

# Étude sur l'aquaculture en cage: l'Amérique latine et les Caraïbes

Alejandro Rojas<sup>1</sup> et Silje Wadsworth<sup>2</sup>

Rojas, A. et Wadsworth, S.

Étude sur l'aquaculture en cage: l'Amérique latine et les Caraïbes. Dans M. Halwart, D. Soto et J.R. Arthur (éds). Aquaculture en cage – Études régionales et aperçu mondial. FAO Document technique sur les pêches. No. 498. Rome, FAO. 2009. pp. 73–104.

## RÉSUMÉ

L'aquaculture est une activité commerciale importante à travers l'Amérique latine et les Caraïbes, comptant 31 des 44 pays de la région impliqués dans ce secteur qui génère plus de 200 000 emplois. Le développement du secteur aquacole est très irrégulier: deux pays, le Chili et le Brésil, assurent 72 pour cent de la production totale, dont on estime que 70 pour cent provient de la culture en cage; 23 pays ne produisent que 2 pour cent du total. Quarante-deux des 332 espèces cultivées à travers le monde sont cultivées dans cette région, affichant une production aquacole totale en 2004 de l'ordre de 1,3 million de tonnes d'une valeur estimée à 5,2 milliards de \$EU. Ces chiffres représentent 2,9 pour cent de la récolte mondiale issue de l'aquaculture et 8,2 pour cent de la valeur. La majorité de cette production est composée de poissons à nageoires de grande valeur (presque 900 000 tonnes), dont la plupart sont produits dans des systèmes d'élevage en cage des eaux de la zone sous-antarctique du sud du Chili jusqu'au Golfe de Californie au nord du Mexique. La plupart des cages (plus de 90 pour cent) utilisées en Amérique latine et aux Caraïbes sont situées au Chili et sont consacrées à l'élevage du saumon. Le présent document se concentre essentiellement sur deux groupes d'espèces: les salmonidés (saumon et truite) et le tilapia, espèces qui sont cultivées autant dans des cages que dans des réservoirs et des étangs.

Le développement régional de l'aquaculture est encore lourdement tributaire de l'existence de projets de développement et de l'implication des gouvernements locaux. C'est notamment le cas du Chili où la salmoniculture a enregistré une croissance impressionnante au cours des 20 dernières années. Au Chili, la culture en cage est pratiquée dans des environnements d'eau douce, saumâtre ou marine. En raison des pressions notables que l'aquaculture exerce sur l'environnement, et en particulier l'effet de la culture en cage sur les systèmes en eau douce, le secteur du saumon a introduit des systèmes fermés de re-circulation dans les lacs du sud du Chili. Dans le cas de la production en eau marine, l'utilisation de cages s'est développée à un taux de l'ordre de 10 à 15 pour cent par an. Des travaux de recherche sont nécessaires afin de trouver des moyens d'atténuer les effets de la culture en cage sur l'environnement et de mieux cerner les dynamiques et les rapports étroits entre tous les utilisateurs des ressources aquatiques. La croissance rapide de l'aquaculture a conduit à une étroite interaction avec le secteur agricole visant à trouver de nouveaux produits susceptibles de remplacer la farine et l'huile de poisson, dont la disponibilité et le prix sont des facteurs limitant la croissance des deux secteurs.

<sup>1</sup> Aquaculture Resource Management Limitada, Traumen 1721, Casilla 166, Puerto Varas, Chili

<sup>2</sup> Bluefin Consultancy, N-4310, Hommersåk, Norvège

## INTRODUCTION

### Production aquacole de la région<sup>3</sup>

En 2004, la production aquacole mondiale totale (à l'exclusion des plantes aquatiques) a atteint 45,5 millions de tonnes, d'une valeur estimée à 63,5 milliards de \$EU (tableau 1). De cette production mondiale, l'Amérique latine et les Caraïbes ont produit 1,3 million de tonnes, d'une valeur estimée à 5,2 milliards de \$EU (tableau 1 et 2). Ce résultat est comparable aux 4,8 millions de tonnes (d'une valeur estimée à 7 milliards de \$EU) de produits de pêches de captures sauvages qui sont exportés en dehors de la région. L'aquaculture est reconnue comme une activité commerciale revêtant une importance de plus en plus grande à travers l'Amérique du Sud (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2001). Avec la demande croissante pour des produits halieutiques et la pression actuelle exercée sur les stocks sauvages limités, la production aquacole devrait augmenter de façon décisive à travers la région au cours des dix prochaines années.

Durant l'année 2004, un total de 31 pays sur 44 présents dans la région ont été impliqués dans le secteur de l'aquaculture (tableau 3), cultivant 81 espèces d'une valeur marchande de 5,2 milliards de \$EU et employant plus de 200 000 personnes. Le Chili et le Brésil dominent la région, totalisant à eux deux plus de 70 pour cent de la production totale. La production de crevettes est importante en termes à la fois de valeur et de volume. La production aquacole d'espèces de poissons à nageoires est dominée par les salmonidés, le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*), la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), le saumon coho (*O. kisutch*) et le saumon royal (*O. tshawytscha*) avec une production de 578 990 tonnes en 2004, tandis que la production de tilapias (*Oreochromis spp.*) et de carpe commune (*Cyprinus carpio*) a atteint 220 058 tonnes (figure 1). Pendant la période 2001-2003, les salmonidés et la crevette à pattes-blanches (*Litopenaeus vannamei*) ont représenté 64 pour cent du volume et 69 pour cent de la valeur de la production aquacole en Amérique latine et aux Caraïbes (table 4).

<sup>3</sup> La région comprend le Mexique et l'Amérique centrale: Bélice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panama; Amérique du Sud: Argentine, Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Équateur, Guyane française, Guyana, Paraguay, Pérou, Suriname, Uruguay, Venezuela (République bolivarienne du); les Caraïbes: Anguilla, Antigua-et-Barbuda, Antilles néerlandaises, Aruba, les Bahamas, Barbade, Bermudes, Îles Caïmanes, Cuba, Dominique, Grenade, Guadeloupe, Jamaïque, Martinique, Montserrat, Porto Rico, République dominicaine, Sainte-Lucie, St Kitts-et-Nevis, Trinité-et-Tobago, Turks et Caïcos, Îles Vierges britanniques, Îles Vierges américaines.

Bon nombre des espèces aquatiques cultivées dans la région sont des poissons à nageoires de grande valeur, et selon les estimations, plus de 60 pour cent de la production intervient dans des systèmes d'élevage en cage des eaux de la zone sous-antarctique du Chili du sud jusqu'au Golfe de Californie au nord du Mexique.

La FAO (2005) indique que 57 pour cent de la production aquacole totale, les plantes mises à part, provient de la mer, 30 pour cent d'environnements d'eau douce et les 13 pour cent restants d'eau saumâtre. Malgré la grande dispersion de l'activité aquacole à travers la région, 88 pour cent de la production de poissons et de crevettes se concentre dans les cinq premiers pays producteurs (figures 2, 3 et 4). Le Chili, producteur de saumon et de truite et le Brésil, producteur de poissons et de crevettes d'eau douce, sont les premiers producteurs aquacoles de la région. L'Amérique du Sud produit 85 pour cent de l'aquaculture totale en volume de la région et 84 pour cent en valeur. L'Amérique centrale représente 10,1 pour cent du volume et 14,3 pour cent de la valeur, tandis que les Caraïbes représentent 5,6 pour cent du volume et 2 pour cent de la valeur. Comparée à l'Europe, la production aquacole de l'Amérique latine et des Caraïbes est beaucoup plus basse en termes de volume, mais à peu près égale en termes de valeur, ce qui montre que les produits cultivés dans la région ont une valeur moyenne beaucoup plus élevée (tableau 4). Ceci est principalement dû à l'élevage d'espèces de grande valeur telles que les salmonidés et les crevettes. En 2004, la valeur moyenne de la région (3,96 \$EU/kg) était plus élevée que la valeur moyenne du reste du monde (1,40 \$EU/kg) (tableau 4).

### PRÉVISIONS POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AQUACULTURE DANS LA RÉGION

La croissance de l'aquaculture pour les espèces de grande valeur (crevettes et saumons) a eu un impact important sur le commerce international de poisson. Ces dernières années cependant, des espèces dont la valeur économique est inférieure telles que le tilapia ont également intégré les marchés internationaux avec succès.

Bien qu'il y ait un marché et que les conditions géographiques et environnementales favorables permettent que l'aquaculture se développe de façon significative en Amérique latine et dans les Caraïbes, la région doit surmonter certaines limites. L'un des plus grands problèmes auquel fait face la région (à l'exception de quelques pays comme le Chili) est le manque de continuité politique et économique, ce qui génère un certain degré d'instabilité. Cette situation

TABLEAU 1  
Production aquacole mondiale pour l'année 2004

Région	Volume		Valeur		
	Tonnes	%	\$EU (000)	%	\$EU/kg
Afrique	561 019	1,2	890 641	1,4	1,59
Amérique du Nord	751 984	1,7	1 308 838	2,1	1,74
Amérique latine & Caraïbes	1 321 304	2,9	5 234 714	8,2	3,98
Asie	40 474 631	89,0	50 029 036	8,8	1,24
Europe	2 238 430	4,9	5 583 257	8,8	2,49
Océanie	134 009	0,3	446 798	0,7	3,33
Total	45 481 377	100	63 493 284	100	1,40

Source: FAO, 2005a,b

TABLEAU 2  
Production aquacole (tonnes) en Amérique latine et aux Caraïbes, 2000-2004 – plantes aquatiques non inclus

Produits	2000	2001	2002	2003	2004
Crustacés	154 569	187 317	221 462	294 646	289 928
Poissons diadromes	359 391	52 1092	498 461	502 534	586 289
Poissons d'eau douce	251 293	263 873	293 581	292 955	310 841
Poissons marins	2 584	2 803	2 832	1 114	929
Animaux aquatiques divers	811	693	688	719	713
Mollusques	69 079	82 085	83 381	105 577	132 604
Total	837 727	1 057 861	1 100 405	1 197 545	1 321 304

Source: FAO, 2005

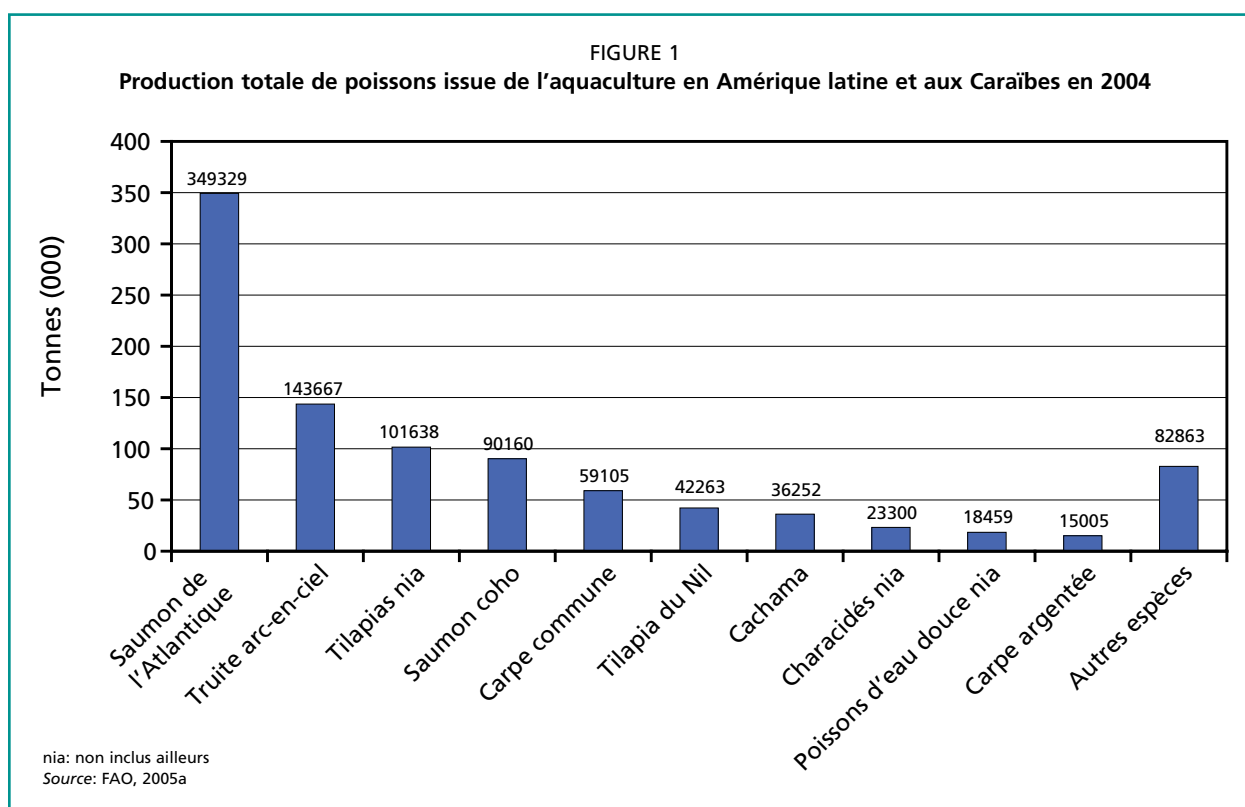


TABLEAU 3

**Aquaculture en Amérique latine et aux Caraïbes: volume et valeur des produits issus de la production – le classement des produits est établi d'après celui de la FAO-2005**

#	Produits	Volume			Valeur		
		1996 – 2000	2001–2003		1996 –2000	2001–2003	
		Tonnes (000)	Tonnes (000)	% du total	\$EU (millions)	\$EU (millions)	% du total
1	Crevette à pattes blanches	165	209	18,8	979	1 057	26,8
2	Saumon de l'Atlantique	110	267	24,0	404	969	24,6
3	Truite arc-en-ciel	81	126	11,3	262	381	9,7
4	Saumon coho	77	112	10,1	307	329	8,3
5	Tilapias	50	73	6,6	152	219	5,5
6	Carpe	48	68	6,1	142	183	4,6
7	Pectinidés péruviens	17	22	2,0	87	141	3,6
8	Cachama	9	30	2,7	35	109	2,8
9	Autres crevettes	10	18	1,6	69	108	2,7
10	Autres crustacés	6	21	1,9	28	93	2,3
11	Tilapia du Nil	16	34	3,0	39	75	1,9
12	Mollusques chiliens	13	44	3,9	11	71	1,9
13	Poissons d'eau douce	27	23	2,1	81	65	1,6
14	Autres	76	66	5,9	190	147	3,7
	<b>Total</b>	<b>706</b>	<b>1 113</b>	<b>100</b>	<b>2 785</b>	<b>3 947</b>	<b>100</b>

