

Université Libre de Bruxelles  
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire  
Faculté des Sciences  
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

## **"Impacts de l'aquaculture de saumon sur l'environnement et analyse des politiques de gestion"**



Mémoire de Fin d'Etudes présenté par  
KUYPERS, Marine  
en vue de l'obtention du grade académique de  
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

Année Académique : 2008-2009

**Directrice : Christiane Lancelot**  
**Co-directeur : Pierre Kunsch**

## Résumé

Depuis la fin des années 1980, la production aquacole de saumons d'élevage a cru de manière exponentielle. Cette expansion, accompagnée d'un recours massif à l'élevage intensif, a eu comme conséquence d'engendrer une série d'impacts écologiques négatifs : augmentation des besoins en farine et huile de poisson menaçant les stocks de poissons pélagiques, évasions de saumons d'élevage et propagation de maladies dans l'écosystème menaçant la survie des populations de saumons sauvages et d'autres espèces aquatiques et, production de déchets organiques et inorganiques augmentant la pollution de l'environnement aquatique et le risque d'eutrophisation. Vu la présence de résidus d'antibiotiques, de produits chimiques et de la bioaccumulation de polluants dans les saumons d'élevage, l'aquaculture représente également une menace pour la sécurité alimentaire de l'Homme. La salmoniculture permet toutefois de répondre à la demande croissante du consommateur et constitue une source importante d'emplois dans les régions où cette activité est fortement développée. De ce fait, seule une gestion durable de l'aquaculture de saumon permettra de concilier les impératifs environnementaux avec les intérêts de l'industrie et du consommateur. Une appréciation de l'efficacité des politiques et des instruments de gestion de l'aquaculture a été entreprise à travers l'exemple du dispositif réglementaire pour la salmoniculture écossaise. Il en ressort que l'Ecosse s'est progressivement dotée d'un des meilleurs ensembles d'outils de gestion pour l'aquaculture. Outre les dispositions découlant des Directives européennes relatives à l'aquaculture, la protection de l'environnement et la sécurité alimentaire, et l'adhésion à des accords et conventions internationaux, l'Ecosse s'est récemment dotée d'un cadre stratégique et d'un code de conduite visant à assurer un développement durable de son secteur aquacole respectueux de l'environnement. A l'heure actuelle, il reste encore un nombre de mesures à prendre pour atteindre cet objectif, notamment dans le domaine du respect et du contrôle des bonnes pratiques d'élevage. Il faudrait également promouvoir l'aquaculture multitrophique intégrée permettant un bon recyclage des nutriments. Des incitants financiers tels que des primes pour le respect des bonnes pratiques aquacoles ou, au contraire, un renforcement du principe du pollueur-payeur au moyen de pénalités financières plus élevées peuvent encore être envisagés. Enfin, les activités de l'aquaculture devraient mieux être prises en compte dans la gestion intégrée des zones côtières afin d'assurer que ses activités ne nuisent pas le cas échéant, aux communautés rurales, aux activités touristiques, à la pêche artisanale, ainsi qu'à la biodiversité marine.

## Table des matières

<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1.	Le secteur de l'aquaculture .....	1
1.2.	L'aquaculture de saumon .....	4
1.3.	Avantages et inconvénients de l'aquaculture .....	6
<b>2.</b>	<b>But du travail .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Système d'élevage de saumon.....</b>	<b>9</b>
3.1.	Sélection des géniteurs et fertilisation artificielle .....	10
3.2.	Ecloserie en eau douce .....	10
3.3.	Engraissement et croissance en eau de mer.....	11
3.3.1.	Localisation des sites .....	11
3.3.2.	Taille des cages .....	11
3.3.3.	Systèmes d'alimentation.....	12
3.4.	Processus de récolte .....	12
<b>4.</b>	<b>Impacts sur l'environnement.....</b>	<b>13</b>
4.1.	Pression sur la biomasse de poissons pélagiques.....	13
4.1.1.	Utilisation de farine et huile de poisson dans aquaculture .....	13
4.1.2.	Estimation du taux de conversion .....	15
4.1.3.	La pêche minotière .....	17
4.2.	Evasions de saumons d'élevage.....	20
4.2.1.	Taux d'évasion.....	20
4.2.2.	Impacts écologiques des évasions de saumons d'élevage sur les populations sauvages et les écosystèmes .....	21
4.2.3.	Impacts génétiques des évasions de saumons d'élevage sur les populations de saumons sauvages.....	22
4.2.4.	Croisements interspécifiques .....	23
4.2.5.	Organismes génétiquement modifiés .....	24
4.3.	Propagation de maladies infectieuses et de parasites.....	25
4.3.1.	Poux de mer .....	25
4.3.2.	Maladies.....	26
4.4.	Pollution de l'environnement .....	28
4.4.1.	Antibiotiques.....	28
4.4.2.	Produits chimiques .....	28
4.4.3.	Bioaccumulation .....	31
4.4.4.	Eutrophisation .....	32
4.5.	Elimination des prédateurs .....	34
4.6.	Dynamique des systèmes.....	35

<b>5. Les politiques de gestion de l'aquaculture de saumon à partir de l'exemple écossais</b>	<b>40</b>
5.1. L'élevage de saumon en Ecosse.....	40
5.2. Instruments communautaires européens et internationaux .....	41
5.2.1. Instruments de l'Union européenne .....	41
5.2.2. Accords internationaux du Royaume-Uni .....	43
5.3. Principaux organismes régulateurs pour l'aquaculture écossaise.....	44
5.4. Cadre stratégique pour l'aquaculture écossaise.....	46
5.5. Le Code de conduite pour l'aquaculture écossaise .....	47
5.6. Législation en vigueur en Ecosse.....	49
5.6.1. Emplacement des centres de pisciculture .....	49
5.6.2. Evaluations environnementales.....	50
5.6.3. Lutte contre la pollution de l'eau .....	51
5.6.4. Prévention contre les évasions de saumons d'élevage .....	52
5.6.5. Lutte contre la propagation de maladies et de parasites .....	53
5.6.6. Contrôle de l'utilisation des médicaments vétérinaires.....	53
5.6.7. Contrôle de l'utilisation de pesticides .....	54
5.6.8. Contrôle des aliments d'origine animale .....	54
5.6.9. Sécurité alimentaire .....	55
5.7. Labellisation .....	56
5.7.1. Tartan Quality Mark .....	56
5.7.2. Label Rouge .....	56
5.7.3. Indication Géographique Protégée .....	57
<b>6. Discussion.....</b>	<b>58</b>
6.1. Appréciation des incidences environnementales .....	58
6.1.1. Pression sur la biomasse de poissons pélagiques .....	58
6.1.2. Menaces sur les populations de saumons sauvages .....	60
6.1.3. Lutte contre l'eutrophisation.....	63
6.2. Analyse des politiques de gestion de l'aquaculture en Ecosse.....	65
6.2.1. Appréciation de l'encadrement et du dispositif de gestion .....	65
6.2.2. Impacts sur les populations de saumon sauvage.....	66
6.2.3. Lutte contre la pollution de l'eau .....	68
<b>7. Conclusions .....</b>	<b>69</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>71</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>76</b>

# 1. Introduction

## 1.1. Le secteur de l'aquaculture

La surpêche -un des problèmes majeurs de ce XXI<sup>e</sup> siècle- menace fortement la biodiversité marine ainsi que le fonctionnement des écosystèmes marins. A l'heure actuelle, 50% des stocks de poissons sont pleinement exploités et 19% sont même surexploités, avec comme résultat un épuisement des stocks de poissons de 8% (il ne reste que 20% de stocks encore modérément ou sous-exploités; Figure 1; FAO, 2009).

Suite à l'épuisement des ressources halieutiques, les récoltes de la pêche de capture ont cessé de croître dès le milieu des années 1980. Par ailleurs, la production aquacole - avec un taux de croissance annuel moyen de 8,7% au niveau mondial à partir de 1970- a plus que compensé la production stationnaire des pêches de capture.

L'aquaculture est le secteur de production alimentaire présentant la plus forte croissance à l'échelle mondiale: le niveau de production qui était inférieur à 1 million de tonnes au début des années 1950 a atteint 51,7 millions de tonnes en 2006 (Figure 2), pour une valeur de \$78,8 milliards (FAO, 2009).

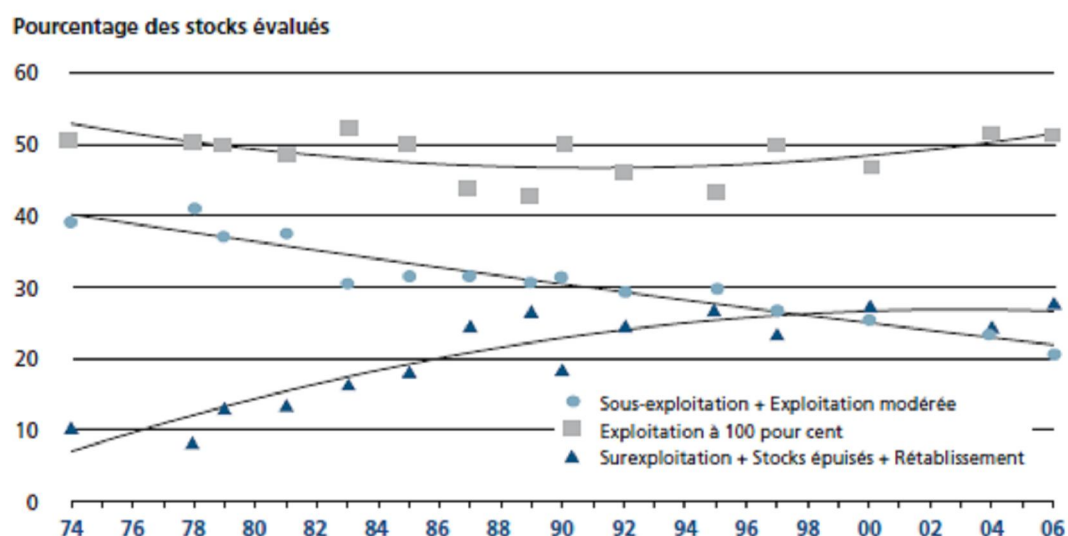
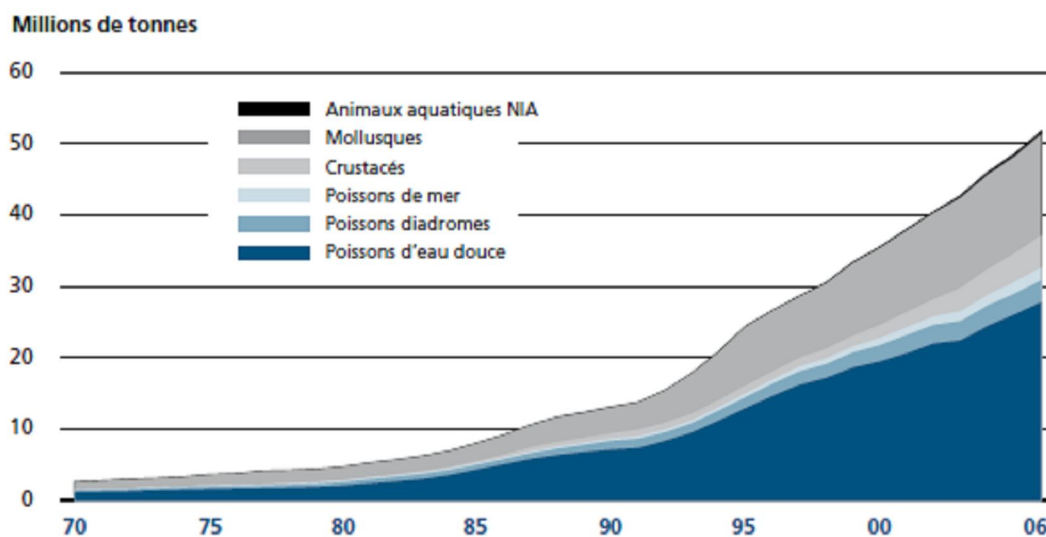


Figure 1. Situation des ressources marines mondiales: tendances depuis 1974 (FAO, 2009)



**Figure 2. Tendances dans la production aquacole mondiale: principaux groupes d'espèces (FAO, 2009)**

Parallèlement, la consommation mondiale de poissons n'a jamais été aussi élevée. Selon les dernières données disponibles, en 2006, l'offre de poisson de consommation par habitant s'élevait à 16,7 kg, (13,6 kg hors Chine). Parmi cette offre, l'aquaculture occupe une place croissante dans les volumes de poissons consommés par la population humaine. Sur les 110 millions de tonnes de poissons destinés à l'alimentation qui ont été produits en 2006, près de la moitié, soit 47% (24% hors Chine) provenaient de l'aquaculture, alors qu'en 1986 la contribution moyenne de l'aquaculture atteignait à peine les 14 % en 1986 (9 % hors Chine). Pour être complet, ajoutons qu'elle se chiffrait en 1996 à 30 % (15% hors Chine) (Figure 3; FAO, 2009).

L'aquaculture est un secteur d'activité très varié car elle englobe une large diversité d'espèces et de pratiques de production (Naylor et al., 2000). L'aquaculture cultive des groupes d'espèces aux habitats et aux régimes alimentaires différents. Elle représente actuellement 76% de la production mondiale de poissons d'eau douce, 65% de la production de mollusques et de poissons anadromes et 42% de l'offre mondiale de crustacés (Figure 4; FAO, 2009). Cette forte augmentation de la production aquacole a stimulé la consommation de plusieurs espèces d'eau douce et de diverses espèces de valeur élevée, telles que la crevette, le saumon et les bivalves.

L'aquaculture pratiquée de manière extensive se limite à exclure les prédateurs et à contrôler les compétiteurs des sites d'élevage, tandis que l'aquaculture semi-intensive comprend également le ravitaillement en nourriture des poissons. L'aquaculture intensive, associée à l'élevage d'une plus grande densité d'animaux, assure, quant à elle, l'apport de tous les besoins nutritionnels. La forte augmentation de la production aquacole a provoqué le remplacement progressif des petites fermes d'élevage familiales par des fermes industrielles, favorisant ainsi l'intensification de monocultures (Staniford, 2002).

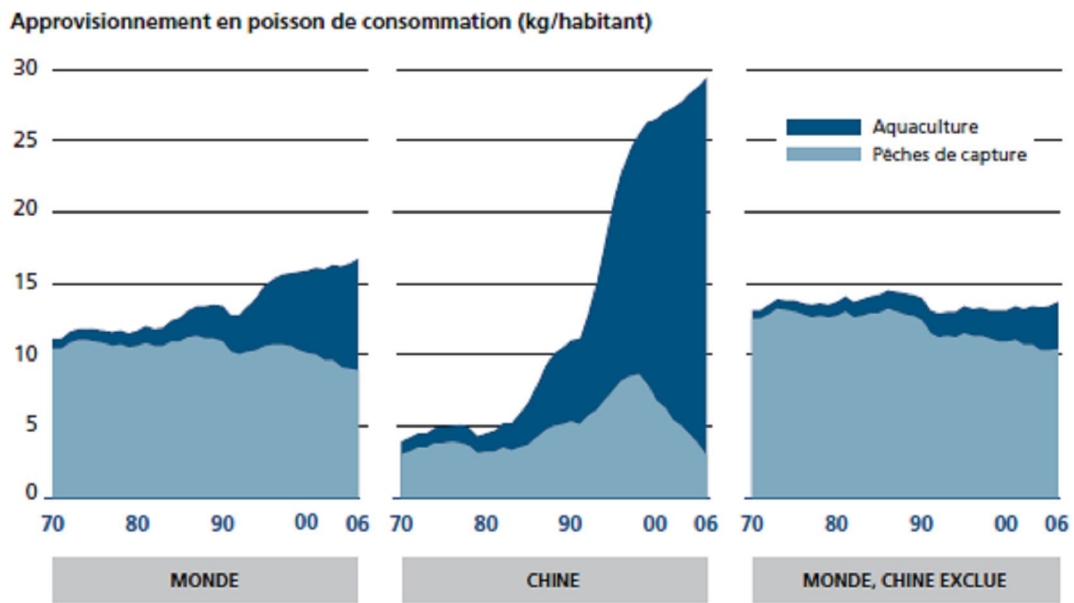


Figure 3. Part relative de l'aquaculture et des pêches de capture dans la consommation de poisson (FAO, 2009)

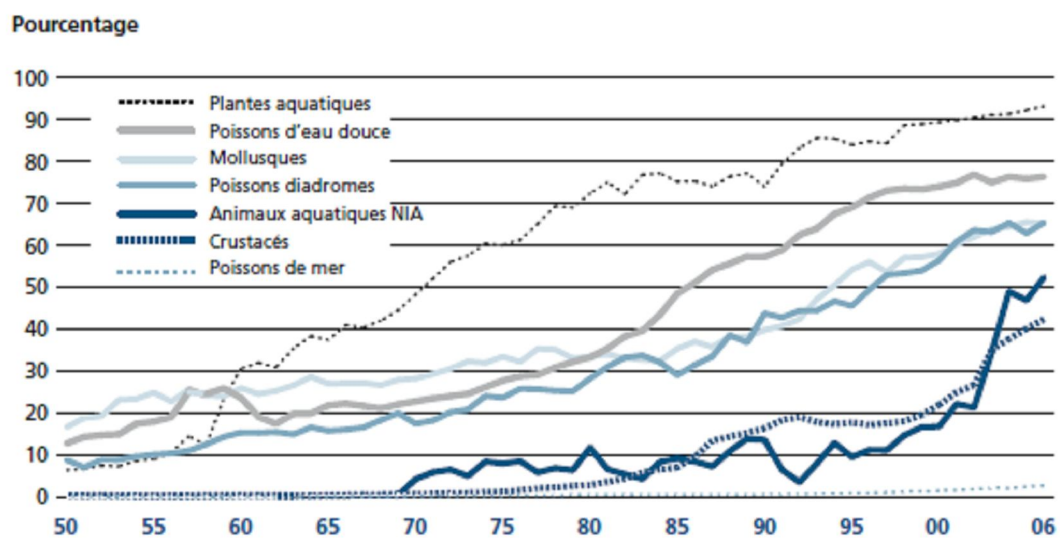


Figure 4. Part de l'aquaculture dans la production mondiale: principaux groupes d'espèces (FAO, 2009)

## **1.2. L'aquaculture de saumon**

Le saumon atlantique, *Salmo salar*, constitue plus de 90% du marché du saumon d'élevage et plus de 50% du marché global du saumon (FAO, non daté). A l'état sauvage, cette espèce est presque épuisée (Naylor et al., 2005). La salmoniculture pratique aussi l'élevage du saumon pacifique, essentiellement de l'espèce *Oncorhynchus kisutch*, aussi appelée saumon argenté.

La culture du saumon atlantique a débuté à petite échelle au 19<sup>ième</sup> siècle en Grande Bretagne pour assurer le repeuplement des populations sauvages. La culture du saumon atlantique en mer à des fins commerciales a été pratiquée pour la première fois en Norvège en 1960. Le développement de la salmoniculture y fut un véritable succès grâce à la disponibilité de sites abrités présentant des conditions hydrographiques favorables (température et salinité stables), des souches de saumon naturelles, et un appui significatif du gouvernement. Ce succès a encouragé le développement de la culture du saumon au Royaume Uni (Ecosse), en Irlande, aux Iles de Féroé, au Canada, aux Etats Unis, au Chili, et en Australie (Tasmanie).

C'est ainsi que la production de l'aquaculture de saumon a connu une forte progression depuis le début des années 1990 (Figure 5), avec un taux de croissance annuel moyen supérieur à 20%. En 1980, 97% des saumons provenaient de salmonidés sauvages, alors qu'actuellement l'aquaculture de saumon représente 66% de la production mondiale de saumon (Pinto et Furci, 2006; Pinto, 2007).

La production de salmonidés au niveau mondial est presque entièrement couverte par quatre pays - la Norvège, le Chili, le Royaume Uni et le Canada- qui assurent 95,4% de la production mondiale de saumons cultivés (Figure 6). La Norvège, qui a toujours été le principal producteur de saumon, participe actuellement à 83% de la production mondiale, suivie par le Chili, le Royaume-Uni et le Canada.

Les coûts de l'élevage du saumon varient considérablement selon la dimension et la localisation des fermes, l'état de santé général du stock, la politique en place dans le pays, le coût de la main d'œuvre, la disponibilité et le coût de la nourriture.

L'expansion générale de l'aquaculture de saumon s'est accompagnée de l'intensification des pratiques de production au bénéfice de grandes compagnies d'élevage et au détriment des petites exploitations (Staniford, 2002). Aujourd'hui, une seule ferme peut couvrir plusieurs



hectares d'une zone côtière et élever jusqu'à un million de poissons sur un seul site. L'augmentation rapide de la production de saumons d'élevage a également conduit à une chute des prix et à une augmentation de la consommation du saumon, en particulier dans les principaux marchés du saumon atlantique, à savoir le Japon, l'Europe et les Etats Unis (Weber, 1997; FAO, 2009).

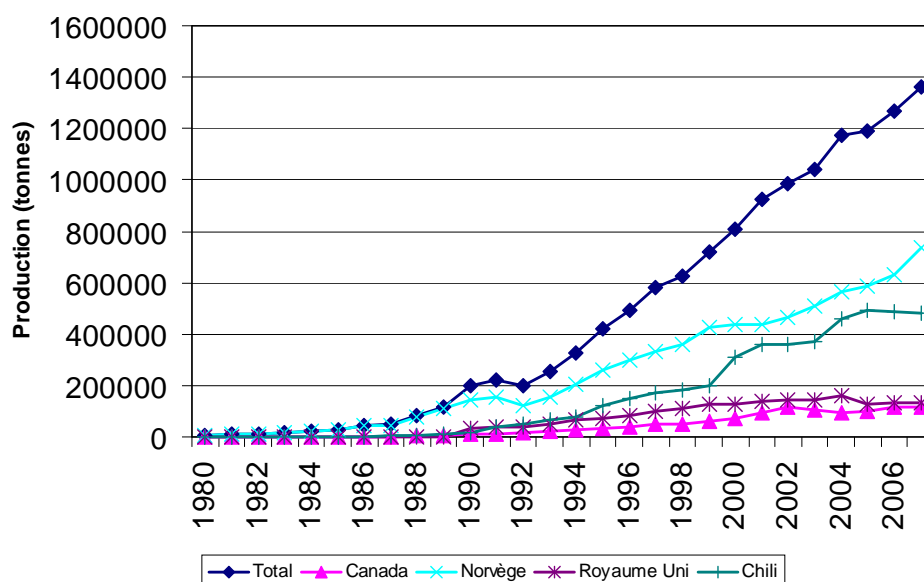


Figure 5. Evolution de la production de saumon d'élevage pour les principaux pays producteurs (FishStat, FAO, 2008)

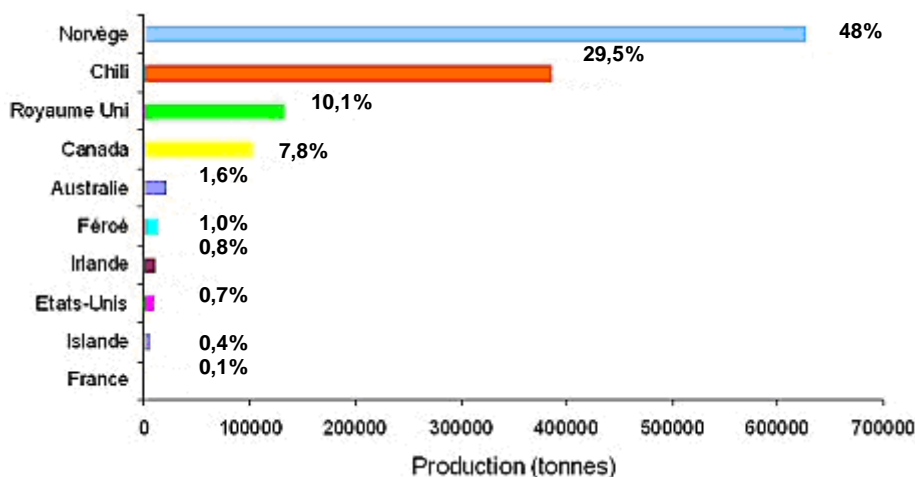


Figure 6. Principaux pays producteurs de saumon atlantique d'élevage en 2006 (FishStat, FAO, 2008)

### **1.3. Avantages et inconvénients de l'aquaculture**

A ses débuts, l'aquaculture fut dénommée la « révolution bleue » car elle se présentait comme la solution clé pour réduire les pressions sur les ressources halieutiques engendrées par la surpêche et pour répondre à la consommation croissante de poisson (Pinto et Furci, 2006; Pinto 2007). Au fur et à mesure de son développement, elle s'est présentée comme une activité économique importante, en offrant de nombreux emplois et en participant de façon significative au produit intérieur brut (PIB) des principaux pays producteurs.

