

Impact de l'aquaculture sur les stocks halieutiques

Ian H. Pike, Stuart McDonnell Barlow

International fishmeal and fishoil organisation, 2 College Yard, St. Albans, Herts. AL3 4PA, Royaume-Uni
secretariat@iffo.org.uk

Les poissons marins d'élevage comme les salmonidés, les poissons plats et les gadidés sont carnivores. Les saumons, par exemple, se nourrissent de façon opportuniste, consommant des poissons de toutes tailles et également des crevettes et du krill (Jacobsen et Hansen, 2000). Beaucoup de poissons d'eau douce sont également carnivores. La farine et l'huile de poisson sont des matières premières qui, hormis leur teneur en eau, sont proches de l'aliment du poisson sauvage carnivore. Mais, si l'on considère l'expansion rapide de l'élevage des poissons carnivores, on peut se poser la question de savoir si l'on est en mesure de continuer à nourrir les poissons d'élevage avec de la farine et de l'huile de poisson produites à partir de poissons sauvages. Les questions traitées dans cette présentation sont les suivantes :

- les espèces sauvages utilisés pour la production de farine et d'huile sont-elles aujourd'hui une ressource renouvelable ?
- l'offre de farine et d'huile de poisson va-t-elle s'épuiser avec la croissance de l'aquaculture ?
- quelles sont les possibilités de remplacement de la farine et de l'huile de poisson ?

L'offre de farine et d'huile de poisson est-elle durable ?

L'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a adopté la définition du développement durable élaborée par la commission mondiale sur l'environnement et le développement (1987) : « Un développement qui réponde aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».

Environ 30 millions de tonnes de poisson impropre à la consommation¹ - principalement des petits poissons gras, pleins d'arêtes, ainsi que des déchets provenant de poissons propres à la consommation humaine - sont utilisées pour produire de la farine et de l'huile de poisson. La majeure partie des captures de poisson destinées à la consommation humaine est soumise à des quotas gouvernementaux stricts. Au Pérou, le plus grand producteur au monde de farine et de l'huile de poisson, l'institut gouvernemental de la recherche sur la pêche (IMARPE²), qui fait autorité au niveau mondial en matière d'évaluation des stocks de poissons, fournit au gouvernement un état des stocks et le conseille sur les quotas à appliquer pour maintenir la ressource. Les quotas sont renforcés périodiquement par des interdictions de pêche. En pratique, tous les bateaux de pêche sont équipés de dispositifs électroniques qui permettent de suivre par satellite la position exacte de chaque bateau. Au Chili, l'institut de recherche sur la pêche (ICES³), autre organisme gouvernemental, formule des conseils en matière de quotas.

¹ Ces poissons sont en général immangeables et/ou pas demandés pour la consommation humaine.

² Instituto de Mar del Perú

³ International Council for the Exploration of the Seas

Tableau I. Durabilité de la pêche et contrôle des pêcheries

Espèces	Quotas de prises annuelles	Zones de pêche réglementées	Tailles minimales de mailles de filets	Zones d'interdiction de pêche	Interdictions saisonnières	Tailles minimales des poissons débarqués
Anchois	X	X	X	X ^a	X	X
Sardines	X	X	X	X ^a	X	X
Maquereau	X	X	X	X	X	X
Chinchard	X	X	X	X	X	X
Lançon	X	X	X	X	X	
Sprat	X	X	X	X	X	
Tacaud	X	X	X	X		
Merlan	X	X	X			
Capelan	X	X	X	X	X	X
Hareng	X	X	X	X	X	X

^a Les zones d'interdiction de pêche à la sardine et à l'anchois sont maintenant surveillées par satellite au Pérou et au Chili. Tous les bateaux de pêche de la Communauté européenne dépassant 20 m de long sont équipés depuis janvier 2000 de systèmes de surveillance par satellite (VMS) ; cette disposition s'applique aux bateaux des pays tiers de la même taille opérant dans les eaux communautaires. Ce système est progressivement adopté dans les accords de pêche bilatéraux, c'est-à-dire UE/ Norvège, UE/îles Féroé, et dans le cadre d'organisations régionales de pêches comme la Commission des pêches de l'Atlantique nord (NEAFC).

Le tableau I (ci-dessus) résume les systèmes de contrôle mis en vigueur dans différents pays. Ces contrôles sont généralement efficaces - peut-être davantage pour les poissons destinés à l'alimentation du bétail que pour ceux destinés à la consommation humaine (FAO, 1998). La plupart des poissons destinés à l'alimentation animale sont pêchés de manière à maintenir une ressource durable. En Europe, il existe des quotas pour la plupart des espèces de poisson, y compris les lançons. Le merlan est probablement la seule exception, actuellement, dans les eaux d'Europe du Nord, mais des discussions sont en cours dans plusieurs pays au sujet des quotas à appliquer pour cette espèce.