Source: FAO, 2005

TABLEAU 4

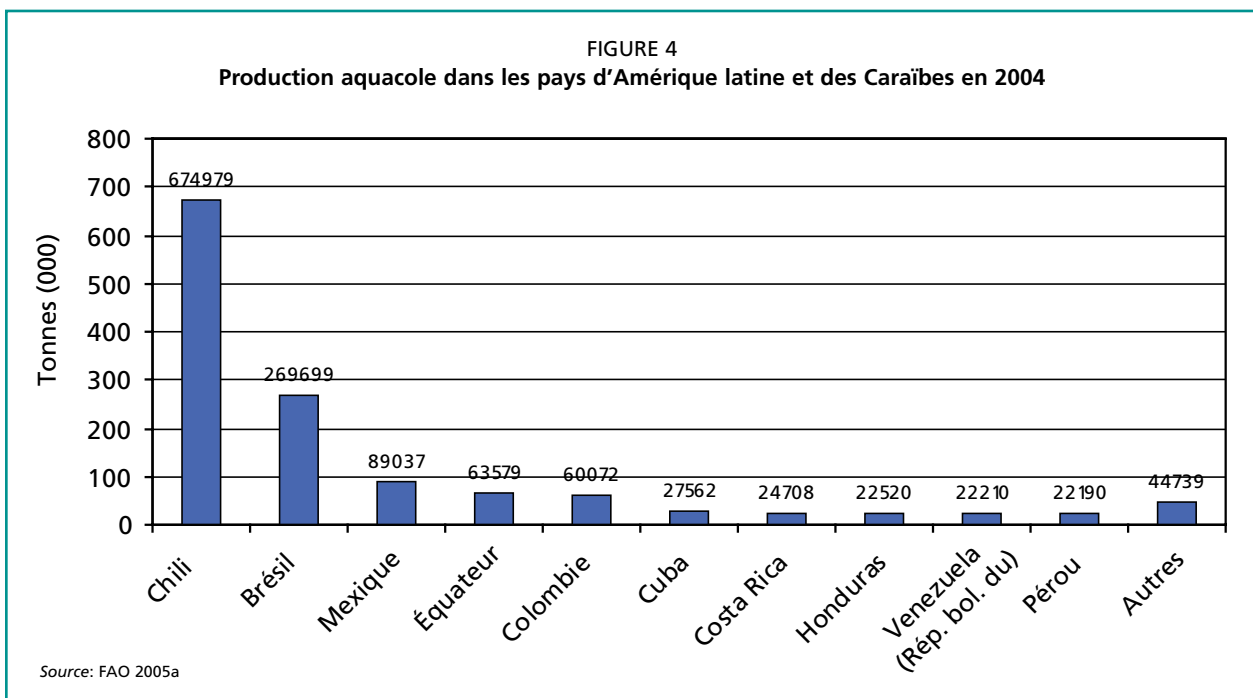
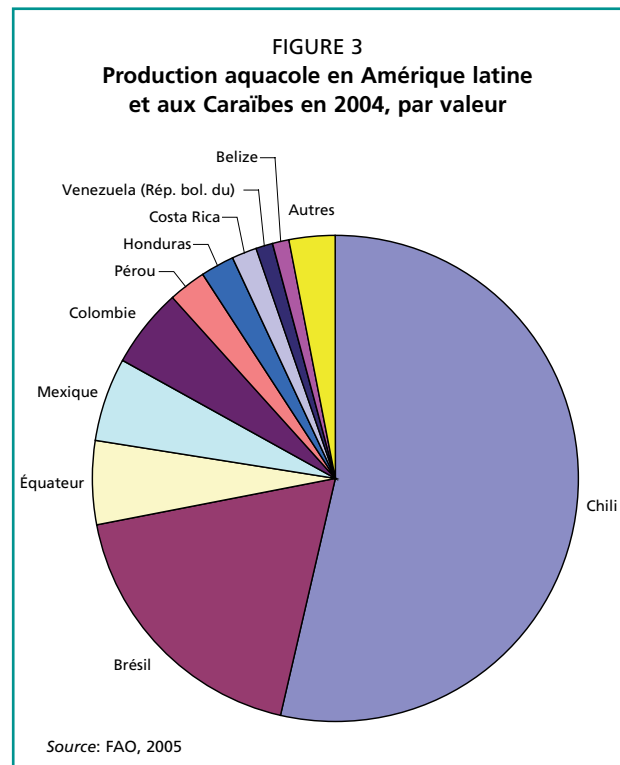
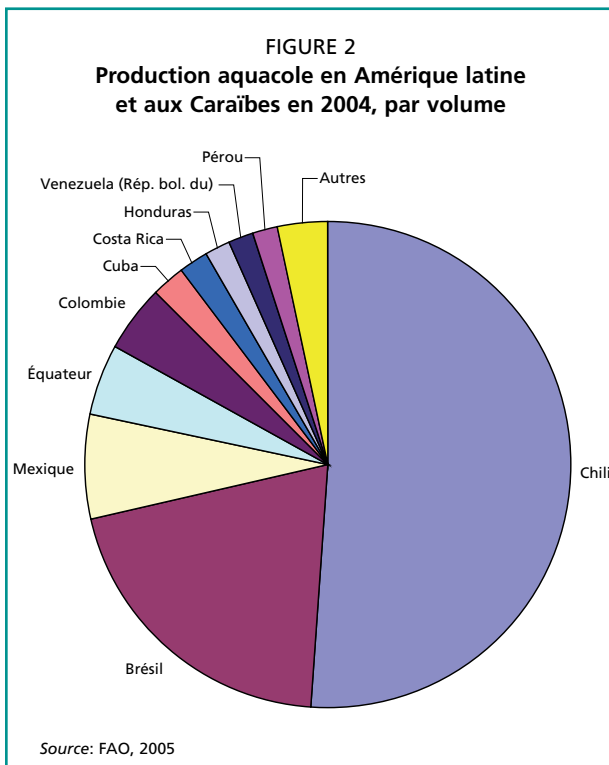
**Production aquacole par région (volume et valeur moyens) pour 2004**

Région/zone	Volume		Valeur	
	Tonnes	%	%	\$EU/kg
Asie	40 474 631	89,0	78,8	1,24
Europe	2 238 430	4,9	8,8	2,49
Amérique latine et Caraïbes	1 321 304	2,9	8,2	3,96
Amérique du Nord	751 984	1,7	2,1	1,74
Afrique	561 019	1,2	1,4	1,59
Océanie	134 009	0,3	0,7	3,33
<b>Total</b>	<b>45 481 377</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1,40</b>

Source: FAO, 2005

n'attire pas les investisseurs vers l'aquaculture dans la mesure où de nombreux projets sont des affaires commerciales qui progressent lentement. Par ailleurs, la complète redéfinition des stratégies de développement d'un pays à chaque fois qu'un nouveau gouvernement arrive au pouvoir empêche la présence de politiques relativement permanentes et susceptibles de soutenir la recherche et le développement. Ces deux aspects constituent des conditions essentielles pour que l'industrie génère de nouvelles technologies d'élevage applicables aux principales espèces indigènes ou exotiques présentant un intérêt commercial.

La question principale n'est toutefois pas de savoir si l'Amérique latine et les Caraïbes seront à même de disposer d'un secteur de recherche et de développement soutenu en vue d'une technologie innovante, mais bien si les ressources humaines et financières sont suffisantes de façon à être utilisées correctement dans la recherche et le développement. Afin d'optimiser l'efficacité et la capacité de la région à entrer en concurrence au sein du marché mondial, il est important d'observer les ressources technologiques disponibles dans d'autres pays ainsi que le savoir local.



Des années 1970 aux années 1990, l'attention a été centrée sur la production, mais désormais de nouveaux domaines tels que la santé et la pathologie, les progrès environnementaux, les processus de récolte et le marché ont acquis une grande importance pour le développement de l'aquaculture. Les programmes de formation dans les domaines de la planification, de la réglementation,

du financement et de la bioéconomie sont également importants.

Des routes adéquates, l'infrastructure des transports et les autres services ne sont toujours pas disponibles dans tous les pays. Par conséquent, même si l'avenir de l'aquaculture semble prometteur dans la région, de nombreux problèmes restent à surmonter.

## PRODUCTION DE SALMONIDÉS

### Chili

La truite arc-en-ciel et le saumon coho ont été les premiers à être introduits au Chili au cours du 19<sup>ème</sup> siècle pour la pêche sportive. L'élevage démarra en 1978 et dès 1988, plus de 4 000 tonnes de saumon coho étaient produites. Des œufs de saumon de l'Atlantique ont été importés de Norvège en 1982 et en l'espace de 10 ans, ce poisson était devenu la principale espèce en élevage (Tiedemand-Johannessen, 1999). Entre 1993 et 2003, la production totale de saumon et de truite a augmenté à un taux moyen de 15,5 pour cent, contre 7,7 pour cent de moyenne mondiale. Dès le début de 2005, le Chili dominait quasiment la planète en termes de volume total de production de salmonidés (Carvajal, 2005 a).

En plus de l'introduction de matériel génétique précieux, le Chili a bénéficié de divers transferts de technologie ainsi que de capitaux de la part d'autres pays producteurs de saumon tels que la Norvège, l'Écosse et le Canada, ce qui a facilité la croissance rapide du secteur. Les transferts de technologie concernaient les domaines pertinents suivants: la nutrition, la gestion de la santé des poissons et les techniques d'élevage, ainsi que les systèmes de culture en cage.

Après la migration en provenance des écloseries basées à terre, toute la production de saumon au Chili est fondée sur les cages (tableau 5), en eau douce ou dans des environnements d'estuaires, à partir du début de culture jusqu'à la smoltification, et ensuite dans des cages en eau de mer. En 2000, une nouvelle technologie de recirculation fut introduite dans le secteur, permettant le développement à terre de la phase de culture en eau douce et même le processus de smoltification en systèmes fermés. Ces systèmes ont été introduits en raison de la forte pression exercée sur l'environnement et également en raison du besoin de contrôle des maladies et de

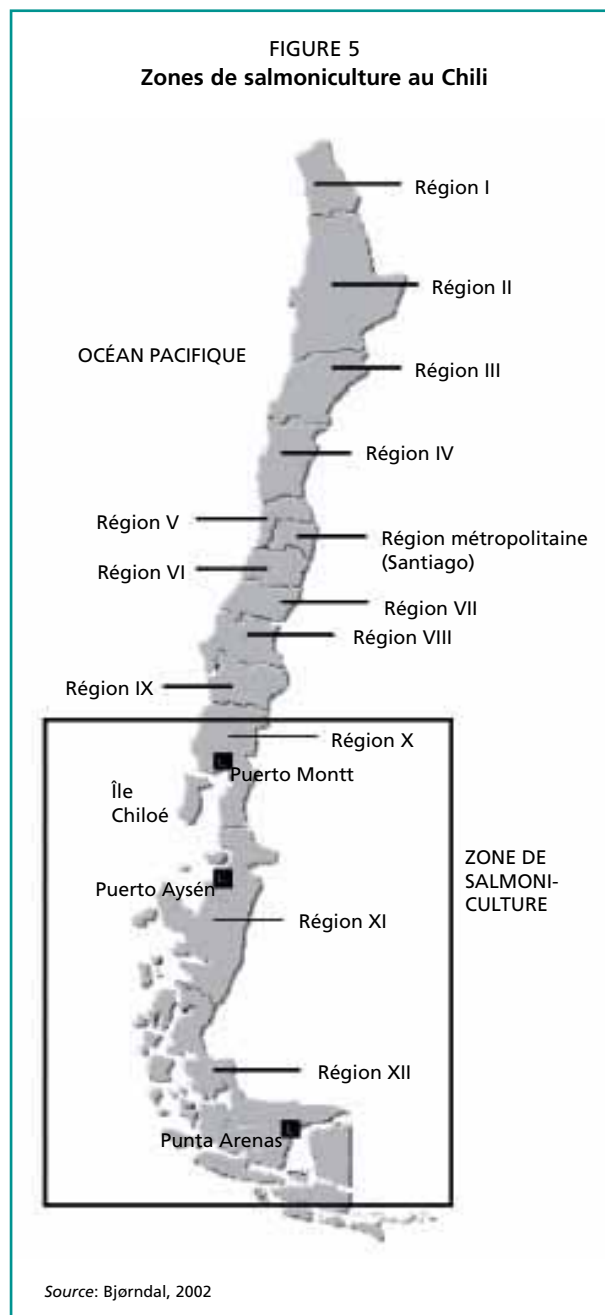


TABLEAU 5

Exportations chiliennes de saumon et de truite (million de \$EU f.o.b. Chili)

Espèces	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Saumon de l'Atlantique	298	340	350	492	525	570	687	876	1 070
Saumon Coho	189	170	280	263	230	206	211	232	284
Saumon royal	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Truite arc-en-ciel	178	203	188	215	208	193	242	330	352
Autres	1	0	0	3	1	5	7	2	6
<b>Saumons total</b>	<b>668</b>	<b>714</b>	<b>818</b>	<b>973</b>	<b>964</b>	<b>973</b>	<b>1 147</b>	<b>1 439</b>	<b>1 721</b>

Source: Association chilienne de saumons



l'emploi d'antibiotiques dans la phase pré-smolt. Aujourd'hui 16 pour cent des smolts proviennent de ces systèmes, 33 pour cent de cages situées dans des estuaires et 51 pour cent de cages situées dans des lacs. Au Chili la truite arc-en-ciel est cultivée en eau de mer et cette culture représente 85 pour cent de la production chilienne de truite s'élevant à 106 000 tonnes (Gilbert, 2002).

#### *Distribution de la salmoniculture en environnement marin, saumâtre et d'eau douce*

La salmoniculture au Chili est pratiquée dans les Régions X, XI et XII (figure 5 et tableau 6), de Puerto Montt jusqu'au sud du pays. La croissance la plus importante du secteur a eu lieu dans la région X jusqu'au début de l'année 2000, lorsque la culture en cage a commencé à se déplacer vers le sud en Région XI.

En raison de la disponibilité de nouveaux sites, le secteur enregistrera une plus grande expansion principalement dans les Régions XI et XII; cependant, un développement extensif des infrastructures sera nécessaire avant que ces zones ne réalisent leur plein potentiel de production. Seulement de petits volumes de biomasse sont produits en eau douce avant de les transférer vers des sites en eau de mer en vue du grossissement. Généralement le poisson qui est transféré est retiré des cages en eau douce avant qu'ils n'atteignent un poids de 100 g, tandis qu'ils peuvent être récoltés des cages en eau de mer à un poids individuel de plus de 5 kg. La législation restreint le grossissement des salmonidés à l'eau de mer. La majeure partie de la production en eau douce dans la Région X est concentrée sur le lac Llanquihue. Récemment, un certain nombre de sociétés ont développé des opérations de production en eau douce dans d'autres zones afin de réduire les risques liés à la biosécurité et posés par l'approvisionnement – destiné à l'industrie – de la production entière de smolts issue d'un endroit unique. En outre, pour la production de smolts, les systèmes de recirculation totale remplacent petit à petit la culture en cage pratiquée dans des lacs.

**TABEAU 6**  
**Distributions de fermes de salmonidés et production chilienne en 2005**

Région	Fermes marines	Fermes d'eau douce	Distribution de la production totale
X	375	70	80%
XI	143	20	19%
XII	15	11	1%

Source: Service national chilien des pêches (SERNAPESCA).