Cependant, en fonction de l'espèce cultivée et du mode d'élevage pratiqué, l'aquaculture peut porter atteinte au bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Les menaces pour la biodiversité peuvent en effet se présenter à travers la modification et la destruction des habitats naturels, l'incidence des déchets de culture, l'introduction d'espèces exotiques, la transmission de pathogènes, et la dilution génétique des populations sauvages (Naylor et al., 2005). A leur tour, ces effets peuvent accélérer le déclin des stocks de poissons sauvages.

D'autre part, l'élevage d'espèces carnivores, comme les saumons, nécessite d'importants apports de poissons sauvages pour assurer leur nourriture sous forme de farine et d'huile de poisson. Or, ce type d'élevage connaît un succès commercial croissant vu qu'il permet de transformer une espèce à bas prix en une espèce à plus haute valeur ajoutée, bien qu'en contrepartie il constitue une perte en production nette de protéine animale. Par contre, l'élevage d'espèces herbivores, comme les carpes, ou d'organismes filtreurs, comme les mollusques, résulte en une production nette positive pour la consommation humaine (Naylor et al., 2000).

La diversité des systèmes de production aquacole mène donc à un paradoxe sous-jacent, à savoir que l'aquaculture peut être une solution possible à la surpêche mais peut en même temps constituer un facteur contribuant à l'effondrement mondial des stocks de poissons sauvages et menaçant l'équilibre des écosystèmes aquatiques. C'est pourquoi il est important de prendre des mesures pour assurer un développement d'une aquaculture durable, respectueuse de l'environnement.

## 2. But du travail

Ce travail a pour objectif de décrire et analyser les différents impacts de l'aquaculture de saumon sur l'environnement, ainsi que les politiques de gestion mises en place pour répondre à ces impacts en vue d'assurer un développement durable de l'aquaculture de saumon.

Différentes raisons justifient le choix de focaliser ce travail sur l'aquaculture de saumon. Tout d'abord, le saumon est l'une des principales espèces cultivées en aquaculture. Ensuite, il s'agit d'une espèce carnivore qui, lorsqu'elle est cultivée, est nourrie avec de la farine et de l'huile de poisson obtenues par la transformation de poissons pélagiques. Le saumon étant une espèce anadrome, son élevage affecte aussi bien les zones côtières que les rivières. D'autre part, la production mondiale de saumon d'élevage a enregistré une forte croissance, engendrant une multiplication des fermes d'élevage sur de grandes étendues de zones côtières, tels que les lochs, fjords et baies abritant une grande biodiversité. De la sorte, la salmoniculture entraîne un certain nombre de menaces sur l'environnement marin, sujet auquel je porte un intérêt particulier.

Afin de mieux comprendre comment l'aquaculture de saumon interagit avec son environnement, nous aborderons premièrement le déroulement du processus de production, pour ensuite parcourir les différents types d'impacts de l'élevage de saumon sur l'environnement.

Les interactions entre les différentes variables des principaux types d'impacts de l'aquaculture de saumon sur l'environnement seront illustrées par des diagrammes d'influence qui mettent en évidence des boucles de rétroaction positives et négatives. Ces boucles permettent d'identifier les leviers d'action nécessaires pour promouvoir une aquaculture durable.

Ensuite, nous présenterons les différents instruments politiques (accords internationaux, directives, lois, codes de conduite, labels et stratégies) existants pour réguler l'aquaculture en étudiant le cas de l'Ecosse. L'Ecosse a été retenue en raison du fait qu'il s'agit du troisième producteur mondial et du principal producteur de saumon d'élevage de l'Union européenne. De plus, le dispositif réglementaire écossais est imbriqué avec diverses directives européennes, en raison de l'appartenance du Royaume-Uni à l'Union européenne.

Dans la discussion, nous aborderons les possibilités existantes qui s'offrent pour remédier aux principaux impacts sur l'environnement, pour ensuite analyser les points forts et les points faibles des politiques écossaises de gestion.

De manière générale, nous espérons que ce travail puisse contribuer à mettre en valeur les leviers essentiels pour un développement durable de la salmoniculture et de démontrer la nécessité d'encadrer les activités d'élevage par un dispositif réglementaire adéquat et suffisamment contraignant.

### 3. Système d'élevage de saumon

Le saumon est une espèce anadrome appartenant à la famille des salmonidés: les saumons naissent en eau douce puis descendent en mer pour se développer et remonter ensuite les rivières pour se reproduire. La culture de saumon reproduit les conditions de développement du saumon sauvage tout en raccourcissant le cycle de vie par une optimisation de la croissance. L'élevage de saumon comprend une phase en eau douce destinée à la production de juvéniles et une phase en eau de mer où ont lieu la croissance et l'engraissement des poissons. Les poissons récoltés sont ensuite manipulés et traités afin de générer la valeur ajoutée du produit.

Les différentes étapes de production de saumon d'élevage sont décrites ci-dessous, sur base des informations scientifiques de la littérature (Weber, 1997; Pinto 2007; FAO, non daté) et sont illustrées dans la Figure 7.

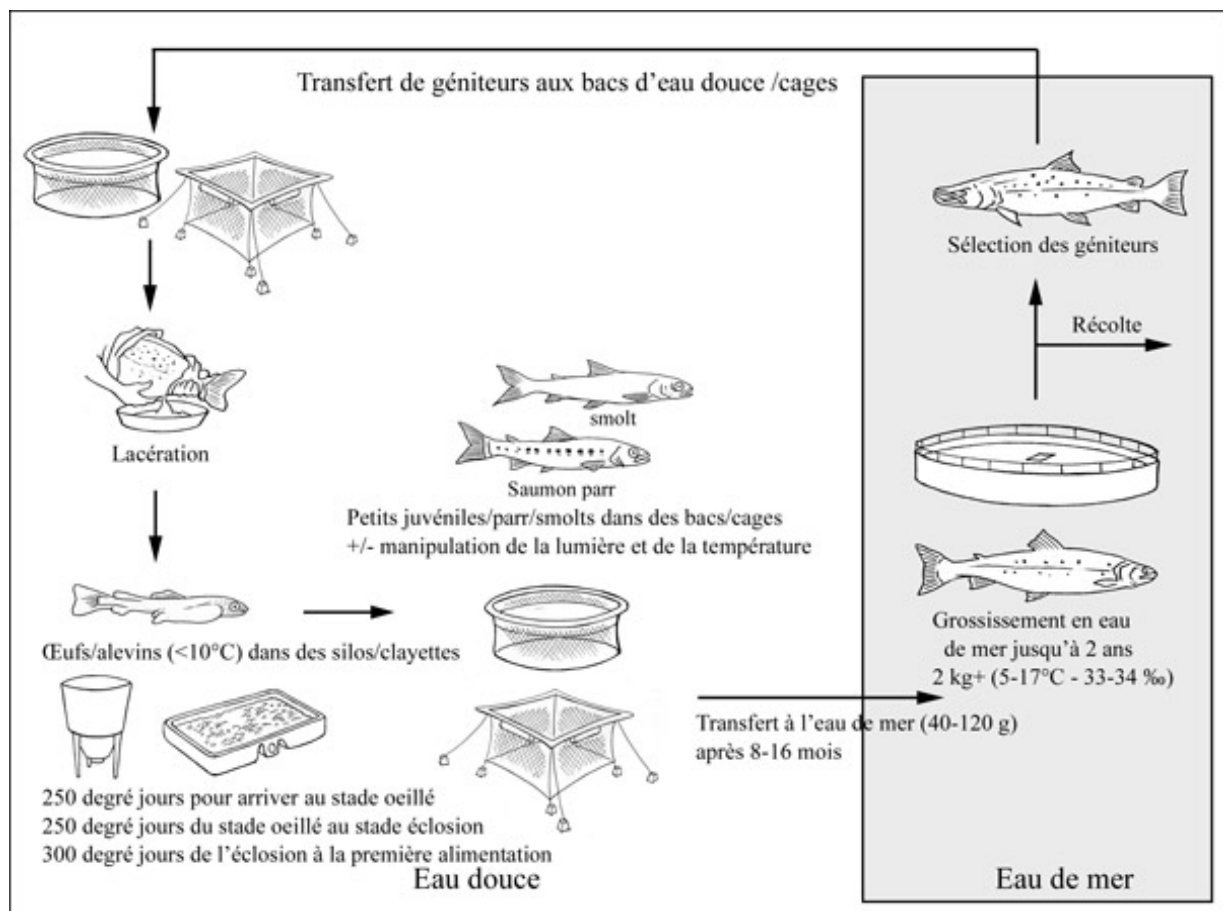


Figure 7. Cycle de production des saumons d'élevage

### **3.1. Sélection des géniteurs et fertilisation artificielle**

La population fondatrice de la plupart des saumons atlantique d'élevage est constituée à partir de 40 stocks norvégiens utilisés pour établir un programme d'élevage dans les années 1970 (Naylor et al. 2005). Les géniteurs se cultivent dans des cages spéciales et sont soumis à un processus de sélection. Après avoir initié leur maturation, les géniteurs sont transférés depuis les centres de culture en eau de mer vers les piscicultures d'eau douce. Deux mois environ après le transfert des géniteurs en eau douce, la lacération à lieu: il s'agit d'extraire les gamètes mâles qui seront utilisées pour la fertilisation artificielle des ovules. Une fois fertilisés, les œufs œillés sont placés dans des couvoirs d'eau douce.

### **3.2. Ecloserie en eau douce**

Ensuite, l'éclosion a lieu, donnant naissance aux alevins. Les alevins sont transférés dans des bacs remplis d'eau douce contenant un substrat rocheux pour remplacer le gravier naturel. Généralement ils sont placés dans des conditions d'obscurité ou de faible luminosité car en cas de trop forte luminosité, les alevins creusent des terriers, ce qui leur fait dépenser de l'énergie au détriment de leur croissance. La température de l'eau et les niveaux d'oxygène jouent un rôle important dans la vitesse d'éclosion des œufs et dans leur taux de survie. Généralement, les œufs sont incubés à des températures de 4° à 8°C. Pour accélérer l'éclosion, les opérateurs peuvent élever la température de l'eau jusqu'à 10°C. L'eau doit aussi être filtrée régulièrement pour empêcher l'accumulation de vase sur les œufs ou sur les branchies des jeunes poissons. Suite à la résorption du sac vitellin, les alevins émergent comme « parrs » et nagent vers la surface de la colonne d'eau, montrant ainsi qu'ils sont prêts à être alimenté. Enfin, les parrs subissent la « smoltification » et se transformeront en « smolts » qui resteront en culture d'eau douce jusqu'à ce qu'ils atteignent entre 40 et 120 gr. Les parrs et les smolts sont généralement élevés dans des réservoirs circulaires de grandeurs différentes dans lesquels l'eau circule soit en flux ouvert, soit via différents systèmes de recirculation.

La phase de production de juvéniles en eau douce dure de six mois à deux ans. Le saumon peut être maintenu à la température et à la lumière ambiante pour produire les smolts au printemps de l'année suivant l'éclosion. Des régimes artificiels de photopériode et de température permettent d'obtenir une smoltification précoce, dès l'automne. Certaines fermes aquacoles se spécialisent dans la production de juvéniles qui seront vendus aux fermes se consacrant uniquement à l'engraissement et la récolte des saumons adultes.

### **3.3. Engraissement et croissance en eau de mer**

Quand les smolts atteignent le poids optimal, ils sont transférés dans des cages situées en mer. La phase de croissance et d'engraissement en eau de mer, qui dure entre 10 et 13 mois selon l'espèce, peut alors commencer. Les sites marins contiennent normalement une seule génération de poisson. Une bonne pratique consiste à laisser les sites marins au repos (vides) pendant une période de 6 semaines ou plus avant l'introduction d'une nouvelle génération de poissons.

#### **3.3.1. Localisation des sites**

Bien que les cages soient généralement situées dans les eaux côtières, de plus en plus d'industries aquacoles installent leurs cages dans les eaux situées plus au large. Les sites en mer sont sélectionnés en tenant compte de la température et de la salinité de l'eau, du flux et des taux d'échange d'eau, de la proximité d'autres fermes aquacoles ou de sites de pêche naturels, et conformément aux réglementations d'autorisation locale. Le saumon atlantique croît mieux dans des sites où la température est comprise entre 6 et 16°C, et où les salinités sont proches des niveaux océaniques (33–34‰). Le flux d'eau doit être suffisant pour éliminer les déchets et apporter une eau bien oxygénée (approximativement 8 ppm).

#### **3.3.2. Taille des cages**

Les cages flottantes peuvent être carrées ou circulaires. Dans les grands sites, les cages peuvent couvrir une surface de 24 m<sup>2</sup> à 100 m<sup>2</sup>, descendre à une profondeur de 15–20 mètres et contenir plus de 500 à quelques milliers de m<sup>3</sup> d'eau. Un filet est tendu sur les montures des enclos (constituées de PVC ou d'acier) pour confiner les poissons: ce filet s'étend généralement au-dessus de la surface pour empêcher les poissons de sauter. Un second filet peut être cordé sur la surface pour empêcher les oiseaux de plonger pour attraper du poisson, tandis qu'un troisième filet, plus résistant, peut être cordé au-dessous de l'enclos pour empêcher les mammifères marins de se nourrir du poisson. Les filets sont suspendus par des systèmes de flotteurs ancrés au fond marin. Plusieurs cages peuvent être regroupées afin de faciliter l'entretien par une plateforme, servant notamment à l'entreposage de nourriture. Les grandes cages sont plus difficiles à manipuler, notamment quand elles sont soulevées pour être dégagées des mollusques et des algues marines qui peuvent les envahir.

Les densités de saumons présents dans les cages varient selon le système d'élevage: dans les systèmes très intensifs, le poisson peut être maintenu à des densités aussi élevées que 50kg/m<sup>3</sup> ou plus, mais en général la densité maximale de stockage est de 20 kg/m<sup>3</sup>.

### **3.3.3. Systèmes d'alimentation**

Une fois placés dans les cages en eau de mer, les smolts reçoivent une nourriture spécifique, à base de farine et d'huile de poisson, favorisant la croissance rapide. Pour prévenir les maladies, les smolts sont également inoculés avec des vaccins et ingèrent les antibiotiques présents dans l'alimentation. Afin d'obtenir des poissons avec une chair de couleur rosée, des pigments caroténoïdes sont également ajoutés aux aliments.

Les systèmes d'alimentation se divisent en trois types : automatiques, semi-automatiques et manuels. Les systèmes d'alimentation automatiques permettent aux poissons d'être alimentés à satiété tout en évitant de les suralimenter et par conséquent limite la perte d'aliment.

Au cours des 24 mois après la smoltification, le poisson est récolté lorsque son poids atteint entre 2 et 5kg. Une fois que les saumons ont atteint la maturité sexuelle, la qualité de leur chair se détériore et n'est plus appropriée à la consommation humaine. Trois à cinq jours avant l'abattage, le saumon est privé de nourriture afin de vider l'intestin, réduire le gras et rendre la chair ferme.

### **3.4. *Processus de récolte***

Il existe différentes techniques de récolte: les saumons peuvent être recueillis dans de grandes corbeilles et abattus sur le côté de l'enclos ou bien ils sont pompés vivants et transportés aux unités d'abattage, généralement par bateaux. L'invention des « wellboats » (bateaux spécialisés assurant une bonne circulation de l'eau de mer) a permis le développement de la récolte vivante.

Le poisson récolté vivant peut être tranquilisé avec du dioxyde de carbone ou en étant placé dans une unité de réfrigération à zéro degré. Ensuite, une incision près de l'arc de branchial est réalisée. Les poissons sont totalement saignés, puis vidés, nettoyés et mis au froid. Les poissons sont ensuite triés et emballés. A ce stade, le poisson peut être destiné à la vente comme un saumon entier congelé ou un saumon frais et vidé. Toutefois, la majorité des poissons sont préparés comme produit possédant une plus grande valeur ajoutée (fumé, préparé en filets, etc.).



## **4. Impacts sur l'environnement**

### ***4.1. Pression sur la biomasse de poissons pélagiques***

Les saumons sont des poissons carnivores, ils possèdent donc, dans la chaîne alimentaire, un niveau trophique élevé. Une quantité importante de poissons pélagiques sauvages (sardines, anchois, hareng, etc.) est nécessaire pour les nourrir. La farine et l'huile produites à partir de poissons pélagiques constituent environ les deux tiers de l'alimentation des saumons d'élevage et fournissent les protéines animales, les acides aminés (méthionine et lysine), et les lipides (incluant des acides gras polyinsaturés) ainsi qu'une source d'énergie efficace, essentiels à la croissance (Naylor et al., 2000). Le reste du régime alimentaire est constitué essentiellement de protéines végétales.

#### **4.1.1. Utilisation de farine et huile de poisson dans aquaculture**

Le volume total de farine et d'huile de poissons utilisés par l'industrie aquacole a triplé entre 1992 et 2006. En 2006, le secteur de l'aquaculture a consommé environ 3 millions de tonnes de farine de poisson, soit 56% de la production mondiale, et 0,78 million de tonnes d'huile de poisson, soit 87% de la production totale. Les saumons d'élevage consomment environ 20% de la farine de poisson et 51% de l'huile de poisson destinées à l'aquaculture (Figure 8, Figure 9).

La demande de farine et d'huile de poisson par l'industrie de saumon a progressivement augmenté: de 1992 à 2003, elle est passée de 201 à 573 kt de farine de poisson, et de 60,4 à 409 kt d'huile de poissons (Tacon, 2005). Avec un total de 982 kt de farine et d'huile de poisson utilisé en 2003 dans leur régime alimentaire, les saumons d'élevage sont les principaux consommateurs de farine et d'huile de poissons (Tableau 1).

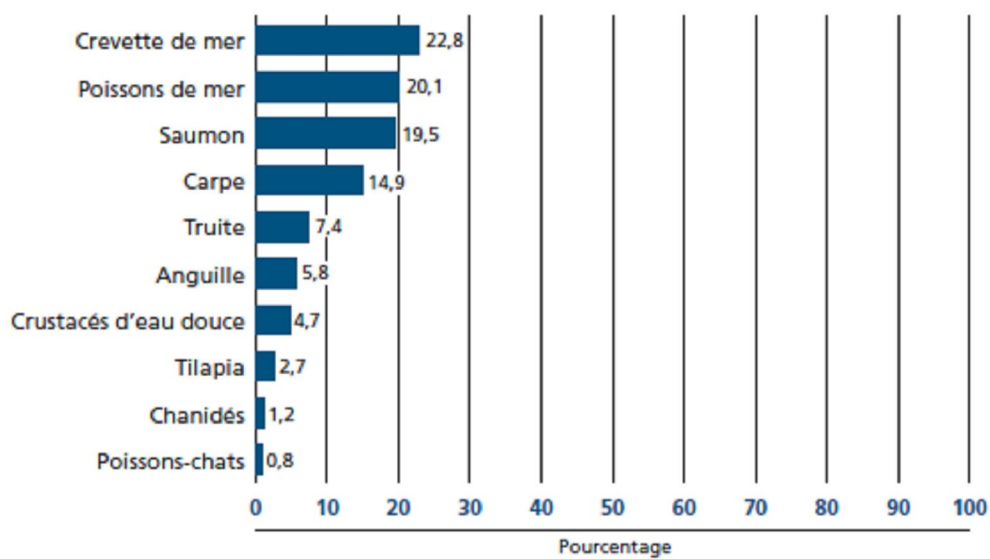


Figure 8. Utilisation mondiale de farine de poisson en 2003 pour principaux animaux aquatiques d'élevage (FAO, 2009)

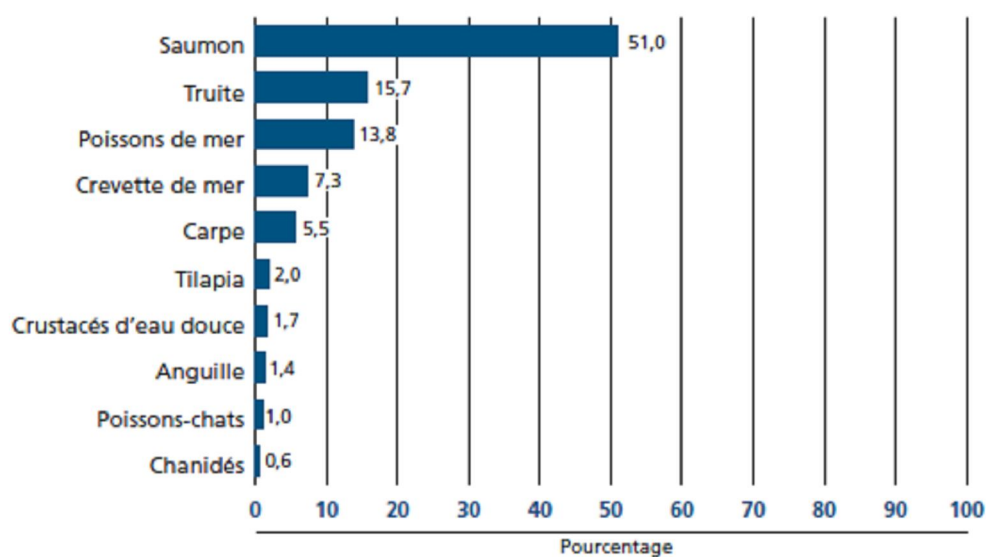


Figure 9. Utilisation mondiale d'huile de poisson en 2003 pour les principaux animaux aquatiques d'élevage (FAO, 2009)

Espèces	Farine de poisson (kt)	Huile de poisson (kt)	Farine et Huile de Poisson (kt)	Production (kt)	Taux de conversion (FCE)
Saumons	573	409	982	1,259	3.1-3.9
Crevettes marines	670	58.3	728.3	1,805	1.6-2.0
Poissons marins	590	110.6	700.6	1,101	2.5-3.2
Carpes	438	43.8	481.8	10,179	0.19-0.24
Truites	216	126	342	554	2.5-3.1
Anguilles marines	171	11.4	182.4	232	3.1-3.9
Crustacés divers	139	13.9	152.9	688	0.9-1.1
Tilapia	79	15.8	94.8	1,678	0.23-0.28
Chanos	36	5.2	41.2	552	0.30-0.37
Poisson-chat	24	8	32	569	0.22-0.28

**Tableau 1. Utilisation d'huile et de farine de poisson pour différentes espèces cultivées (FAO, 2005)**

Les proportions de farine de poisson et d'huile de poisson utilisées dans le régime alimentaire des saumons ont fortement changé durant les deux dernières décennies. Le taux de farine de poisson a fortement diminué (d'un niveau moyen à 65% en 1985 à 35% en 2005), alors que celui de l'huile de poisson a augmenté (passant de 10% en 1985 à 35-40% en 2005). L'augmentation de la teneur en lipides et la diminution du taux de protéines ont produit une nourriture plus énergétique (les lipides ayant un niveau énergétique presque double de celui des protéines) entraînant une meilleure croissance du poisson.

#### **4.1.2. Estimation du taux de conversion**

L'efficacité du taux de conversion ou "Feed Conversion Efficiency", communément dénommée FCE, donne une estimation du nombre de kilos de poissons pélagiques nécessaires pour produire 1 kg de saumon d'élevage. Les estimations du taux de conversion pour l'aquaculture de saumon diffèrent selon les auteurs. Le FCE varie en fonction de la proportion de farine et d'huile de poisson utilisée car la production d'huile de poissons nécessite plus de ressources pélagiques que celles requises pour la production de farine de poisson. Selon la FAO (1999), il faudrait de 4,3 à 5 kg de poissons sauvages pour produire un kg de farine de poisson, alors que pour produire un kg d'huile de poisson, il faut de 21,4 à 27,2 kg de poissons pélagiques (Pinto et Furci 2006).