Les lançons ont fait l'objet d'une large publicité il y a quelques années, quand Greenpeace a accusé la Grande Bretagne de surexploitation. Pourtant, les captures ont toujours été conformes au maintien d'une ressource durable. En fait, le quota fixé ultérieurement sur cette espèce l'a confirmé, c'est-à-dire que ce quota n'a été atteint qu'une seule fois. Une autre question soulevée est celle des « zones vulnérables », c'est-à-dire celles où se reproduisent les oiseaux marins et où les quantités de poisson disponibles peuvent être critiques pour la reproduction de ces oiseaux. Cette question a été résolue par le Conseil International pour l'exploration des mers (ICES) qui a fait appel à l'expertise du Professeur Furness de l'Université de Glasgow. La pêche dans les zones vulnérables est suspendue si le taux de reproduction des oiseaux marins diminue pour quelque raison que ce soit. La Mouette tridactyle est l'espèce « indice » avec un nombre fixé à 0,5 jeune ailé par nid. En dessous de ce seuil, la pêche est interdite jusqu'à ce que le taux de reproduction atteigne 0,75 jeune ailé par nid (GAFTA, 2001).

Besoins croissants de matières premières pour la production de farine et d'huile de poisson liés au développement rapide de l'aquaculture

Dans un article publié dans *Nature*, Naylor *et al.* (2000) ont laissé entendre que le développement de l'aquaculture allait susciter des besoins plus grands en farine et en huile de poisson, ce qui entraînerait une surexploitation. On n'en a pas de preuves. La production globale est restée de l'ordre de six à sept

millions de tonnes, excepté un déclin observé en 1998 pendant la période « El Niño » (fig. 1, ci-contre), en dépit d'une augmentation considérable de la production d'aliments secs pour l'aquaculture. À mesure que l'aquaculture s'est développée, on a davantage utilisé la farine de poisson pour cette industrie que pour l'alimentation des porcs et des volailles en croissance, où sa valeur est moindre. De la même manière, compte tenu de la demande croissante d'huile, on a eu recours aux stocks normalement utilisés pour la fabrication de margarine, où sa valeur est également moins grande. La mise en place de quotas stricts sur le poisson destiné à l'alimentation du bétail rend peu vraisemblable une surexploitation des ressources piscicoles sous l'effet de pressions émanant de l'aquaculture.

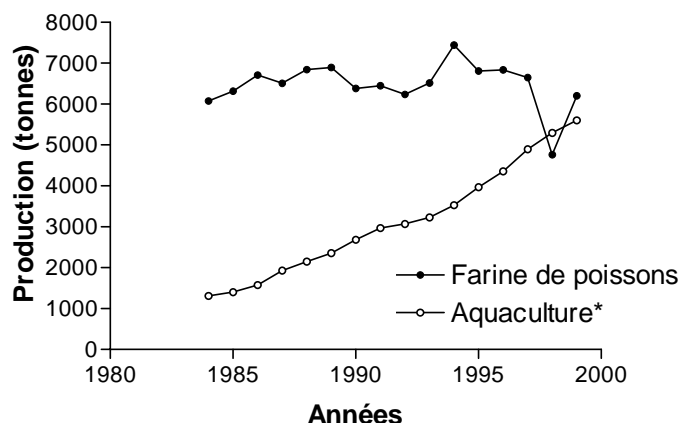


Figure 1. Production de farine de poissons et production aquacole
Seules sont comptabilisées ici les productions aquacoles utilisant de la farine de poissons.

Utilisation de la farine et de l'huile de poisson dans les aliments pour poissons : présent et avenir

Actuellement, la farine de poisson est utilisée principalement pour l'aquaculture, ainsi que pour l'alimentation de la volaille et des porcs (fig. 2, ci-après). L'huile de poisson est utilisée surtout pour l'aquaculture (fig. 3, ci-après), des quantités plus faibles étant également utilisées pour la consommation humaine, la fabrication de neutraceutiques et de gélules et, dans une moindre mesure, pour des usages industriels limités. Le tableau II indique l'utilisation actuelle de la farine et de l'huile de poisson pour l'aquaculture et les prévisions pour 2010.