**FIGURE 6**  
**Cages circulaires en plastique au Chili**



AVEC L'AIMABLE AUTORISATION DE MAINSTREAM SA

**FIGURE 7**  
**Processus d'alimentation dans une cage en plastique utilisant une pompe à eau**



AVEC L'AIMABLE AUTORISATION DE MAINSTREAM SA

**FIGURE 8**  
**Cages en métal au Chili**



AVEC L'AIMABLE AUTORISATION DE MAINSTREAM SA

FIGURE 9  
Barge/maison flottante sur des cages avec hébergement de l'équipe et zone de stockage d'aliments



FIGURE 10  
Site marin typique au Chili



FIGURE 11  
Silo d'alimentation centralisé pour approvisionner en aliments une ferme d'élevage au Chili



TABEAU 7  
Nombre et types de cages au Chili en 2003étal

Type de cage	nombre	Pourcentage (%)	Coût approximatif par unité (SEU)
Plastique	1 357	13	30 000
Métal	8 931	87	25 000
Total	10 228	100	

Source: constructeurs de cages et producteurs de salmonidés

### Systemes de culture en cage

Le système de cages flottantes est la technologie prédominante qui est utilisée pour la salmoniculture au Chili. Les systèmes de cages sont soit circulaires de plastique (figures 6 et 7) soit en cadres carrés de métal (figure 8) et pourvus de filets suspendus à ces structures. Les cages individuelles sont regroupées en nombres différents de façon à contenir le site d'une ferme d'élevage. Elles sont amarrées au lit de la mer par une structure de grille plastique utilisant des blocs de béton et des ancrs spécialisés (Beveridge, 2004). L'installation exige que soient connues des données détaillées sur les conditions environnementales et la composition du lit de la mer. Bien qu'il n'y ait aucune législation relative au contrôle des spécifications d'installation, de nombreuses sociétés sont conformes à la norme norvégienne NS9415 visant à réduire les primes d'assurance liées à ce type d'opération critique. Cela a réduit le nombre d'échecs d'amarrage ainsi que les pertes d'équipements et de poissons au cours des dernières années.

Sur les sites marins moins exposés est souvent installée une barge contenant une capacité de stockage des aliments et un hébergement pour l'équipe (figure 9). L'hébergement pour l'équipe

FIGURE 12  
Les aliments sont transférés vers les cages individuelles à partir du silo au moyen d'air comprimé





est destiné à fournir une présence essentielle de 24 heures sur 24 sur les cages afin d'éviter le braconnage.

Les dimensions et le type de cage varient considérablement, et ce, en fonction d'un certain nombre de facteurs. Les systèmes de cages dans des environnements d'eau douce sont généralement limités à des cadres (métalliques) de  $\leq 15 \text{ m}^2$ . L'emploi de cages de plus petite taille permet davantage d'accès et de contrôle et facilite des techniques d'élevage plus intensives telles que le tri par tailles, les déplacements de poissons, la vaccination et le changement de filet. En eau marine, le poisson est rarement manipulé et il est possible d'utiliser des structures plus larges et plus extensives. Les cages de plastique d'une circonférence de 90 m pourvus de filets de 20 m de profondeur ( $12\,900 \text{ m}^3$ ) sont fréquentes en eau marine. Il existe aussi des cages de métal de 20 m x 20 m avec des filets de 20 m de profondeur ( $8\,000 \text{ m}^3$ ). La densité maximale de biomasse varie entre 16 et  $20 \text{ kg/m}^3$  sur les sites marins.

Les cages de métal sont des structures plus solides et on y travaille généralement plus facilement que sur des cylindres de plastique. Cela permet un meilleur accès physique et des conditions de travail plus stables pour les opérations de routine en mer telles que le changement de filets salis, l'enlèvement des poissons morts, le tri par tailles et la récolte. Un des inconvénients des cages en métal est que ces dernières sont sensibles à la fatigue du métal ainsi qu'à la corrosion provoquée par des environnements en eau salée; elles sont aussi moins résistante sur des sites à énergie élevée (Willoughby, 1999). Comme les cages de métal sont attachées les unes aux autres, le renouvellement de l'eau peut s'en trouver réduit dans certaines cages. Durant les périodes où l'oxygène est réduit, le manque de renouvellement de l'eau peut aggraver les effets négatifs sur les taux de croissance, augmentant ainsi la variabilité parmi les cages.

Les avancées récentes effectuées en galvanisation chaude ont réduit la corrosion et amélioré la rentabilité, prolongeant ainsi la durée de vie opérationnelle de nombreuses cages de métal jusqu'à plus de dix ans. Étant donné que le développement du saumon au Chili est intervenu dans des eaux littorales relativement protégées, un plus grand nombre de cages en métal est en opération (tableau 7). Cette proportion est susceptible de changer à mesure que le secteur se développe et que sont utilisés des sites plus exposés en eaux de mer ouverte.

Ces dernières années, les opérations d'exploitation de saumon en cage ont été caractérisées par une mécanisation accrue. Sur certains sites, des systèmes d'alimentation centralisés à fort coefficient de capital sont en cours d'introduction en vue d'améliorer la gestion des aliments et augmenter l'efficacité des opérations. Ces systèmes se composent d'un silo centralisé flottant (figure 11) fournissant des aliments aux cages individuelles à travers des tuyaux d'alimentation en plastique au moyen d'air

FIGURE 13  
Silo d'alimentation automatique muni d'un système de collection des aliments (Chili)



FIGURE 14  
Emploi d'une caméra sous-marine pour contrôler l'approvisionnement en aliments (Chili)



TABLEAU 8

## Arrangement typique de cages dans une exploitation marine de salmonidés au Chili

Nombre de cages	Taille des cages	Nombres de smolts au début du cycle	Production (tonnes)	Densité maximale
14	30 m de diamètre	700 000	2 500	20 kg/m <sup>3</sup>
21	30 m de diamètre	1 050 000	3 675	
24	30 m de diamètre	1 200 000	4 200	
20	Carré de 30 m x 30 m	600 000	2 100	

Source: producteurs de salmonidés

comprimé (figure 12). Les aliments sont contrôlés automatiquement par des écrans situés sur les enclos individuels et pouvant détecter des granules non consommés. Lorsque ces granules sont détectés l'approvisionnement en aliments s'interrompt. Des caméras sous-marines et des systèmes de distribution en surface (figures 13 et 14) reliés à des receveurs de déchets sont également utilisés pour évaluer la réponse du processus d'alimentation. Compte-tenu du coût des aliments qui représente plus de 50 pour cent des coûts d'exploitation, la réduction des déchets et l'amélioration des performances de croissance sont essentielles. La réduction de l'impact environnemental provenant des aliments déchets et l'amélioration de la manipulation de l'aliment fourrage dans des exploitations sont des bénéfices supplémentaires résultant d'une gestion efficace des aliments. En raison de l'expansion continue du secteur, la mécanisation accrue n'a pas occasionné de réduction générale de main d'œuvre (Intrafish, 2003). Le nombre d'employés par ferme est toujours considérablement plus élevé dans les exploitations de salmoniculture en Amérique du Sud comparé à d'autres régions, ce qui laisse à penser que les salaires sont inférieurs à ceux de leurs concurrents en Norvège, au Canada et en Écosse. Le niveau inférieur des salaires est un avantage compétitif considérable pour le secteur et a fortement contribué à ce que ce dernier se développe de façon continue et avec succès au Chili (Barrett, Caniggia et Read, 2002).

#### Effets sur l'environnement et législation pertinente

La production intensive d'une vaste biomasse de toute espèce aquatique dans un espace réduit comporte un certain nombre de conséquences environnementales. L'expansion et le développement rapides du secteur du saumon ont amplifié les préoccupations environnementales et on s'est interrogé sur les impacts écologiques possibles. Les organismes de contrôle ont attiré l'attention sur la nécessité de réduire au minimum les impacts environnementaux si la productivité devait se confirmer.

Les travaux de recherche entrepris depuis 1996 indiquent la présence d'un effet négatif local sur les fonds marins dans la zone d'élevage autorisée; effet qui est lié aux changements physiques et chimiques des sédiments et à une perte de la diversité benthique. Ces impacts comprennent la modification des communautés benthiques, des charges d'éléments nutritifs accrus dans les eaux côtières et les problèmes conséquents de blooms phytoplanctoniques nocifs, d'utilisation de différents types de produits chimiques et des fuites dans la nature de saumons cultivés (Buschmann *et al.*, 2006).

FIGURE 15

Filets anti-prédateurs placés autour d'une cage en métal au Chili. Un filet supplémentaire a été ajouté à la surface de l'enclos pour empêcher la prédation d'oiseaux



Des études effectuées par Soto et Norambuena (2004) ont démontré qu'une exploitation de saumon n'a aucun effet sur les variables de colonnes d'eau telles que le nitrate, l'ammoniac, l'orthophosphate et le chlorophylle, ce qui pourrait indiquer la possibilité de taux élevés de dilution et de processus de recyclage. Il y a néanmoins un changement décisif dans les variables de sédiments notamment sur le nitrogène, le phosphore et le charbon organique. Il y a également une perte importante de biodiversité qui semble être liée non seulement à la charge en matières organiques et aux faibles niveaux d'oxygène dans les sédiments, mais aussi au dépôt de cuivre (dû à l'utilisation de peintures anti-salissures dans les cages en filet). En outre, la détérioration environnementale due à la concentration de matières organiques dans les sédiments est susceptible de produire des conséquences sur la santé des poissons en élevage et donc sur la rentabilité.

Il est évident que des recherches plus approfondies sont urgemment requises au Chili de façon à mieux comprendre ces impacts, en particulier dans la mesure où le secteur se développera jusqu'à l'extrême sud du pays. Il est impossible de décrire ou de prédire le comportement de l'écosystème sans savoir de quelle façon les composants de cet écosystème sont distribués dans le temps, dans l'espace ou en rapport les uns aux autres et sans comprendre aussi le rapport et les processus qui expliquent leur distribution et leur comportement. Des systèmes d'information géographiques (SIG) peuvent être utilisés en tant que puissants outils pour organiser et présenter des données alphanumériques spatialement référencées de manière à permettre une planification efficace de gestion environnementale. Ces systèmes sont cependant complémentaires aux enquêtes de terrain et à l'évaluation des risques.

Au Chili, l'expansion de la salmoniculture a aussi été associée à une mortalité accrue des lions marins (*Otaria flavescens*) qui s'enchevêtrent sur les filets ou sont abattus par les pisciculteurs à la suite d'attaques sur les sites de salmoniculture. Parmi les méthodes de contrôle figurent l'emploi de dispositifs acoustiques et des techniques physiques dissuasives; toutefois, seule la mise en place de filets anti-prédateurs autour des cages (figure 15) a permis une réduction permanente des attaques des lions marins (Sepúlveda et Oliva, 2005). Malgré cette protection, certains lions marins ont appris à sauter tant par-dessus les filets anti-prédateurs placés autour des sites que dans les cages de poissons. Cela a exigé des filets supplémentaires placés au-dessus de la surface afin de faire obstacle

à ces prédateurs intelligents, acrobatiques et à la grande faculté d'adaptation (figure 16).

Les dégâts occasionnés aux filets par les lions marins ou pour d'autres causes peuvent se traduire par des pertes significatives de poissons dans l'environnement. Le pire et unique incident à signaler à ce jour a été la fuite d'environ un million de saumons lors d'un violent orage en juillet 2004. Des fuites de salmonidés carnivores d'une telle ampleur peuvent avoir de sérieux impacts sur les populations de poissons indigènes en raison de la prédation accrue, de l'introduction de maladies et autres interactions avec l'habitat (Soto, Jara et Moreno, 2001). Ceci est particulièrement le cas en ce qui concerne les environnements d'eau douce où une proportion très élevée (93 pour cent) d'espèces d'eau douce sont déjà classifiées et menacées (Soto *et al.*, 2006). Les fuites de saumons dans l'environnement marin peuvent affecter des activités entreprises par d'autres parties prenantes telles les pêches commerciales et celles pratiquées à des fins récréatives. Les règles et réglementations environnementales pour l'aquaculture (RAMA) exige de chaque exploitation de poissons qu'elle





ait un plan d'urgence pour affronter les risques dus à la mortalité de poissons, aux fuites de poissons et aux renversements accidentels d'ingrédients alimentaires. Les gérants doivent démontrer un plan d'urgence viable assurant la capture des poissons échappés à moins de 400 m de la ferme pendant cinq jours (ce qui peut être étendu jusqu'à 5 km et 30 jours pour les cas extrêmes). Il reste à clarifier la façon dont ces plans d'urgence fonctionneront réellement et jusqu'à quel point les différentes méthodes de captures sont efficaces. Chaque cas de fuites de poissons doit être signalé aux autorités portuaires locales et au Service national de la pêche (SERNAPESCA).

Avec l'intensification de l'industrie au Chili, un certain nombre de maladies sont désormais courantes, y compris celles causées par les agents pathogènes bactériens (*Vibrio* sp., *Streptococcus*), les poux de mer (*Caligus* sp.) et le virus de la nécrose pancréatique infectieuse (IPNV). Le *Piscirickettsia salmonis* est une petite bactérie intracellulaire qui cause une septicémie fatale aux salmonidés. Depuis le début de son identification vers la fin des années 1980, le *P. salmonis* est la première cause de mortalité dans le secteur au Chili. Durant 1995 seulement, plus de 10 millions de saumons sont morts au cours des activités de mariculture en cage, dont l'impact économique est estimé à 49 millions de \$EU. Un contrôle efficace de la santé, un diagnostic précoce et une intervention rapide à l'aide d'anti-microbiens ont considérablement amélioré le contrôle. Cependant, l'usage continu d'antibiotiques a soulevé des inquiétudes. Il est désormais exigé que tous les lots de saumon en élevage destinés tant pour le marché des États-Unis que pour celui du Japon soient testés afin de mesurer les résidus d'antibiotiques. Sont à l'étude par SERNAPESCA trois programmes sanitaires généraux (gestion des maladies, gestion des aliments et vaccination) visant à rendre obligatoires des rapports sur l'utilisation d'antibiotiques dans les fermes de saumons. Les Règles et réglementations sanitaires pour l'aquaculture (RESA) de 2001 relatives à la prévention et au contrôle des maladies à hauts risques au sein des espèces aquatiques prescrivent des contrôles sanitaires, un contrôle épidémiologique et l'éradication de maladies infectieuses dans les exploitations de poissons. Le nombre d'inspections de sites étant en augmentation, le programme de contrôle des résidus de SERNAPESCA dispose désormais de davantage de ressources.

Dans les nations productrices de saumons telles que la Norvège et le Royaume-Uni, le

développement de vaccins efficaces pour d'autres infections bactériennes a remplacé la dépendance vis-à-vis des antibiotiques. En raison de la nature intracellulaire de l'organisme, les vaccins se sont révélés moins efficaces contre le *P. salmonis* que contre les autres pathogènes bactériens, bien qu'ils soient utilisés de plus en plus fréquemment. L'industrie continue à développer des vaccins de plus en plus efficaces (Birkbeck *et al.*, 2004).

Des mesures anti-salissures sont utilisées pour empêcher la formation de salissures sur les filets et pour assurer le flux d'eau à travers les cages. La peinture anti-salissures dont le principe actif contient du cuivre peut avoir des conséquences sur l'environnement (Barret, Caniggia et Read, 2002). Les Réglementations RAMA exigent que les opérations de changement et de nettoyage des filets soient effectuées sur des sites spécialisés dans les eaux littorales, en utilisant le traitement des eaux afin de réduire les effets sur l'environnement.