Selon la FAO, le FCE du saumon était de 3,1 à 3,9 en 2003. Il s'agit du taux de conversion le plus élevé parmi les différentes espèces cultivées en aquaculture (Tableau 1). Ces estimations sont basées sur un régime alimentaire du saumon d'élevage constitué de 35% de farine de poisson et 25% d'huile de poisson. Selon Tacon (2005), l'efficacité du taux de conversion se chiffrerait entre 2 et 5 en fonction de la composition du régime alimentaire des saumons des principaux pays producteurs (Tableau 2).

<b>Pays</b>	<b>% Farine de poisson</b>	<b>% Huile de poisson</b>	<b>Taux de conversion</b>
Canada	20-25	15-20	1,8-2,9
Chili	30-35	25-35	2,9-4,2
Norvège	30-35	25-30	2,9-4,2
Royaume-Uni	35-40	27-32	3,2-4,7

**Tableau 2. Taux de conversion (FCE) des principaux pays producteurs de saumon d'élevage (Tacon, 2005)**

Une autre étude réalisée par Pinto et Furci en 2006, estime que le FCE du Chili s'élèverait à 8,5 en considérant une utilisation de 40% de farine de poisson et 30% d'huile de poissons dans le régime alimentaire des saumons<sup>1</sup>, et à 9,9 pour un régime alimentaire constitué de 35% de farine et 35% d'huile. Il s'agit là de l'estimation la plus élevée de FCE du saumon d'élevage, correspondant à environ 10 kg de poissons pélagiques par kg de saumon de saumon d'élevage.

Quel qu'en soit le chiffre exact, il faut plusieurs kilos de poissons sauvages pour nourrir un saumon d'élevage. Il est donc clair que l'aquaculture de poissons carnivores, exerce une pression majeure sur la biomasse pélagique déjà menacée et remet en question les arguments utilisés pour justifier l'aquaculture.

Quelques partisans de l'aquaculture soutiennent que, même si la production de poisson d'élevage exige plus de biomasse de poisson sauvage que ce qui est finalement récolté, elle est toujours plus efficace que la capture d'espèces carnivores sauvages à haute valeur commerciale. Le flux énergétique entre niveaux trophiques marins est estimé à 10% (Curry et

---

<sup>1</sup> En 2004, 340 kt de farine de poisson et 255 kt d'huile de poisson ont été nécessaires pour la fabrication de la nourriture de saumon. Pour chaque 100 kg de poissons sauvages, 27 kg de farine de poisson et 5 kg d'huile de poisson sont produits (calculé par les données de Sernapesca Anuario 2004). Ainsi, pour produire 340 t de farine de poisson, 1.259,26 t de poissons pélagiques sont nécessaires, desquels 62,96 t d'huile de poisson sont aussi extraits. Néanmoins, 192,04 t d'huile de poisson sont encore nécessaires, et sont produites à partir de 3.840,74 t de poissons pélagiques. Donc, pour produire les 600,5 kt de saumon d'élevage du Chili, 5,1 10<sup>6</sup> t de ressources pélagiques sont donc nécessaires, ce qui se traduit en un FCE de 8,5.

Misery, 2008), ce qui signifie que pour produire 1 unité de poisson prédateur, 10 unités d'alimentation sont nécessaires (en grande partie sous forme de petits poissons pélagiques). Le saumon cultivé présenterait donc un avantage écologique par rapport au saumon provenant de la pêche de capture (Neira et Diaz, 2005) car un saumon sauvage nécessiterait environ 10 kg de poissons consommés pour un kg en poids. Pourtant cet avantage serait considérablement moindre et pratiquement nul si l'on considère les niveaux actuels de farine et d'huile de poissons utilisés dans la composition des aliments et l'augmentation des récoltes projetée par l'industrie (Pinto et Furci, 2006). De plus, les flux d'énergie entre les poissons marins aux niveaux de trophiques différents ne sont pas bien documentés et la biomasse de saumon d'élevage produit de façon intensive est bien plus importante que la biomasse de saumons sauvages.

#### **4.1.3. La pêche minotière**

D'une manière globale, il y a eu un glissement graduel de la capture de grands poissons sauvages carnivores possédant une valeur élevée vers la capture d'espèces plus petites, possédant moins de valeur, qui s'alimentent aux niveaux trophiques les plus bas (Pauly et al., 1998; Naylor et al., 2000).

La pêche minotière a pour objet la capture d'espèces destinées à la transformation en farine et huile pour d'autres usages que la consommation humaine. En moyenne, ce sont entre 25 et 30 millions de tonnes de poisson qui sont capturées chaque année par la pêche minotière. Le Chili et le Pérou assurent 40% de la production mondiale (CE, 2004). Les principaux poissons pélagiques utilisés pour la fabrication de farine et d'huile appartiennent à la famille des Engraulidae (l'anchois péruvien, *Engraulis ringens*, l'anchois japonais, *E. japonicus* et, l'anchois européen *E. encrasicolus*), des Clupeidae, comme le hareng (de l'Atlantique, *Clupea harengus*, de la Mer Baltique, *C. harengus membras* et, du Pacifique, *C. pallasii*), la sardine (*Sardina pilchardus*), le sprat d'Europe et le menhaden (*Brevoortia tyrannus*), mais également différentes espèces de maquereaux (Naylor et al., 2000; Tacon 2005). Certaines de ces espèces font parties du « top » des captures océaniques (Naylor et al., 2000) et sont souvent considérées comme étant exploitées ou pleinement exploitées (Annexe 1).

Les fortes pressions des pêches de capture et les changements de conditions environnementales associées au phénomène El Niño de 1997-1998, ont mené à un net déclin des populations d'anchois, de sardine et de maquereau du Pacifique Sud-Est (Naylor et al.,

2000; Figure 10), où le taux de capture total oscille autour de 12 millions de tonnes depuis cinq ans. Alors que le stock d'anchois s'est reconstitué après avoir chuté à seulement 1,7 millions de tonnes suite à l'épisode El Niño, il est actuellement considéré comme étant pleinement exploité ou surexploité avec des prises de l'ordre de 7 à 11 millions de tonnes (FAO, 2009). De même, les stocks de sardine sud-américaine ont brusquement chuté: en 2002, seulement 28 000 tonnes ont été pêchées après avoir atteint le pic de 6,5 millions de tonnes en 1985 (FAO, 2005). Le maquereau jack chilien est évalué comme étant pleinement exploité à surexploité et 1,7 millions de tonnes ont été récoltées en 2002 après le déclin continu depuis que la production maximale avait atteint 5 millions de tonnes en 1994 (Tacon, 2005). Le cas du maquereau jack, qui pendant plusieurs années était l'objectif principal des pêcheries industrielles du Pacifique sud-est, est un bon exemple pour illustrer la diminution de la biomasse des pêcheries.

De grands changements du Pacifique Nord dans l'abondance de la sardine et l'anchois japonais se sont aussi produits en réponse à la forte pêche et aux oscillations naturelles. L'anchois japonais est pleinement exploité dans le Pacifique Nord-Est. Dans l'Atlantique Nord-Est, les prises du merlan bleu ont fortement augmenté et l'espèce est actuellement considérée comme étant pleinement exploitée. Les stocks de capelan et de harengs sont exploités également à leur potentiel maximum (FAO, 2005).

La capture d'un grand nombre de poissons pélagiques peut avoir des impacts sur leurs proies et sur les populations de prédateurs, conduisant à des effets à différents niveaux trophiques. En outre, les prises accessoires de la pêche minotière concernent essentiellement des juvéniles d'autres espèces de poissons, principalement des espèces appartenant à la famille des Gadidae (cabillaud, merlan, aiglefin, etc.) (CE, 2004).

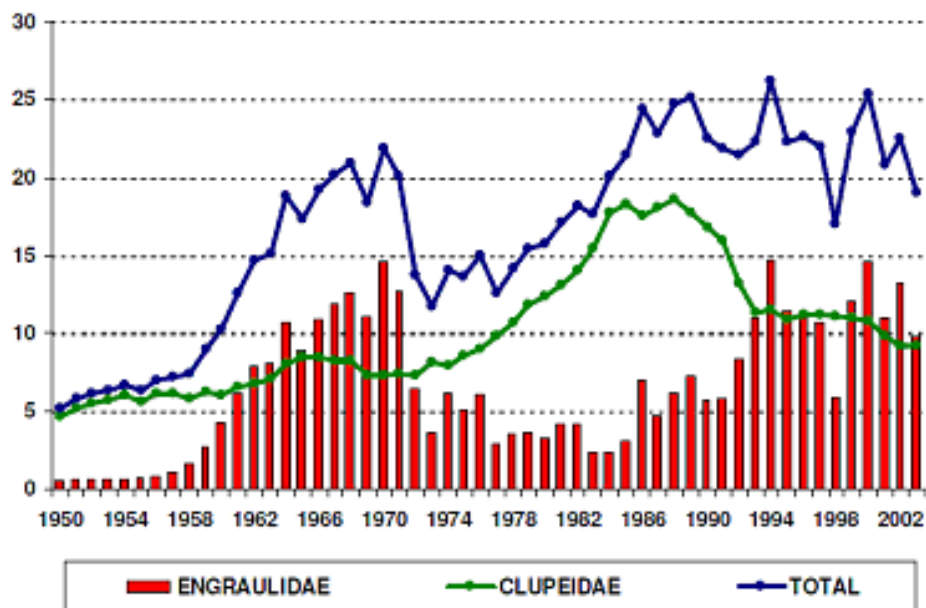


Figure 10. Taux de capture des poissons pélagiques destinés à la réduction en farine et huile (FAO, 2005)

En conclusion, l'élevage de saumon est l'industrie aquacole présentant la plus forte demande de farine et huile de poissons, et exerce ainsi une pression indirecte sur les stocks de poissons pélagiques.

## **4.2. *Evasions de saumons d'élevage***

L'aquaculture peut entraîner l'introduction involontaire d'espèces cultivées dans l'environnement. Les évasions de saumons d'élevage se produisent dans toutes les régions où ont lieu l'aquaculture, à la fois dans les zones indigènes des saumons sauvages et dans les zones non indigènes. Plusieurs études réalisées sur les salmonidés ont montré que les poissons sauvages et d'élevage différaient sur certains aspects tels que le comportement, le taux de croissance, le taux de survie ou de reproduction. Les poissons d'élevage qui se sont échappés des cages peuvent entrer en compétition avec les poissons sauvages pour l'espace, les proies et la reproduction, et contribuer ainsi au déclin des populations sauvages.

### **4.2.1. Taux d'évasion**

La majorité d'évasions de saumons d'élevage ont lieu lors de tempêtes qui peuvent affecter la structure des cages et endommager les filets. Les filets peuvent aussi être endommagés par les hélices des bateaux ou les prédateurs (Pêches et Océans Canada, 2005a). Si les cages sont mal entretenues, cela augmente également la probabilité d'évasion.

Dans l'Atlantique Nord, deux millions de saumons atlantiques d'élevage se seraient échappés chaque année. En Ecosse, plus d'un million d'évasions ont été signalées par les fermes d'élevage entre 1997 et 2001. En Norvège, un pic a été observé en 1992 avec 1,6 millions de poissons évadés. Un certain nombre de mesures ont permis de réduire ce nombre à 282 000 en 1995. Mais, comme l'aquaculture s'est développée, le nombre de poissons évadés s'est lui aussi accru (642.000 en 1997; Boujard, 2004). Les saumons atlantiques d'élevage qui se sont échappés des fermes se reproduisent avec succès en Norvège, en Irlande, au Royaume Uni et à l'est de l'Amérique du Nord (Hansen et al., 1999). Jusqu'à 40% des saumons atlantiques pêchés dans l'Atlantique Nord sont d'origine domestique (Hansen et al., 1999; Naylor et al., 2000). En Norvège, les saumons d'élevage représentent en moyenne 11 à 35% des populations « sauvages », avec quelques populations excédant 80% (Fiske et al., 2001).

Des millions de saumons atlantiques d'élevage ont également été introduits sur les côtes ouest d'Amérique du Nord (Volpe et al., 2001) et du Sud (Soto et al., 2000). Plusieurs populations de saumons atlantiques se sont établies dans l'océan Pacifique, comme au Chili et en Colombie Britannique (Volpe et al., 2001). Au Pacifique Nord, plus de 255.000 saumons



atlantiques d'élevage se seraient échappés depuis le début des années 1980 et ont été, par la suite, pêchés de Washington jusqu'en Alaska (Naylor et al., 2000).

Des saumons génétiquement modifiés d'essai se sont également introduits en Nouvelle Zélande, en Ecosse, au Canada et au Chili (Staniford, 2002).

#### **4.2.2. Impacts écologiques des évasions de saumons d'élevage sur les populations sauvages et les écosystèmes**

Les introductions d'espèces d'élevage dans l'environnement peuvent affecter les poissons appartenant à la même espèce que les poissons d'élevage, à d'autres espèces de poissons ou encore d'autres groupes d'organismes que les poissons.

Les impacts écologiques des poissons évadés peuvent être directs ou indirects (Boujard, 2004). Les effets directs comprennent la compétition pour la nourriture et l'espace. L'ampleur de cet effet varie en fonction du nombre de poissons échappés et des populations locales. Les effets indirects incluent la dissémination de maladies (voir 4.3.).

Le potentiel de compétition des juvéniles d'eau douce est important, parce que le régime alimentaire et le choix d'habitat se chevauchent avec ceux des juvéniles sauvages de la même espèce (Fleming et al., 2000; McGinnity et al., 2003) ainsi qu'avec ceux de juvéniles d'espèces apparentées (Volpe et al., 2001) ou non apparentées (Baxter et al., 2004). Suite à la sélection artificielle des saumons d'élevage pour optimiser la croissance, les juvéniles d'élevage ont une plus grande taille que les juvéniles sauvages (McGinnity et al., 2003; Fleming et al., 2000). Les juvéniles d'élevage ont donc un avantage de par leur taille et entrent en compétition avec les juvéniles sauvages. Il existe aussi des différences comportementales entre les juvéniles d'élevage et sauvages qui sont génétiquement fondées, comme, par exemple, une plus grande agressivité et prise de risque par les juvéniles d'élevage (Fleming et al., 2000). La dominance territoriale et sociale est répandue chez les populations de salmonidés sauvages, et l'addition de poissons cultivés peut affecter à la fois la mortalité et la croissance des poissons sauvages. L'agression est un comportement énergétiquement coûteux, et l'agressivité élevée des juvéniles d'élevage échappés peut sévèrement stresser ses contreparties sauvages, voire augmenter leur mortalité. Le remplacement des poissons indigènes par des poissons d'élevage ou des hybrides, plus grands et plus agressifs, peut aussi entraîner le déplacement des poissons sauvages vers des habitats plus pauvres, augmentant

encore la mortalité (Fleming et al., 2000). Fleming et al. (2000) ont montré que la productivité des populations de juvéniles indigènes était réduite de plus de 30% à cause de la présence de juvéniles d'élevage ou hybrides.

Bien que les saumons d'élevage puissent s'échapper des piscicultures d'eau douce dès le stade juvénile, la plupart des évasions reportées se produisent depuis les cages marines. Les poissons évadés depuis les cages peuvent alors se déplacer entre les habitats marins et d'eau douce et interagir avec les saumons sauvages et d'autres espèces dans l'écosystème. Dans les eaux douces de zones indigènes ou non, ils peuvent se reproduire, même si leurs performances reproductives sont parfois significativement inférieures à celles des saumons sauvages (Fleming et al., 2000).

L'introduction de salmonidés dans les régions où de telles espèces étaient précédemment absentes peut mener à la restructuration des chaînes alimentaires marines et d'eau douce (Baxter et al., 2004). Au Chili, le saumon a été identifié comme l'une des espèces introduites les plus nuisibles pour les écosystèmes du Chili (Pinto, 2007). Les saumons adultes étant des prédateurs de poissons comme les anchois et les sardines, ils sont, en conséquence, des compétiteurs du merlu du sud, une des principales espèces de la pêche artisanale (Soto et al., 2001). Selon une étude universitaire chilienne, les saumons échappés consommeraient annuellement entre 1.460 et 1.825 tonnes de ressources halieutiques, ce qui représente une perte pour la pêche artisanale de près de \$2,4 millions (Pinto, 2006).

#### **4.2.3. Impacts génétiques des évasions de saumons d'élevage sur les populations de saumons sauvages**

Les différentes populations de saumons sauvages possèdent une variation génétique importante, reflétant notamment les adaptations à l'environnement local. La sélection durant la domestication des poissons d'élevage, et l'utilisation d'un nombre limité de reproducteur ont entraîné des changements génétiques rapides. Les saumons d'élevage possèdent une variation génétique en fonction des différentes lignées, mais cette variation est bien plus faible que celle des populations sauvages (Norris et al., 1999).

Bien que les poissons d'élevage aient un taux de reproduction faible, ils peuvent se reproduire avec les saumons sauvages (Fleming et al., 2000). Les hybrides qui résultent de ces croisements peuvent conduire à un mélange du patrimoine génétique, et mener finalement à

une population sauvage entièrement composée d'individus descendants d'élevage (Naylor et al., 2005). Une étude norvégienne réalisée par Fleming suggère que 55% des poissons d'élevage contribuent à 19% des gènes de poissons adultes de la génération suivante. Un flux génique continu réduirait de moitié les différences génétiques entre les saumons d'élevage et sauvage toutes les 3,3 générations et mènerait à une homogénéisation génétique rapide. Avec les niveaux de flux génique actuel entre les saumons d'élevage et les saumons sauvages, la variation génétique totale des saumons sauvages pourrait bientôt dépendre presque uniquement de la variation limitée présente chez les poissons d'élevage (Hindar et al., 2004). Le résultat serait une perte irréversible de l'unique diversité génétique des saumons sauvages et de leur capacité à s'adapter à des changements environnementaux. Selon une étude réalisée en Irlande (McGinnity et al., 2003), la durée de vie des hybrides peut parfois être inférieure au tiers de celle des sauvages (de 27 à 89% exactement) et, en outre, 70% des embryons de la seconde génération ne survivent pas. Ces résultats démontrent que les croisements entre saumons d'élevage et sauvages peuvent conduire les populations de saumons sauvages, déjà vulnérables, à l'extinction.

Le taux de croissance rapide des juvéniles d'élevage et des hybrides peuvent favoriser la vitesse de l'homogénéisation génétique en réduisant leur âge à maturité et, par conséquent, la durée de leur temps de génération par rapport à celui des saumons sauvages (Fleming et al., 2000). Il peut en résulter une augmentation de la fréquence de maturation précoce des mâles avant la migration vers les eaux douces et, par là, une compétition d'accouplement élevée (Garant et al., 2003). Cependant, d'autres auteurs ont observé que les saumons d'élevage remontaient plus tard les rivières pour se reproduire et pouvaient, dans ce cas, causer la destruction des frayères des saumons sauvages (Boujard, 2004).

#### **4.2.4. Croisements interspécifiques**

Les poissons d'élevage relâchés peuvent aussi se reproduire avec des salmonidés d'espèces différentes. De telles interactions sexuelles interspécifiques peuvent jouer un rôle dans le remplacement d'une espèce. Les croisements interspécifiques entre le saumon atlantique et la truite commune (appartenant également à la famille des salmonidés) se produisent rarement dans la nature. Une augmentation du taux d'hybridation entre ces espèces a cependant été observée en Ecosse et en Norvège (Hindar et Balstad, 1994). La proportion moyenne d'hybrides interspécifiques reste cependant faible (1% ou moins), mais atteint 10% ou plus

dans certaines rivières. Les hybrides interspécifiques survivent bien mais sont en général stériles et peuvent donc diminuer la productivité des populations locales.

Les hybrides entre saumons atlantiques et pacifiques ne sont pas viables, mais des tentatives de fertilisation peuvent résulter en une perte des gamètes sauvages et donc à un déclin dans les populations sauvages (Naylor et al., 2005).

#### **4.2.5. Organismes génétiquement modifiés**

Les organismes transgéniques représentent des risques pour les populations natives de saumons. Certains laboratoires nord-américains ont réussi à modifier génétiquement des saumons atlantiques afin qu'ils acquièrent des capacités de croissance tout à fait hors normes. Hedrick (2001) a montré, que si un tel transgène présentait un avantage reproductif et un désavantage sur la viabilité en général, ses possibilités d'invasion dans une population naturelle étaient très grandes. L'augmentation de la fréquence du transgène entraîne une réduction de la viabilité de la population naturelle, ce qui augmente la probabilité d'extinction de cette population.

En conclusion, l'introduction de saumons d'élevage dans l'environnement peut donner lieu à la perte de réservoirs uniques de diversité génétique des saumons sauvages et accélérer le déclin de ces populations. Dans les zones où le saumon cultivé n'est pas une espèce indigène, il peut devenir une espèce envahissante qui menace l'équilibre de la chaîne alimentaire.

### **4.3. Propagation de maladies infectieuses et de parasites**

Au-delà des risques associés aux interactions génétiques, l'aquaculture augmente les risques de transmission de pathogènes et de maladies dans l'environnement. La transmission des pathogènes et des maladies aux poissons sauvages peut se produire via les poissons infectés dans les écloseries ou dans les cages marines, ou via les poissons qui se sont évadés.

Les poissons cultivés à haute densité et de façon intensive souffrent de stress et ont un système immunitaire affaibli (Pinto, 2007). Ces cultures mènent alors à une plus grande prévalence de maladie, à une prolifération de pathogènes dans l'environnement (Naylor et al., 2005) et à une perturbation de la dynamique de n'importe quel système de parasite (Krkosek et al., 2006). Différentes maladies virales, parasitiques ou bactériennes affectant la croissance et la survie des saumons d'élevage, ont été détectées.

#### **4.3.1. Poux de mer**

Les saumons d'élevage sont communément infectés par les poux de mer, l'un des parasites les plus dangereux du saumon atlantique. *Lepeophtheirus salmonis* est une espèce de pou de mer qui parasite spécifiquement les salmonidés, tandis que *Caligus clemensi* est une espèce généraliste qui parasite plusieurs familles de poissons (Krkosek et al., 2007). Le pou de mer est un copépode ectoparasite qui se nourrit du mucus et du sang du poisson hôte, entraînant un stress osmotique et l'amaigrissement des poissons suffisamment infectés (Beamish et al., 2006; Krkosek et al., 2007). La présence d'une dizaine d'individus, voire davantage, sur des jeunes saumons peut entraîner leur mort (Boujard, 2004).

Le cycle de vie du saumon implique une période de ségrégation spatiale entre jeunes et adultes. Cette ségrégation constitue un refuge temporel car elle protège les juvéniles contre les parasites associés aux adultes. En effet, le pou de mer est généralement considéré comme bénin sur le saumon adulte mais constitue un sévère pathogène pour les juvéniles. La présence de centres d'élevage sur les routes de migration peut alors affecter le rôle fonctionnel de ce refuge temporel en fournissant aux parasites un accès à ces nouveaux hôtes juvéniles (Krkosek et al., 2007; Naylor et al., 2005). Car, au cours de leurs premiers mois en mer, les saumons sauvages sont sympatriques avec de grandes abondances de saumons d'élevage, qui constituent la principale source de poux de mer. Toutefois, les liens de causalité sont quelques peu occultés par la multitude de facteurs affectant les populations de poissons sauvages,

comme la densité, les conditions océaniques et climatiques, la pêche et la dégradation de l'habitat (Levin et al., 200; Beamish et al., 2006; Krkosek et al., 2007).