Tableau II. Estimation de l'augmentation de la production aquacole

	Croissance 2000 – 2010 (% par an)	En milliers de tonnes de poissons		
		2 000 ¹	2002 (estimation)	2010 (estimation)
Carpes	7	13 612	15 584	26 777
Tilapias	7	1 266	1 449	2 490
Crevettes (eau de mer) et crabes	5	1 227	1 353	1 999
Saumons	5	1 009	1 000 ⁵	1 477
Poissons marins ²	5	603	664	982
Poissons d'eau douce carnivores ⁴	7	481	551	946
Poissons chats	5	415	458	676
Truites	3	511	500 ⁵	633
Milkfish (<i>Chanos chanos</i>)	2	462	481	563
Anguilles	2	233	242	278
Poissons marins (autres) ³	22	26	39	190
Total		19 845	22 321	37 011

Sources: ¹ FAO Juillet 2002 / Bureau chinois des pêches 2000 ; ² Bar, Daurade, Sériole, Mérou, Carangue, Mulet ; ³ Poissons plats comprenant Morue, Limande, Turbot et Flétan ; ⁴ Brème chinoise, poisson mandarin, « Yellow croaker », « Long-nose catfish » ; ⁵ Absence de croissance entre 2000 et 2002.

Le tableau III, ci-dessous, indique la production de poissons qui reçoivent une alimentation à base de farine et d'huile de poisson. L'augmentation annuelle de cette production est également indiquée, ce qui permet d'estimer la production en 2010. Ces données proviennent essentiellement de la FAO (FAO, 2002).

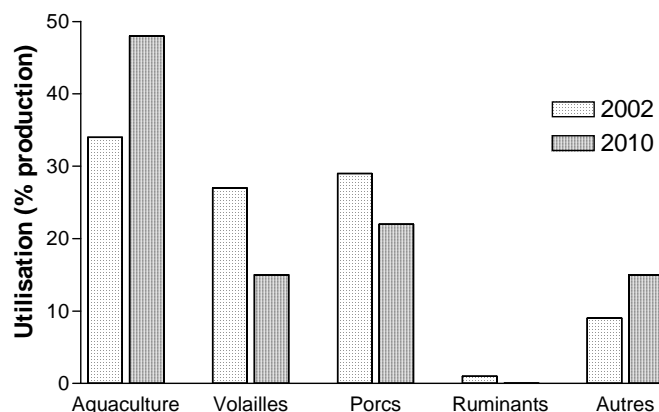


Figure 2. Principales utilisations de la farine de poissons en 2002 et estimations pour 2010

Saumons et espèces marines

La surproduction de saumons qui a eu lieu l'année dernière (2001) a fait chuter les cours et stoppé la croissance. La production de saumons devrait reprendre l'an prochain, mais avec un taux de croissance annuelle plus faible qu'avant (5% vs 7%). Nos premières estimations sur l'augmentation de la production d'espèces marines, en particulier les nouvelles espèces aquacoles comme la morue, les poissons plats, etc., semblent avoir été surévaluées. Une révision à la baisse a donc été nécessaire, même si on estime que la production de morue d'élevage atteindra 100 000 tonnes d'ici 2010.

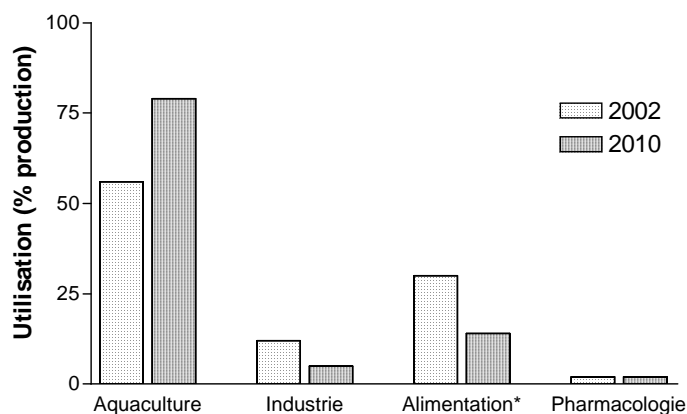


Figure 3. Principales utilisations de l'huile de poissons en 2002 et estimations pour 2010

*alimentation humaine

Tableau III. Estimation de l'utilisation d'aliments secs

	% de la production utilisant des aliments secs		Aliments utilisés / tonne de poissons		Aliments secs utilisés (en tonnes)	
	2002	2010	2002	2010	2002	2010
Carpes	30	50	1,8	1,5	8 415	20 082
Tilapias	40	60	1,8	1,5	1 043	2 241
Crevettes (eau de mer) et crabes	80	90	1,8	1,6	1 948	2 878
Saumons	100	100	1,3	1,1	1 300	1 625
Poissons marins	60	80	2,1	2,0	837	1 571
Poissons d'eau douce carnivores	20	60	2,4	2,0	264	1 135
Poissons chats	85	90	1,6	1,4	623	851
Truites	100	100	1,2	1,1	600	696
Milkfish (<i>Chanos chanos</i>)	40	75	1,8	1,6	346	676
Anguilles	80	90	1,8	1,2	348	300
Poissons marins (autres)	90	100	2,0	1,7	70	323
Total					15 794	32 378

L'aquaculture en Chine

La Chine, le plus gros producteur de produits aquacoles au monde, est aussi le plus gros utilisateur de farine de poisson. Les carpes et les tilapias (herbivores/omnivores) constituent la majeure partie de la production aquacole mais on observe une demande croissante pour les espèces carnivores. Ces espèces sont actuellement nourries avec des aliments humides fabriqués à partir de déchets de poissons. Lors du dernier congrès de la Société mondiale de l'aquaculture à Pékin, on a estimé que trois à quatre millions de tonnes de déchets de poissons étaient utilisées pour l'aquaculture. Compte tenu des problèmes de pollution et des risques de contamination, le gouvernement chinois encourage actuellement les producteurs à se tourner vers des aliments secs (Wanshu Hond and Qiyong Zhang, 2002).