Les Réglementations RAMA ont introduit le concept de caractérisation préliminaire de site, exigeant que chaque nouvelle licence de production (continentale ou marine) soit soumise à une étude d'impact sur l'environnement (EIE). De plus, toutes les fermes existantes doivent entreprendre une surveillance environnementale annuelle faisant partie d'un programme d'informations environnementales (INFA). Si des conditions d'anaérobiose se présentent dans les sédiments supérieurs sous les cages pendant deux années consécutives, le site doit réduire de 30 pour cent la biomasse produite au cours de la troisième année et chaque année suivante jusqu'à ce que les conditions d'oxygène dans les sédiments s'améliorent.

La croissance au sein du secteur ayant été largement commandée par l'exportation, la responsabilité environnementale des entreprises vis-à-vis de l'environnements s'améliore, particulièrement parmi les plus grandes exploitations et sociétés, et un Accord de production propre («Acuerdo de Producción Limpia»-APL) a été signé par les producteurs en 2002. L'accord a fixé un objectif de deux ans pour le traitement des eaux usées et pour une solide gestion des déchets au sein des fermes de pisciculture et des usines de transformation visant à amener les producteurs en conformité aux normes environnementales actuelles. L'accord a également affronté la question du contrôle et de l'éradication des maladies à hauts risques. La certification environnementale de la salmoniculture s'est amplifiée et toutes les plus grandes fermes sont certifiées ISO 14001. La procédure de

certification a conduit à l'élaboration d'un Code de bonnes pratiques environnementales qui intègre le critère de durabilité pour toutes les étapes de la salmoniculture.

La Loi de 1991 relative à la pêche générale et à l'aquaculture a établi des zones spécifiques de pisciculture en mer pour veiller à ce que la pisciculture ne soit pas en conflit avec d'autres activités telles que la pêche, la navigation, le tourisme et la protection de la nature. Des concessions ne peuvent être autorisées dans les réserves marines (zones de reproduction pour les stocks de poissons) et dans les parcs marins récemment créés. Les zones d'aquaculture et les frontières d'eaux marines ont été définies par décret dans huit régions. Aucune autre zone d'aquaculture ne peut être autorisée sur les lacs chiliens. Cette restriction a contribué au développement de l'aquaculture en étang ainsi que des installations de production continentales en eau douce. En 2003, la Politique nationale relative à l'aquaculture («Política Nacional de Acuicultura»-PNA) a été mise en œuvre en tant que cadre juridique visant à réglementer le système et à réunir les différentes politiques de façon à n'ouvrir qu'un «seul guichet» pour les démarches ainsi que le traitement des permis et des licences, dont la plupart s'effectue par Internet.

Les fermes de saumons consomment actuellement un tiers de la production nationale de farine de poisson. Des prévisions récentes indiquent que la demande en farine de poisson, dont les ressources sont limitées, augmentera significativement à court terme, et ce notamment, suite à la spectaculaire augmentation de la demande provenant de la RP Chine. La recherche de fournisseurs de sources de protéines alternatives issues de la production terrestre afin de remplacer l'huile et la farine de poisson dont le prix est déjà élevé dans la région sera de plus en plus important (Barlow, 2003). Le secteur du saumon est confronté à ce processus depuis 2000, lorsque 50 pour cent de la matière première était constituée de farine de poisson. Aujourd'hui ce taux a été réduit à 27 pour cent. Dans le cas de l'huile de poisson, l'utilisation a diminué, passant de plus de 25 pour cent à 16 pour cent en 2006.

Ces accomplissements ont été rendus possibles grâce aux recherches concertées entreprises par les sociétés d'aliments et les centres de recherche à la fois au Chili et à l'étranger, et a demandé un effort économique important. Ces études ont examiné la formulation des nouveaux régimes, leur efficacité de production et également les aspects liés au

bien-être, à la qualité, à la nutrition et à la santé du poisson. Le remplacement de la farine de poisson doit aussi être accepté par le consommateur, et les matières premières utilisées doivent être durables et respectueuses de l'environnement. Une faiblesse dans l'un des éléments nutritifs essentiels réduira la croissance et augmentera le coefficient de conversion alimentaire (TCA). Les pathologies nutritionnelles peuvent aussi être le résultat d'une déficience chronique extrême. Il y a par conséquent une pression considérable sur les fabricants d'aliments pour fournir un bon équilibre de produits qui soient acceptables quant à leur prix, leur composition, leur goût, leurs éléments nutritifs, leur sécurité microbiologique et leurs propriétés fonctionnelles.

La graine de soja, le lupin, la plante de canola, les pois, le maïs, le blé, les protéines issues du secteur de la volaille, les bioprotéines, etc. sont autant d'ingrédients qui ont été utilisés pour remplacer la farine de poisson. L'huile de poisson peut être remplacée jusqu'à 50 pour cent par des huiles végétales sans avoir d'effets sur le rendement de production, sur le bien-être ou sur la qualité nutritionnelle du poisson. Actuellement (année 2006) de 35 à 50 pour cent de l'huile ajoutée dans les régimes sont d'origine végétale.

La demande croissante de nouvelles matières premières a engendré un impact considérable sur le secteur agricole du sud du Chili, surtout dans la culture de la plante de canola, du blé et du lupin. Dans le cas de la canola, le nombre d'hectares cultivés a été multiplié par 10 au cours des trois dernières années et devrait augmenter de 20 pour cent supplémentaires pendant la campagne 2006. En ce qui concerne le lupin, le nombre d'hectares en culture a augmenté d'environ 75 pour cent au cours des quatre dernières années et devrait augmenter encore de 13 pour cent en 2006.

#### *Aspects économiques et marchés*

Les salmonidés représentent approximativement 6 pour cent des exportations totales du Chili, éclipsant récemment les exportations commerciales devenues d'importance commerciale (Carvajal, 2006). En 2004, les exportations de salmonidés du Chili (en termes de valeur) vers ses principaux marchés des États-Unis d'Amérique, du Japon et de l'Union européenne (UE) se composaient à 61 pour cent de saumon de l'Atlantique, 23 pour cent de truite et 16 pour cent de saumon coho. Les produits de saumon frais sont exportés vers les États-Unis par transport aérien, tandis que le saumon surgelé est exporté par mer vers le Japon et l'Europe. Les

TABLEAU 9  
Exportations chiliennes de saumon et de truite vers les principaux marchés (valeur et volume)

Marché	Valeur (millions de \$EU f.o.b. Chili)										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Japon	295	295	366	337	471	477	436	403	427	566	638
États-Unis d'Amérique	136	177	214	270	259	358	364	414	544	575	606
Union européenne	35	31	37	45	34	57	77	62	58	118	240
Amérique latine	16	26	37	47	39	53	51	47	56	79	84
Autres marchés	7	9	15	15	15	29	37	48	62	101	153
<b>Total</b>	<b>489</b>	<b>538</b>	<b>668</b>	<b>714</b>	<b>818</b>	<b>973</b>	<b>964</b>	<b>973</b>	<b>1 147</b>	<b>1 439</b>	<b>1 721</b>
Marché	Volume (tonnes x 000)										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Japon	58	80	93	105	92	111	158	162	119	154	151
États-Unis d'Amérique	29	41	46	52	45	65	88	108	117	124	119
Union européenne	6	6	8	10	7	11	22	21	14	24	48
Amérique latine	3	6	9	11	9	13	17	19	17	23	24
Autres marchés	1	2	4	4	3	6	16	21	19	29	43
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>135</b>	<b>160</b>	<b>182</b>	<b>155</b>	<b>206</b>	<b>300</b>	<b>331</b>	<b>286</b>	<b>355</b>	<b>384</b>

Source: Salmon Chile (2005)

produits à valeur ajoutée représentent plus de la moitié des exportations du secteur, dont 37 pour cent de filets frais et 36 pour cent de filets surgelés. Les autres marchés à la fois en Asie et en Amérique latine (particulièrement le Brésil) et aux Caraïbes ont acquis de l'importance (Tableau 9).

L'un des défis majeurs du Chili reste la distance qui le sépare de ses principaux marchés d'exportations, ainsi que sa dépendance vis-à-vis des marchés des États-Unis d'Amérique et du Japon, ce qui a rendu les exportations chiliennes vulnérables aux politiques commerciales et aux tendances économiques internationales (Bjørndal, 2002). Le Chili a conclu plusieurs accords de libre-échange bilatéraux et multilatéraux, dont des accords avec les États-Unis (2003) et l'Union européenne (2002). De plus, le Marché commun du Sud (MERCOSUR) a stimulé les exportations en direction des pays de l'Amérique du Sud.

#### Facteurs sociaux

Au cours des dix dernières années, la salmoniculture au Chili a joué un rôle important dans la croissance et le développement économiques, particulièrement pour la région X, qui bénéficie désormais de l'un des niveaux d'emploi les plus élevés du pays (Instituto Nacional de Estadísticas-INN, 2006). La concentration des opérations de culture en cage dans des endroits spécifiques a attiré d'autres activités

apparentées telles que celles des fabricants, les services vétérinaires et les compagnies d'assurance formant un regroupement industriel comprenant plus de 200 sociétés. Ce « regroupement salmonide » a eu un effet important sur la région qui connaissait auparavant l'un des niveaux de vie les plus bas du pays (Salmon Chile, 2005).

Il faut toutefois ajouter que malgré ce progrès initial, des améliorations restent à faire, des travaux de recherche récents montrant que le niveau national de pauvreté pour la période 2000-2003 a enregistré une baisse, passant de 24,7 pour cent à 21,6 pour cent dans la région X, par rapport à la réduction de 20,6 à 18,6 pour cent au niveau national (Cárdenas, Melillanca et Cabrera 2005).

En 2004, le secteur des salmonidés a généré des emplois directs et indirects à 45 000 personnes au total, dont 80 pour cent sont concentrés dans la région X. Un total de 35 pour cent des travailleurs au sein du secteur du saumon chilien sont des femmes (Carvajal, 2005a).

Les autres parties prenantes de la zone côtière ont connu des conflits d'intérêts. Les pêcheurs artisanaux ont perdu des zones traditionnelles de pêche et de plongée à proximité des cages de salmonidés, les sociétés imposant souvent des zones d'exclusion supplémentaires informelles autour des sites de salmonidés sans justification juridique. Les communautés halieutiques locales



cherchent toutefois à s'adapter aux nouvelles circonstances et l'une d'elles est d'obtenir des zones de concessions marines en auto-gestion. C'est le cas par exemple d'une coopérative artisanale qui a réussi, avec un soutien financier et administratif, à obtenir la première concession maritime sur «Isla Grande» de Chiloe où les huîtres et les algues sont cultivées par 25 membres pour la vente. Bien que la mondialisation ait eu un effet de modernisation sensible, rien ne permet d'affirmer que les gens interrompent leur activité de pêche traditionnelle, vendant leur terre ou abandonnant leur mode de vie traditionnel en raison de l'impact de la salmoniculture (Barret, Caniggia et Read, 2002). En revanche, la salmoniculture a eu comme conséquence importante de freiner la migration des jeunes des zones rurales vers les villes en raison de la disponibilité de nouveaux emplois au sein du secteur aquacole.

En dépit du succès du développement de ce secteur au Chili, certaines organisations non gouvernementales (ONG) ont émis des critiques quant aux impacts environnementaux engendrés par l'aquaculture et reprochent actuellement aussi la violation de ce qu'ils considèrent les droits du travail. D'après ces agences, le secteur du saumon ne permet pas un développement durable et ses capacités de génération d'emplois ne se traduisent pas par de meilleurs revenus dans la région. Ces critiques ont appelé à un gros travail de la part du secteur du saumon pour qu'il justifie son développement et qu'il affronte ces inquiétudes qui peuvent s'améliorer.

FIGURE 17  
Opérations d'élevage de truite sur le lac Titicaca  
où 50 pour cent des opérations sont menées  
par des femmes



FAO / A. ODJOU

### Production de salmonidés dans la région (à l'exclusion du Chili)

Les autres productions de salmonidés dans la région (à l'exclusion du Chili) se composent principalement de culture de truite arc-en-ciel, dont la majorité est pratiquée dans des systèmes à terre en eau douce tels que les raceways et les étangs en terre (tableau 10). Certaines productions en cage

TABLEAU 10

Production de truite arc-en-ciel en Amérique latine et aux Caraïbes (tonnes). À noter que la culture en cage n'est pas spécifiée pour l'eau douce

Pays	Milieu	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Chili	Marin	71 073	47 164	78 911	109 142	108 771	106 464
Colombie	Eau douce	6 241	7 816	9 016	7 000	5 000	4 248
Mexique	Eau douce	1 517	2 272	2 520	3 309	3 444	3 444
Chili	Eau douce	4 035	3 250	655	753	2 910	3 114
Pérou	Eau douce	1 479	1 608	1 857	2 675	2 981	3 111
Brésil	Eau douce	791	1 229	1 447	1 939	2 377	2 275
Argentine	Eau douce	1 000	781	952	950	900	1 231
Costa Rica	Eau douce	104	181	250	210	500	500
Bolivie	Eau douce	320	328	335	250	328	274
Venezuela (Rép. bolivarienne du)	Eau douce	540	540	500	300	500	99
Équateur	Eau douce	0	54	33	33	33	0
<b>Total culture en eau douce</b>	<b>Eau douce</b>	<b>16 027</b>	<b>18 059</b>	<b>17 565</b>	<b>17 419</b>	<b>18 973</b>	<b>18 296</b>
<b>Total truite arc-en-ciel</b>	<b>Tous</b>	<b>87 100</b>	<b>65 223</b>	<b>96 476</b>	<b>126 561</b>	<b>127 744</b>	<b>124 760</b>

Source: FAO Fishstat Plus Database (2005).

TABLEAU 11

Production aquacole de tilapia en Amérique latine et aux Caraïbes (tonnes); À noter que la culture en cage n'est pas spécifiée

Pays	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Brésil	24 062	27 104	32 459	35 830	42 003	62 558
Colombie	17 665	19 842	22 870	22 500	23 000	23 403
Costa Rica	5 398	6 588	8 100	8 500	13 190	14 890
Équateur	1 730	4 400	9 201	5 159	6 903	9 727
Mexique	5 398	7 023	6 726	8 845	7 271	7 271
Honduras	506	792	927	1 244	2 000	3 508
Jamaïque	3 360	4 100	4 500	4 500	6 000	2 513
Guatemala	1 570	2 832	1 888	2 000	2 000	2 000
Rép. dominicaine	446	445	994	612	766	766
El Salvador	277	139	56	29	405	654
Cuba	540	1 060	730	480	500	650
Guatemala		428	392	415	415	415
Guyana	180	366	366	366	366	366
Pérou	85	60	47	225	121	112
Venezuela (Rép. bolivarienne du)	2 010	2 320	970	1 250	560	108
Panama	55	634	900	1 181	500	95
Autres	100	152	263	202	104	56
<b>Total</b>	<b>63 382</b>	<b>78 285</b>	<b>91 389</b>	<b>93 338</b>	<b>106 104</b>	<b>129 092</b>

Source: FAO Fishstat Plus Database, 2005

à petite échelle de truite se sont développées au Pérou et en Bolivie dans des lacs naturels tels que le lac Titicaca et également dans des lagons artificiels tels que Corani à Cochabamba (Collao, 2003). Un grand nombre de ces projets visent à réduire la pauvreté et à bénéficier de l'assistance extérieure de capital, y compris le financement de l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), CARE, le Centre international de la Pomme de terre, l'UE et la banque inter-américaine de développement. Les opérations d'exploitation péruviennes sur le lac Titicaca ont aidé quelque 200 familles à établir 33 micro-entreprises. Plus de 50 pour cent des opérations sont gérées par des femmes (figure 17). Dans de nombreux cas, ceci a conduit à un changement radical de la structure familiale au sein de laquelle l'homme reste à la maison pour s'occuper des enfants pendant que leurs femmes se chargent des différentes phases de production. Les organisations de commerce ont lancé trois fermes modernes pilotes pour la production et la formation à Capachica, Juli et Chucuito pour démontrer et transmettre les technologies améliorées aux micro-entreprises membres de la région (IDB, 2005).