La croissance de l'élevage du saumon a coïncidé avec l'émergence d'infestations de poux de mer chez les salmonidés sauvages. Des épidémies de poux de mer ont touché les élevages de saumons de Norvège, d'Ecosse, d'Irlande et du Canada (Naylor et al., 2005; Krkosek et al. 2005). En Norvège, des infestations de poux ont entraîné des mortalités de 48 à 86 % chez de jeunes saumons sauvages (Boujard, 2004). Des études réalisées au Canada, au nord l'île de Vancouver, ont montré que les juvéniles de saumon rose (*Onchorhynchus gorbuscha*) souffraient d'infestations récurrentes de poux de mer, toutes associées à l'élevage de saumon (Krkosek et al., 2005, 2007; Ford et Myers, 2008). Ces infestations menacent ces populations de saumon rose d'extinction.

#### **4.3.2. Maladies**

Les blessures causées par le pou de mer favorisent l'apparition de maladies. Les poux de mer peuvent transmettre une infection hautement virulente, l'anémie infectieuse du saumon (AIS). Il s'agit d'une maladie virale fortement contagieuse et létale qui se répand par transmission horizontale (d'adulte à adulte) dans les eaux douces et les eaux marines (Bostick et al., 2006). Le virus est porté par le mucus, les urines et les fèces. Les fermes constituent donc des zones de contamination en plus de la transmission par les poissons d'élevage qui se sont échappés. La maladie est apparue dans une ferme d'élevage de saumon en Norvège en 1984 et s'est depuis répandue dans différents pays (au Canada à partir de 1996, en Ecosse en 1998, au Chili en 2000 et aux Etats Unis en 2001) (Bostick et al., 2006). Durant l'épidémie d'AIS en Ecosse, 4 millions de poissons ont été abattus (Staniford, 2002).

La nécrose pancréatique infectieuse (NPI) est l'une des maladies virales qui affecte les saumons atlantiques, elle est endémique à l'est de l'Amérique du Nord. La NPI n'a généralement pas été une source de mortalité sérieuse en Amérique du Nord mais a causé d'importantes mortalités dans les fermes d'élevage de saumon européennes (Bostick et al., 2006).

Dans les piscicultures d'eau douce, les principales maladies sont causées par des agents infectieux (comme la nécrose infectieuse hématopoiétique (NHI)). Chez les juvéniles, la maladie bactérienne des branchies ou des reins (BKD), la furonculose et des maladies causées

par des parasites causent des pertes significatives. Le BKD est une infection chronique des salmonidés dans les fermes d'élevage (Bostick et al., 2006). Il s'agit d'une des maladies les plus dévastatrices du saumon chinook. Le BKD est présent aux Etats Unis et au Canada. En Europe, des épidémies de furunculose et de *Gyrodactylus salaris* -maladie causée par un ver plat- chez les saumons atlantiques sauvages ont aussi été reliées aux poissons évadés des centres de culture (Boujard, 2004). La furunculose est une maladie bactérienne commune qui affecte les saumons atlantiques à la fois en eau douce et en mer. En 1985, la furunculose a été découverte dans des fermes de saumons en Norvège. En 1988, 32 fermes avaient été infectées et, 5 ans plus tard 550 étaient touchées. Pour éradiquer la maladie, les poissons de 20 fermes ont été abattus avec des dommages évalués à plus de \$100 millions.

En conclusion, la présence de pathogènes et de maladies dans les fermes d'élevage réduisent considérablement le taux de survie des juvéniles sauvages dont la route de migration traverse les zones d'exploitation d'aquaculture. Dans de nombreux cas, le taux de survie et, par conséquent, le taux de retour au lieu de reproduction d'origine, a chuté de plus de 50% par génération (Ford et Myers, 2008).

## **4.4. Pollution de l'environnement**

### **4.4.1. Antibiotiques**

Les saumons cultivés ont un système immunitaire affaibli et sont donc plus vulnérables aux maladies. Afin de pouvoir atteindre leur taille de récolte et de minimiser leur taux de mortalité, ils sont traités avec divers antibiotiques.

L'industrie aquacole en général, et la salmoniculture en particulier, utilisent les antibiotiques de façon excessive. Au Chili par exemple, l'importation annuelle d'antibiotiques comme la tétracycline, l'acide oxolinique, la flumequine et diverses pénicillines ont augmenté entre 1990 et 1997 de 150 à 550 tonnes (Pinto, 2007). Des données plus récentes signalent que l'utilisation de flumequine, utilisée exclusivement dans l'aquaculture, est passée de 30 à presque 100 tonnes entre 1998 et 2002 (Bravo et al., 2005). Cette situation coïncide avec l'augmentation de la production de salmonidés au Chili durant la même période (Fortt et al., 2007).

L'utilisation intensive d'antibiotiques dans l'aquaculture génère alors l'apparition de bactéries résistantes aux antibiotiques. Les infections provoquées par les bactéries résistantes sont plus sévères et plus difficiles à traiter, et requièrent généralement l'utilisation d'antibiotiques plus coûteux (Cabello, 2004). Certaines espèces vivant à proximité des centres de culture peuvent consommer les aliments artificiels contenant les antibiotiques non ingérés par les spécimens en captivité (Pinto, 2007). La chair de ces poissons sauvages peut être contaminée par des résidus antimicrobiens qui peuvent être transmis aux consommateurs des communautés locales (Fortt et al., 2007).

### **4.4.2. Produits chimiques**

Les saumons d'élevage sont traités avec différents produits pour lutter contre diverses problématiques nuisant à leur commercialisation. Les produits chimiques utilisés dans les fermes de saumon comprennent des carcinogènes, des mutagènes et une multitude de polluants qui mettent en danger non seulement l'environnement marin mais également la sécurité des travailleurs et des consommateurs.



## **Colorants**

Afin de répondre aux exigences des consommateurs, l'aquaculture de saumon utilise des fongicides, comme la malachite verte, ou des pigments artificiels, comme la cantaxanthine, comme colorants, pour que la chair du saumon soit plus rosée. L'évaluation environnementale effectuée par l'OCDE au Chili en 2004 indique que l'utilisation de fongicides à des concentrations excessives peut contaminer l'eau et les sédiments des lacs, alors que l'utilisation du pigment cantaxantine, dont l'utilisation n'est pas régulée au Chili, est associée à des problèmes de rétine chez l'être humain (OCDE, 2005). Certains poissons se nourrissant à proximité des cages d'élevage présentaient une teinture rouge anormale due à la contamination par la cantaxantine (Staniford, 2002). Le "Committee on Mutagenicity" du Royaume Uni a publié des résultats prouvant que la malachite verte était un agent mutagène. Depuis, son utilisation a été interdite dans la majorité des pays. Cependant, la malachite verte a été utilisée de manière extensive, légalement ou illégalement, en Ecosse, en Norvège et au Chili durant plus de 15 ans, et a été détectée en 2001 dans des poissons d'élevage vendus dans les supermarchés du Royaume Uni (Staniford, 2002).

## **Anti-fouling**

Les anti-fouling sont les produits utilisés, sous forme de peinture, pour empêcher l'incrustation et l'accumulation indésirable de micro-organismes, algues et animaux sur des structures solides immergées (phénomène dénommé « biofouling »). Ils sont utilisés pour couvrir les filets et les structures des cages d'élevage et contiennent des composés organoétains (le tributyltin (TBT) et le triphenyltin (TPT)) ou des métaux (cuivre). Ces peintures sont hautement toxiques pour certains organismes marins: le TBT et le TPT sont toxiques pour les bivalves (croissance défectueuse des coquilles d'huître, développement de caractéristiques masculines dans les organes génitaux féminins de *Nucella lapillus*) et peuvent aussi être nocifs pour certaines espèces de poissons (Pinto, 2007). Des concentrations de cuivre et de zinc vingt fois supérieures à la limite de sécurité ont été détectées dans les sédiments présents sous les cages d'élevage (Staniford, 2002).

## Pesticides contre les poux de mer

Certains composés, appartenant à différents types de pesticides, sont couramment utilisés dans les fermes de saumon pour le contrôle des épidémies de poux de mer.

Organophosphates	Dichlorvos, azamethiphos
Pyréthroïdes / Pyrèthrine	Cyperméthrine, deltaméthrine / Pyrèthre
Avermectines	Ivermectine, emamectine, doramectine
Benzophénones	Teflubenzuron, diflubenzuron

Comme le pou de mer est un crustacé, les produits chimiques destinés à le tuer sont aussi toxiques pour les autres crustacés (crabes, écrevisses, crevettes, etc.; Staniford, 2002). Certains sont tellement toxiques qu'ils peuvent causer des cataractes chez les saumons d'élevage et d'autres peuvent avoir des effets perturbateurs sur la reproduction des saumons atlantiques sauvages (Staniford, 2002). Ils possèdent également une certaine toxicité sur les copépodes planctoniques qui ont un cycle de vie similaire au copépode parasite. Les copépodes sont pourtant d'une importance primordiale dans le fonctionnement des écosystèmes marins et dominent numériquement le zooplancton. Ils forment la base de la chaîne alimentaire pélagique.

Les pesticides azamethiphos, cyperméthrine, teflubenzuron et emamectine sont étiquetés comme étant des polluants marins (Staniford, 2002). Le Ministère de l'environnement écossais a admis que l'azamethiphos est dix fois plus toxique que le dichlorvos ayant des effets cancérogènes (SEPA, 1997 in Staniford, 2002) et des études canadiennes ont démontré les effets toxiques de l'azamethiphos et de cyperméthrine sur les homards (Burrige et al., 2000). La cyperméthrine a des effets à large échelle sur des espèces sensibles comme les crustacés (Ernst et al., 2001) et des impacts significatifs sur le sens de l'odorat des saumons (Moore et Waring, 2001). Le teflubenzuron et l'emamectine peuvent causer des déformations et même la mortalité à des niveaux de concentrations très bas (Staniford, 2002). Le teflubenzuron était encore présent en grande quantité dans les fèces des saumons d'élevage, 18 mois après le traitement chimique (Staniford, 2002).

Les produits chimiques contre les poux de mer peuvent avoir des effets écologiques significatifs à de faibles concentrations et après seulement une brève exposition, et peuvent également mettre en danger les personnes manipulant ces produits (Staniford, 2002). Il est

donc important que leur utilisation soit régulée et que des mesures de contrôle soient mises en place pour éviter toute utilisation illégale.

#### **4.4.3. Bioaccumulation**

Le régime alimentaire des saumons soulève d'autres problèmes que l'épuisement des stocks de poissons pélagiques. En effet, s'agissant de poissons carnivores de niveau trophique élevé et relativement gras, les saumons bioaccumulent les polluants présents dans leur nourriture et représentent ainsi un danger pour la sécurité alimentaire du consommateur.

Les saumons d'élevage contiennent des hauts niveaux de polluants organochlorés. En effet, selon une étude réalisée par Hites et al. en 2004, les niveaux de PCB, de dioxines, et des pesticides toxaphène, et dieldrine, étaient significativement plus concentrés dans les saumons d'élevage que dans les saumons sauvages, ainsi que dans les saumons produits en Europe par rapport aux saumons produits en Amérique. L'hémisphère Nord étant plus polluée, les stocks de poissons pélagiques y sont également plus contaminés, particulièrement dans la mer Baltique. Comme les élevages d'Europe nourrissent les saumons principalement avec de la farine et de l'huile de poisson provenant d'Europe, les saumons d'élevage européen sont plus contaminés que ceux d'Amérique. Le « Scientific Committee on Animal Nutrition » a rapporté que la farine et l'huile de poisson provenant des stocks de poissons européens étaient environ 8 fois plus contaminées que la farine et l'huile produites à partir des stocks de poissons du Pacifique Sud (CE, 2004).

De manière générale, les saumons d'élevage présentent une concentration en polluants plus élevée que les poissons sauvages du fait que les saumons d'élevage ont un contenu en acides gras plus élevé. Cette tendance s'est accentuée avec l'augmentation de l'utilisation d'huile de poisson dans le régime alimentaire des saumons d'élevage et donc de graisse (Hites et al., 2004; Tacon, 2005).

Bien que la consommation de saumon apporte de nombreux bénéfices pour la santé humaine grâce, notamment, aux taux élevés d'oméga-3, la consommation de poissons d'élevage de haut niveau trophique peut représenter un risque pour la santé en raison de la bioaccumulation de polluants organiques. En plus des effets cancérigènes, l'exposition aux PCB, toxaphène, dieldrine et autres contaminants présents dans le saumon, peut engendrer des troubles neurocomportementaux et immunitaires et une perturbation de l'endocrine chez l'être humain.

#### **4.4.4. Eutrophisation**

Les fèces des saumons d'élevage et les aliments non consommés par les poissons d'élevage, polluent la colonne d'eau et les fonds marins situés directement sous les cages et les zones côtières adjacentes (Buschmann et al., 2008). L'excès de nutriments, l'eutrophisation et les efflorescences d'algues toxiques ont été associées à une aquaculture intensive dans les principaux pays producteurs de saumon (Staniford, 2002).

En effet, dans certains pays, l'industrie aquacole est la plus grande source d'émissions de phosphore et d'azote d'origine anthropique. Le WWF a estimé qu'en 1998, la production de 115.000 t de saumons en Ecosse a rejeté 6.900 Mt d'azote et 1.140 Mt de phosphore. A titre d'exemple ces rejets sont équivalents aux rejets de phosphore et d'azote de 9,4 et 3,2 millions de personnes respectivement, alors que la population écossaise s'élevait à 5 millions à cette époque (Bostick et al. 2006; McGarvin, 2001). Dans la zone de la Convention d'OSPAR (incluant l'Ecosse, le Danemark, la Norvège et l'Irlande), le rejet de nutriments depuis l'aquaculture a été estimé en 2000 à 36.000 tonnes d'azote et 6.000 tonnes de phosphore (OSPAR, 2001).

L'apport de nutriment dans l'environnement conduit à des phénomènes d'eutrophisation qui se manifestent par une augmentation de la croissance des macrophytes et du phytoplancton. Ce phénomène peut causer des changements dans la biodiversité, un déséquilibre dans les relations trophiques et, une augmentation dans l'intensité et la fréquence d'efflorescences algales. Les systèmes aquatiques en voie d'eutrophisation peuvent évoluer progressivement d'une communauté diversifiée vers le développement massif d'une espèce ou d'un nombre limité d'espèces d'algues, dont certaines peuvent être toxiques.

L'excès de nutriments provenant des fermes de poissons, peut également entraîner, directement (via les fèces) ou indirectement (suite à la décomposition des efflorescences algales), une plus grande abondance de microorganismes décomposeurs (bactéries, flagellés et de ciliés) (Staniford, 2002). Les densités de bactéries sous les cages peuvent atteindre dix fois leurs concentrations initiales. Ces microorganismes hétérotrophes diminuent la quantité d'oxygène dissous dans l'eau et peuvent provoquer la mort des poissons par asphyxie si la ventilation de la zone est insuffisante. Les conditions d'anoxie favorisent l'apparition de

bactéries anaérobiques produisant du sulfate d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), toxique pour la plupart des invertébrés marins (Buschmann et al., 2008).

Les communautés benthiques sont également affectées par les déchets organiques de l'élevage de poissons qui augmentent la turbidité de l'eau (Bostick et al., 2006). La diminution de la luminosité entraîne la disparition des herbiers marins présents dans la zone polluée. Cette disparition est dramatique pour les poissons sauvages car les herbiers constituent des zones de reproduction importante.

Des efflorescences peuvent être dominées par des espèces de dinoflagellés, de diatomées ou de cyanobactéries, produisant des biotoxines (McGarvin, 2001). Certaines cyanobactéries, par exemple, produisent des cyanotoxines agissant sur le foie, le système nerveux ou respiratoire et pouvant provoquer des réactions allergiques. Ces biotoxines sont transmises aux différents groupes d'organismes, via la chaîne alimentaire. Les mollusques bivalves, qui sont des organismes filtreurs, peuvent bioaccumuler ces toxines. Les principales maladies causées par les toxines algales sont l'ASD (Amnesiac Shellfish Disease), la DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning) et la PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) (Bostick et al., 2006). Ces efflorescences algales représentent un problème de santé publique et affecte également fortement l'industrie d'élevage de mollusque.

Des mortalités massives de saumon d'élevage, dues aux efflorescences algales toxiques ont été observées, au début des années 2000, au Chili sur l'île Chiloé, en Ecosse dans la région des Shetlands, et en Norvège, entraînant de sévères pertes financières pour l'industrie du saumon (Staniford, 2002). Ces mortalités massives sont dues au fait que les saumons d'élevage ne peuvent normalement pas s'échapper de leur cage.

Il faut noter que les efflorescences algales ne sont pas toujours causées par les déchets organiques de l'aquaculture. En 1988, par exemple, les pays scandinaves ont connu une mortalité massive de saumons d'élevage, due à l'efflorescence de phytoplancton toxique (*Chrysochromulina polylepis*) incriminée aux apports agricoles et aux effluents urbains déversés par les rivières (Dundas et al., 1989).

L'aquaculture de saumon menace les écosystèmes aquatiques et la sécurité alimentaire via l'utilisation de produits chimiques toxiques, la bioaccumulation de polluants inorganiques dans le saumon et l'utilisation de quantités importantes d'antibiotiques. La biodiversité est également menacée à cause des déchets organiques produits par l'industrie aquacole qui provoquent l'eutrophisation du milieu et augmentent la probabilité d'apparition d'efflorescences algales indésirables.

#### **4.5. Elimination des prédateurs**

De nombreux prédateurs meurent chaque année à cause de l'aquaculture de saumon. Il s'agit de certaines espèces de mammifères marins, de poissons, ou d'oiseaux qui s'attaquent aux cages flottantes renfermant les saumons d'élevage pour se nourrir. Les centres d'élevage utilisent alors différentes techniques pour éliminer les différents prédateurs. Une des méthodes consiste simplement à les tuer. En Colombie britannique, au moins 500 phoques communs sont tués chaque année par des fermiers de saumon (Weber, 1997). En Ecosse, selon les évaluations de l'industrie, 350 phoques sont tués chaque année, tandis que les écologistes estiment ce chiffre à 5.000 (Weber, 1997). Au Chili, plusieurs milliers de phoques sont tués chaque année (Pinto, 2007). Les dégâts occasionnés par les prédateurs peuvent coûter jusqu'à \$20 millions à l'industrie chilienne, mais cela ne représente toujours que 3% des bénéfices des ventes (Claude et Oporto, 2000). Les fermiers utilisent aussi des filets, disposés autour des cages, pour empêcher des prédateurs de s'approcher des saumons. Les mammifères marins et les oiseaux peuvent s'y emmêler et se noyer (Bostick et al., 2006). Les dispositifs acoustiques qui émettent un son aigu sont parfois utilisés pour éloigner les phoques et les otaries. Dans certains cas, ces dispositifs ont aussi causés le retrait des populations résidentes de marsouins, de dauphins et de baleines (Bostick et al., 2006).

Bien que le taux de mortalité des prédateurs de saumon d'élevage occasionné par l'aquaculture ait diminué ces dernières années, il subsiste un nombre important de spécimens qui meurent chaque année en raison des méthodes de protection des cages et de l'élimination directe, qui se réalise de manière clandestine ou non.

## **4.6. Dynamique des systèmes**

Afin d'illustrer la dynamique des systèmes, des diagrammes d'influence ont été réalisés à l'aide du logiciel Vensim<sup>2</sup> pour résumer les principaux impacts de l'aquaculture de saumon sur l'environnement et mettre en évidence les interactions entre les différentes variables.

Les boucles de rétroaction résultant de ces interactions peuvent être positives –représentant des effets de divergence et déstabilisation- ou négatives –représentant des effets de convergence et stabilisation. Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence les leviers d'action nécessaires pour assurer le développement d'une aquaculture durable.

### **Commentaires sur les diagrammes d'influence :**

#### ***Diagramme 1. Interactions entre l'aquaculture de saumon et les stocks de poissons pélagiques***

Les deux boucles de rétroaction négatives font ressortir que la demande de farine et d'huile de poissons pour l'aquaculture de saumon conduit à un processus de stabilisation du développement de l'industrie aquacole. En effet, une augmentation de la capture de poissons pour la transformation en huile et farine entraîne une diminution des stocks et donc une augmentation des prix de la farine et de l'huile. Ces facteurs constituent alors un frein à la croissance de l'aquaculture de saumon.

La boucle de rétroaction positive (« effet boule de neige ») met en évidence un cercle vicieux découlant du fait que la diminution des stocks pélagiques diminue les ressources nutritives disponibles pour les saumons sauvages entraînant une plus forte mortalité de ces derniers. Pour y faire face, la production aquacole augmente et de ce fait augmente les pressions sur les stocks pélagiques et donc indirectement, sur les stocks de poissons sauvages.

---

<sup>2</sup> ce programme ne prend pas en compte les accents

***Diagramme 2. Interactions entre l'aquaculture de saumon et les populations de saumons sauvages***

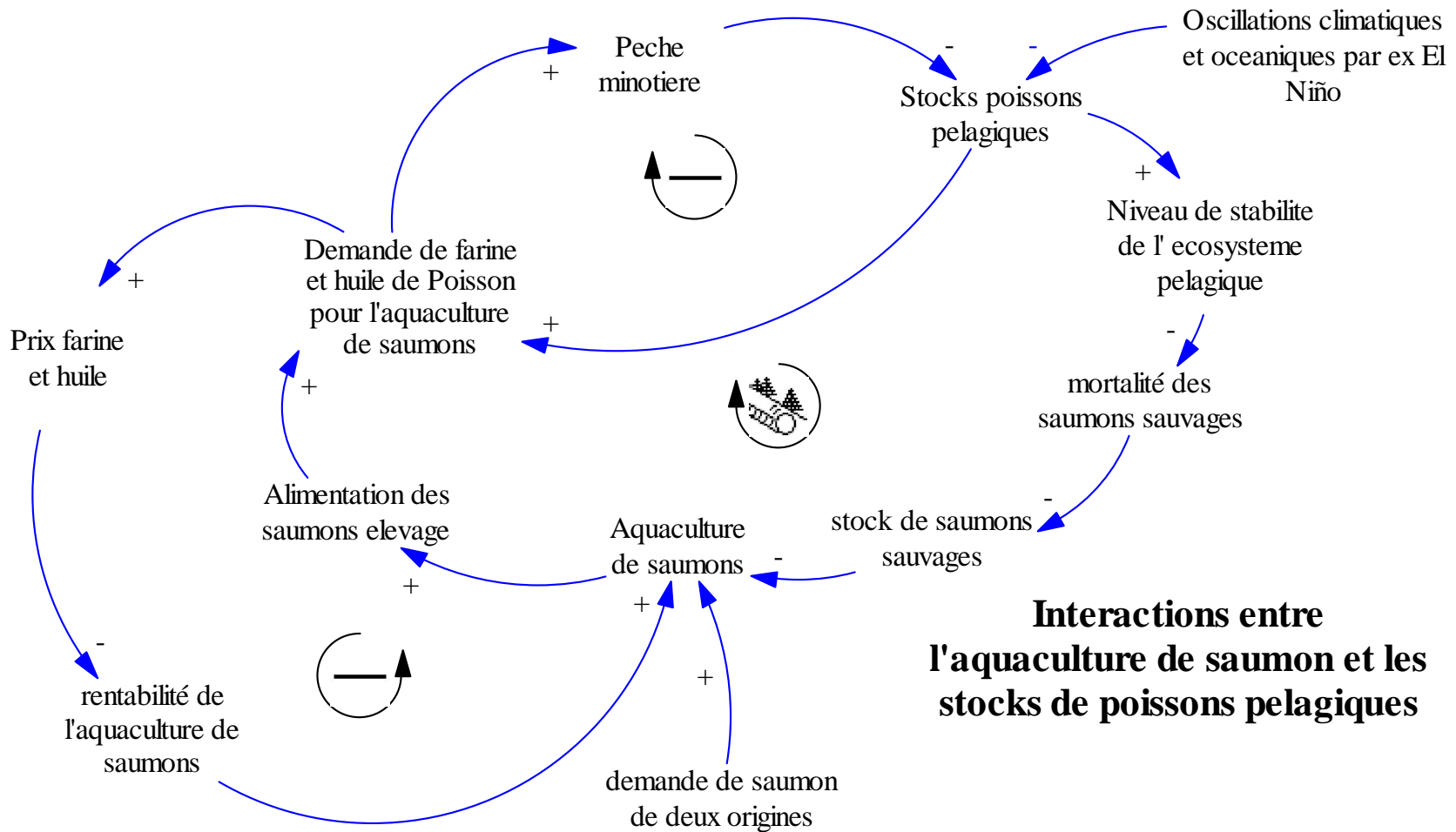
Les boucles de rétroaction positives indiquent comment les évasions de saumon d'élevage augmentent la mortalité des populations de saumons sauvages. La diminution des stocks de saumons sauvages provoque une augmentation de la production aquacole, ce qui amplifie la problématique.