Incorporation de farine et d'huile de poisson dans les aliments pour poissons

Le tableau III indique la quantité d'aliments pour animaux nécessaire sur la base d'une évaluation des pratiques d'alimentation (principalement les estimations de la production d'aliments secs) et de l'efficacité alimentaire classique obtenues par la FAO et par des sociétés de fabrication d'aliments pour poissons. Ces dernières ont fourni des informations sur les niveaux d'incorporation de farine et d'huile de poisson dans ces aliments en 2010. Nous avons fait l'hypothèse que ces niveaux allaient chuter à l'avenir dans les aliments pour poissons d'élevage classiques, en raison d'un remplacement plus important par d'autres ingrédients, mais dans une moindre mesure pour les espèces plus récemment mises en élevage.

Tableau IV. Estimation de l'utilisation de farines de poisson dans les aliments aquacoles

	% d'incorporation de farine de poisson dans l'aliment sec		Quantité de farine de poisson utilisée (tonnes)	
	2002	2010	2002	2010
Carpes	4	3	337	602
Tilapias	7	4	73	90
Crevettes (eau de mer)	25	20	487	576
Saumons	35	25	455	406
Poissons marins	45	40	377	628
Poissons d'eau douce carnivores	15	10	40	114
Poissons chats	2	0	12	0
Truites	30	20	180	139
Milkfish (<i>Chanos chanos</i>)	12	5	42	34
Anguilles	50	40	174	120
Poissons marins (autres)	55	45	40	145
Total			2 217	2 854

Tableau V. Estimation de l'utilisation de l'huile de poisson dans les aliments aquacoles

	% d'incorporation d'huile de poisson dans l'aliment sec		Quantité d'huile de poisson utilisée (tonnes)	
	2002	2010	2002	2010
Carpes	0	0,5	0	100
Tilapias	1	0,5	10	11
Crevettes (eau de mer)	2	3	39	86
Saumons	28	20	364	325
Poissons marins	12	10	100	157
Poissons d'eau douce carnivores	6	7	16	79
Poissons chats	1	0	6	0
Truites	28	18	168	125
Milkfish (<i>Chanos chanos</i>)	2	2	6	14
Anguilles	5	8	17	24
Poissons marins (autres)	8	10	6	32
Total			732	953

Les quantités de farine de poisson (tab. IV) et d'huile (tab. V) nécessaires ont été estimées pour tous les poissons. C'est ainsi que les quantités de farine de poisson nécessaires en 2010 représentent seulement 48% de la production mondiale (fig. 2), tandis que les quantités d'huile de poisson nécessaires représentent la majorité de la production mondiale (79%) (fig. 3).

Pour parvenir à ces chiffres, certaines hypothèses ont été formulées quant au remplacement de la farine et de l'huile de poisson par des produits d'origine végétale. Sur quoi sont-elles basées ?

Remplacement de la farine de poisson dans les aliments pour poissons

Des essais portant sur le remplacement de la farine de poisson par des protéines végétales ont été réalisés sur plusieurs années. Les succès sont mitigés. Dans les cas de croissance lente du poisson, le remplacement partiel a eu peu, voire pas d'effet sur la croissance, mais chez les poissons à croissance plus rapide, on a observé une diminution de la croissance quand la substitution représentait plus d'un quart des protéines de poisson. Les objectifs de croissance fixés par l'Institut d'aquaculture de Sunndalsøra en Norvège (Austreng *et al.*, 1987) n'ont pas été atteints dans la plupart des essais rapportés dans la littérature.

En raison du grand nombre d'essais qui ont été réalisés, plutôt que d'en faire une revue exhaustive, nous allons tenter de résumer les résultats obtenus.

La plupart des travaux ont porté sur les salmonidés. Chez les poissons ayant une vitesse de croissance satisfaisante, on a pu remplacer jusqu'à un quart des protéines de poisson par des protéines végétales dans l'aliment sans effet adverse, ou avec un effet minime, sur la croissance. Ces essais ont été réalisés avec des protéines végétales de bonne qualité traitées de façon à minimiser l'effet des facteurs anti-nutritionnels. Avec des poissons à croissance lente, on a pu utiliser des taux de substitution allant jusqu'à 50% sans effet négatif sur la croissance.