Le lac Titicaca est le plus grand lac navigable du monde (3 900 m au-dessus du niveau de la

mer) et couvre 8 200 km<sup>2</sup>. L'impact de l'élevage de truite n'est pas attesté par de nombreuses sources, mais l'introduction de salmonidés dans de tels environnements a sa part de responsabilité dans le déclin d'espèces indigènes dans le lac Titicaca ainsi que dans la disparition d'autres espèces andines d'*Orestias* et de *Trichomycterus* en Colombie et au Chili (FAO, 1988). L'augmentation d'intrants nutritifs, surtout le phosphore et le nitrogène, dans ces systèmes d'eau douce de hautes terres est une autre source d'inquiétude.

### Production de tilapia

La production de tilapia connaît une croissance impressionnante, le rendant, après le saumon et la crevette, l'un des produits aquacoles remportant le plus de succès parmi ceux qui entrent dans le commerce international. Le tilapia, poisson à nageoires originaire d'Afrique et du Moyen Orient, est devenu l'un des poissons de consommation les plus importants dans le monde. En Amérique latine et aux Caraïbes, le genre *Oreochromis* est le plus important pour l'aquaculture (dont le tilapia du Nil (*O. niloticus*), le tilapia du Mozambique (*O. mossambicus*), le tilapia bleu (*O. aureus*) et leur hybrides (par ex. le tilapia rouge). Ces espèces sont produites dans toute la région (tableau 11)

FIGURE 18  
Cages de tilapia au Costa Rica



FIGURE 19  
Cages de tilapia au Costa Rica



à travers une variété de systèmes d'élevage, mais principalement dans des étangs.

Les tilapias sont des poissons robustes et omnivores, se nourrissant à un niveau trophique faible. Ce qui implique qu'il est relativement bon marché de les nourrir au sein de systèmes extensifs et que ce poisson est adapté à l'élevage pratiqué dans des conditions environnementales moins bonnes. Au sein de systèmes intensifs, le poisson peut être nourri de régimes formulés contenant un taux élevé de protéines végétales et d'huiles (Watanabe *et al.*, 2002). De nombreux pays de la région peuvent produire des cultures telles que la graine de soja et le maïs, indiquées pour soutenir le secteur de l'alimentation pour poissons (Kubitza, 2004a). D'autres espèces d'eau douce telles que le tambaqui (*Colossoma macropomum*) et le pacù (*Piaractus brachypomus*) sont également cultivées avec le tilapia (Alcantara *et al.*, 2003; Gomes *et al.*, 2005).

Les tilapias peuvent être cultivés dans des systèmes sous-extensifs, semi-intensifs et intensifs. Les systèmes les plus intensifs impliquent généralement l'aquaculture en cage (figures 18 et 19). Toutefois, la plus grande proportion de la production est probablement issue de l'aquaculture extensive dans des fermes basées à terre. Nombreux sont les cas également où la production de tilapia vient en complément des centrales hydroélectriques (par ex. Central Hidroeléctrica Paula Afonse à Bahía au Brésil).

### SYSTÈMES D'ÉLEVAGE EN CAGE

Les systèmes de culture en cage représentent actuellement moins de 10 pour cent de la

production aquacole totale de tilapia dans la région de l'Amérique latine et des Caraïbes, bien que cette proportion devrait augmenter jusqu'à 30 pour cent d'ici 2010. (Fitzsimmons, 2000a). La culture en cage du tilapia se développe dans certains pays, dont le Mexique, le Brésil, la Colombie (Watanabe *et al.*, 2002), le Honduras, le Nicaragua et Cuba. Les opérations d'exploitation de culture en cage requièrent des investissements à capital plus réduit, offrent une plus grande flexibilité de gestion et ont des coûts de production inférieurs par rapport aux étangs et aux raceways. De plus, dans des cages, le cycle de reproduction du tilapia est perturbé, permettant que des populations de sexes mélangés soient cultivés sans les problèmes de maturité sexuelle et de retard de croissance (Orachunwong, Thammasart et Lohawatanakul, 2001; Gupta et

FIGURE 20  
Cages de tilapia au Costa Rica



FIGURE 21  
Cages de tilapia au Brésil



AVEC L'AIMABLE AUTORISATION DE F. KUBITZA

FIGURE 22  
Cages de tilapia au Costa Rica



Acosta, 2004). Des essais préliminaires ont été menés avec succès afin d'évaluer la production de tilapia rouge dans des environnements en estuaire et en eau de mer (Fitzsimmons, 2000a).

Le tilapia peut être cultivé à des densités élevées dans des cages qui maintiennent la libre circulation de l'eau. Les constructions des cages sont d'une grande variété: de simples enclos de bambou aux conceptions complexes d'acier et de plastique. Les cages flottantes en surface (jaulas), les cages sur pied en surface qui reposent dans le fond (corrales) et les corails de bois qui clôturent des portions d'un lagon (encierros) sont tous utilisés pour la culture du tilapia (Fitzsimmons, 2000b). Les cages sur pied sont attachées à des pieux enfoncés dans le substrat du fond. Les cages flottantes peuvent utiliser des tambours de métal ou de plastique, des tuyaux de PVC soudés ou du polystyrène (figure 20). La taille des cages varie de 1 m<sup>3</sup> à plus de 1000 m<sup>3</sup> (figure 21). Les cadres d'alimentation sont généralement utilisés dans de plus petites cages de façon à retenir les aliments flottants et empêcher qu'ils ne se dispersent (McGinty et Rakocy, 2003).

Les systèmes de production intensive impliquent l'utilisation de plus de technologie, de plus grandes densités, un renouvellement de l'eau plus élevé,

une alimentation spéciale pour les poissons, etc. La performance de production est également supérieure. La technologie introduite ici est principalement l'utilisation de petites cages («gaviolas») munies de filets (figure 22), qui sont placées dans des réservoirs hydroélectriques et des lacs. Le niveau de production dépendra de la qualité de l'eau (température, taille, profondeur, renouvellement, productivité des aliments naturels, etc.)

Le Brésil domine le secteur de la culture en cage du tilapia, et les exploitations commerciales de culture en cage sont les plus grands fournisseurs du poisson vendu à l'intérieur du pays et à l'extérieur. Cinq variétés de tilapia rouge sont cultivées actuellement, dont la production annuelle est estimée à 80 000 tonnes. La culture semi-intensive du tilapia rouge dans des cages de 4 à 18 m<sup>3</sup> a permis aux producteurs brésiliens d'atteindre des niveaux de productivité de 100 à 205 kg/m<sup>3</sup> par cycle (Gupta et Acosta, 2004) (tableau 12). Il convient de noter que les cages de plus petite taille sont plus performantes car le renouvellement de l'eau y est meilleur; elles sont donc plus populaires auprès des pisciculteurs.

D'autres exemples de production dans la région sont les suivants:

- À une densité de mise en charge de 550 fingerlings/m<sup>3</sup>, la production pourrait atteindre 330 kg/m<sup>3</sup> de poisson récolté à 500 g en l'espace de quatre mois.
- À une température de 26°C, les poissons pesant 0,5 g (2 cm de longueur) peuvent être récoltés à 400 g en l'espace de 116 jours.

Les tilapias mâles introduits dans de petites cages ou «gaviolas» (5 m<sup>3</sup>) à 200-600 poissons/m<sup>3</sup>

TABLEAU 12  
Exemples de systèmes semi-intensifs de production de tilapia au Brésil

Taille des cages	Densité de mise en charge (fingerlings/m <sup>3</sup> )	Productivité (kg/m <sup>3</sup> )
Petite (< 5 m <sup>3</sup> )	100 – 600	150
Grande (> 5 – 100 m <sup>3</sup> )	25 – 100	50



peuvent produire un rendement de 50-300 kg/m<sup>3</sup>, car ces cages sont plus productives en raison d'un renouvellement de l'eau plus performant.

### La culture en cage du tilapia en Amérique latine et aux Caraïbes

Selon les prévisions, la production de tilapia dans la région devrait atteindre 500 000 tonnes d'ici 2010, dont environ 30 pour cent issue d'opérations de culture en cage (Fitzsimmons, 2000a).

Le Brésil à lui seul possède plus de 6,5 millions de réservoirs, lacs et barrages susceptibles de produire 700 000 tonnes de tilapias par an. Fort de son climat favorable tout au long de l'année et de ses ressources en eau abondantes et à peu de frais, le Brésil possède le secteur de tilapia dont la croissance est la plus rapide de la région.

La culture en cage représente actuellement moins de 10 pour cent des 175 000 tonnes de production aquacole au Brésil (Kutitza, 2004b), la majorité de la culture étant pratiquée dans des systèmes en étang. L'utilisation de cages pour élever le tilapia et des poissons indigènes (Tambaqui et pacu) est en passe de devenir plus populaire, des petites cages de poissons pouvant désormais être observées dans tous les plus grands réservoirs du pays. La production est actuellement concentrée au sud et sud-est du pays (Paraná, Sao Paulo et Santa Catarina). Depuis 2000 la production tend à se développer vers les états tropicaux du nord-est, principalement Bahia et Ceará. Avec de nombreuses zones de réservoirs indiqués pour la culture en cage et la proximité des marchés internationaux, Ceará est l'un des états prometteurs pour les producteurs de tilapia au Brésil (Kubitza, 2004a). Au sein du Brésil, le niveau d'intégration est élevé entre les entreprises privées et publiques, y compris parmi les opérations de production, les institutions de recherche, les fabricants d'aliments et les services de soutien (Alceste et Jory, 2002).

L'aquaculture brésilienne devrait devenir de plus en plus compétitive sur les marchés internationaux, la production continuant à augmenter à une échelle industrielle. Avec la création du Secrétariat national spécial pour l'aquaculture et les pêches (SEAP) en 2003, le secteur aquacole connaît une période où l'organisation et le développement s'améliorent. À mesure que la législation se clarifie, l'investissement dans des projets d'aquaculture en cage augmente.

Le Mexique possède aussi de nombreuses ressources d'eau douce et marines, et la culture en cage a été développée à travers toutes les régions du pays. Il y a deux parties prenantes aquacoles

principales; le secteur privé, qui se compose d'investisseurs plus aisés, et le secteur social qui comprend des organisations communales et des communautés de réformes agraires et coopératives de production composées principalement d'individus disposant de peu de ressources. Selon la FAO (2003), la culture en cage au Mexique se compose d'environ 87 unités (sur 1 963 unités au total) avec un volume de 88 913 m<sup>3</sup>.

Le Gouvernement du Mexique a mis en place un Projet de développement de l'aquaculture nationale conjointement avec la Banque mondiale visant à développer davantage la production de tilapia à l'échelon national. Il existe un projet dont l'objectif est d'établir trois parcs de tilapia contenant des complexes de cages flottantes. Chaque complexe comprendra 100 cages de 6,5 m<sup>3</sup> chacune. Les experts mexicains et internationaux mèneront des études d'impact environnemental et social qui sont requis pour des projets soutenus par la Banque mondiale pour chaque site. Le but est de soutenir une plus grande intensification de production de tilapia par une démonstration à grande échelle de l'efficacité de la culture en cage du tilapia (Fitzsimmons, 2000b).

En Colombie, le tilapia est produit dans de larges réservoirs construits pour la génération d'hydroélectricité. La taille des cages varie de 2,7 à 45 m<sup>3</sup> de volume, dont le volume total dépassait 13 000 m<sup>3</sup> en 1997. Les mâles à sexes inversés produits dans éclosiers basés à terre sont mis en charge dans des cages de grossissement lorsqu'ils ont atteint un poids de 30 g et sont cultivés jusqu'à un poids de 150-300 g qu'ils atteignent en l'espace de six à huit mois. Les poissons sont nourris d'aliments extrudés dont 24-34 pour cent de protéine brute. Les infections streptococciques ont posé problème et la survie atteint une moyenne de 65 pour cent; Le rendement annuel aux densités finales de 160-350 poissons/m<sup>3</sup> est de 67-116 kg/m<sup>3</sup> (Fitzsimmons, 2000a). Le tilapia rouge est produit dans des cages octogonales de 75 m<sup>3</sup> dans le barrage de Poechos dans le district de Lancones au Pérou (Carvajal, 2006). La production de cette région est estimée à 600 tonnes par an. Il y a également une installation de cages à Laguna Encantada (Provincia del Huaura), dont la production est de 50 tonnes par an.

Au Panama, un système de cages flottantes sur le lac Gatùn contenant 18 unités de cages de 48 m<sup>3</sup> a produit plus de six tonnes de poissons par cage, avec un poids moyen de poisson vivant de 1 kg. Ces poissons ont été transformés en filets frais pour le

marché de Miami (Alceste et Jory, 2002). En 2006, la production en cage de tilapia rouge démarrera sur le lac Chagres.

Au Honduras la majorité des projets liés à la production de tilapia interviennent dans des étangs, avec environ 1 600 producteurs et 19 000 personnes travaillant directement dans le secteur et 50 000 indirectement.

En 1999 la culture en cage du tilapia du Nil a été introduite dans le lac Yojoa faisant partie d'un projet de recherche entre DIGEPESCA (Bureau du Directeur général des pêches et de l'aquaculture) et la Mission technique taïwanaise au Honduras en 1998. En 1999 le projet était composé de 52 cages avec une production annuelle de 118 tonnes de poisson vivant. Le projet a ensuite été cédé à trois coopératives d'anciens pêcheurs. L'opération a été étendue à 76 cages et la production a augmenté de 173 tonnes par an. Chaque cage mesure 6 m x 6 m x 2,5 m et a un volume de 90 m<sup>3</sup>. Les poissons sont cultivés en quatre étapes jusqu'à un poids moyen de récolte de 500 à 600 g. La commercialisation de tilapia est effectuée par le biais de ventes directes ou à travers des intermédiaires. Les cages sont gérées à 44 pour cent de leur capacité d'installation en raison d'un manque de ressources financières nécessaires pour atteindre une pleine production (fonds pour l'achat de fingerlings et capital d'exploitation). Les récoltes de poissons et les ventes ont principalement lieu pendant les mois de janvier à mai. Le reste de l'année est consacré à la remise en charge des cages et des ventes sporadiques. Leur production dépasse 1 290 kg/cage dans les cycles de grossissement dont la durée est d'environ huit mois. Les aliments représentent environ 44 pour cent des coûts de production. Le milieu d'élevage n'étant pas contrôlé, certains risques sont posés à la production tels que des changements rapides de la température de l'eau, et des niveaux d'oxygène à basse dissolution sont observés.

Au Nicaragua, 32 cages produisent le tilapia du Nil dans le «Gran Lago» de Nicaragua, mais sont sources de nombreuses plaintes de la part d'environnementalistes.