***Diagramme 3. Interactions des déchets organiques de l'aquaculture de saumon avec l'environnement marin***

Les boucles de rétroaction négatives indiquent que les déchets organiques limitent directement et indirectement l'aquaculture de saumon, en augmentant la turbidité de l'eau et les efflorescences algales. Ces incidences affectent la qualité de l'eau et donc la croissance des saumons d'élevage.

Les boucles de rétroaction positives indiquent que les déchets organiques entraînent une perte de la biodiversité marine. Les populations de saumons sauvages peuvent être affectées, ce qui provoquera une augmentation de la croissance de l'aquaculture de saumon. Cela donne alors lieu à un effet de cercle vicieux.





**Diagramme 1. Interactions entre l'aquaculture de saumon et les stocks de poissons pélagiques (3 boucles de rétroaction : 2 négatives et 1 positive)**

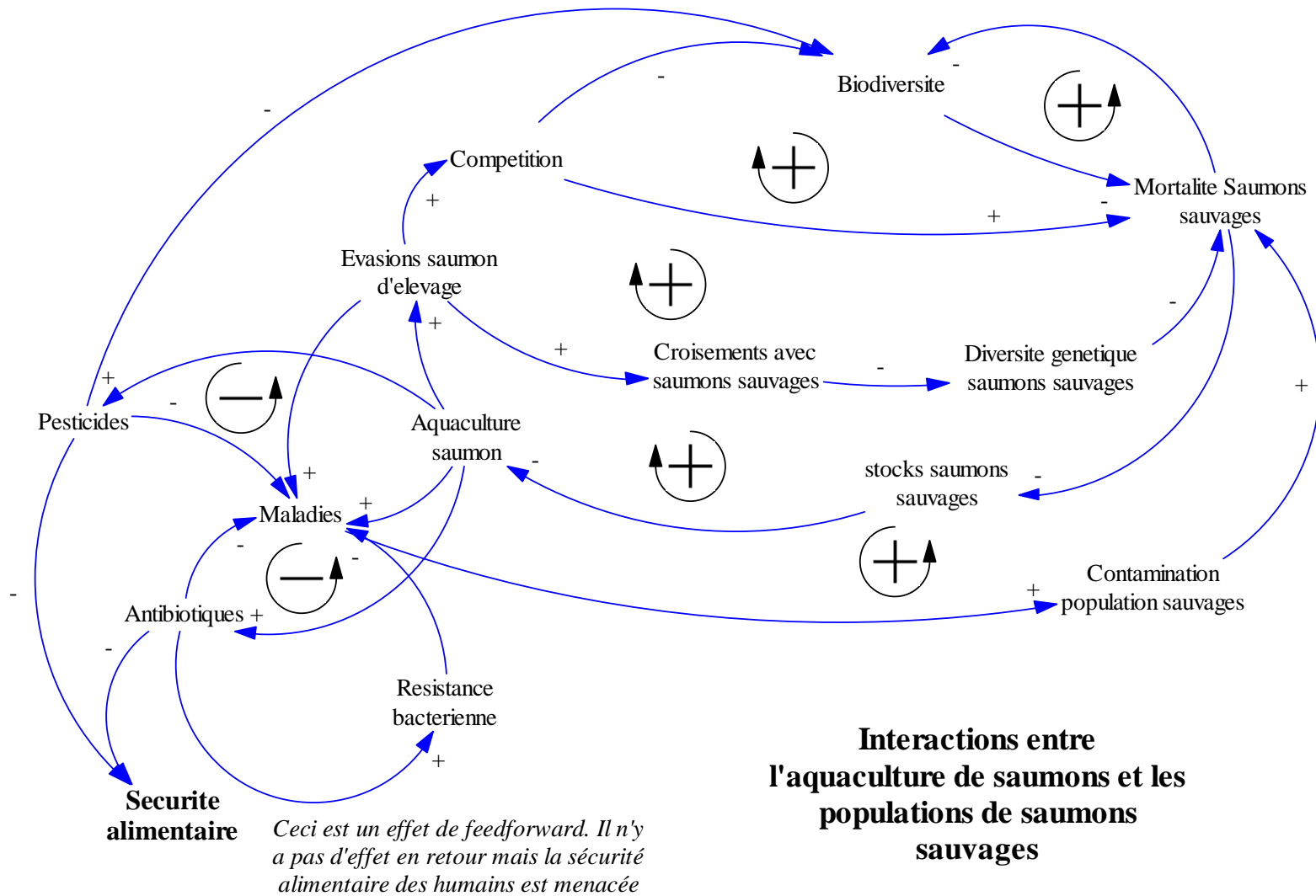


Diagramme 2. Interactions entre l'aquaculture de saumon et les populations de saumons sauvages (7 boucles de rétroaction : 2 négatives et 5 positives)



## **5. Les politiques de gestion de l'aquaculture de saumon à partir de l'exemple écossais**

En Ecosse, la gestion et le contrôle du secteur de l'aquaculture en général et de l'élevage du saumon en particulier sont régis par une multitude de dispositions législatives, de codes de conduite et autres accords, émanant de diverses instances et organismes internationaux, européens, nationaux, régionaux et sectoriels. L'ensemble des obligations et des recommandations qui en découlent étant vaste, il est proposé de ne retenir que les dispositions les plus significatives.

### **5.1. L'élevage de saumon en Ecosse**

L'Ecosse est le troisième producteur mondial et le premier producteur au niveau européen de saumon d'élevage. Sa production représente environ 90% de la production aquacole du Royaume-Uni. Elle est confinée essentiellement à la côte ouest, aux Hébrides intérieures et extérieures, ainsi qu'aux Iles Shetland et Orkney (Figure 11; Annexe 2).

L'Ecosse produit approximativement 130.000 tonnes de saumon atlantique par an. Le saumon d'élevage représente approximativement 40% des exportations de produits alimentaires d'Ecosse (SSPO, 2008). En 2007, plus de 10 millions de saumons d'élevage ont été exportés dans 53 pays différents. Au Royaume-Uni, 1 million de saumon frais sont consommés chaque jour, et 1 million de saumons fumés chaque semaine. Alors que plus de 60% des poissons consommés en Europe sont importés de l'extérieur de la Communauté, l'aquaculture écossaise occupe une position privilégiée du fait que sa production excède la consommation domestique du Royaume-Uni. Elle contribue pour plus de \$710 millions par an au PIB national (SSPO, 2008), valeur qui dépasse celle de la pêche britannique de capture en mer.

Au fil des années, le secteur aquacole écossais est devenu une source d'emploi importante, en particulier dans les zones rurales et côtières où près de 2000 personnes sont employées directement par les fermes de saumons d'élevage. A cela s'ajoute quelques 4000 à 5000 emplois indirects, dont près de 75% sont concentrés dans le comté des Highlands and Islands (Scottish Executive, 2003).

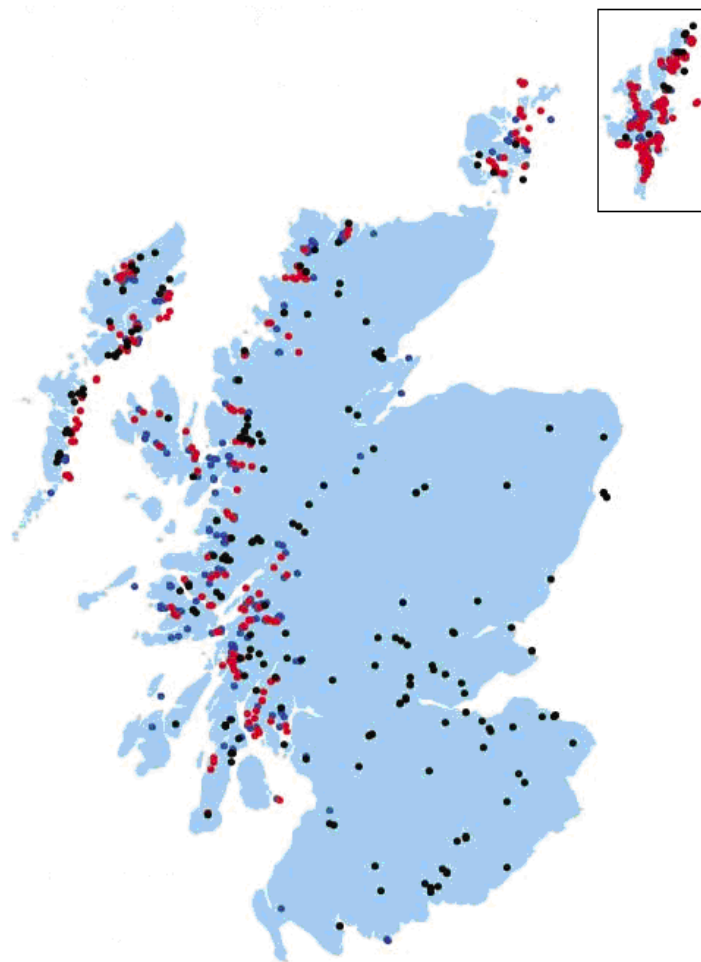


Figure 11. Fermes de poissons et de mollusques en Ecosse en 2008: ● Fermes d'élevage de poissons en eaux de mer ; ● Fermes d'élevage de poissons en eaux douces; ● Fermes d'élevage de mollusques) (SFSA, 2008)

## **5.2. Instruments communautaires européens et internationaux**

### **5.2.1. Instruments de l'Union européenne**

La législation britannique en matière d'aquaculture doit se conformer à la législation communautaire, tant au niveau de la politique commune de la pêche à proprement parler, qu'au niveau des politiques environnementales et de la santé des consommateurs.

La majeure partie de la législation européenne est mise en œuvre sous forme de Directives, à savoir des instruments législatifs adoptés par le Conseil et le Parlement Européen, pour être ensuite transposés dans des règlements nationaux. Les Directives laissent aux autorités nationales l'initiative de la forme et des moyens à utiliser pour leur mise en œuvre et leur permettent de prendre des mesures plus restrictives que celles énoncées dans les Directives.

Dans la description de la législation écossaise (voir sous-chapitre 5.6), les différentes lois régulant l'aquaculture feront référence aux Directives ayant été transposées.

La Politique Commune de la Pêche (PCP) -instrument dont s'est dotée l'Union européenne pour gérer la pêche et l'aquaculture- fait l'objet d'une réforme importante en 2002. Cette dernière a permis l'introduction du « principe de précaution » dans la gestion des ressources aquatiques visant à mieux protéger et conserver ces dernières et à réduire les nuisances des activités de pêche sur les écosystèmes marins (CE, 2004). Par ailleurs, la réforme vise également à renforcer l'efficacité des activités de pêche, à préserver la compétitivité et la viabilité économique de la pêche et de l'aquaculture, et à garantir un niveau de vie décent aux personnes dépendant de ces activités, tout en veillant aux intérêts des consommateurs.

Au sein de l'Union Européenne, la pêche minotière (qui a pour objet la capture d'espèces de poissons pélagiques destinées à la transformation en farine et huile pour d'autres usages que la consommation humaine) est, comme les autres pêches, réglementée par un système de taux admissibles de captures (TAC) et de quotas, ainsi que par des réglementations techniques portant sur les prises accessoires et le maillage des filets, et des secteurs où la pêche est temporairement interdite (CE, 2004).

Pour ce qui concerne l'aquaculture, la Commission Européenne a reconnu, avec la réforme de la PCP, l'importance du secteur et la nécessité de promouvoir son développement durable. C'est pourquoi elle a proposé «Une stratégie pour le développement durable de l'aquaculture européenne»<sup>3</sup> ayant pour but de maintenir la compétitivité, la productivité et la durabilité de ce secteur. Cette stratégie repose sur quatre objectifs principaux :

- la création d'emplois stables;
- la sûreté des produits de l'aquaculture;
- le bien-être des animaux;
- une aquaculture respectueuse de l'environnement.

---

<sup>3</sup> COM (2002) 511

### 5.2.2. Accords internationaux du Royaume-Uni

Le Royaume-Uni a signé différents accords internationaux plus ou moins contraignants sur à la production aquacole.

Le Royaume-Uni est membre du *Conseil International pour l'Exploration de la Mer* (CIEM<sup>4</sup>) qui a édité un Code de conduite pour les introductions et les transferts d'organismes marins (2003) s'appliquant, entre autre, au secteur de l'aquaculture. Ce Code décrit des procédures et recommande des pratiques visant à réduire les risques d'effets nuisibles engendrés par l'introduction intentionnelle et le transfert d'organismes. Les Etats membres du CIEM qui envisagent d'introduire des nouvelles espèces marines doivent présenter un rapport détaillé au Conseil du CIEM.

Le Royaume-Uni est également membre de *l'Organisation pour la Conservation du Saumon de l'Atlantique Nord* (OCSAN<sup>5</sup>). Il s'agit d'une organisation internationale établie dans le cadre de la *Convention pour la conservation du saumon dans l'Atlantique Nord*. L'objectif de l'OCSAN est de contribuer, via la consultation et la coopération, à la conservation, la reconstitution, la consolidation et la gestion rationnelle des stocks de saumon sauvage couverts par la Convention. L'OCSAN et ses parties contractantes consentent à adopter et appliquer le principe de précaution à la conservation du saumon atlantique, notamment par le biais des mesures suivantes :

- La Résolution d'Oslo, CNL(94)53 (1994) : résolution visant à minimiser les impacts de l'aquaculture sur les stocks de saumons sauvages;
- Document de l'OCSAN sur les saumons transgéniques, CNL (97) 48 (1997): les parties contractantes se doivent d'informer l'OCSAN de toute proposition de permis pour l'élevage de saumons transgéniques, en fournissant des détails sur les méthodes de confinement des poissons et d'autres mesures visant à sauvegarder les stocks de saumons sauvages;
- Résolution de l'OCSAN, NEA (97) 12 (1997): celle-ci vise à protéger les stocks de saumon sauvages des introductions et transferts de saumons d'élevage. Les parties contractantes sont tenues de s'y conformer.

---

<sup>4</sup> ICES en anglais

<sup>5</sup> NASCO en anglais

Dans le but d'associer l'industrie d'aquaculture de saumon aux mesures de protection des stocks sauvages à travers une meilleure gestion de l'aquaculture, l'OCSAN a mis sur pied, avec l'*Association internationale des éleveurs de saumons* (International Salmon Farmer's Association, ISFA), un Groupe de Liaison sur les saumons sauvages et cultivés.

Le Royaume-Uni est aussi signataire de la *Convention OSPAR* qui a pour but de protéger l'environnement marin de l'Atlantique du Nord-Est. Dans le cadre de l'aquaculture, la Convention a publié la Recommandation 94/6 sur les meilleures pratiques environnementales pour la réduction des produits chimiques potentiellement toxiques provenant de l'aquaculture.

Enfin, le Royaume-Uni est membre de l'*Organisation Mondiale du Commerce* (OMC) et de la *Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction* (CITES). Le Royaume-Uni a également ratifié la *Convention sur la diversité biologique* (CDB), ayant pour objectif de diminuer la perte de biodiversité.

### **5.3. Principaux organismes régulateurs pour l'aquaculture écossaise**

Un certain nombre d'organismes régulateurs et/ou consultatifs jouent un rôle important dans la gestion et le contrôle de l'aquaculture écossaise et au niveau de la vérification du respect des obligations réglementaires régionales, nationales, des accords internationaux et des divers codes de conduite (Scottish Executive, 2003) dans ce secteur.

- Le *Département des affaires rurales et de l'environnement du gouvernement écossais* (Scottish Executive Environment and Rural Affairs Department, SEERAD) est responsable d'appliquer des mesures contre l'introduction et la propagation de parasites et de maladies pouvant affecter les poissons cultivés ainsi que les espèces sauvages. Dans le but de contrôler les maladies, tous les éleveurs de poissons doivent être enregistrés au SEERAD, lui notifier certaines maladies, et suivre certaines procédures formelles pour traiter et éliminer les stocks infectés. Le SEERAD possède une agence exécutive, le *Service de Recherche sur la Pêche* (Fisheries Research Services, FRS), qui effectue une vaste gamme de recherche sur les centres de pisciculture marins et fournit des conseils sur les aspects liés au contrôle et au confinement des maladies.



- Le *Domaine de la Couronne* (Crown Estate) est responsable de la gestion des fonds marins territoriaux et d'environ la moitié des zones côtières du Royaume-Uni (Scottish Executive, 2003). Les exploitants des centres de pisciculture situés dans ces secteurs doivent obtenir un bail auprès du Domaine de la Couronne (Scottish Executive, 2003) qui –sur demande du SEERAD- examine les demandes d'établissement de centres de pisciculture sous l'aspect du contrôle des maladies, les intérêts des pêcheurs et de la protection de l'environnement marin côtier.
- L'*Agence Ecossaise de Protection de l'Environnement* (Scottish Environment Protection Agency, SEPA) est responsable de la protection et de la conservation des ressources hydriques en Ecosse, tout comme elle a pour rôle de promouvoir la conservation de la faune et la flore aquatique (Scottish Executive, 2003). De ce fait, elle est responsable d'assurer la qualité de l'eau et des fonds marins aux alentours des centres de pisciculture. Ces centres doivent obtenir le consentement de SEPA pour l'émission d'effluents dans les eaux côtières. Les autorisations sont octroyées suivant certaines conditions spécifiques et le SEPA effectue le contrôle du respect de ces conditions. Le SEPA consulte le SEERAD sur les demandes d'autorisation et sur les accords d'émission de déchets dans l'environnement aquatique.
- L'*Héritage Naturel Ecossais* (Scottish Natural Heritage, SNH) est chargée de la conservation de la faune et de la flore, des habitats et des paysages en Ecosse. Quand le SNH est consulté pour des autorisations d'établissements aquacoles, il prend en compte les différents types d'écosystèmes et les impacts potentiels de l'aquaculture sur ces écosystèmes.
- Au sein du Ministère de l'Agriculture (Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA), la *Direction des médicaments vétérinaires* (Veterinary Medicines Directorate, VMD) a pour rôle de protéger la santé publique, la santé animale, l'environnement et de promouvoir le bien-être animal, en assurant la sécurité, la qualité et l'efficacité de médicaments vétérinaires.
- Les autorités locales conseillent le Domaine de la Couronne pour ce qui concerne les demandes d'établissement de nouveaux centres de pisciculture en zones côtières. Elles sont, toutefois, chargées de contrôler les centres de pisciculture d'eau douce, ainsi que

tout développement d'infrastructure sur les terres émergées qui sont associées à la pisciculture marine.

#### **5.4. Cadre stratégique pour l'aquaculture écossaise**

Un Cadre stratégique pour l'aquaculture écossaise (Strategic Framework for Scottish Aquaculture, SFSA) a été établi par le Groupe de Travail Ministériel<sup>6</sup> en 2003 et renouvelé en 2008. Il comprend 5 thèmes clés reflétant les principaux défis de l'industrie aquacole (la santé, la planification, le confinement des animaux cultivés, le marché et la finance) et 5 objectifs du Gouvernement écossais (une aquaculture plus riche, plus intelligente, plus saine, plus sûre et plus verte) (Annexe 3).

Les défis principaux pour l'industrie aquacole, tels qu'identifiés dans le Cadre stratégique, se résument comme suit:

- La mise en place d'une stratégie pour contrôler les infestations de poux de mer est nécessaire pour protéger la santé et le bien-être des saumons d'élevage et des saumons sauvages. Cet élément est crucial pour le développement durable à long terme de l'aquaculture de saumon en Ecosse.
- L'Ecosse doit faire face au manque de sites disponibles pour l'expansion de l'aquaculture. Une approche stratégique pour l'emplacement de fermes afin de faciliter l'expansion durable de l'industrie d'aquaculture est exigée.
- Les évasions de poisons d'élevage constituent un réel problème pour l'industrie aquacole. En améliorant le confinement des poisons, l'aquaculture de poissons réduira ses impacts potentiels sur l'environnement et limitera les pertes pour l'industrie.
- Pour faire face à la compétition des autres pays, l'aquaculture écossaise doit se focaliser sur la promotion des aspects positifs de la qualité des produits aquacoles.

---

<sup>6</sup> Président: Ministre de l'Environnement; Membres: Association of Salmon Fishery Boards (ASFB), Association of Scottish Shellfish Growers (ASSG), British Retail Consortium, British Trout Association (BTA), Committee of Scottish Clearing Bankers, Confederation of Scottish Local Authorities (CoSLA), The Crown Estate, Federation of Scottish Aquaculture Producers (FSAP), Fish Vet Group, Food Standards Agency Scotland (FSAS), Highlands and Islands Enterprise (HIE), Scottish Association of Marine Science (SAMS), Scottish Environment LINK (RSPB & Marine Conservation Society), Scottish Environment Protection Agency (SEPA), Scottish Natural Heritage (SNH), Scottish Salmon Producers' Organisation (SSPO), Sea Fish Industry Authority; Secrétariat: The Scottish Government, Marine Directorate Fisheries Research Services (FRS), SEPA.

- Des actions sont nécessaires pour faciliter l'accès au soutien financier, particulièrement pour les petites entreprises aquacoles. Les investisseurs potentiels sont encouragés à développer une vision durable, à long terme, de l'industrie aquacole.

Des politiques seront également développées en relation avec des initiatives plus larges comme, par exemple, la Stratégie européenne pour l'aquaculture, la Directive Cadre Eau, la Directive Cadre-Stratégie pour le milieu marin, la Directive sur la santé des animaux d'aquaculture, la durabilité des pêche de capture, notamment de la pêche minotière, les stratégies pour la conservation de la biodiversité et les changements climatiques.

La Loi écossaise sur l'aquaculture et la pêche (2007)<sup>7</sup> est une nouvelle législation mise en œuvre par le Cadre stratégique. Cette Loi fournit une série d'informations sur les mesures visant à renforcer le contrôle des parasites dans les centres aquacoles et à améliorer les mesures de prévention contre les évasions. Elle fournit également une série de mesures visant à respecter les pêches du saumon sauvages et les pêches d'eau douce et apporte un système de pénalités administratives pour certains délits concernant les pêches de capture. Elle renforce également le pouvoir des ministres écossais et du service de recherche des pêches, concernant le contrôle du respect à ces mesures et la possibilité d'appliquer des mesures restrictives en cas de non respect.

### **5.5. Le Code de conduite pour l'aquaculture écossaise**

Le principal Code régissant l'aquaculture de saumon est le Code de conduite pour l'aquaculture écossaise de poissons<sup>8</sup> (CoGP) adopté en 2006. Ce Code a été développé par le Groupe de travail écossais sur l'aquaculture de poissons (Scottish Finfish Aquaculture Working Group) pour répondre aux exigences du Plan stratégique pour l'aquaculture écossaise (SFSA). Différentes parties prenantes ont été consultées pour sa réalisation<sup>9</sup>. L'adhésion des aquaculteurs au CoGP constitue le point d'entrée pour l'adhésion à l'*Organisation des producteurs de saumon écossais* (Scottish Salmon Producers' Organisation, SSPO) dont les membres produisent 95% du saumon élevé en Ecosse.

---

<sup>7</sup> Aquaculture and Fisheries (Scotland) Act 2007

<sup>8</sup> Code of Good Practice for Scottish Finfish Aquaculture (CoGP) 2006

<sup>9</sup> notamment le Département des Affaires Rurales et de l'Environnement du gouvernement écossais (SEERAD), le Ministère de l'Environnement écossais (SEPA), l'Héritage Naturel Ecossais (SNH), la Direction de Médicaments Vétérinaires (VMD), les Services de Recherche de Pêche (FRS), le WWF, les autorités locales et la société civile concernées, ainsi que le grand public.