En raison de leur teneur plus faible en énergie et en acide aminés digestibles par rapport à la farine de poisson, les protéines végétales risquent de ne pas être maintenues dans les régimes alimentaires, car il pourrait en résulter une efficacité alimentaire moindre. La suppression des glucides structuraux des

protéines végétales pourrait réduire cette carence en énergie, mais le coût de ce type de procédé est élevé.

Quand on fait le bilan du remplacement de la farine de poisson, il faut tenir compte du fait qu'il faut augmenter la quantité d'aliment nécessaire et qu'entre autres, les pertes d'azote chez le poisson sont généralement plus élevées. Il faudrait donc éviter d'avoir recours au remplacement de la farine de poisson dans les zones sensibles à la pollution par l'azote, comme celles où les mouvements marins sont faibles, par exemple, dans les fjords ou les lochs.

Effets du remplacement de l'huile de poisson sur le système immunitaire des poissons

Le remplacement de l'huile de poisson par des protéines végétales semble ne pas entraîner de réduction de la vitesse de croissance quand les poissons sont en bonne santé et peu exposés aux maladies. Cependant, les poissons possèdent des systèmes immunitaires complexes qui sont encore mal connus. Certains résultats suggèrent que le remplacement des huiles marines par des huiles riches en omega-6 (acide gras essentiel) pourrait mettre en danger le système immunitaire.

Ainsi certaines huiles végétales, en particulier celles qui sont riches en acides gras poly-insaturés de la série n-6 peuvent avoir des effets négatifs sur le système immunitaire. Les acides gras poly-insaturés des séries n-3 et n-6 sont les précurseurs des éicosanoïdes (prostaglandines, thromboxanes et leucotriènes) qui sont des substances signal (messagers cellulaires) ayant des effets très différents sur l'activité biologique. Plusieurs d'entre eux régulent les réactions physiologiques et immunologiques – à la fois l'immunité non-spécifique (innée), par exemple la production de phagocytes (cellules tueuses) et les réactions inflammatoires, et l'immunité spécifique (acquise) comprenant les cellules B et T productrices d'anticorps. Les poissons, en particulier les espèces vivant en eau froide (Waagbø, 1994), font appel davantage à l'immunité non-spécifique que les mammifères.

Il a été démontré ensuite que, chez la Perche, quoique en quantité limitée, les huiles végétales pouvaient conduire à la production d'EPA à partir d'acide linoléique 18:3 (n-3) et de DHA à partir d'EPA, la présence d'omega-6 étant à l'origine de l'utilisation préférentielle de la $\Delta 4$ désaturase qui bloque effectivement l'élongation de l'acide linoléique (contenu dans les huiles végétales) vers l'EPA et le DHA (Xu et Kestemont, 2002). Une réponse similaire est tout à fait vraisemblable chez les salmonidés. Ce phénomène peut affecter de façon négative la réponse des poissons au stress : on a constaté une mortalité élevée chez des poissons soumis au stress du transport et recevant un aliment riche en omega-6, par opposition à une absence de mortalité pendant le transport chez des poissons recevant un aliment riche en huile de poisson (Sargent, comm. pers).

Kiron et ses collaborateurs (1995) ont fourni quelques informations sur les conséquences de contaminations bactérienne et virale chez la Truite. Ils ont remplacé des huiles marines riches en acides gras à longue chaîne de la série n-3 par des huiles végétales riches en omega-3 (acide linoléique) ou en omega-6 (acide linoléique). Le suivi de la destruction des bactéries pathogènes par les macrophages isolés chez les poissons (immunité non-spécifique) a montré que le nombre de bactéries pathogènes éliminées était plus élevé chez les poissons recevant un aliment enrichi en huile de poisson que chez ceux ayant reçu un aliment riche en huile végétale fournissant des omega-3 sous la forme d'acide linoléique (56,7 vs 52,1% de bactéries tuées). Le nombre de bactéries tuées par les macrophages était encore plus faible (26,9%) lorsque le régime était riche en huiles végétales fournissant des omega-6 (acide linoléique). La production d'anticorps en réponse à une immunisation avec *Aeromonas salmonicida* était comparable chez les poissons recevant des omega-3 provenant d'huile marine ou d'huile végétale, mais plus faible chez ceux recevant des acides gras omega-6 (acide linoléique). Les poissons exposés au virus de la nécrose hématopoïétique (IHNV) présentaient une mortalité plus élevée quand leur régime était enrichi en acides gras omega-6 (acide linoléique).