En 2006, un projet d'élevage de tilapia a démarré à Cuba dans les régions de San José del Jobo, Palma Hueca, La Yaya, Cascorro 88, La Chorrera, San Juan de Dios, Las Piedras et Najasa. Le projet nécessite que soient assemblées un total de 800 cages avec une production se situant entre 470 et 500 kg par cage. Le projet cible à la fois le marché national et les marchés étrangers (poisson de 300 à 350 g) (www.aqua.cl-21-09-2006).

En résumé, la culture en cage du tilapia est en expansion dans de nombreux pays de la région, y compris au Pérou, au Costa Rica, au Honduras, au Panama, au Nicaragua et à Cuba (Watanabe *et al.*, 2002). Selon les prévisions, la production dans ces pays devrait s'intensifier, avec davantage d'investissements et une amélioration de la nutrition, de l'aération, de la réutilisation de l'eau et du contrôle des maladies. La culture en cage continuera également de remplacer l'empoisonnement de tilapia et les pêches de re-capture en opération dans nombre de réservoirs du pays (Fitzsimmons, 2000a).

#### *Effets sur l'environnement et législation pertinente*

L'intensification de l'aquaculture dans des réservoirs peut conduire à des conflits avec les autres parties prenantes, notamment avec l'augmentation des déchets de nitrogène. Généralement il y a peu d'accumulation de salissures ou de déchets sous les cages, étant donné que les matières fécales flottent et se dispersent rapidement. Cependant, ceci conduit à une plus grande dispersion et peut aboutir à une eutrophisation des systèmes d'eau douce, augmentant ainsi la production d'algues et la demande en oxygène biologique (Pullin *et al.*, 1997).

Si les réservoirs sont des ressources d'eau pour l'utilisation humaine, il peut y avoir des questions de santé liées à l'augmentation de la nitrification ainsi que des infections bactériennes telles que le streptocoque. La principale source d'inquiétude a sans doute trait à la mise en liberté d'espèces de poissons à succès, non-indigènes et dotés d'une grande facilité d'adaptation dans l'environnement aquatique, soit par les fuites soit par la mise en liberté intentionnelle des pêches de captures. Ceci est particulièrement pertinent pour des systèmes d'eau naturelle comme le lac Cocibolca au Nicaragua, le plus grand plan d'eau d'Amérique latine, où la culture du tilapia a récemment été lancée. Les espèces cichlidés d'Amérique centrale peuvent être particulièrement vulnérables aux déplacements des tilapias.

Il existe un certain nombre de cadres institutionnels dans toute la région concernés par les projets aquacoles. Au Mexique, l'administration de la législation pertinente relative à l'aquaculture (Loi relative aux pêches de 2001) est de la responsabilité du Ministère de l'agriculture, du bétail, du développement rural, des pêches et de l'alimentation (SAGARPA). La Commission nationale pour l'aquaculture et



les pêches (CONAPESCA) est le département s'occupant directement de l'aquaculture. D'autres institutions administratives peuvent être trouvées aux niveaux local, municipal et national. Les tâches et responsabilités de SAGARPA comprennent la désignation des zones adaptées à l'aquaculture, les réglementations relatives à l'introduction d'espèces et la promotion du développement aquacole. SAGARPA a développé le Programme sectoriel pour l'agriculture, le bétail, le développement rural, les pêches et l'alimentation pour 2001-2006, qui traite de l'exploitation durable des ressources halieutiques et aquacoles et la promotion de la rentabilité en termes à la fois économiques et sociaux, de la pêche et du secteur aquacole.

La législation mexicaine inclut une législation complète relative tant aux phases de planification qu'aux phases opérationnelles. La mise en place d'installations aquacoles sur les plans d'eaux fédéraux est gérée et contrôlée par un système de concessions, de permis et d'autorisation délivrés par CONAPESCA. À la demande, doivent être joints une étude d'impact sur l'environnement (EIE), un rapport préventif ou une autorisation. La loi relative à l'environnement exige que soit effectuée l'étude EIE pour des activités qui pourrait engendrer des déséquilibres environnementaux ou dépasser les conditions et les limites fixées. Dans le cas d'activités très dangereuses produisant des émissions, des écoulements, ou exploitant des ressources naturelles et en général, si ces activités de production produisent un impact environnemental quel qu'il soit, l'EIE doit inclure une étude de risque comprenant des mesures et des scénarios de prévention émanant des analyses des risques environnementaux impliqués dans le projet, une description des zones de protection des installations, et une indication des mesures de sécurité environnementale. Les installations aquacoles doivent obtenir une autorisation d'écoulement issue par la Commission nationale pour l'eau et toutes les eaux usées doivent être traitées.

Il existe des réglementations relatives aux espèces exotiques, aux médicaments, aux aliments et aux hormones, et l'utilisation et l'application d'antibiotiques sont réglementées. Les nouveaux produits pharmaceutiques doivent être approuvés. Tous les poissons et produits comestibles de la mer doivent être conformes aux réglementations relatives à la sécurité alimentaire. La mise en œuvre de la Loi nationale sur l'eau (1992) a annulé un bon nombre de restrictions sur l'utilisation de l'eau pour l'aquaculture, et notamment l'ouverture de

réservoirs et canaux d'irrigation pour la culture en cage (Fitzsimmons, 2000b).

Au Brésil, le Secrétariat spécial pour l'aquaculture et les pêches (SEAP) a été fondé en 2003 et est la principale autorité en matière de gestion et de développement des pêches et de l'aquaculture. Sous la responsabilité du SEAP, est en cours de préparation un Plan national visant à assurer le développement d'un secteur aquacole durable. Le SEAP a également la fonction d'un service de consultation à travers le Conseil national pour l'aquaculture et les pêches (CONAPE), qui est composé de représentants issus du gouvernement, du secteur public et de la production. L'Institut brésilien pour l'environnement (IBAMA), une autre institution pour la gestion des pêches, a des responsabilités ayant principalement trait aux questions environnementales telles que la conservation des ressources naturelles (notamment les ressources aquatiques), les autorisations environnementales et le contrôle de la qualité.

Le gouvernement fédéral entreprend actuellement des investissements stratégiques dans le secteur aquacole, à travers la construction d'écloseries et l'installation d'unités de démonstration sur l'aquaculture tout en offrant des lignes de crédit financier spécial pour le secteur. Les programmes nationaux en soutien aux coopératives aquacoles, aux services de vulgarisation, à la recherche et à la commercialisation sont aussi en cours de planification (FAO, 2004). La culture en cage s'est rapidement développée après que le gouvernement a augmenté le nombre d'autorisations permettant que la culture en cage soit pratiquée dans les eaux publiques (Lovshin, 2000). Par exemple, l'utilisation de réservoirs pour l'aquaculture est l'un des principaux programmes de développement qui ont été mis en place par le SEAP. Le programme national met l'accent sur les six plus grands réservoirs, qui sont situés dans différentes régions du pays, et prévoit une production potentielle de 18 millions de tonnes, même si un pour cent seulement de la zone comprise dans ces réservoirs est utilisée pour l'aquaculture. Le gouvernement est en train de fixer des réglementations relatives à la culture en cage dans les réservoirs et dans les autres eaux publiques qui limiteront la zone destinée aux cages à un pour cent de la zone totale des réservoirs (Kubitza, 2004b).

L'établissement d'une exploitation aquacole est soumis à l'octroi d'une licence environnementale et à la présentation d'une étude d'impact sur l'environnement; toutefois, le système brésilien

d'octroi de licence environnementale ne suppose pas automatiquement la présentation d'une étude d'impact sur l'environnement. L'étude appropriée comme condition d'octroi de licence n'est obligatoire, au niveau constitutionnel, que pour l'établissement d'activités pouvant sérieusement causer des dommages à l'environnement (FAO, 2004). Les principaux problèmes de santé rencontrés dans la culture en cage sont dus à des bactéries telles que l'*Aeromonas hydrophila*, le *Flavobacterium columnare* et le *Streptococcus iniae*, à des parasites tels que l'*Ichthyophthirus multifiliis*, le *Trichodina* sp., l'*Argulus* sp. et le *Lernaea* sp. et à des champignons tels que le *Saprolegnia* sp. Plus récemment, le Costa Rica a été confronté à un pathogène intracellulaire de type rickettsial (*Francisella* sp.) provoquant une mortalité élevée au cours des premières phases (1 g et plus).

#### Aspects économiques et marchés

Les producteurs et les marchés d'Amérique latine et des Caraïbes sont de taille relativement réduite par rapport à ceux de la Chine et des autres pays asiatiques (Fitzsimmons, 2000a). L'Amérique latine (Équateur, Honduras et Costa Rica) est le

principal exportateur de filets frais de tilapia vers les États-Unis d'Amérique et en 2005, les filets frais représentaient 35 pour cent de la valeur totale des importations. Le tilapia surgelé (filets et en entier) est principalement originaire de Chine, de la Province chinoise de Taïwan et d'Indonésie. La consommation de tilapia a considérablement augmenté aux États-Unis au cours des dernières années, ce qui a stimulé le développement de fermes de tilapias en Amérique latine. En 2000, 40 469 tonnes de tilapias d'une valeur estimée à 101,4 millions de \$EU ont été importées vers les États-Unis d'Amérique, un chiffre qui a atteint 134 869 tonnes d'une valeur estimée à 393 millions de \$EU en 2005 (USNMFS, 2005). Il est également important que le marché des États-Unis poursuive son développement, en particulier pour obtenir de meilleurs prix pour le tilapia frais par rapport au tilapia surgelé provenant d'Asie (Watanabe *et al.*, 2002). Les importations de tilapia vers les États-Unis d'Amérique ont connu une hausse d'une moyenne impressionnante de 25 pour cent par an au cours des cinq dernières années. Par conséquent, l'année 2005 a enregistré un nouveau record de 135 000 tonnes d'importations (tableau 13).

TABLEAU 13

#### Importations totales de tilapia des États-Unis d'Amérique – par produit (en tonnes)

Produit	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Congelé en entier	19 122	21 534	27 293	27 781	38 730	40 748	49 045	57 299	56 524
Filets congelés	2 499	2 696	4 971	5 186	7 372	12 253	23 249	36 160	55 615
Filets frais	2 823	3 590	5 310	7 502	10 236	14 187	17 951	19 480	22 729
<b>Total</b>	<b>24 444</b>	<b>27 820</b>	<b>37 575</b>	<b>40 469</b>	<b>56 337</b>	<b>67 187</b>	<b>90 246</b>	<b>112 939</b>	<b>134 860</b>

Source: Rapport sur le marché de tilapia. FAO, février 2006

TABLEAU 14

#### Importations des États-Unis de filets frais de tilapia par pays d'origine (en tonnes)

Pays	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Équateur	602	646	1 806	3 253	4 924	6 616	9 397	10 164	10 600
Costa Rica	1 656	2 206	2 310	2 684	3 109	3 206	3 996	4 090	3 734
Honduras	164	436	771	1 038	1 438	2 874	2 857	4 042	6 572
Chine	0	0	38	59	191	844	857	0	0
Province chinoise de Taïwan	8	85	155	82	76	247	281	90	0
Brésil	1	0	0	2	0	112	208	323	963
El Salvador	0	0	0	0	0	78	189	258	307
Panama	61	4	20	159	350	147	96	93	84
Autres	331	213	209	225	148	64	71	420	470
<b>Total</b>	<b>2 823</b>	<b>3 590</b>	<b>5 310</b>	<b>7 502</b>	<b>10 236</b>	<b>14 187</b>	<b>17 952</b>	<b>19 480</b>	<b>22 729</b>

Source: Rapport sur le marché de tilapia. FAO, février 2006

Les importations de tilapia surgelé vers les États-Unis se sont maintenues en 2005, la Chine et la Province chinoise de Taïwan représentant 98 pour cent de l'approvisionnement total. Ce qui domine réellement le marché de tilapia des États-Unis d'Amérique toutefois est le filet surgelé provenant de la Chine, dont les importations ont connu une hausse de 54 pour cent en un an. Tous les principaux exportateurs de ce produit ont signalé une certaine hausse; la Chine toutefois, qui représente 80 pour cent de l'approvisionnement total de filets congelés de tilapia vers le marché des États-Unis, a constitué le plus gros de la hausse, passant de 28 000 tonnes en 2004 à 44 000 tonnes.

Le marché du tilapia des États-Unis d'Amérique est donc clairement scindé en deux segments, le marché du tilapia congelé à des prix relativement bas et le marché de filets frais de tilapia à des prix plus élevés. Les prix des filets frais de tilapia sur ce marché se sont stabilisés à 3,85 \$EU/livre, un prix apparemment toujours intéressant pour les exportateurs, bien que la tendance générale des prix au cours des dix dernières années soit en déclin constant. Les prix des filets congelés de tilapia sont bien plus bas que ceux des filets frais. Les prix des filets congelés de tilapia se sont stabilisés au cours de l'année 2005 à un niveau assez bas, à savoir 1,68 \$EU/livre, moins de la moitié du prix de filet frais.

Par ailleurs, pour ce qui est des filets frais de tilapia, on peut observer une tendance très intéressante, à savoir une hausse de 17 pour cent en 2005 par rapport à 2004 (tableau 14). L'augmentation considérable est intervenue presque entièrement au Honduras, l'un des plus grands succès de la culture du tilapia en Amérique centrale. L'autre a eu lieu au Brésil, ce dernier ayant triplé ses exportations entre 2004 et 2005. Les pays d'Amérique latine dominent les importations des États-Unis de filets frais de tilapia. Le Brésil devrait dépasser l'Équateur et prendre la tête des fournisseurs de filets frais de tilapia vers le marché des États-Unis d'Amérique dans un futur proche.

Les problèmes de maladies que le secteur brésilien de la crevette a connus entraîneront une augmentation de la culture du tilapia dans les prochaines années. La Chine s'est complètement retirée, ce qui met en évidence la proximité et la compétitivité des pays d'Amérique latine par rapport au marché lucratif des États-Unis d'Amérique, et notamment en ce qui concerne le niveau inférieur des frais d'expédition par avion. Cependant, le fait de dépendre dans une large mesure

du marché des États-Unis d'Amérique rend de nombreux producteurs vulnérables aux restrictions commerciales. Les normes internationales en matière de sécurité alimentaire, de qualité et de l'environnement revêtent une importance de plus en plus grande (Carvajal, 20005a).

Outre le marché des exportations, il existe également des marchés intérieurs en pleine croissance bien qu'encore relativement petits dans certains pays producteurs d'Amérique centrale et du Sud, en particulier au Brésil, au Mexique, en Colombie et à Cuba. En Colombie et au Mexique par exemple, la demande intérieure a absorbé la production locale et les exportations vers les États-Unis ont baissé. Cette diversification est bénéfique aux producteurs, les marchés locaux réduisant les frais d'expédition et de traitement.

Les marchés intérieurs de tilapia dans la région sont généralement mal développés et de sérieux programmes de commercialisation sont nécessaires afin de soutenir la croissance du secteur. Peu a été réalisé sur le potentiel pour développer les marchés intérieurs de tilapia dans la région. Ceci est pourtant particulièrement important pour les exploitants à petite échelle, lesquels ont plus de difficulté à respecter les exigences de volume et de poids des marchés de l'exportation.