Couvrant chaque phase de l'aquaculture de poisson depuis l'écloserie aux usines de traitement, le CoGP définit les normes que les fermiers doivent respecter sur la sécurité alimentaire, la traçabilité des produits, la santé et le bien-être des poissons, ainsi que la protection de l'environnement. Tant la conformité au code que le respect de celui-ci sont vérifiés par un service d'inspection indépendant et reconnu par le gouvernement, à savoir l'UKAS (United Kingdom Accreditation Service).

## **5.6. Législation en vigueur en Ecosse**

### **5.6.1. Emplacement des centres de pisciculture**

Le gouvernement écossais a publié des lignes directrices concernant les demandes d'autorisation pour l'installation ou la modification de fermes d'élevage de poissons dans les eaux écossaises<sup>10</sup>. Ces lignes directrices ont comme principal objectif de sauvegarder des zones côtières sensibles, incluant des sites désignés pour leur intérêt de conservation de la nature. Elles fixent un moratoire sur le développement de l'aquaculture sur les côtes est et nord de l'Ecosse en vue de protéger les stocks de saumon sauvage. Le reste du littoral est divisé en 3 catégories :

- la première catégorie énumère 11 zones sensibles (Annexe 4), où le développement de nouveaux centres aquacoles et l'expansion des centres existants ne seront permis que dans des circonstances exceptionnelles;
- la deuxième catégorie (Annexe 5) identifie 68 zones côtières où le potentiel pour le développement de nouvelles activités aquacoles est limité par des contraintes environnementales, bien que l'expansion des sites existants y soit autorisée sous certaines conditions;
- la troisième catégorie, couvrant le reste de la côte, concerne les zones appropriées pour le développement de nouvelles activités aquacoles.

Ces lignes directrices soulignent le besoin de prendre en compte les impacts cumulatifs sur les écosystèmes -notamment en matière d'enrichissement des eaux en nutriment et des maladies- des différentes fermes d'élevage de saumon, situées dans un même secteur. A cet effet, elles préconisent une distance de 8 km entre les fermes d'élevage de poissons. Une liste des secteurs où la capacité portante de l'écosystème est considérée comme un facteur justifiant la limitation ou l'interdiction de l'élevage a corollairement été publiée et il devrait être mis à jour régulièrement (Scottish Executive, 1999).

---

<sup>10</sup> Locational Guidelines for the Authorisation of Marine Fish Farms in Scottish Waters, Scottish Executive, 1999

## **5.6.2. Evaluations environnementales**

### **Etudes d'impacts sur l'environnement**

Le Royaume-Uni a adopté un Règlement sur l'évaluation des impacts environnementaux de la pisciculture dans les eaux marines<sup>11</sup>. Ce règlement exige qu'une étude d'impact environnemental (EIE) soit effectuée pour tout nouvel établissement aquacole et pour toute extension d'aménagement existant, dans les cas où le développement proposé :

- doit être effectué dans une zone sensible;
- est conçu pour élever une biomasse de 100 tonnes ou plus;
- s'étendra à 0.1 hectares ou plus;
- nécessite un renouvellement de bail.

En outre, ce Règlement exige le respect de critères supplémentaires dans les études d'impacts concernant des zones où les activités aquacoles sont déjà fortement développées.

Le Règlement en question découle de l'obligation de transposer la Directive 85/337/CEE<sup>12</sup> du Conseil concernant l'évaluation des effets de certains projets publics et privés sur l'environnement. L'élevage de poisson en mer appartient à la catégorie de projets inscrits dans l'Annexe II de la Directive, pour lesquels une EIE est nécessaire dès que des effets significatifs sur l'environnement sont possibles.

### **Evaluation stratégique des incidences sur l'environnement**

La Directive 2001/42/CE<sup>13</sup> sur l'évaluation stratégique des incidences sur l'environnement impose l'évaluation environnementale des plans et programmes susceptibles d'avoir des incidences importantes sur l'environnement, préalablement à leur adoption. Cette Directive vise à compléter le système d'évaluation de l'impact environnemental des projets, établi dans la Directive 85/337/CEE. En Ecosse, elle est transposée par la Loi sur l'évaluation environnementale<sup>14</sup>, qui s'applique à l'élevage intensif de poissons.

---

<sup>11</sup> Environmental Impact Assessment (Fish Farming in Marine Waters) Regulations, 1999

<sup>12</sup> modifiée par la Directive 97/11/CE

<sup>13</sup> Directive 2001/42/CE du Parlement européen et du Conseil, du 27 juin 2001, relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement.

<sup>14</sup> Environmental Assessment (Scotland) Act 2005

### 5.6.3. Lutte contre la pollution de l'eau

La Directive Cadre Eau<sup>15</sup> (DCE) a pour objectifs de prévenir et de réduire la pollution des eaux intérieures et côtières, de promouvoir leur utilisation durable, de protéger l'environnement et d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques. En Ecosse, la Directive s'applique aux eaux côtières situées jusqu'à 3 miles nautiques. Ainsi, la Directive a des implications directes et à large portée sur les activités de pêche et d'aquaculture. Elle exige que toutes les eaux intérieures et côtières atteignent un bon état écologique avant 2015. Cet objectif devra être atteint, notamment par des plans de gestion spécifiques et par l'application, voir la modification, d'autres directives européennes en relation avec la gestion des milieux aquatiques. La DCE a été transposée en Ecosse en 2003 par la Loi sur l'environnement et les services aquatiques<sup>16</sup>. Cette Loi a créé un plan de gestion pour les réseaux hydrographiques<sup>17</sup> pour réaliser une gestion durable de l'environnement aquatique, ainsi que des règlements pour contrôler les impacts de toute activité pouvant avoir des effets négatifs sur l'environnement aquatique. SEPA est désignée<sup>18</sup> comme étant l'autorité compétente pour contrôler ces activités et joue ainsi un rôle clé dans la mise en œuvre de la Directive DCE.

La Directive 2006/11/CE<sup>19</sup> impose que tout rejet de substances persistantes, toxiques et/ou qui s'accumule dans le milieu aquatique soit soumis à une autorisation préalable et fixe des plafonds d'émission de ces substances. Certains produits chimiques utilisés dans l'aquaculture de saumon font partie de la Liste II de l'Annexe de cette Directive et les Etats membres sont tenus de réduire la pollution causée par les rejets des substances.

Les déchets des centres de pisciculture sont considérés comme étant des effluents commerciaux<sup>20</sup>, c'est-à-dire, des effluents qui exigent un permis d'émission. Ainsi, n'importe quel pisciculteur souhaitant déverser les effluents d'un centre de pisciculture doit d'abord obtenir le consentement de l'Agence Ecossoise de Protection de l'Environnement (SEPA). Le SEPA exige une série d'informations du pisciculteur, comprenant notamment des données sur

---

<sup>15</sup> Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

<sup>16</sup> Water Environment and Water Services (Scotland) Act, 2003

<sup>17</sup> River Basin Management Planning (RBMP)

<sup>18</sup> Water Environment (Controlled Activities) (Scotland) Regulations, 2005

<sup>19</sup> La Directive 2006/11/CE du Parlement européen et du Conseil concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans les milieux aquatiques de l'Union remplace la Directive 76/464/CEE et tient compte de l'adoption de la Directive Cadre Eau ainsi que des conventions internationales sur la protection des cours d'eau et du milieu marin.

<sup>20</sup> Water Act, 1989

le site -comme les caractéristiques des marées, la faune et la flore présentes- et sur les caractéristiques des fonds marins. Si la demande est accordée, celle-ci est assortie de conditions spécifiques afin de limiter les effets des émissions sur l'environnement. A cet effet, le SEPA a établi des normes de qualité environnementale sous forme de limites de concentration pour des produits chimiques spécifiques et des normes de qualité pour les effluents. Ces normes peuvent varier sur un périmètre de plus ou moins 25 mètres autour des cages d'élevage. Le contrôle des normes est effectué par l'aquaculteur et par le SEPA pour assurer que les émissions respectent les tolérances admises.

#### **5.6.4. Prévention contre les évasions de saumons d'élevage**

Dans le but de récolter des données pour la prévention de la dissémination de maladies parmi les poissons et les mollusques, la Loi concernant l'enregistrement des activités d'aquaculture de poissons et de mollusques<sup>21</sup> exige l'enregistrement de toute activité aquacole de poissons et de mollusques deux mois avant leur commencement. A ce titre, elle prévoit la notification de circonstances provoquant des évasions de poissons d'élevage ou de circonstances qui ont provoqué un risque significatif d'évasion. Le Département des affaires rurales et de l'environnement du gouvernement écossais (SEERAD) a publié une série de conseils portant sur les mesures à prendre en cas d'évasion comme, par exemple, l'utilisation de filets pour capturer les saumons échappés (SEERAD, 2002). En outre, le gouvernement écossais exige que la prévention contre les évasions et des plans d'urgence en cas d'évasions soient inclus dans la déclaration environnementale accompagnant les demandes concernant l'exploitation de nouveaux sites de pisciculture.

L'Inspection de Santé des Poissons (Fish Health Inspectorate FHI, appartenant au FRS) fournit des conseils aux fermiers et traite les demandes d'enregistrement. L'aquaculteur doit enregistrer tous les transferts de poissons vivants, à l'intérieur et à l'extérieur du site, dans les 24 heures, ainsi que les évasions et la mortalité observée dans les stocks. Des rapports complets doivent être conservés pendant quatre ans. Pour s'assurer que les informations inscrites dans le registre du FRS sont correctes et précises, le FHI vérifie et met à jour les détails d'enregistrement par des visites régulières des sites.

L'industrie d'aquaculture de saumon, avec la participation du gouvernement écossais, a adopté un Code de conduite pour assurer le confinement des stocks de poissons d'élevage

---

<sup>21</sup> Registration of Fish Farming and Shellfish Farming Businesses Order, 2002



dans les cages<sup>22</sup>. Ce code concerne la conception, la construction et la maintenance des équipements d'aquaculture (SSPO and the Shetland Aquaculture Association, 1999).

### **5.6.5. Lutte contre la propagation de maladies et de parasites**

Les Règlements sur la santé des animaux aquatiques<sup>23</sup> mettent en application la Directive 2006/88/CE<sup>24</sup> sur la santé des animaux d'aquaculture.

Cette Directive établit:

- des exigences de police sanitaire applicables à la mise sur le marché, à l'importation et au transit des animaux d'aquaculture et des produits qui en sont issus;
- des mesures préventives minimales vis-à-vis des maladies des animaux d'aquaculture;
- des mesures de lutte minimales à mettre en œuvre en cas de présence suspectée ou avérée de certaines maladies affectant les animaux aquatiques.

Elle prévoit l'obligation pour les fermes aquicoles et les établissements de transformation d'être agréés par l'autorité compétente de leur État membre. Pour obtenir cet agrément, les fermes et établissements doivent tenir un registre concernant notamment les mouvements d'animaux et produits, mettre en œuvre les bonnes pratiques en matière d'hygiène et faire l'objet d'un programme de surveillance sanitaire fondé sur une analyse des risques.

### **5.6.6. Contrôle de l'utilisation des médicaments vétérinaires**

Au Royaume-Uni, la commercialisation des médicaments et des dispositifs médicaux à utilisation humaine et animale sont soumis à un système de licences régulé par des règlements de l'Union européenne. Les autorisations de commercialisation sont accordées par le Ministère de la Santé, le Ministère de l'Agriculture ou par l'*Agence européenne pour l'évaluation des médicaments* (EMA). La Direction sur les Médicaments Vétérinaires (Veterinary Medicines Directorate, VMD) contrôle la fabrication et la distribution des médicaments vétérinaires au Royaume-Uni. Cet organisme est également chargé d'inspecter l'utilisation de médicaments vétérinaires dans l'aquaculture et d'en suivre la présence de résidus dans les animaux et les produits d'origine animale.

---

<sup>22</sup> Code of Practice for stock containment

<sup>23</sup> Aquatic Animal Health (Scotland) Regulations, 2009

<sup>24</sup> Directive 2006/88/CE du Conseil relative aux conditions de police sanitaire applicables aux animaux et aux produits d'aquaculture, et relative à la prévention de certaines maladies chez les animaux aquatiques et aux mesures de lutte contre ces maladies

### 5.6.7. Contrôle de l'utilisation de pesticides

Il existe deux systèmes parallèles pour l'approbation et le contrôle de l'utilisation de pesticides au Royaume-Uni. Le premier système fonctionne sous les Règlements de Contrôle des Pesticides<sup>25</sup>. Ces règlements mettent en application les objectifs de la Loi de Protection de des produits alimentaires et de l'environnement<sup>26</sup>. Ce système de contrôle national s'applique à l'utilisation agricole et non-agricole de pesticides. Le deuxième système de législation a été présenté pour permettre le développement d'un marché commun pour des produits de contrôle de parasites, à travers tous les Etats membres de l'Union européenne. Il remplacera, à terme, les Règlements de Contrôle de Pesticides. Sous ce système, les Règlements de produits phytopharmaceutiques<sup>27</sup> contrôlent principalement les pesticides agricoles et les Règlements de Produits Biocides<sup>28</sup> contrôlent les produits du contrôle de parasites. Ceux-ci sont, généralement, des produits non-agricoles comme des désinfectants. Selon le type de pesticides et leur utilisation, des organisations différentes sont responsables de l'enregistrement des produits de contrôle de parasite. La *Direction de Sécurité de Pesticides* (Pesticides Safety Directorate, PSD) est responsable du contrôle des pesticides utilisés dans, l'agriculture, notamment, dans l'aquaculture, et dans le stockage alimentaire. L'*Unité d'évaluation des Biocides et des Pesticides* (Biocides and Pesticides Assessment Unit, BPAU) du *Ministre de la Santé et de la Sécurité* (Health and Safety Executive, HSE) est responsable de l'enregistrement et du contrôle des produits non-agricoles, tels que les agents anti-fouling.

### 5.6.8. Contrôle des aliments d'origine animale

Une multitude de règlements tant au niveau de l'Union européenne qu'au niveau national s'adresse à la fabrication, à la distribution et à l'utilisation d'aliments, y compris des substances et des produits utilisés dans la fabrication d'aliments. La Loi sur Agriculture<sup>29</sup> représente la principale réglementation du contrôle des aliments d'origine animale. Cette Loi régule la préparation et la vente d'aliments d'origine animale, et exige qu'ils soient appropriés à leur usage et dépourvus de substances nocives. Les Règlements sur les Aliments<sup>30</sup> couvrent la composition, la certification et la commercialisation d'aliments d'origine animale et contiennent des dispositions touchant aux additifs, aux oligoéléments et aux vitamines qu'ils

---

<sup>25</sup> Control of Pesticides Regulations, COPR; 1986

<sup>26</sup> Food and Environment Protection Act, 1985

<sup>27</sup> Plant Protection Products Regulations, 2003 transposant la Directive 91/414/CEE concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques

<sup>28</sup> Biocidal Regulations Products, 2001 transposant la Directive 98/8/CE relative à la mise sur le marché des produits biocides

<sup>29</sup> Agriculture Act, 1970

<sup>30</sup> Feeding Stuff Regulations, 2000

peuvent contenir. Ces règlements, qui définissent les niveaux maximaux de certains polluants, ont été modifiés selon la mise en application de diverses Directives de l'Union européenne, notamment de la Directive 2002/32/CE<sup>31</sup> du Parlement européen et du Conseil sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux. Cette Directive concerne tous les produits destinés aux aliments pour animaux, parmi lesquels: notamment, les matières premières utilisées, les additifs ainsi que les aliments complémentaires. Elle fixe des valeurs limites au-delà desquelles la présence de substances indésirables dans les aliments pour animaux est interdite. Est considéré comme une substance indésirable toute substance, à l'exception des agents pathogènes, qui est présente dans le produit et qui présente un risque potentiel pour la santé animale ou humaine, ou pour l'environnement, ou qui serait susceptible de nuire à la production animale (le plomb, le mercure, le DDT, la dioxine etc.). Des teneurs maximales en dioxines, par exemple, sont fixées pour les hydrolysats de protéines de poisson contenant plus de 20 % de matières grasses. Lorsque les valeurs seuils sont dépassées, les Etats membres procèdent, en coopération avec les professionnels concernés, à des enquêtes visant à identifier les sources des substances indésirables. Ils communiquent ensuite à la Commission les résultats de ces enquêtes ainsi que les mesures prises afin de réduire le niveau des substances concernées ou de les éliminer.

### **5.6.9. Sécurité alimentaire**

Les Règlements sur l'examen de résidus dans les animaux et les produits d'origine animale<sup>32</sup>, qui s'appliquent également aux animaux d'aquaculture, mettent en œuvre un certain nombre de règlements de l'Union européenne, y compris le Règlement (CEE) n° 2377/90 du Conseil établissant une procédure communautaire pour la fixation des limites maximales de résidus de médicaments vétérinaires dans les aliments d'origine animale. Ces Règlements interdisent l'administration aux animaux de substances non autorisées, ainsi que la vente de produits animaux qui contiennent ces substances non autorisées ou un excès de substances autorisées. Des fonctionnaires sont responsables d'analyser des échantillons, afin de vérifier le respect des règlements.

Les Règlements sur les niveaux maximum de résidus de pesticides dans l'alimentation<sup>33</sup>, s'appliquent également à l'aquaculture de saumon écossaise.

---

<sup>31</sup> modifiée par la Directive 2003/57/CE

<sup>32</sup> Animals and Animal Products (Examination for Residues and Maximum Residue Limits) Regulations, 1997

<sup>33</sup> Pesticides (Maximum Residue Levels in Crops, Food and Feeding Stuff) (Scotland) Regulations, 2000

Les Règlements écossais sur la Certification des Poissons<sup>34</sup> répondent au Règlement (CE) n° 104/2000 du Conseil portant organisation commune des marchés dans le secteur des produits de la pêche et de l'aquaculture et au Règlement n° 2065/2001 du Conseil établissant les modalités d'application du Règlement n° 104/2000 en ce qui concerne l'information du consommateur dans le secteur des produits de la pêche et de l'aquaculture. Ces Règlements définissent, entre autres, les informations à fournir aux consommateurs sur la dénomination commerciale du produit, la méthode de production et le secteur géographique de prise des pêches et des produits d'aquaculture.

## **5.7. Labellisation**

### **5.7.1. Tartan Quality Mark**

Le label de qualité écossais « Tartan Quality Mark », bien connu par les consommateurs du Royaume-Uni, a été développé par l'Organisation des producteurs de saumon écossais (SSPO). La certification et les audits sont assurés par un organisme indépendant, le FCS (Food Certification Scotland). Ce label garanti aux détaillants et aux consommateurs la provenance d'Ecosse du saumon et certifie que les processus de production ont été rigoureusement et indépendamment inspectés à chaque étape.

### **5.7.2. Label Rouge**

Pour être reconnu à sa juste valeur par les consommateurs français, l'aquaculture de saumon écossaise a, dès la fin des années 80, effectué les démarches pour obtenir le label Rouge. Depuis 1992, le Label Rouge a été octroyé aux saumons écossais. L'Ecosse est le premier pays étranger auquel la France a attribué ce label et le saumon est la première espèce de poisson ayant bénéficié de ce label.

Les saumons écossais certifiés conformes au programme Label Rouge portent également le label de qualité écossais, « Tartan Quality Mark ».

---

<sup>34</sup> Fish Labelling (Scotland) Regulations, 2003

Ces labels assurent :

- l'origine écossaise du saumon et la qualité de l'environnement;
- la fraîcheur du produit et une garantie de date limite de consommation (limitée à 10 jours maximum depuis la date de pêche);
- la traçabilité durant tout le processus de production, grâce à un système d'identification par une bague apposée sur les branchies de chaque poisson;
- le contrôle de la teneur en matières grasses;
- une alimentation exempte de farine d'animaux terrestres;
- un apport en protéines essentiellement constitué de farine de poisson de haute qualité;
- le jeûne des poissons au moins 7 jours avant l'abattage, afin d'optimiser la qualité de la chair;
- les bonnes conditions sanitaires et de température des opérations d'emballage, de transport et de distribution;
- l'abattage par électrocution;
- des inspections régulières par des inspecteurs indépendants de l'élevage et de la distribution.

### 5.7.3. Indication Géographique Protégée

L'Indication Géographique Protégée (IPG) est un programme européen destiné à identifier les produits traditionnels de qualité qui sont typiques d'une région. C'est une garantie d'origine, imposant une méthode de production spécifique et des contrôles plus stricts auxquels ne sont pas soumis les produits standards. Cette identification apporte une garantie d'origine complète. Les programmes de qualité communautaires sont transparents et assurent la traçabilité parfaite des produits.



## **6. Discussion**

Comment promouvoir le développement d'une aquaculture durable? Quelles sont les différentes solutions pour diminuer les impacts de l'aquaculture de saumon sur l'environnement? Les politiques de gestion en Ecosse sont-elles efficaces et/ou suffisantes? Une croissance future de l'industrie aquacole de saumon est-elle envisageable?

Afin de répondre à ces questions, nous allons d'abord analyser les différentes possibilités de remédiation pour les différents impacts de l'aquaculture sur l'environnement et ensuite souligner les points forts et les points faibles des instruments politiques écossais pour réguler l'aquaculture.

### **6.1. *Appréciation des incidences environnementales***

#### **6.1.1. Pression sur la biomasse de poissons pélagiques**

L'une des grandes problématiques remettant en cause la durabilité de l'aquaculture de saumon est sa dépendance au marché de farine et d'huile de poisson. De ce fait, l'aquaculture de saumon, et d'autres espèces carnivores ou omnivores, est accusée de promouvoir la surpêche de poissons pélagiques utilisés pour la fabrication d'huile et de farine de poissons (Jackson, 2007).

L'alimentation des saumons représente plus de la moitié des coûts totaux de l'industrie du saumon (Tacon, 2005). Cette situation est particulièrement critique vu la tendance à la diminution des prix du saumon sur le marché (dû à une production élevée de saumon d'élevage) et à l'augmentation des prix de la farine et de l'huile de poisson (dû à une demande élevée du marché et à la compétition des différents secteurs ; Tacon, 2005). Pendant la période 2000-2005, les prix de la tonne de farine de poisson ont fluctué de \$500 à \$700. En 2006, ils ont atteint \$1400 et, depuis lors, ne sont jamais tombés au-dessous de \$1000 (FAO, 2009). Le prix de l'huile de poisson a lui aussi augmenté dans des proportions spectaculaires passant de \$400 à \$1700 la tonne de 2002 à 2008 (FAO, 2009). Les prix du saumon atlantique et pacifique ont, quant à eux, chuté d'environ 60% entre 1988 et 2002 (Naylor et al., 2005).

Etant donné que la production de farine de poisson et l'huile de poisson est restée relativement stable pendant un certain nombre d'années, il est peu probable que cette industrie réalise une croissance durable dans sa production future (Jackson, 2007). La dépendance de l'aquaculture

de saumon au marché de farine et d'huile de poisson est donc susceptible de devenir un facteur limitant la croissance future de la production aquacole.

La disponibilité limitée de farine et huile de poissons, ainsi que l'augmentation de leurs prix, ont favorisé les recherches sur l'obtention de produits pouvant être substitués à la farine et à l'huile de poisson dans les aliments aquacoles, comme des protéines et des lipides d'origine végétale (colza, soja, maïs) ou animale (comme des sous-produits de l'élevage de volaille) (Tacon, 2005). Toutefois, aucun résultat prometteur n'a été obtenu.

En effet, les protéines végétales sont déficientes en acides aminés essentiels à la croissance des saumons et leur contenu énergétique est plus bas que celui de la farine de poisson. L'utilisation d'une grande quantité de farine végétale dans le régime alimentaire des poissons entraînerait une diminution de la croissance (Pinto et Furci, 2006) et augmenterait le taux de déchets organiques par le fait que les protéines végétales sont moins bien assimilées par les poissons et qu'une plus grande quantité est nécessaire pour satisfaire leur besoins énergétiques. L'utilisation d'huiles végétales peut changer la composition des graisses du poisson, par exemple, en réduisant la quantité d'oméga-3. Le goût et la texture de la chair pourraient également être affectés. Le système immunitaire des poissons pourrait aussi être altéré, augmentant leur vulnérabilité aux maladies (Pinto et Furci, 2006).

