Basurco, B. (eds.), 2001.** *Environmental impact assessment of Mediterranean aquaculture farms* Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 2001. 416 p. (Cahiers Options Méditerranéennes; v. 55). TECAM Seminar on Environmental Impact Assessment of Mediterranean Aquaculture Farms, 2000/01/17-21, Zaragoza (Spain).
- Van Ginneken, V.J.T. and Maes, G.E., 2005.** The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its Lifecycle, Evolution and Reproduction: A Literature Review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15(4): 367-398.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P. and Verstraete, W., 2000.** Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64: 655.
- Vezzulli, L., Chelossi, E., Riccardi, G. and Fabiano, M., 2002.** Bacterial community structure and activity in fish farm sediment of the Ligurian Sea (Western Mediterranean). *Aquaculture International*, 10 (2): 123– 141.
- Viarengo, A., 1989.** Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. *Rev. Aquat. Sci.*, 1: 295–317.
- Viera, M.P., Gómez Pinchetti, J.L., Courtois de Vicoze, G., Bilbao, A., Suárez, S. Haroun R.J. and Izquierdo, M.S., 2006.** Suitability of three red macroalgae as a feed for the abalone *Haliotis tuberculata coccinea* Reeve. *Aquaculture*, 248: 75-82.
- Wabnitz, C., Taylor, M., Green, E. and Razak, T., 2003.** *From Ocean to Aquarium*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- Waknitz, F.W., Tynan, T.J., Nash, C.E., Iwamoto, R.N. and Rutter, L.G., 2002.** *Review of potential impacts of Atlantic salmon culture on Puget Sound Chinook salmon and Hood Canal summer-run chum salmon evolutionarily significant units*. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS- NWFSC-53. 83 p.
- Weber, M., 2003.** *What price farmed fish: A review of the environmental & social costs of farming carnivorous fish*. SeaWeb Aquaculture Clearinghouse. Providence, Rhode Island. 52 pp.

- Webster, C.D., Tiu, L.G., Margan, A.M and Gannm, A.M., 1999.** Effect of partial replacement of fishmeal on growth and body composition of sunshine bass, *Morone chrysops* X *M. saxatilis*, fed practical diets. *Journal of World Aquaculture Society*, 30: 443-453.
- Winton, J.R., 2001.** Fish health management, In: *Fish Hatchery Management*, Wedemeyer, G. (ed.). 2nd ed. American Fisheries Society, Bethesda, MD, 559–639 pp.
- Wolff, W.J. and Reise, K., 2002.** Oyster imports as a vector for the introduction of alien species into Northern and Western European coastal waters. In: Leppakoski E., Gollasch S. and Olenin S. (eds), *Invasive Aquatic species of Europe - distribution impacts and management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London: 193-205 pp.
- World Commission on Environment and Development (WCED), 1987.** *Our common future*. Oxford UK, Oxford University Press, 383 pp.
- World Health Organization (WHO), 2002.** *The world health report. Reducing risks, promoting healthy life*. 248 pp.
- World Wide Fund for Nature (WWF), 2006.** *The plunder of bluefin tuna in the Mediterranean and East Atlantic in 2004 and 2005. Uncovering the real story*. WWF Mediterranean Marine Programme, 101 pp.
- Worm, B., Lotze, H.K., Boström, C., Engkvist, R., Labanauskas, V. and Sommer, U., 1999.** Marine diversity shift linked to interactions among grazers, nutrients and dormant propagules. *Mar Ecol. Prog. Ser.*, 185: 309-314.
- Worm, B. and Lotze, H.K., 2000.** Nutrient pollution, low-trophic level harvesting and cumulative impacts on coastal ecosystems. In: *Proceedings of the symposium "Rockweed: management in the face of scientific uncertainty"*, (R.W. Rangeley (ed.). Huntsman Marine Science Centre, St. Andrews, New Brunswick, Canada.
- Worm, B., Lotze, H.K., and Sommer, U., 2000.** Coastal food web structure, carbon storage, and nitrogen retention regulated by consumer pressure and nutrient loading. *Limnol. and Oceanogr.*, 45(2): 339-349.
- Youngson, A.F., Dosdat, A., Saroglia, M. and Jordan, W.C., 2001.** Genetic interactions between marine finfish species in European aquaculture and wild conspecifics. *J. Appl. Ichthyol.*, 17 (4): 153–162.
- Yu, Y., 2004.** Replacement of fishmeal with poultry byproduct meal and meat and bone meal in shrimp, tilapia and trout diets. In L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M.G. Nieto- Lopez, D.A. Villarreal-Cavazos, U. Scholz & M.L. Gonzalez-Felix, (eds.) *Proceedings of the VII international symposium on aquaculture nutrition*. Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Hermosillo, Mexico.