On a également montré une amélioration de l'immunité non-spécifique chez le Saumon atlantique exposé à *Vibrio salmonicida*, suite à une augmentation de la teneur du régime en acides gras poly-insaturés omega-3 à longue chaîne (Waagbø, 1994). Cette résistance accrue à la vibriose en eau froide chez le Saumon atlantique d'élevage nourri avec des huiles marines a été attribuée à une plus grande résistance des membranes des globules rouges (Salte *et al.*, 1998), hypothèse également soutenue par Erdal et collaborateurs (1991). Des modifications importantes ont été observées dans la composition en phospholipides des membranes leucocytaires quand on remplace les huiles de poisson par des huiles végétales. Ceci peut expliquer les effets observés sur la réponse immunitaire (Bell *et al.*, 1996).

Il y a quelques années, d'importantes pertes de saumons ont été enregistrées en Écosse suite à une furonculose septicémique. On a alors observé une meilleure récupération chez les poissons dont le régime comportait comme seule source de lipides des huiles de poissons (SQS⁴).

Les processus physiologiques sont affectés par les acides gras poly-insaturés du régime. Les travaux de McKenzie *et al.* (1997, 1999) et Agnisola *et al.* (1996) ont montré qu'une diminution de l'absorption et de l'utilisation de l'oxygène chez les poissons (anguille et esturgeon) recevant de l'huile de coco réduisait l'ingestion d'acides gras poly-insaturés n-3 à longue chaîne. Il s'ensuit un effet négatif sur la fonction cardiaque et sur la tolérance à des concentrations en oxygène faibles dans l'eau. La réduction de l'ingestion d'acides gras poly-insaturés omega-3 à longue chaîne peut entraîner une plus grande vulnérabilité au stress chez les poissons, tel qu'observé plus haut chez des poissons au cours d'un transport (Sargent, comm. pers). Des teneurs élevées en huile végétale dans des aliments pour poissons ont entraîné également des problèmes d'érosion des nageoires et d'inflammation de la peau (Lall et Olivier, 1993).

La composition en acides gras de l'aliment se reflète étroitement dans la composition des phospholipides membranaires, ce qui peut affecter la perméabilité cellulaire (Bell *et al.*, 1996). On a constaté que la chair de poissons recevant des aliments riches en huiles végétales avait tendance à présenter un aspect huileux, en particulier les filets de poissons emballés sous vide et le saumon fumé (SQS). Cela peut être dû à un accroissement de la perméabilité des membranes cellulaires à l'huile ou à une viscosité plus faible des huiles végétales utilisées (soja, colza, etc.) comparée aux huiles marines (Sargent, 2002).

On peut tirer les conclusions suivantes en ce qui concerne le système immunitaire :

- les poissons ont des systèmes immunitaires complexes qui sont en grande partie méconnus ;
- le remplacement des huiles marines par des huiles riches en acides gras omega-6 compromet le fonctionnement du système immunitaire avec une probabilité d'augmentation de la pathologie et de la mortalité ;
- les acides gras omega-6 ne devraient plus être utilisés dans l'alimentation des poissons ;
- une diminution significative de la teneur en acides gras omega-3 du régime peut rendre les poissons plus vulnérables à des concentrations en oxygène faibles dans l'eau et à des situations de stress en général ;
- le remplacement des huiles marines par certaines huiles végétales riches en acide linoléique, à condition qu'elles ne remplacent que partiellement les huiles marines, a une incidence moindre sur la sensibilité aux maladies.

⁴ Saumon écossais de qualité (Scottish Quality Salmon), Perth, PH2 7HG, UK.

Effets du remplacement des huiles de poisson sur la composition en acides gras du poisson : conséquences pour la santé humaine

Le remplacement des huiles marines par des huiles végétales peut entraîner une modification de la composition en acides gras du poisson. Tandis que l'utilisation d'huiles végétales riches en omega-3 peut maintenir la teneur en omega-3 du poisson, la teneur en acides gras à courte chaîne (C_{18}), tel que l'acide linoléique, va augmenter alors que les teneurs en EPA et DHA (C_{20} , C_{22}) vont diminuer. Les premiers peuvent être utilisés chez l'homme. Leur conversion (par élongation de chaîne) en EPA et DHA est cependant très limitée, en raison d'un rapport omega-6/omega-3 supérieur à 10:1 dans la plupart des régimes occidentaux – particulièrement en Europe du Nord (à l'exclusion de la Scandinavie). Ce rapport a été récemment estimé à 15:1 (Simopoulos, 2002). Le rapport considéré comme idéal actuellement est de 5:1, voire moins. Avec un rapport de 10:1, l'élongation de chaîne de l'acide linoléique devrait cesser (Bjerve *et al.*, 1987). Les poissons sont uniques en ce qui concerne les niveaux d'EPA et de DHA qu'ils peuvent apporter (Givens, 2000). Le fait de manger du poisson réduit cette dépendance vis-à-vis de la réaction d'élongation en apportant l'EPA et, particulièrement, le DHA requis (Givens, 2000). On comprendra que les autorités recommandent, pour avoir une alimentation équilibrée, de consommer du poisson, et de préférence du poisson gras, au moins une fois par semaine. Il serait prudent de nourrir les poissons d'élevage de façon à ce que leur composition en EPA et DHA soit semblable à celle de leurs congénères sauvages. Cela peut être obtenu en réintroduisant l'huile de poisson dans l'alimentation des poissons au stade final de la croissance.