Au Brésil par exemple, la commercialisation de tilapias est effectuée pour des poissons vivants, fraîchement récoltés, salés, surgelés et préparés en filets. Les prix varient en fonction du type de poisson sur le marché: le prix en \$EU au kilo étant de l'ordre de 0,87 à 1,05 pour le poisson vivant, de 0,53 à 0,70 pour le poisson frais, de 0,35 à 0,70 pour le poisson salé et de 2,10 à 3,51 pour les filets (El Periódico de Acuicultura, Marzo 2004, #2, año 1).

Dans la région, la culture en cage représente moins de 10 pour cent de la production totale



de tilapia, et le développement à venir des petits producteurs se basera sans doute sur la culture en étang étant donné que les investissements requis sont d'un niveau assez bas. Il est toutefois prévu que l'aquaculture en cage connaîtra une croissance continue, particulièrement dans le cas de pays comme le Nicaragua, le Honduras et Cuba où les investissements étrangers se sont déjà produits et de bonnes conditions environnementales permettent une croissance plus rapide.

Il convient de noter qu'en 2005, l'une des plus grandes sociétés chiliennes de saumon et une société d'élevage de tilapia basée au Costa Rica ont annoncé leur alliance stratégique. La combinaison de ces leaders sur le marché entraînera des synergies importantes à travers le partage de technologies et de savoir-faire dans les domaines de la sélection génétique, la nutrition des poissons, les systèmes d'information, les méthodes générales d'élevage et de transformation. Cette action aura un impact majeur sur le marché mondial du tilapia, en particulier par rapport à la croissance de la consommation au sein du principal marché, les États-Unis d'Amérique.

## AUTRES ESPÈCES MARINES

### Élevage de thon

Le thon est l'un des produits de la mer les plus commercialisés à l'échelon international, avec des débarquements mondiaux de plus de 3,5 millions de tonnes par an. Ceci représente cinq pour cent des pêches totales destinées à la consommation humaine. Un tiers du thon est produit comme poisson frais, réfrigéré ou congelé et exporté vers les principaux marchés du Japon, des États-Unis d'Amérique et de l'Union européenne (Paquette, 2003). En plus des pêches du thon, un secteur aquacole fondé sur la capture s'est développé là où les juvéniles sauvages sont capturés et grossis ensuite dans de larges enclos d'eau marine. La production aquacole mondiale de thon rouge du nord et du sud utilisant ces techniques «d'élevage» ont dépassé 20 000 tonnes entre 2001 et 2002. Il y a des producteurs majeurs situés en Australie, en Europe et au Mexique (le Mexique représentant 3 pour cent de ce volume) (Sylvia, Belle et Smart, 2003).

Le Mexique est le plus grand producteur aquacole de thon rouge, de thon obèse (*T. obesus*) et d'albacore (*T. albacares*) de la région. En 2003, les fermes de thon rouge au Mexique ont produit 2 000 tonnes, un chiffre qui est passé à 5 000 tonnes en 2005 (Figure 23). Une croissance supplémentaire

FIGURE 24  
Élevage de thon à Baja California, au Mexique



AVEC L'AIMABLE AUTORISATION DE MARIA TERESA VIANA

FIGURE 25  
Juvéniles de thon rouge de l'Atlantique  
(*Thunnus thynnus*) cultivés en cages



FAO / D. GEROME

FIGURE 26  
Juvéniles de thon rouge de l'Atlantique  
(*Thunnus thynnus*) cultivés en cages



AVEC L'AIMABLE AUTORISATION DU NOAA



est prévue si les investissements japonais dans le secteur se confirment (ATRT, 2005). Le pacage de thon a démarré au Mexique en 1996 avec un succès minime; ceci principalement en raison des événements météorologiques tels que El Niño et l'ouragan Nora, mais également d'un manque d'expérience généralisé, ce qui a conduit à des mortalités élevées. Cependant, le développement de nombreuses techniques innovantes tant pour la pêche que l'élevage par les opérations d'exploitations mexicaines de thon ces dernières années a permis à certaines sociétés d'émerger en tant que concurrents significatifs dans un secteur relativement jeune mais en pleine expansion. Le Mexique est particulièrement adapté à l'élevage de thon en raison de son climat tempéré, un approvisionnement abondant en aliment capturé localement, la proximité des principaux aéroports des États-Unis d'Amérique, des réglementations favorables et des coûts de main d'œuvre réduits (Sylvia, Belle et Smart, 2003).

L'élevage est pratiqué dans des conditions océaniques, les cages doivent donc résister à la forte énergie des vagues, des courants et des vents des mers ouvertes. Les systèmes en cage de thon ont généralement les caractéristiques suivantes: 40-50 m de diamètre, 15-20 m de profondeur et des capacités de volume de 18 000 à 20 000 m<sup>3</sup> (figures 24, 25 et 26). Les densités de poisson varient entre 2 et 5 kg/m<sup>3</sup> tandis que les courants des eaux vont de <1 à 2 nœuds, en fonction de l'exploitation (Sylvia, Belle et Smart, 2003). Au Mexique les activités de pacage sont situées autour des régions de Baja California et de Baja California Sur. La plus grande société exploite plus de 15 cages (de 50 m de diamètre) et a produit quelques 1 000 tonnes de thon durant l'année 2004.

En 2004, la valeur des exportations mexicaines de thon s'élevait à 89 millions de \$EU, dont moins de la moitié (30 millions de \$EU) a été exportée vers le Japon. Les exportations à venir vers le Japon seront facilitées par trois accords de libre-échange signés entre les deux pays en 2005 (ATRT, 2005). Le marché des États-Unis d'Amérique pour le thon est également en rapide expansion, bien que les prix pour les produits de qualité supérieure soient plus bas que ceux pratiqués sur le marché japonais. Des prix plus élevés sont aussi pratiqués au Japon pour des poissons plus gros. Généralement le Mexique produit du poisson de taille plus réduite que d'autres marchés comme celui d'Europe, et ceci se reflète sur le prix obtenu (25 \$EU/kg contre un prix pouvant aller jusqu'à 34 \$EU/kg pour des

poissons plus gros) (Paquette, 2003). Un autre effet économique positif du secteur du thon et la résurgence de captures de sardines Sauzal au Mexique, vu qu'elles sont l'aliment principal du thon d'élevage (ATRT, 2005).

#### *Effets sur l'environnement et législation*

On peut plaider en faveur des systèmes à cycle fermé en affirmant que nombre d'entre eux ont ce potentiel de pouvoir atténuer la pression sur les populations sauvages capturées en fournissant un approvisionnement plus durable (par ex. l'élevage de morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*) en Norvège et au Royaume-Uni). Cependant, l'élevage du secteur du thon est tributaire de la capture de juvéniles qui sont ensuite grossis et réformés avant qu'ils ne soient en mesure de se reproduire, augmentant ainsi la pression sur les populations sauvages.

Les quotas de captures de thon existent dans toutes les régions et font office de contrainte posée à la croissance du secteur; ces quotas ont toutefois tendance à être mal réglementés (Sylvia, Belle et Smart, 2003). Des progrès ont été réalisés dans l'élevage du thon en captivité, et les juvéniles ont désormais été produits à partir de thon rouge du Pacifique (*Thunnus orientalis*) en élevage (à savoir de deuxième génération) (Sawada *et al.*, 2005). Néanmoins ces techniques doivent encore être commercialisées efficacement.

La plupart des opérations d'exploitations dépendent encore de poissons entiers sauvages capturés tels que les sardines, les chinchards et les



calmars pour l'alimentation. Dans certains cas ces «aliments» peuvent être obtenus et transportés à l'échelon mondial. En Australie, on s'inquiète du fait que l'importation et l'alimentation d'espèces de poissons non-indigènes dans les fermes de thon ont été responsables des infections virales qui ont décimé les populations indigènes de sardines australiennes, provoquant un impact écologique considérable (Dalton, 2004).

De nombreuses zones le long du littoral mexicain et les îles qui y sont associées abritent de larges colonies de lions marins. Ils sont attirés vers les fermes de thon par les aliments en excédent qui tombent à travers les cages ou qui sont jetés. En raison de la taille des cages, de nombreuses fermes n'utilisent pas de filets contre les prédateurs sur les cages mais à leur place utilisent des barrières autour du périmètre pour empêcher les lions marins de se hisser vers les cages et de sauter dedans. Certaines fermes utilisent des barrières électriques autour du périmètre de la surface des cages. Malgré les différentes techniques, les effets des prédateurs continuent de poser un réel problème. Le stress et les mauvaises performances de croissance sont courants dans la majorité des fermes. Bien que de nombreux poissons survivent aux attaques en raison de leur taille, leur valeur est significativement réduite sur le marché en raison des dégâts occasionnés (Sylvia, Belle et Smart, 2003). D'autres prédateurs, comme les requins, sont également attirés vers les cages et sont tués après avoir été enchevêtrés dans les filets (ATRT, 2005).

D'autres opérations d'exploitations potentielles dans la région comprennent le Costa Rica, où dix cages ont été placées à approximativement 2 km des côtes. Le projet démarrera avec une production de 480 tonnes d'albacores par cycle, comptant deux ou trois cycles par an en fonction des captures (Carvajal, 2005b).

### Nouvelles espèces aquacoles – nouvelles technologies de cages

La faisabilité quant à la production d'autres espèces marines telles que le mafou (*Rachycentron canadum*) et le vivaneau sorbe (*Lutjanus analis*) dans la région caribéenne est actuellement à l'étude. Les avantages de l'élevage destiné à la production de mafou est sa valeur marchande élevée (8,80 \$EU/kg) et son taux de croissance rapide, dont la taille individuelle atteint 6-7 kg un an après l'éclosion. C'est approximativement trois fois le taux de croissance du saumon de l'Atlantique. La production commerciale de mafou a été entreprise avec succès

FIGURE 28  
Mafou (*Rachycentron canadum*), Culebra, Puerto Rico



AVEC L'AIDABLE AUTORISATION DU NOAA

dans la Province chinoise de Taïwan, avec un grand nombre de juvéniles étant actuellement produits de façon courante d'écloseries spécialisées.

En mai 2002, un projet pilote de mafou à Porto Rico a été lancé par l'industrie en coopération avec l'Université de Miami et d'autres collaborateurs. L'opération a installé deux cages submersibles Ocean Spar (3 000 m<sup>3</sup>) en mer ouverte (figure 27), l'une contenant 12 000 mafous (figure 28) et l'autre contenant 4 000 vivaneaux sorbes dans les eaux au large de l'île de Culebra.

La conception Ocean Spar («espar océanique») est composée d'un espar central entouré d'un bord circulaire d'acier de 25 m de diamètre. Chaque cadre est couvert de filets attachés aux barreaux et se conformant à la forme de la cage marine. Des portes zippées dans le filet offrent un accès facile au plongeur. Le système de cage peut rapidement (< 5 min) être abaissé et levé en variant la flottabilité de l'espar. Les cages ont une largeur de 30 m, une hauteur de 15 m et sont amarrées dans 30 m d'eau au moins. Elles sont retenues par le bas par quatre ancres lourdes et un ballast de 10 000 kg, et sont invisibles à la surface- le seul indice de leur présence étant une petite bouée attachée à un tuyau qui peut être tiré à la surface et utilisé pour introduire de petits poissons à peine éclos, pour nourrir jusqu'à 20 000 poissons captifs à la fois, et ensuite les aspirer lorsqu'ils atteignent une taille marchande. Les filets sont nettoyés périodiquement (Radford, 2005).

La technologie de cages submersibles facilitera le développement d'une réelle aquaculture de mer ouverte vers des zones exposées où la hauteur des vagues aurait auparavant empêché les opérations d'exploitations de cages. Les cages pleinement submersibles permettront que l'aquaculture



marine soit pratiquée dans des zones exposées aux ouragans telles que les Caraïbes. Davantage d'activités destinées à la production de mafou dans des systèmes de cages submersibles sont prévues au Belize (Schonwald, 2006), aux Bahamas et à Nevis-St Kitts.

Les inconvénients du système sont le fait de dépendre du soutien d'un plongeur pour les opérations de routine et le manque de contact visuel rapproché avec les stocks de poissons. Il semble également que les populations de requins soient très attirées par les cages, lesquels ont endommagé les filets et provoqué la fuite de poissons (Schonwald, 2006). La législation abordant la question de l'aquaculture de mer ouverte n'a pas été pleinement établie (Dalton, 2004; Alston *et al.*, 2005). Des espèces telles que le saumon ne sont pas adaptées à l'élevage en continu dans des environnements en eau souterraine dans la mesure où ils ont besoin de gonfler leur vessie natatoire à la surface.

### LA MARCHÉ À SUIVRE

L'aquaculture en cage s'est considérablement développée en Amérique latine et aux Caraïbes ces dernières années, ce qui a apporté de profonds changements au sein des communautés et des économies régionales. Le Chili en est un parfait exemple, puisqu'il partage désormais avec la Norvège la position de plus grand producteur de saumon. Le succès du Chili a été considérablement facilité par son implication dans le libre-échange et l'ouverture des marchés. Ceci a été complété par une série d'accords commerciaux notamment avec les États-Unis d'Amérique, l'Union européenne et la République de Corée.

Simultanément aux politiques économiques néo-libérales, certaines lois ont évolué de façon à aborder les questions critiques associées à l'expansion rapide de l'aquaculture. Ces dernières apporteront leur soutien dans le développement d'un secteur durable du point de vue économique, écologique et sociable. Il est important que d'autres pays au sein de la région reconnaissent clairement le besoin de développer rapidement l'aquaculture en cage tout en atténuant efficacement les impacts environnementaux qui en résultent.

Le contrôle du nombre de fuites, en particulier des espèces non-indigènes, reste un défi sans remède simple. Un élevage amélioré, passant par le remplacement des filets et des équipements anciens, et un contrôle efficace des prédateurs ont montré qu'ils réduisaient significativement les pertes. La production d'animaux stériles a davantage fait

l'objet de controverses, et bien que ceci limiterait l'effet de propagation de populations dans la nature, cette mesure de contrôle doit encore être largement acceptée par les consommateurs.

Jusqu'à récemment, les maladies bactériennes de saumons avaient été pour la plupart contrôlées par l'utilisation d'antibiotiques. Les vaccins modernes se sont révélés très efficaces dans d'autres régions, et des progrès sont en cours contre les pathogènes spécifiques tels que le *Piscirickettsia salmonis*. La gestion intégrée, la mise en jachère de zones, la coordination de traitements entre les sites et le partage d'informations relatives à la santé améliorent également le contrôle et réduisent l'utilisation d'anti-microbiens. Ces techniques et cette technologie peuvent être utilisées pour l'élevage d'autres espèces dans la région.

Une nouvelle technologie de cage et la disposition de systèmes entièrement submergés offrent de nouvelles possibilités pour l'aquaculture de mer ouverte, ainsi que dans des zones exposées aux ouragans (à savoir la plupart des Caraïbes). Les coûts élevés des opérations d'exploitations submergées vont probablement continuer à poser problème et restreindre cette technologie à la production d'espèces de grande valeur telles que le mafou. Une alternative efficace pourrait provenir des cages pouvant être submergées jusqu'à la fin des conditions défavorables.