Liste de participants

Atelier Aquaculture et Environnement

26-28 octobre 2006, Las Palmas de Grande Canarie, Espagne



Dror Angel, Institut Recanati des Sciences de la mer, Université d'Haifa, Israel

adrdr@research.haifa.ac.il

Abdelhafid Chalabi, Consultant, Département Pêches et Océans, Canada

achalabi@rogers.com

Panos Christofiligannis, Aquatic Resources Management Solutions (AQUARK), Grecia

panosvet@otenet.gr

Gercende Courtois de Vicose, Université de Las Palmas de Grande Canarie, Espagne

gtricor@hotmail.com

Fernando de la Gándara, Institut Espagnol d'Océanographie,
Mazaron, Murcie, Espagne
fernando@mu.ico.es

Ricardo Haroun Tabraue, Université de Las Palmas de Grande
Canarie, Espagne
rharoun@dbio.ulpgc.es

Mohamed Hichem Kara, Université d'Annaba,
Argelia
kara_hichem@yahoo.com

Marisol Izquierdo, Université de Las Palmas de Grande Canarie,
Espagne
mizquierdo@dbio.ulpgc.es

Alex Makol Arenas, Université de Las Palmas de Grande Canarie,
BIOGES, Espagne
amakol@iccm.rcanaria.es

Syndhia Mathé, Université de Montpellier,
France
mathe.syndhia@wanadoo.fr

Chadi H. Omaña, Institut d'Océanographie et des Pêches,
Liban
iopgov@cyberia.net.lb

Daniel Montero Vítóres, Université de Las Palmas de Grande Canarie,
Espagne
dmontero@iccm.rcanaria.es

Hassan Nhhala, Institut National de Recherche Halieutique (INRH),
Maroc
nhhalahassan@yahoo.fr

Javier Ojeda González-Posada, Association d'Entreprises de
Producteurs de Cultures Marines (APROMAR), Espagne
ojeda@apromar.es

Christine Pergent, Plan d'Action Méditerranéen du PNUE, Centre d'Activités Régional pour les Aires Spécialement Protégées, Tunis
christine.pergent@rac-spa.org

Ferit Rad, Université de Mersin,
Turquie
frad@mersin.edu.tr

Javier Remiro Perlado, TRAGSATEC, S.L., Service de l'Aquaculture, Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, Espagne
javier_remiro@servipes.net

François René, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, France
Francois.Rene@ifremer.fr

Eugenio Reyes, Ben.Magec (Fédération des Ecologistes des Canaries), Espagne

Shérif Sadek, Bureau de Conseil en Aquaculture (ACO),
Egypte
aco_egypt@yahoo.com

François Simard, UICN, Centre de Coopération pour la Méditerranée, Espagne, Programme Global marin, Suisse
francois.simard@iucn.org

Despina Symons, European Bureau for Conservation and Development, Belgique
despina.symons@ebcd.org

Fernando Torrent, Université Autonome de Madrid, Espagne
fernando.torrent@upm.es

Mapi Viera Toledo, Université de Las Palmas de Grande Canarie, Espagne
mapi@iccm.rcanaria.es

John Watters, ADSA,
Espagne
johnwaters.adsa@tinamenor.es

Guzel Yucel-Gier, Université Dokuz Eylül, Izmir,
Turquie
yucel.gier@deu.edu.tr

Nous remercions également les personnes suivantes pour leur aide et leurs commentaires:

Albert Tacon, Université de Hawaï,
USA

Silvia Torrecillas Burriel, Université de Las Palmas de Grande Canarie,
Espagne
storrecillas@iccm.rcanaria.es

Bernardo Basurco, CIHEAM,
Espagne
basurco@iamz.ciheam.org

Fabio Massa, FAO-ADRIAMED

Courtney Hough, FEAP
courtney@feap.info

Liste d'acronymes

AEE:	Agence Européenne pour l'Environnement
AMP:	Aire Marine Protégée
APROMAR:	Association Entrepreneuriale de Producteurs de Cultures Marines
BFT:	Thon rouge de l'Atlantique (<i>BlueFin Tuna</i>)
BIOGES:	Centre de Recherche en Biodiversité et Gestion Environnementale de l'Université de Las Palmas de Grande Canarie
CAR-ASP:	Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées
CARE system:	Système de Pièges pour Collecte développé par Ecocean Inc.
CDB:	Convention sur la Diversité Biologique
CGPM:	Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée
CICAA:	Commission Internationale pour la Conservation du Thon Atlantique
CIEM:	Conseil International pour l'Exploration de la Mer
CIESM:	Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée
CMED:	Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement
CRAB:	Collective Research on Aquaculture Biofouling
EBCD:	European Bureau for Conservation and Development
ESB:	Encéphalopathie Spongiforme Bovine

FAO:	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FEAP:	Fédération Européenne des Producteurs Aquacoles
FWS:	Fish and Wildlife Service; Service (US) de la Pêche et de la Vie sauvage
GESAMP:	Groupe d'Experts sur les Aspects Scientifiques de la Protection du Milieu Marin
GIA:	Groupe de Recherche en Aquaculture de l'Université de Las Palmas de Grande Canarie
IEO:	Institut Espagnol d'Océanographie
IFFO:	Organisation Internationale de la Farine et l'Huile de Poisson
INRH:	Institut National de Recherche Halieutique du Maroc
MAPA:	Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation Espagnol
MEA:	Mouvement Ecologique Algérien
NMFS:	National Marine Fisheries Service (Agence fédérale US)
OENG:	Organisations Environnementales Non-Gouvernementales
OGM:	Organismes Génétiquement Modifiés
OMS:	Organisation Mondiale de la Santé
PNUE/PAM:	Programme pour l'Environnement des Nations Unies/Plan d'Action Méditerranéen
UICN:	Union Mondiale pour la Nature
WWF:	Fonds Mondial pour la Nature

Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation

Le Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation est le département de l'Administration Générale de l'Etat chargé des propositions et exécution des lignes directrices générales du Gouvernement sur la politique agraire, de la pêche et de l'alimentation. Le Secrétariat Général de la Pêche Maritime est responsable de la planification et de l'exécution des politiques concernant la pêche maritime, le règlement basic du secteur de la pêche, de l'aquaculture et de la commercialisation des produits de la pêche.

www.mapa.es

Fédération Européenne des Producteurs Aquacoles

La Fédération Européenne des Producteurs Aquacoles (FEPA) créée en 1968, représente actuellement 28 Associations Nationales de Producteurs Aquacoles, provenant de 23 pays européens et représentant à peu près 1,36 millions de tonnes de production de poissons. La FEPA est membre du Comité consultatif de la pêche et de l'aquaculture (CCPA) de la Commission Européenne et développe plusieurs activités aux niveaux européen et international pour le secteur de l'aquaculture.

www.feap.info

Le Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN

Le centre est ouvert depuis octobre 2001 et est situé dans les bureaux du Parc Technologique d'Andalucie près du centre de Málaga. L'UICN compte 157 membres dans la région méditerranéenne, dont 15 gouvernements. Sa mission est d'influer sur les sociétés de la Méditerranée, les encourager et les aider pour qu'elles assurent la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles de cette région et travailler avec les membres de l'UICN en renforçant la collaboration avec des organisations qui partagent les mêmes objectifs que l'Union.

www.uicnmed.org