Nouvelles sources de matières premières

L'industrie aquacole produit des quantités croissantes de déchets d'abattage qui sont désormais utilisés pour la production de farine de poisson et d'huile de poisson destinées à l'alimentation du bétail.

Des essais exploratoires sont en cours pour récolter des organismes marins pour l'alimentation humaine, comme par exemple le Calanus, un copépode de 3 à 4 mm, considéré comme l'animal le plus abondant sur la terre. Sa production annuelle dans l'Océan arctique est estimée à 150 - 200 millions de tonnes ; or, il semble que 10 à 15% pourrait être récolté sans affecter le niveau trophique ultérieur (Tande, comm. pers.).

La fertilisation en fer de certaines zones marines (le fer étant un nutriment limitant) peut stimuler la production de micro-algues pouvant être récoltées. Celles-ci constituent une source de protéines et certaines sont riches en EPA et en DHA comme, par exemple, les diatomées et les dinoflagellées (Givens, 2000), avec une teneur en lipides atteignant 20 à 40% de la matière sèche. Un des avantages de la fertilisation de zones marines sélectionnées pour stimuler la croissance des algues est que cela augmente l'absorption du dioxyde de carbone.

Conclusions

Contrairement à de récentes affirmations, l'aquaculture n'a pas eu d'impact sur la production de farine et d'huile de poisson, ni sur les stocks de poissons sauvages. Les stocks de poissons impropres à la consommation ou les surplus utilisés pour la production d'aliments pour l'aquaculture sont, dans la plupart des régions, soumis à des quotas fixés par des organisations gouvernementales. La production aquacole a augmenté globalement d'environ 10% par an au cours des dix dernières années tandis qu'au cours de la même période, la production de farine et d'huile de poisson a certes évolué, mais pas

de façon significative, pour atteindre en moyenne 6 à 7 millions de tonnes de farine et 1,1 à 1,4 millions de tonnes d'huile.

Les ressources halieutiques représentent actuellement environ 30 millions de tonnes. En raison de la demande croissante de poisson pour la consommation humaine, la proportion de matières premières renouvelables disponibles à l'avenir pour la production de farine et d'huile de poisson sera plus faible. On utilisera néanmoins davantage les captures accessoires qui, pour le moment, sont simplement jetées. Des mesures sont prises pour réduire ces pratiques et en même temps garantir que tout ce qui est capturé soit effectivement débarqué. Il y aura également davantage de déchets provenant des poissons d'élevage qui pourront servir à la production de farine et d'huile de poisson pour l'alimentation du bétail. Compte tenu de ces changements, la production de farine et d'huile de poisson devrait rester stable jusqu'en 2010.

Les proportions de farine de poisson et d'huile de poisson utilisée pour l'aquaculture ont changé. Elles sont estimées à environ 34% et 56%, respectivement, en 2002. D'ici 2010, ces chiffres devraient passer approximativement à 48% et 79%.

Nos estimations indiquent que, compte tenu de la réduction de l'utilisation de farine de poisson dans l'alimentation du bétail, l'offre de farine de poisson pour l'aquaculture serait dans l'ensemble suffisante. En revanche, l'offre d'huile de poisson sera plus limitante, ce qui implique que d'autres sources d'énergie que l'huile de poisson devront être trouvées rapidement pour l'alimentation des poissons d'aquaculture. Si son remplacement par des huiles végétales ne semble pas avoir un effet prononcé sur la croissance des espèces carnivores à court terme, à long terme, ce remplacement peut compromettre la croissance s'il est trop important, en particulier pendant les premiers stades. Certaines études montrent également qu'il est nécessaire de prendre en compte les effets sur les compétences du système immunitaire. Au stade finition, l'huile de poisson sera nécessaire pour maintenir la teneur du poisson en acides gras poly-insaturés à longue chaîne de la série n-3 (LC ω 3PUFAs).

On a beaucoup insisté sur les effets bénéfiques de la consommation de poisson sur la santé humaine. De nombreux travaux ont en effet montré que le DHA (acide docosa-hexaénoïque) et l'EPA (acide éicosa-pentaénoïque) qu'il contient auraient une incidence sur la réduction de nombreux troubles inflammatoires et circulatoires, des problèmes cardio-vasculaires, des naissances prématurées, et un effet bénéfique sur les capacités cognitives chez l'enfant et le bien-être mental. Il serait donc judicieux de produire des poissons d'élevage dont la teneur en matière grasse ait un rapport en acides gras poly-insaturés des séries n-3 et n-6 semblable à celle des poissons sauvages de la même espèce ■

Traduit de l'anglais par Annik Lacombe (INRA, Secteur linguistique, UC DIST, Jouy-en-Josas), que les auteurs remercient.