La biotechnologie pourrait être utilisée pour créer des plantes génétiquement modifiées produisant des huiles riches en oméga-3 (CE, 2004). Cependant, il est peu probable que cette approche soit acceptée par la société, à cause de la méfiance des consommateurs à l'égard des organismes génétiquement modifiés. Le remplacement de la farine et huile de poisson dans les régimes alimentaires des poissons d'élevage avec du soja génétiquement modifié rencontrera également la résistance des consommateurs. L'utilisation de substituts végétaux suscite également des questions en terme de développement durable, en promouvant, par exemple la destruction de forêt tropicale humide pour augmenter la production de soja en Amérique du Sud.

L'utilisation de protéines animales, comme les restes de l'industrie de volaille, rencontrera également une certaine résistance due à l'inquiétude des consommateurs du transfert possible d'agents infectieux, comme cela s'est produit avec l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB).

Pour toutes ces raisons, il y a donc peu de chances que l'utilisation de substituts, d'origine végétale ou animale, puisse remplacer davantage les farines et huiles de poisson dans l'alimentation des saumons. Par contre, une augmentation de la consommation de farine et huile de poisson dans l'aquaculture est envisageable si d'autres secteurs diminuent leur utilisation. Ce phénomène a déjà été observé ces dernières années où l'utilisation de farine et huile de poisson a diminué dans la production d'animaux terrestre, suite à l'augmentation des prix et la concurrence du marché (Tacon, 2005; Jackson, 2007). La FAO a d'ailleurs estimé que la demande croissante pour l'alimentation de l'aquaculture continuera à augmenter, passant de 22 millions de tonnes en 2005 à autour de 32 millions de tonnes en 2012 (Jackson, 2007).

### **6.1.2. Menaces sur les populations de saumons sauvages**

La FAO estime que les stocks de saumons sauvages sont considérés comme étant pleinement exploités, voir même épuisés (FAO, 2005, Annexe 1). On pourrait croire que la croissance dans la production de l'aquaculture de saumon a eu comme conséquence de diminuer le taux de capture des saumons sauvages. Cependant il n'en est rien, les taux de captures de saumons sauvages sont restés relativement constants depuis l'expansion de la production aquacole (Naylor et al., 2005; FAO, 2005). Les deux dernières décennies marquent une période de déclin dans le statut des stocks de toutes les populations de saumon de l'Atlantique Nord (FAO, 2005). Une étude menée par le WWF, en partenariat avec l'ASF (Atlantic Salmon Federation) a montré que les stocks de saumons atlantiques ont chuté de 75 % au cours des 20 dernières années et que les populations sauvages ont entièrement disparu dans 15 % des rivières et fleuves d'Europe et d'Amérique du Nord (Naylor et al., 2005). La dégradation et la fragmentation de leurs habitats sont l'une des causes du déclin des populations de saumons sauvages. Mais comme expliqué précédemment, l'aquaculture présente également différentes menaces sur les saumons sauvages, via l'introduction de saumon d'élevage dans l'environnement, la propagation de maladies et de parasites et la pollution du milieu aquatique.

#### ***Prévention contre les évasions de saumons d'élevage***

Les évasions représentent une menace pour la survie des saumons sauvages et peuvent constituer des espèces exotiques envahissantes lorsqu'ils ne sont pas élevés dans leur habitat d'origine.



Afin de diminuer le taux d'évasion, il faut prendre des mesures préventives pour diminuer le taux d'évasion de saumons d'élevage. L'utilisation de cages aux technologies avancées et l'application de bonnes pratiques aquacoles (contrôle et entretien régulier des filets, largeur de maille appropriée à la taille du poisson, etc.) permettent de réduire significativement le taux d'évasion. Il est également essentiel que les aquaculteurs enregistrent correctement les données sur les évasions et prennent des mesures pour recapturer les poissons qui se sont échappés.

Les recherches actuelles se focalisent sur la production de saumons stériles pour éviter la dissémination des poissons d'élevage dans l'environnement naturel (Youngson et al., 2001; Pêche et Océans Canada, 2005a). Il est possible de stériliser les saumons d'élevage en les rendant triploïdes. Le traitement (sous pression ou autre) des œufs nouvellement fécondés peut faire en sorte que les cellules des poissons d'élevage comptent trois exemplaires de chaque chromosome, au lieu de deux (diploïdie), ce qui rend les poissons incapables de se reproduire. Dans les expériences conçues par Delvin et al (2006) pour évaluer la fiabilité de la triploïdie comme méthode de stérilisation, le taux de réussite était de 99,8%. Ce résultat signifie toutefois que si 50 000 poissons s'évadaient d'une ferme d'élevage, une centaine de ceux-ci seraient diploïdes et pourraient se reproduire. Les programmes de stérilisation seraient particulièrement utiles pour les poissons génétiquement modifiés ayant une croissance plus rapide et étant plus compétitifs que les saumons sauvages.

Remarquons, que l'introduction volontaire de saumon dans l'environnement peut être utilisée pour des programmes de repeuplement dans certaines zones où les saumons sauvages ont disparus, ou presque. Dans la Mer Baltique, par exemple, l'exploitation de nombreuses rivières pour la construction de centrales hydro-électriques, a détruit les voies de migration naturelles et les sites de reproduction du saumon atlantique. Pour compenser les pertes en saumon, des fermes d'élevage ont été installées sur certaines rivières, où les saumons sont élevés jusqu'au stade smolt et sont ensuite relâchés dans l'environnement (Boujard, 2004; FAO, 2005). Environ 75% des jeunes saumons de la Mer Baltique proviennent de centres de pisciculture. Ces programmes de repeuplement comportent certains aspects négatifs, comme la perte de la diversité génétique des populations sauvages, mais ils présentent néanmoins l'avantage de conserver les stocks de saumons en Mer Baltique.

### ***Lutte contre la propagation de maladies et de parasites***

Il est possible de prendre certaines mesures préventives pour réduire la probabilité d'infestation des stocks de saumons d'élevage par différentes maladies et parasites. Beaucoup d'activités, comme le nettoyage des cages, l'échantillonnage des poissons, le transfert des poissons, etc., peuvent stresser les poissons et promouvoir l'apparition de maladies. Il conviendrait donc de minimiser le stress lors des pratiques de gestion, mais aussi de limiter la densité des saumons par m<sup>3</sup>. Remarquons ici, que le nettoyage de cage peut se faire par des plongeurs, à la main, au lieu d'utiliser des produits toxiques comme les anti-fouling.

La séparation ou l'isolement des différents stades de saumon sont une façon d'empêcher l'introduction ou la propagation de maladies au sein d'un système d'élevage. Par exemple, pour éviter que les jeunes saumons ne soient infectés par les poux de mer, on devrait éviter de les introduire dans un site où se trouvent des poissons plus âgés (Salmon Health Consortium & ARLA, 2003). Cette technique devrait être combinée avec la mise en jachère des sites pour au moins quatre à six semaines afin d'éliminer la source de réinfection et de briser le cycle de vie du pou de mer. L'isolement des poissons infectés pour les stocks de reproduction améliorera également la prévention contre les maladies.

Afin de limiter la transmission de pathogènes depuis les centres d'élevage aux populations sauvages, il est également essentiel que l'aquaculture prête attention à l'emplacement des bassins d'élevage. L'emplacement des sites doit être choisi en tenant compte des sources potentielles d'infection et de la qualité de l'eau. En effet, en plus d'améliorer la production, le choix de sites de bonne qualité favorise une meilleure santé des poissons, qui sont alors moins susceptibles d'être infectés par des parasites (Salmon Health Consortium & ARLA, 2003). Plus particulièrement, un débit d'eau adéquat peut aider à prévenir l'accumulation de larves du pou de mer dans un site et contribuer à la dispersion des produits thérapeutiques après un traitement. Les piscicultures devraient se trouver à distance des sources possibles d'infection. Certaines distances entre les différents centres de pisciculture adjacents devraient aussi être respectées. Ces distances dépendent de l'amplitude de la marée et d'autres facteurs qui peuvent favoriser ou limiter la dispersion des larves de pou de mer. Enfin, la suppression des fermes aquacoles sur le parcours migratoire des juvéniles sauvages améliorerait la survie des populations sauvages (Kroksek et al., 2006; Naylor et al., 2000). Certains pays, y compris l'Islande et la Norvège, ont déjà mis en place ces mesures de protection.

L'élevage de poisson dans des systèmes fermés, sur terre ferme, pourrait sensiblement réduire non seulement la menace de la dilution génétique depuis les saumons d'élevage aux saumons sauvages, mais aussi la transmission de la plupart des maladies (Gross, 2008). Cependant, de tels systèmes d'élevage ne constituent actuellement pas une solution de rechange au modèle existant des cages flottantes constituées de filets et ne sont pas applicables à grande échelle.

En cas d'infestation des stocks de saumons d'élevage par les poux de mer, il existe des méthodes de lutte biologique, comme, par exemple, placer dans les enclos à saumon des poissons mangeurs de poux, comme les girelles. Cette technique permet de remplacer l'utilisation de pesticides dangereux pour l'environnement et la santé. Enfin, afin de limiter l'utilisation excessive d'antibiotiques dans l'aquaculture, les recherches sur les vaccins devraient être encouragées. Des contrôles, par des organismes indépendants, devraient également être effectués pour vérifier que l'utilisation de produits chimiques illégaux n'a pas lieu.

### **6.1.3. Lutte contre l'eutrophisation**

Afin de limiter l'accumulation de déchets organiques provenant des fèces et des aliments non ingérés, plusieurs solutions sont possibles, allant de la simple dilution dans l'environnement, à l'aquaculture multitrophique intégrée (AMTI).

Tout d'abord, les conditions hydrodynamiques des sites doivent être choisies pour optimiser le taux de croissance de l'espèce cultivée et pour empêcher les dépôts des déchets organiques qui réduisent la qualité de l'eau et des fonds marins. Si les sites de culture n'offrent pas une circulation suffisante de l'eau, l'installation de ventilateurs sous-marins, pour diluer les résidus, peut être utilisée. Les cages peuvent aussi être amarrées en un seul point, leur position dépendra alors des courants et de la force du vent et, les déchets organiques seront dispersés. Dans toutes ces approches, les déchets restent dans l'environnement, et la solution proposée pour réduire leur accumulation est limitée à leur dilution (Buschmann et al., 2008). Il ne s'agit pas d'alternatives appropriées dans les cas où des activités d'aquaculture intensive se sont développées sur de grandes régions. Dans ces situations, différents accessoires de collecte attachés au fond des systèmes de culture ont été évalués pour réduire et extraire les déchets riches en matière organiques. Le pompage de sédiments organiques a également été testé. Cependant, le coût d'exploitation de ces alternatives technologiques a limité leur mise en œuvre (Buschmann et al., 2008).

Des systèmes d'élevage clos en mer ont été développés et évalués au cours de la dernière décennie mais il n'existe actuellement aucun système clos en mer utilisé pour l'élevage du saumon adulte. Certaines technologies peuvent sembler prometteuses, mais aucune n'a encore été appliquée à l'échelle commerciale, et leur faisabilité financière n'a pas non plus été évaluée (Pêches et Océans Canada, 2005b).

Une autre approche consisterait à pratiquer l'élevage sur terre ferme. Cependant, dans beaucoup de cas, ces pratiques ne solutionnent pas la problématique d'excès de nutriments dans le milieu aquatique, car les déchets sont rejetés dans l'environnement sans être traités. Il est possible de développer des systèmes de recirculation sur terre ferme utilisant des bactéries comme biofiltreurs (Bushman et al., 2008). Ces systèmes fermés ont démontré une capacité significative pour le traitement des déchets et la dénitrification. Cependant, ils restent toujours un défi à l'échelle commerciale, une des raisons étant que la transformation des déchets par des bactéries ne produit pas d'autre récolte de valeur commerciale.

Une autre technique pour éviter l'accumulation de déchets consiste à pratiquer la rotation des sites de culture. La mise en place d'une période de rétablissement permet à l'écosystème de retrouver un certain équilibre naturel et augmente les capacités de bioremédiation des organismes vivant à proximité des sites de culture (poissons, mollusques et algues).

Les services écologiques de différents organismes peuvent également être utilisés pour pratiquer l'aquaculture multitrophique intégrée (AMTI), aussi appelée poly-aquaculture. L'aquaculture multitrophique permet de réaliser une gestion plus équilibrée des écosystèmes côtiers en combinant l'élevage de plusieurs espèces dans le but de recycler les nutriments. Elle combine, par exemple, l'aquaculture de saumons (qui exigent un apport de nourriture), avec l'élevage de mollusques et de décomposeurs (qui extraient la matière organique) et d'algues (qui extraient la matière inorganique) (Pêches et Océans Canada, 2005b). Les moules sont des organismes qui se nourrissent par filtration et sont utilisées pour extraire les déchets particuliers fins issus des cages d'élevage, tels les granulés riches en nutriments qui ne sont pas consommés par les poissons, tandis que les macroalgues, comme les laminaires, absorbent les déchets inorganiques dissous. Comme les organismes filtreurs ne peuvent capturer des particules de déchets que dans une gamme de taille limitée, les grandes particules auront donc tendance à sédimenter dans les fonds marins (Buschmann et al., 2008). Si les niveaux

d'oxygène ne tombent pas au-dessous des niveaux critiques, la culture d'organismes benthiques se nourrissant de matière organique morte (par exemple, des crabes, des homards, des oursins, des concombres de mer ou des polychètes) permettraient de recycler les déchets présents dans les fonds marins. En plus de réduire la quantité de déchets rejetée dans le milieu marin et leur accumulation sur les fonds marins, la polyculture pourrait également réduire le risque de prolifération d'algues et la hausse de la turbidité de l'eau. Enfin, la culture de diverses espèces pourrait se traduire par des avantages économiques pour les pisciculteurs.

## **6.2. Analyse des politiques de gestion de l'aquaculture en Ecosse**

### **6.2.1. Appréciation de l'encadrement et du dispositif de gestion**

#### **Approche stratégique**

Toute initiative législative de gestion et de contrôle gagne en efficacité lorsqu'elle s'inscrit dans un cadre plus large incorporant une vision intégrée de la problématique concernée, des objectifs à atteindre dans une perspective à moyen et long terme, et des moyens permettant de réaliser ces objectifs. De ce point de vue, l'adoption par l'Ecosse d'un cadre stratégique de qualité pour son industrie d'aquaculture constitue une avancée majeure pour assurer le développement durable de cette industrie, bénéficiant tant aux parties prenantes du secteur qu'à l'équilibre des écosystèmes concernés par l'aquaculture. Une mise à jour du cadre existant est actuellement en cours et permettra de pallier certaines de ses faiblesses tout comme d'incorporer les derniers développements réglementaires, qu'il s'agisse de dispositions communautaires, comme la Stratégie pour l'aquaculture, la Directive-cadre sur la stratégie marine, ou la Directive-cadre de l'eau, ou de dispositions nationales comme les Règlements écossais sur le milieu marin (Scottish marine Bill) et sur la pêche et l'aquaculture (Aquaculture and Fisheries (Scotland) Act).

#### **Code de conduite**

Le code de conduite et de bonnes pratiques adopté par la quasi-totalité du secteur écossais d'élevage de saumon montre clairement que les intérêts d'une industrie aquacole mature et responsable ne sont pas pour autant en conflit avec les exigences d'une gestion durable de l'environnement.

### **Loi écossaise sur l'aquaculture et la pêche (2007)**

Cette loi est une pièce législative centrale car elle régule de manière détaillée et complète tous les aspects liés à tous les stades de l'activité aquacole et définit les règles, les procédures, et les instruments permettant d'exercer une gestion et un contrôle efficace de cette activité.

#### **Efficacité des politiques de gestion**

L'ensemble du dispositif législatif écossais s'inscrivant désormais dans une approche stratégique, il y a lieu d'examiner si les règles et les procédures que comprend ce dispositif permettent une gestion et un suivi adéquats des activités aquacoles pour ce qui est de ses incidences sur l'environnement marin. Précisons à cet égard qu'il est inutile de réglementer en matière de normes à respecter, de standards à atteindre, et de procédures à suivre, si l'on ne se dote pas en même temps des moyens nécessaires pour les faire appliquer. Force est de reconnaître qu'à cet égard l'Ecosse a accompli d'énormes progrès ces dix dernières années, au point de figurer parmi les "bons élèves". L'aquaculture en général et l'élevage du saumon en particulier auraient cependant été –toute proportion gardée– "l'élève modèle", si les politiques de gestion relatives ne comportaient pas encore quelques lacunes. Ces dernières, bien qu'elles soient mineures, concernent notamment un renforcement du respect et du contrôle des bonnes conduites et pratiques d'élevage et la promotion de l'aquaculture multitrophique intégrée permettant un bon recyclage des nutriments. Des incitants financiers tels que des primes pour le respect des bonnes pratiques aquacoles ou, au contraire, des pénalités financières plus contraignantes en application du principe du pollueur-payeur peuvent encore être mises en place. Enfin, les activités de l'aquaculture devraient mieux être prises en compte dans la gestion intégrée des zones côtières afin d'assurer que ses activités ne nuisent pas le cas échéant, aux communautés rurales, aux activités touristiques, à la pêche artisanale, ainsi qu'à la biodiversité marine.

#### **6.2.2. Impacts sur les populations de saumon sauvage**

##### **Emplacements des centres de pisciculture**

Les côtes orientales et nordiques de l'Ecosse englobent les plus importantes rivières de saumon sauvage représentant environ 70% de la prise nationale. C'est pourquoi ces côtes font l'objet d'un moratoire sur l'élevage en mer de saumon. Or ce moratoire est moins important qu'il n'y paraît en raison du fait que les côtes en question manquent des zones abritées appropriées pour les cages d'élevage en mer.

Pour leur part, les zones éligibles à la salmoniculture, suscitent les remarques suivantes:

- les zones sensibles où la salmoniculture n'est qu'exceptionnellement admise n'incluent pas les rivières des Highlands les plus affectées par l'aquaculture de saumon;
- sur la côte ouest de l'Ecosse, où sont concentrées la plupart des fermes de saumon, les centres de pisciculture sont quasi tous situés à proximité des embouchures des rivières de saumon sauvage (Butler & Watt, 2002). Par mesure de précaution, l'Héritage Naturel Ecossois a recommandé des distances de séparation suffisantes par rapport aux sites clés de populations de saumon sauvage et des itinéraires de migration. Cette situation fait cependant l'objet d'un examen approfondi;
- la capacité portante des écosystèmes a été considérée comme un élément clé pour définir les secteurs où le développement de l'aquaculture devrait être limité. Or, selon le Ministère de l'Environnement écossais (SEPA), les connaissances scientifiques seraient insuffisantes pour calculer la capacité portante spécifique aux lochs écossais et a, par conséquent, estimé que la limitation de l'activité aquacole devrait s'effectuer suivant le principe de la précaution. Il en résulte que, en dépit de la volonté exprimée dans les lignes directrices sur les zones éligibles, les effets cumulatifs sur les écosystèmes n'ont été que rarement pris en compte lors de l'octroi de permis d'activité aquacole.

Il apparaît donc comme essentiel que l'Ecosse remette à jour ces lignes directrices sur l'emplacements des sites aquacoles, afin de limiter leur impacts sur les populations de saumons sauvages.

### **Prévention contre les évasions des saumons d'élevage**

Les dispositions écossaises visant à minimiser les interactions génétiques entre les saumons sauvages et les saumons d'élevage s'inspirent des recommandations de la Résolution d'Oslo adoptée par l'Organisation de Conservation du Saumon Atlantique du Nord (OCSAN) et les divers accords découlant de sa mise en œuvre. L'étendue et la qualité des Actes adoptés par cette organisation sont largement reconnues et font l'objet d'un bon suivi et contrôle des données sur les évasions. Cependant, une gestion plus proactive de la part de l'organisme de contrôle (Fisheries Research Services) et des prescriptions techniques obligatoires plutôt que volontaires seraient les bienvenues.

En raison des difficultés à évaluer les risques associés à l'introduction de spécimens génétiquement modifiés dans l'environnement, il est à recommander, par souci de précaution,

de limiter strictement le recours à l'aquaculture de saumons génétiquement modifiés. Il va de soi que cette forme d'aquaculture nécessitera l'élaboration de nouvelles dispositions réglementaires.

### **Lutte contre la propagation de maladies**

Afin d'améliorer la lutte contre les maladies affectant les poissons d'élevages, et de ce fait les poissons sauvages, il est important d'instaurer une réglementation limitant le nombre d'individus élevés par m<sup>3</sup>. La densité maximale de poisson élevé dans des cages ne devrait pas dépasser 15 - 20 kg/m<sup>3</sup>.

### **6.2.3. Lutte contre la pollution de l'eau**

L'aquaculture multitrophique intégrée est une des solutions novatrices actuellement proposées pour assurer le recyclage des déchets organiques, ainsi qu'une gestion écosystémique des systèmes aquacoles. L'aquaculture multitrophique fait actuellement l'objet de recherche importante au Canada (Aquanet, 2004). Pour que la recherche puisse passer de la phase pilote à celle de projet industriel, des politiques et règlements doivent être mis en œuvre pour promouvoir ce système d'aquaculture (Pêches et Océans Canada, 2005b; Aquanet, 2004; Bushmann, 2008). Des primes pourraient être utilisées pour inciter les pisciculteurs à pratiquer la polyculture.

Pour ce qu'il concerne la pollution découlant de produits chimiques, l'Ecosse pourrait également montrer l'exemple dans ce domaine en interdisant toute utilisation de produit susceptible d'être dangereux pour l'environnement, via le principe de précaution.



## 7. Conclusions

Du fait de sa forte expansion au cours de ces 20 dernières années, l'aquaculture de saumon pose un nombre croissant de défis à l'environnement aquatique et à la santé des consommateurs. Cette activité affecte la biodiversité, particulièrement les populations de saumons sauvages, les écosystèmes benthiques et l'équilibre de la chaîne trophique aquatique.

Ainsi, le développement futur de l'aquaculture de saumon risque lui-même d'être mis en péril en particulier de par sa dépendance aux stocks limités de poissons pélagiques et en raison de la capacité portante limitée des écosystèmes aquatiques. De plus, l'aquaculture de saumon risque d'être confrontée à une surproduction, dans le cas où l'offre dépasserait la demande.

Il s'avère donc primordial que l'aquaculture de saumon s'accompagne dorénavant de méthodes d'élevage plus respectueuses de l'environnement.

Dans cette optique, l'Ecosse est l'un des pays disposant actuellement des meilleurs dispositifs réglementaire permettant une gestion de ses activités aquacole. Les autres pays producteurs devraient suivre son exemple en ce qui concerne son approche stratégique, son code de conduite et son partenariat avec l'industrie.

Dans une perspective internationale plus large, il serait hautement souhaitable que les accords, résolutions et autres conventions non seulement s'inspirent de l'exemple écossais mais, surtout que leur application, encore trop souvent volontaire, soit rendue obligatoire.

La responsabilisation de l'industrie aquacole pourrait être stimulée à grande échelle en recourant à des incitants financiers pour promouvoir la diffusion des pratiques aquacoles respectueuses de l'environnement, ou, au contraire, en appliquant le principe du pollueur-payeur.

Il faudrait également promouvoir l'aquaculture multitrophique intégrée pour assurer un bon recyclage des nutriments et la gestion intégrée des zones côtières afin d'assurer que les activités aquacoles ne nuisent pas aux communautés rurales, aux activités touristiques, à la pêche artisanale, ainsi qu'à la biodiversité marine.

Quant à la sensibilisation et l'information du public, il s'agit d'une autre démarche à promouvoir du fait que les consommateurs peuvent exercer une pression sur les industries aquicoles en exigeant des produits sains et respectueux de l'environnement. Malgré que les consommateurs soient de plus en plus préoccupés par les processus de production des produits alimentaires, beaucoup pensent, à tort, que l'aquaculture constitue une solution valable à la surpêche, sans exercer de menace pour l'environnement. De surcroît, l'augmentation de l'offre de saumon sur le marché et la diminution de son prix donne la fausse impression que les saumons sauvages ne sont pas menacés. Les risques que peuvent représenter la consommation de saumon d'élevage pour la santé seraient un autre moyen de conscientiser le public.

## Bibliographie

- Aquanet (2004) Aquaculture multitrophique intégrée, Feuille de documentation n° 2, Canada
- Baxter C., Fausch K., Murakami M., Chapman P. (2004) Fish invasion restructures stream and forest food webs by interrupting reciprocal prey subsidies. *Ecology* 85: 2656–2663.
- Beamish R.J., Jones S., Neville C.E., Sweeting R., Karreman G., Saksida S., Gordon E. (2006) Exceptional marine survival of pink salmon that entered the marine environment in 2003 suggests that farmed Atlantic salmon and Pacific salmon can coexist successfully in a marine ecosystem on the Pacific coast of Canada. *ICES Journal of Marine Science* 63: 1326-1337
- Bostick K., Clay J., Aaron A., McNevin (2006) Farm-level Issues in Aquaculture Certification: Salmon. WWF
- Boujard T. (2004) Aquaculture et environnement. Les Dossiers de l'environnement de l'INRA 26 : 110
- Bravo S., Dolz H., Silva M., Lagos C., Millanao A., Urbina M. (2005) Informe Final. Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura. Universidad Austral de Chile. Facultad de Pesquerías y Oceanografía, Instituto de Acuicultura.
- Burnell G., Gouletquer P., Stead S. (2002) Aquaculture and its role in integrated coastal zone management. European Aquaculture Society, Belgium
- Burridge L.E., Haya K., Waddy S. L., Wade J. (2000) The lethality of anti-sea lice formulations Salmosan (Azamethipos) and Excis (Cypermethrin) to stage IV and adult lobsters (*Homarus americanus*) during repeated short-term exposures. *Aquaculture* 182: 27-35
- Buschmann A. H., Hernandez-Gonzalez M. C., Aranda C., Chopin T., Neori A., Halling C., Troell M. (2008) Mariculture Waste Management. *Ecological Engineering of Encyclopedia of Ecology*, 3: 2211-2217, Oxford Elsevier.
- Cabello, F. (2004) Antibiotics and aquaculture in Chile: Implications for human and animal health. *Rev Méd Chile* 132: 1001-6.
- Claude M., Oporto J. A. (2000) La ineficiencia de la salmonicultura en Chile: Aspectos sociales, económicos y ambientales. Santiago: Terram Publicaciones. 65 pp.
- Commission européenne (2004) La pêche minotière en questions. La pêche européenne 22 :.5-9, Direction générale de la pêche
- Crown Estate [http://www.thecrownestate.co.uk/salmon\\_farming](http://www.thecrownestate.co.uk/salmon_farming) (consulté le 14-08-09)
- Curry P., Miserey Y. (2008) Une mer sans poissons. Calmann-lévy
- Directives européennes [http://europa.eu/legislation\\_summaries/index\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/index_fr.htm) (consulté le 14-08-09)

- Dundas I., Johannessen O.M., Berge G., Heimdal B. (1989) Toxic Algal Bloom in scandinavian waters may-june 1988. *Oceanography* 2: 9-14
- Ernst W., Jackman P., Doe K., Pae F., Julien G., McKay K., Sutherland T. (2001) Dispersion and toxicity to non-target aquatic organisms of pesticides used to treat sea lice on salmon in net pen enclosures. *Marine Pollution Bulletin* 42 (6), 433-444
- FAO (2005) Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries Technical Paper 457: 235, Rome
- FAO (2009) La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, Rome
- FAO National Aquaculture Legislation Overview (NALO) United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland [http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo\\_uk/en](http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_uk/en) (consulté le 14-08-09)
- FAO Programme d'Information sur les espèces aquatiques cultivées: *Salmo salar* [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo\\_salar/fr](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo_salar/fr) (consulté le 14-08-09)
- Fisheries Research Services (FRS) <http://www.marlab.ac.uk/> (consulté le 14-08-09)
- Fiske P., Lund R. A., Ostborg G. M., Floystad L. (2001) Escapes of reared salmon in coastal and marine fisheries in the period 1989–2000. NINA Oppdragsmelding 704: 1–26.
- Fleming I. A., Hindar K., Mjølnerod I. B., Jonsson B., Balstad T., Lamberg A. (2000) Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267, 1517-1523
- Ford J. S., Myers R.A. (2008) A global assessment of salmon aquaculture impacts on wild salmonids. *PLoS Biol* 6(2)
- Fortt A., Cabello F., Bushmann A. (2007) Residuos de tetraciclina y quinolonas en peces silvestres en una zona costera donde se desarrolla la acuicultura del salmón en Chile. *Rev Chil Infect* 2007; 24 (1):14-18.
- Garant D., Fleming I., Einum S., Bernatchez L. (2003) Alternative male lifehistory tactics as potential vehicles for speeding introgression of farm salmon traits into wild populations. *Ecology Letters* 6: 541–549.
- Gross L. (2008) Can Farmed and Wild Salmon Coexist? *PLoS Biol* 6(2)
- Hansen L.P., Jacobsen J.A., Lund R.A. (1999) The incidence of escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the Faroese fishery and estimates of catches of wild salmon. *ICES Journal of Marine Science* 56: 200–206.
- Hedrick P.W (2001) Invasion of transgenes from salmon or other genetically modified organisms into natural populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 841–844

Hindar K., Balstad T. (1994) Salmonid culture and interspecific hybridization. *Conservation Biology* 8: 881–882.

Hindar K., Tufto J., Sættem L. M., Balstad T. (2004) Conservation of genetic variation in harvested salmon populations. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1389-1397

Hites R. A., Foran J. A., Carpenter D. O., Hamilton M.C., Knuth B.A., Schwager S.J. (2004) Global Assessment of Organic Contaminants in Farmed Salmon. *Science* 303: 226-229

International Council for the Exploration of the Sea (ICES) <http://www.ices.dk/> (consulté le 14-08-09)

Jackson A. (2007) Challenges and Opportunities for the Fishmeal and Fish Oil Industry. *Feed Technology Update* 2

Krkosek M., Lewis M.A., Volpe J.P. (2005) Transmission dynamics of parasitic sea lice from farm to wild salmon. *Proc. R. Soc. B* 272: 689–696

Krkosek M., Ford J. S., Morton A., Lele S., Myers R. A., Lewis M. A. (2007) Declining Wild Salmon Populations in Relation to Parasites from Farm Salmon. *Science* 318: 1772-1775

Levin P.S., Zabel R.W., Williams J.G. (2001) The road to extinction is paved with good intentions: Negative association of fish hatcheries with threatened salmon. *Proceedings: Biological Sciences* 268: 1153–1158.

McGarvin M. (2001) Out sight-Out of mind : marine eutrophication in the UK, WWF-UK

McGinnity P., Prodohl P., Ferguson A., Hynes R., Maoileidigh N., Baker N., Cotter D., O’Heal B., Cooke D., Rogan G., Taggart J., Cross T. (2003) Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proc. R. Soc. Lond. B* (2003) 270, 2443–2450

Moore A., Waring C. (2001) The effects of a synthetic pyrethroid on some aspects of reproduction in Atlantic salmon. *Aquatic Toxicology* 52, 1-12

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) Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024

Naylor R., Hindar K., Fleming I.A., Goldberg R., Williams S., Volpe J., Whoriskey F., Eagle J., Kelso D., Mengel M. (2005) Fugitive Salmon: Assessing the Risks of Escaped Fish from Net-Pen Aquaculture. *BioScience* 2005; Vol. 55 No. 5: 427-437

Neira R., Díaz N. (2005) Contribución de la Acuicultura a la Conservación de los Recursos Acuáticos y su Biodiversidad. *Biodiversidad Marina: Valoración, Usos y Perspectivas ¿Hacia dónde va Chile?* Editorial Universitaria.

Norris A., Bradley D., Cunningham E. (1999) Microsatellite genetic variation between and within farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations. *Aquaculture* 180: 247-264.

North Atlantic Salmon Conservation Organization (NASCO) <http://www.nasco.int/> (consulté le 14-08-09)

OCDE (2005) Evaluación del Desempeño Ambiental de Chile.

OSPAR <http://www.ospar.org/> (consulté le 14-08-09)

Pauly D., Christensen V., Dalsgaard J., Froese R., Torres F. (1998) Fishing down marine webs. *Science*; 279: 860±863

Pêches et Océans Canada (2005a) Fiche d'information : Prévention des évasions [www.dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca) (consulté le 14/08/09)

Pêches et Océans Canada (2005b) Fiche d'information : Recherche intégrée en aquaculture à la station biologique de St. Andrews [www.dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca) (consulté le 14/08/09)

Pinto et Furci (2006) Salmon Piranha Style: Feed Conversion Efficiency in the Chilean Salmon Farming Industry. Terram Publications

Pinto P. (2007) Salmonicultura Chilena: Entre el éxito comercial y la insustentabilidad. Terram Publicaciones

Politique Commune des Pêches (PCP) [http://ec.europa.eu/fisheries/cfp\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/fisheries/cfp_fr.htm) (consulté le 14-08-09)

Salmon Health Consortium & Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (2003) Fiche Technique sur la lutte intégrée contre le pou du poisson en salmoniculture

Scottish Environment Protection Agency (SEPA) <http://www.sepa.org.uk/> (consulté le 14-08-09)

Scottish Executive (1999) Locational Guidelines for the Authorisation of Marine Fish Farms in Scottish Waters

Scottish Executive (2003) A Strategic Framework for Scottish Aquaculture

Scottish Government (2008) Scottish Aquaculture: A Fresh Start: A Consultation on a Renewed Strategic Framework for Scottish Aquaculture

Scottish Finfish Aquaculture Working Group (2006) Code of good practice for Scottish Finfish Aquaculture

Scottish Government <http://www.scotland.gov.uk/> (consulté le 14-08-09)

Scottish Salmon Producers' Organisation, SSPO (2008) Annual Report 2008

Scottish Salmon Producers' Organisation (SSPO) <http://www.scottishsalmon.co.uk/> (consulté le 14-08-09)

Soto D., Jara F. y Moreno C. (2001) Escaped salmon in the inner seas, Southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecol, APPL.* 11

Staniford (2002) A big fish in a small pond: the global environmental and public health threat of sea cage fish farming. Terram Foundation Chile

Tacon, A. State of Information on Salmon Aquaculture Feed and the Environment. Feed Report for Salmon Aquaculture Dialogue, WWF 2005.

Veterinary Medicines Directorate (VMD) <http://www.vmd.gov.uk/> (consulté le 14-08-09)

Volpe J., Glickman B., Anholt B. (2001) Reproduction of Atlantic salmon in a controlled stream channel on Vancouver Island, British Columbia. *Transactions of the American Fisheries Society* 130: 489–494.

Youngson A. F., Dosdat A., Saroglia M., Jordan W. C. (2001) Genetic interactions between marine finfish species in European aquaculture and wild conspecifics. *J. Appl. Ichthyol.* 17, 153-162, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin

Weber M.L. (1997) Farming Salmon: a briefing book. Consultative Group on Biological Diversity

## Annexes

### Annexe 1. Statut d'exploitation des stocks des principales espèces de poissons pélagiques et des saumons sauvages (FAO, 2005; Tacon, 2005)

Species	Main fishing nations	Status
---------	----------------------	--------

Key: U-underexploited, M-moderately exploited, F-fully exploited, O-overexploited, D-depleted, R-recovering

#### Northwest Atlantic (FAO Statistical Area 21):

Atlantic herring	Canada, USA	U-F-F
Atlantic menhaden	USA	F
Atlantic mackerel	Canada, USA	F
Capelin	Canada	F

#### Northeast Atlantic (FAO Statistical Area 27):

Atlantic salmon	Norway, Finland, Denmark, Sweden	F-D
Blue whiting	Norway, Russian Fed., Iceland, Faeroe	O
Norway pout	Denmark, Norway	?-F
Sandeels	Denmark, Norway, Sweden	F
Atlantic herring	Norway, Iceland, Russian Fed., Denmark	F
European pilchard	Portugal, Spain, France, UK	?-F
European sprat	Denmark, Poland, Sweden, Latvia	?-F
Atlantic horse mackerel	Netherlands, Norway, Ireland, France	F
Atlantic mackerel	UK, Norway, Ireland, Russian Federation	F
Capelin	Iceland, Norway, Russian Federation	F

#### Western Central Atlantic (FAO Statistical Area 31):

Atlantic menhaden	USA	F
Atlantic thread mackerel	USA, Cuba	?
Gulf menhaden	USA	F
Round sardinella	Venezuela	M/F

#### Northwest Pacific (FAO Statistical Area 61):

Chum salmon	Japan, Russian Federation	F
Pink salmon	Russian Federation, Japan	F
Japanese anchovy	China, Japan, Korea Rep.	F
Japanese pilchard	China, Japan	M
Chub mackerel	China, Japan, Korea Rep.	F
Japanese jack mackerel	Japan, Korea Rep.	F

#### Northeast Pacific (FAO Statistical Area 67):

Chinook salmon	USA, Canada	F-O
Chum salmon	USA, Canada	F



Species	Main fishing nations	Status
Coho salmon	USA	F-O
Pink salmon	USA, Canada	F
Sockeye salmon	USA, Canada	F
Alaska pollock	USA	F
Pacific herring	USA, Canada	M-O

Eastern Central Pacific (FAO Statistical Area 77):

California pilchard	Mexico, USA	M-F
California anchovy	USA, Mexico	M-F
Pacific anchoveta	Panama	M-F
Pacific thread herring	Panama	M-F
Chub mackerel	Mexico, USA	M
Pacific jack mackerel	USA	U

Southeast Pacific (FAO Statistical Area 87):

Anchoveta	Peru, Chile	R-O
Araucanian herring	Chile	F-O
Pacific thread herring	Ecuador	F
South American pilchard	Chile, Peru, Ecuador	F-O
Chilean jack mackerel	Chile, Peru	F-O
Chub mackerel	Chile, Peru	M-F

Annexe 2. Carte de l'Ecosse (<http://www.maps-of-britain.co.uk>)



### Annexe 3. Principaux objectifs du Cadre stratégique pour l'aquaculture écossaise

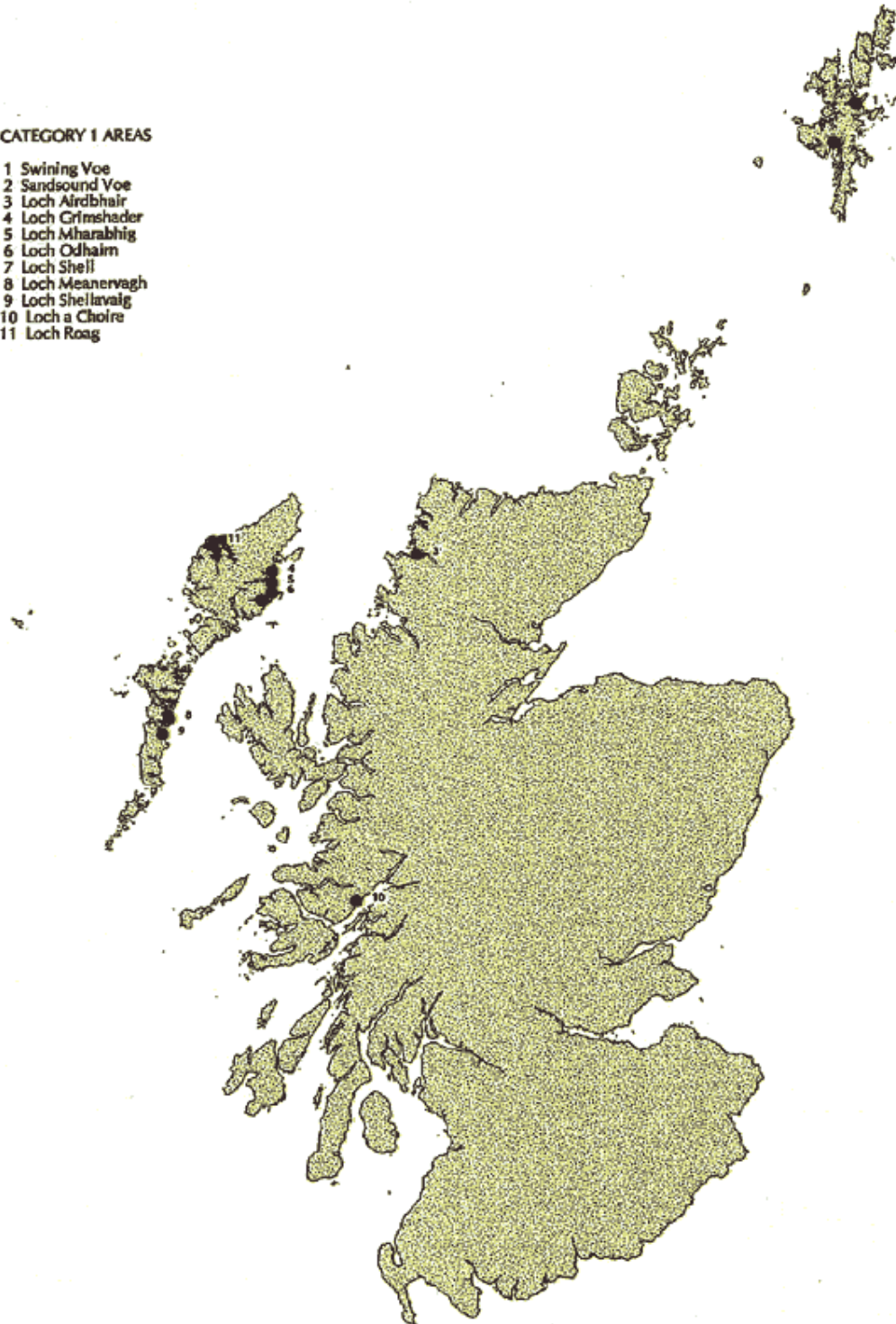
KEY THEMES	Scottish Government's Strategic Objectives					DESIRED OUTCOMES
	WEALTHIER & FAIRER	SMARTER	HEALTHIER	SAFER & STRONGER	GREENER	
Health	Protecting valuable assets by high standards of husbandry and biosecurity to benefit all sectors	Continual development of control strategies and making best use of available medicines as well as research and development into emerging diseases	Producing healthy, high quality, safe farmed fish and shellfish backed by a modern effective food safety regime	Controlling disease to help secure a sustainable, long-term future	Good strategies to help minimise discharge of medicine residues to the environment and the appropriate disposal of mortalities to limit disease spread	A secure long-term future for the industry by protecting the asset through adoption of disease-control strategies which also contribute to minimising impacts on the environment
Planning, Consents and Sites	Develop plans to make optimal use of the space available to grow fish and shellfish through open and transparent processes	Develop and retain skilled, knowledgeable and trained decision makers and workforce	Sites located to ensure optimum production of high quality, safe farmed fish and shellfish	Certainty and clarity going forward underpinning downstream activities and benefits to local communities	The right sites in the right places permitted through streamlined and proportionate regulation/ processes to ensure reduced impacts on other species and users of the marine and freshwater environment	Development of the right sites in the right places by the right people through transparent, streamlined and proportionate regulation/processes to minimise impacts on other users of the marine and freshwater environment
Containment	Retaining stock within farm premises to increase profitability whilst preventing conflict with others' interests	Adopting best practice and technologies through continuous improvement to prevent fish farm escapes	Secure facilities producing high quality and healthy fish	Reducing stock loss to help secure a long-term future and improve reputation and credibility of the industry at the same time protecting wild fisheries and tourism	Potential detrimental effects on wild fish stocks reduced	Fish farm escapes minimised by adopting best practice, reduce stock loss, improve profitability and secure the future and credibility of the industry whilst minimising environmental impact and preventing conflict with others' interests
Markets, Marketing and Image	Maximising profitability by promoting a positive image of the industry and making best use of the Scottish quality brand to secure markets home and abroad	Ensure favourable conditions for both commodity and niche market production and better integrate with transport and processing infrastructure	Promoting the health and nutritional benefits of farmed fish and shellfish	Strong industry with a strong brand through well-established markets	Reduced food miles by encouraging the consumption of fish and shellfish as close as practical to place of production	Maximised profitability for commodity and niche market producers by promotion of a positive image of the industry and making best use of the Scottish quality brand to secure markets home and abroad
Finance	Develop a climate to encourage investment, supporting and underpinning the long-term future and competitiveness of the sector	Incentivise the industry to make best use of technology and resources to make aquaculture attractive to investors	Producing high quality, safe, and nutritious farmed fish and shellfish	Securing finance to support the long-term stability and development of the industry	Invest in best practice and technologies to minimise impacts on the environment	An investment climate which supports and underpins the long-term future and competitiveness of the sector with investment in best practice and technologies to minimise impacts on the environment

**Annexe 4. Sites appartenant à la catégorie 1 des lignes directrices concernant les demandes d'autorisation pour l'installation ou la modification de fermes d'élevage de poissons dans les eaux écossaises**

**Guidance on the Location of Marine Fish Farms**  
Category 1 Areas

**CATEGORY 1 AREAS**

- 1 Swining Voe
- 2 Sandsound Voe
- 3 Loch Airdhair
- 4 Loch Grimshader
- 5 Loch Mharabhig
- 6 Loch Odhalm
- 7 Loch Shell
- 8 Loch Meanervagh
- 9 Loch Shelinaig
- 10 Loch a Choire
- 11 Loch Roag



Annexe 5. Sites appartenant à la catégorie 2 des lignes directrices concernant les demandes d'autorisation pour l'installation ou la modification de fermes d'élevage de poissons dans les eaux écossaises (Scottish Executive, 1999)

### Guidance on the Location of Marine Fish Farms Category 2 Areas

- |   |  |
|---|--|
| 1 Balta Harbour   | 30 Loch Aline                                    |
| 2 Firths Ness to Ness of Setter                                     | 31 Lochs Creran, Linnhe, Leven and Lynn of Lorne |
| 3 Vidlin Voe  | 32 Loch Etive                                    |
| 4 Busta Voe and Olna Firth  | 33 Firth of Lorn                                 |
| 5 Northa Voe  | 34 Upper Loch Fyne                               |
| 6 Brindister Voe and Vadills  | 35 Loch Sween                                    |
| 7 Seli Voe  | 36 Loch Riddon                                   |
| 8 Stromness Voe   | 37 Cumbraes                                      |
| 9 Whiteness Voe   | 38 Loch Ryan                                     |
| 10 Inner Weisdale Voe   | 39 Loch Indaal                                   |
| 11 Clift Sound and Sounds between West Burra, East Burra and Tondra | 40 Loch na Kea and Loch Tuath                    |
| 12 Sounds of Eynhallow, Wyre and Rousay                             | 41 Loch Eishort                                  |
| 13 Scapa Flow   | 42 Loch Sligchan                                 |
| 14 Loch Clash   | 43 Portree Harbour                               |
| 15 Loch Laxford   | 44 Lochs Greshornish and Snizort Beg             |
| 16 Eddrachallis Bay and Loch Chalm Bhaln                            | 45 Loch Boisdale                                 |
| 17 Badcall Bay  | 46 Loch Eynort                                   |
| 18 Calbha Bay   | 47 Loch Skjport                                  |
| 19 Loch Nedd  | 48 Loch Kilerivagh                               |
| 20 Loch Ewe   | 49 Loch a' Laip                                  |
| 21 Loch Gairloch  | 50 Loch Uskavagh                                 |
| 22 Upper Loch Torridon and Loch Shieldaig                           | 51 Loch Maddy                                    |
| 23 Loch Kishorn   | 52 Loch Gheocrab                                 |
| 24 Loch Carron  | 53 Loch Seaforth                                 |
| 25 Lochs Duilich, Long and Alsh                                     | 54 Loch Erisort                                  |
| 26 Loch Hourn   | 55 Loch Leurbost                                 |
| 27 Loch Nevis   | 56 Loch Tammabhaigh and Loch Cravadale           |
| 28 Sound of Arisaig   |  |
| 29 Loch Sunart  |  |