Références bibliographiques

- AGNISOLA C., MCKENZIE D.J., TAYLOR E.W., BOLIS C.L., TOTA B., 1996. Cardiac performance in relation to oxygen supply varies with dietary lipid composition in sturgeon. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 40, 417-425.
- AUSTRENG E., STOREBAKKEN T., ÅSGÅRD T., 1987. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture*, 60, 157-160.
- BELL J.G., ASHTON I., SECOMBES C.J., WEITZEL B.R., DICK J.R., SARGENT J.R., 1996. Dietary lipid affects phospholipid fatty acid compositions, eicosanoid production and immune function in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 54, 173-182.

- BJERVE K.S., MOSTAD I.L., THORENSEN L., 1987. Alpha-linolenic acid deficiency in patients on long-term gastric-tube feeding estimation of linolenic acid and long term unsaturated n-3 fatty acid requirements in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 57, suppl. 7035.
- COMA Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease, HMSO 1994.
- ERDAL J.I., EVENSEN O., KAURSTAD O.K., LILLEHAUG A., SOLBAKKEN R., THORUD K., 1991. Relationship between diet and immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) feeding various levels of ascorbic acid and omega-3 fatty acids. *Aquaculture*, 98, 363-379.
- FAO, 1998. *State of World Fisheries and Aquaculture 1998*. www.fao.org.
- FAO, 2002. *State of World Fisheries and Aquaculture 2000*. www.fao.org. See also www.globefish.org.
- GAFTA (Fishmeal Information Network/Grain and Feed Trade Association), 2001. *Sustainability Dossier*. Annual documentary review of the fish stocks used for fishmeal. GAFTA(Gafta House, 6 Chapel Place, Rivington Street, London EC2A 3SH), 1-31. Cf www.iffa.org.uk.
- GIVENS D.I., 2000. Sources of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids Additional to Fish Oil for Livestock Diets – A Review. *Nutr. Abs. & Rev. (Series B)*, 70, 4-59.
- JACOBSEN J.A., HANSEN L.P., 2000. Feeding habits of wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the North-East Atlantic. *ICES J. mar. Sci.*, 58, 916-933.
- KIRON V., FUKUDA H., TAKEUCHI T., WATANABE T., 1995. Essential fatty acid nutrition and defence mechanisms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 111A, 361-367.
- LALL S.P., OLIVIER G., 1993. Role of micronutrients in immune response and disease resistance in fish. In S.J. KAUSHIK & P. LUQUET : *Nutrition in Practice*. INRA, Paris, 101-118.
- MCKENZIE D.J., PIRACCINI G., AGNISAOLA C., STEFFENSEN J.F., BRONZI P., BOLIS C.L., TOTA B., TAYLOR E.W., 1999. The influence of dietary fatty acid composition on the respiratory and cardiovascular physiology of Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii*): a review. *Journal of Applied Ichthyology*, 15, 265-269.
- MCKENZIE D.J., PIRACCINI G., PAPINI N., GALLI C., BRONZI P., BOLIS C.L., TAYLOR E.W., 1997. Oxygen consumption and ventilatory reflex responses are influenced by dietary lipids in sturgeon. *Fish Physiology and Biochemistry*, 16, 365-379.
- NAYLOR R.L., GOLDBURG R.J., PRIMAVERA J.H., KAUTSKY N., BEVERIDGE M.C.M., CLAY J., FOLKE C., LUBCHENCO J., MOONEY H., TROELL M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405, 1017-1024.
- SALTE R., THOMASSEN M.S., WOLD K., 1998. Do high levels of dietary polyunsaturated fatty acids (EPA/DHA) prevent diseases associated with membrane degeneration in farmed Atlantic salmon at low water temperatures? *Bulletin of the European Association of Fish Pathology*, 8, 63-65.
- SIMOPOULOS A.P., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother.*, 56, 365-379.
- WAAGBØ R., 1994. The impact of nutritional factors on the immune system in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: a review. *Aquaculture and Fisheries Management*, 25, 175-197.
- WANSHU HONG, QIYONG ZHANG, 2002. The Status, Problems and Strategies of Marine Fish Culture in China. *Proc. of World Aquaculture Society Meeting*, Pékin, avril 2002.
- XU X., KESTEMONT P., 2002. Lipid metabolism and fatty acid composition of tissues of Eurasian Perch as influenced by dietary fats. *Lipids*, 37, 297-304.

APRÈS LES FERMES AQUICOLES,
LES CIRQUES AQUICOLES