L'aquaculture intensive en cage produit des impacts localisés sur l'environnement, avec des charges de nitrogène et de phosphore ainsi que des «empreintes» d'enrichissement sous les cages (Soto et Norambuena, 2004). Des changements écologiques seront observés au sein de cette empreinte et une succession d'espèces se produisant dans les sédiments. À travers une surveillance et une gestion efficaces, il a été démontré que ces effets pourraient être réversibles (Black, 2001). Les systèmes d'eau douce sont plus vulnérables aux changements écologiques issus des intrants de nitrogène que les sites de culture en eau de mer. Pour qu'elle soit vraiment efficace et qu'elle se développe à grande échelle, l'aquaculture en cage nécessitera une gestion attentive.

Il est impossible de prédire le comportement d'un écosystème sans savoir comment ses composantes sont distribuées dans le temps, dans l'espace et les uns par rapport aux autres, et sans comprendre le rapport et les processus qui expliquent leur distribution et leur comportement (Perez *et al.*, 2002). Il est non seulement nécessaire de connaître la distribution spatiale et les rapports existants, de

connaître les tendances temporelles afin de pouvoir fournir des prédictions il y a souvent lieu également fiables. En ce sens, les systèmes d'information géographique (GIS) sont de puissants outils pouvant apporter leur soutien dans la planification intégrée, particulièrement pour la gestion des zones côtières. L'utilisation d'approches qui considèrent la capacité de charge est importante afin d'évaluer l'effet des cages dans tout le système, plutôt qu'uniquement leurs effets localisés (par exemple sous les cages). Bien que ces études aient déjà été réalisées dans certains lacs du sud du Chili, elles doivent être poursuivies et les ressources en eau continuellement surveillées.

La qualité des ressources humaines n'est pas homogène à travers la région. Au fur et à mesure que l'aquaculture s'est développée, de nouveaux problèmes ont vu le jour et une expertise plus spécialisée est nécessaire dans des domaines tels que la santé, la nutrition, la génétique, l'environnement, les récoltes, le marketing, la planification, la législation, le financement et la bioéconomie, tant au sein de sociétés privées que dans le secteur public. Par ailleurs, la demande en recherche appliquée s'est intensifiée afin de répondre à ces nouveaux défis.

L'aquaculture a eu des impacts socioéconomiques considérables dans les zones de la région où elle s'est développée, comme dans le cas du Chili et de

l'Équateur. Néanmoins l'infrastructure de services fournie par les travaux publics (routes, électricité, communications, transports, etc.) n'a pas connu de développement significatif. Une situation similaire est observée dans les domaines de la santé et de l'éducation, où l'infrastructure et les capacités professionnelles sont également limitées. Dans de nombreux cas, le secteur privé a pris l'initiative en investissant dans des infrastructures de base et aussi en formant leur personnel. Les instances locales et régionales ont encore d'importants défis à relever.

Il est évident que le développement du secteur de l'aquaculture dans la région est dans une très large mesure le reflet du degré d'implication démontré par les instances gouvernementales locales. L'existence d'un plan de développement aquacole joue un rôle très important et la coordination du travail entre les secteurs public et privé sera vecteur de promotion de la croissance du secteur aquacole et évitera la duplication des efforts. Ce développement doit avoir lieu à travers une utilisation efficace et responsable des ressources naturelles.

Étant donné la disponibilité limitée de farine et d'huile de poisson, il est important que le secteur aquacole et le secteur agricole travaillent de façon très coordonnée afin de pouvoir assurer que la qualité et la quantité requises de matières premières nécessaires à leur expansion soient disponibles.

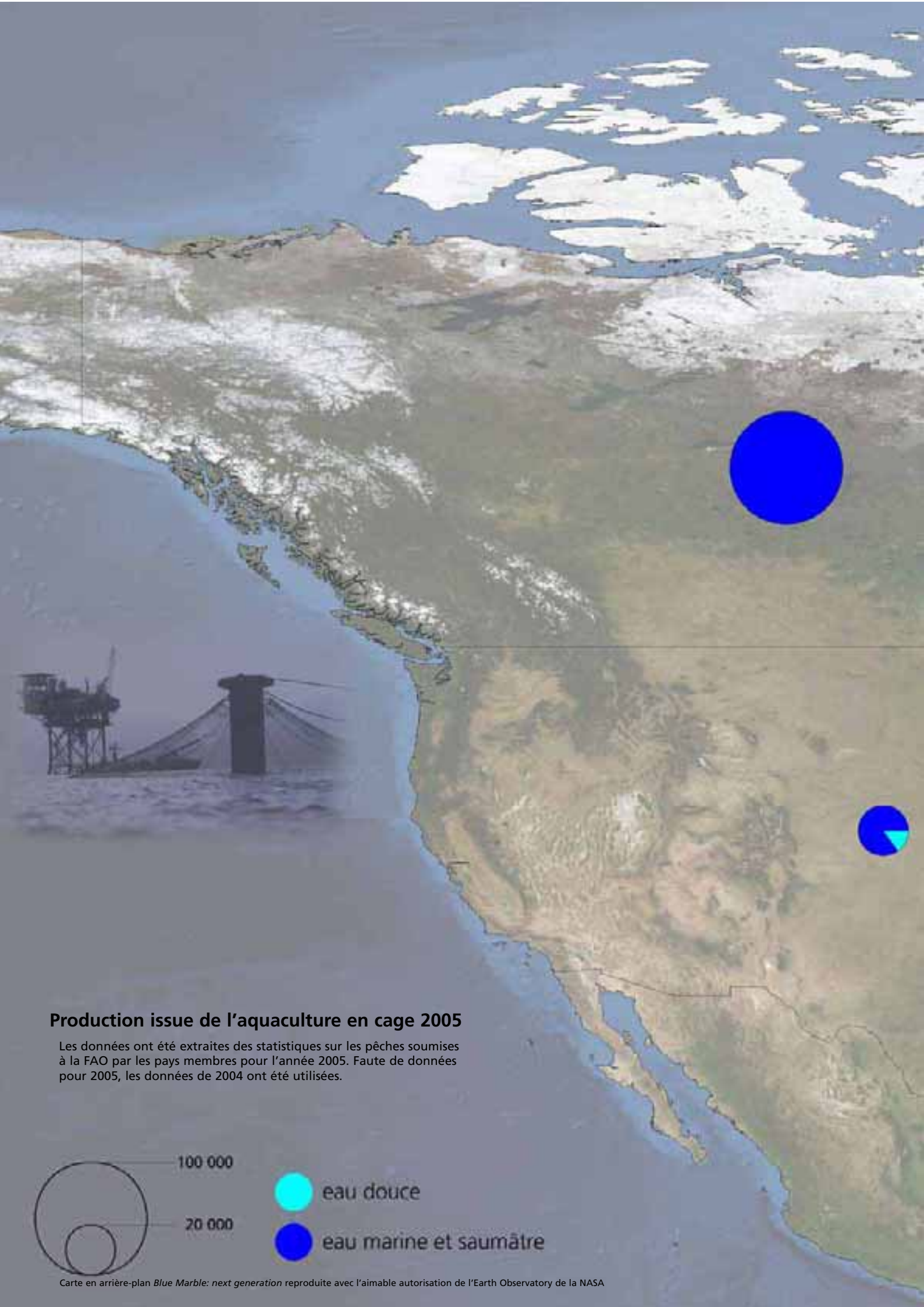
## RÉFÉRENCES

- Alcantara, F.B., Tello, S.M., Chavez, C.V., Rodriguez, L.C., Kohler, C.C., Camargo, W.N. & Colace M. 2003. Gamitana (*Colossoma macropomum*) and paco (*Piaractus brachypomus*) culture in floating cages in the Peruvian Amazon. *World Aquacult.*, 34: 156–161.
- Alceste, C.C. & Jory, D.E. 2002. World tilapia farming 2002. *Aquacult. Mag.* (disponible à: www.aquaculturemag.com)
- Alston, D.E., Cabarcas, A., Capella, J., Benetti, D.D., Keene-Metzloff, S., Bonilla, J. & Cortés, R. 2005. *Environmental and social impact of sustainable offshore cage culture production in Puerto Rican waters*. Final Report. 4 April, pp. 9–12. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), United States Department of Commerce.
- Alvarez Torres, P. 2003. *National aquaculture sector overview—Mexico*. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets, Rome, FAO, Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI).
- ATRT (Advanced Tuna Ranching Technologies). 2005. *The Tuna-Ranching Intelligence Unit*. Special, November 2005 ICCAT Sevilla, Spain Meeting Edition. Madrid, 25 November.
- Barlow, S. 2003. World market overview of fishmeal and fish oil. Dans P.J. Bechtel, (éd.). *Advances in seafood byproducts: 2002*, Conference proceedings, pp. 11–25. Fairbanks, Alaska, USA, Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska.
- Barrett, G., Caniggia, M.I. & Read, L. 2002. There are more vets than doctors in Chile: social and community impact of the globalization of aquaculture in Chile. *World Developm.*, 30: 1951–1965.
- Beveridge, M.C.M. 2004. *Cage aquaculture*, third edition. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd. 376 pp.
- Birkbeck, H., Rennie, S., Hunter, D., Laidler, T. & Wadsworth, S. 2004. Infectivity of a Scottish isolate of *Piscirickettsia salmonis* for Atlantic salmon and immune response to this agent. *Dis. Aquat. Org.* 60: 97–103.
- Bjørndal, T. 2002. The competitiveness of the Chilean salmon aquaculture industry. *Aquacult. Econ. Manag.* 6: 97–116.
- Black, K., (éd.). 2001 *Environmental impacts of aquaculture*, pp. 73–94. Sheffield, UK, Sheffield Academic.
- Buschmann, A., Riquelme, V., Hernández-González, M., Varela, D., Jiménez, J., Henriquez, L., Vergara, P., Guínez, R. & Filún, L. 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *J. Mar. Sci.*, 63: 1338–1345.
- Cárdenas, N.J.C., Melillanca, P.I. & Cabrera, D.P. 2005. *The EU-Chile Association Agreement. The fisheries and aquaculture sector in Chile. Issues arising*. Centro Ecocéanos, Puerto Montt, Chile.9: 191–195.
- Carvajal, P. 2005a. *The new era of Chilean salmon*. Industry Report, pp. 12–14. Seafood Publication, 5. January.
- Carvajal, P. 2005b. *Costa Rica to farm yellowfin tuna*. Intrafish Media. 23 August.
- Carvajal, P. 2006. *Aquaculture in Latin America: the power of a giant*. Industry Report. Intrafish Media. 20 January.
- Collao, S. 2003. *Trout economic study. Market access and poverty alleviation*. USAID/Bolivia. Economic Opportunities Office. 10/3. 9.
- Dalton, R. 2004. Fishing for trouble. *Nature*, 30(9): 502–504.
- FAO. 2005a. FishStat Plus database: aquaculture production: quantities 1950–2004. Version 2.31. Rome.
- FAO. 2005b. FishStat Plus database: aquaculture production: values 1984–2004. Version 2.31. Rome.
- FAO. 2006. *Tilapia Market Report*. February 2006., Rome.
- Fitzsimmons, K. 2000a. Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. Dans B.A Costa-Pierce and J.E. Rackocy, (éds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 252–264. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- Fitzsimmons, K. 2000b. Tilapia aquaculture in Mexico. Dans B.A. Costa-Pierce and J.E. Rackocy, (éds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 171–182. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- Gilbert, É. 2002. *The international context for aquaculture development: growth in production and demand, case studies and long-term outlook*, pp. 47–52. Study No.7, Office of the Commissioner for Aquaculture Development, Canada.
- Gomes, L.C., Chagas, E.C., Martins-Junior, H., Roubach, R., Ono, E.A. & Lourenco, J.N.P. 2005. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture, Pesq. agropec. bras.* 40(3): 299–303.
- Gupta, M.V. & Acosta, B.O. 2004. A review of global tilapia farming practices. *Aquacult. Asia*, 10(1): 7–12, 16.
- Hernández-Rodríguez, A., Alceste-Oliviero, C., Sanchez, R., Jory, D., Vidal, L. & Constain-Franco, L-F. 2001. Aquaculture development trends in Latin America and the Caribbean. Dans R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, (éds). *Aquaculture in the Third Millennium*, pp. 317–340. Technical proceedings of

- the conference on aquaculture in the third millennium. NACA, Bangkok and FAO, Rome.
- IDB (Inter-American Development Bank).** 2005. IDB in Peru. *Lake Titicaca trout*. (disponible à <http://www.iadb.org/exr/am/2004/index.cfm?language=englishandop=pressandpg=34>)
- Intrafish.** 2003. *Chile 2002–The beginning of a new era*, pp. 1–45. Intrafish Media. Industry Report, January 2003.
- Kubitza, F.** 2004a. *An overview of tilapia aquaculture in Brazil*. ISTA 6: *New Dimensions on Farmed Tilapia*. 6th International Symposium on Tilapia Aquaculture. Regional reviews. Philippines, 12–16 September 2004.
- Kubitza, F.** 2004b. *Cage culture in Brazil: a social, economic and environmental issue*. IWFRM 2004. International Symposium-Workshop on Integrated Water and Fisheries Resources Management in Developing Countries. SESSION IV–Integrated Water and Fisheries Resources Management in the Lake/Reservoir Ecosystem. Calamba, Philippines, 20–22 September 2004.
- Lovshin, L.** 2000. Tilapia culture in Brazil. Dans BA. Costa-Pierce & J.E. Rackocy, (éds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 133–140. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- McGinty, A.S. & Rakocy, J.** 2003. *Cage culture of tilapia*, pp. 27–34. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publ. No. 281.
- Orachunwong, C., Thammasart, S. & Lohawatanakul, C.** 2001. Recent developments in tilapia feeds. Dans S. Subasinghe & T. Singh, (éds). *Tilapia: production, marketing and technological developments - Proceedings of the Tilapia 2001 International Technical and Trade Conference on Tilapia, 28–30 May 2001*, pp. 113–122. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Paquette, P.** 2003. Tuna in the international market for seafood. Dans C.R. Bridges, H. Gordin & A. García. 1. *Domestication of the bluefin tuna Thunnus thynnus thynnus Zaragoza*, pp. 12–18. Cartagena, Spain, International Symposium on Domestication of the Bluefin Tuna.
- Perez, O.M., Telfer, C., Beveridge, M. & Ross, L.** 2002. Geographical information systems (GIS) as a simple tool to aid modelling of particular waste distribution at marine fish cage sites. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, 54: 761–768.
- Pullin, R., Palomares, M., Casal, C. & Pauly, D.** 1997. Environmental impact of tilapias. Dans K. Fitzsimmons, (éd.). *Tilapia aquaculture - Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, pp. 554–570. New York, NY, USA, Northeast Regional Aquacultural Engineering Service.
- Radford, T.** 2005. Tipping the scales. *The Guardian*, 31 March 2005.
- Sawada, Y., Okada, T., Miyashita, S., Murata, O. & Kumai, H.** 2005. Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel) life cycle. *Aquacult. Res.*, 36: 413–421.
- Schonwald, J.** 2006. A fish farmer's tale—could this be the next salmon? *Miami New Times*, 19 January 2006.
- Sepúlveda, M. & Oliva, D.** 2005. Interactions between South American sea lions *Otaria flavescens* (Shaw) and salmon farms in southern Chile. *Aquacult. Res.*, 11: 1062–1068.
- Soto, D., Arismendi, I., Gonzalez, J., Guzman, E., Sanzana, J., Jara, F., Jara, C. & Lara, A.** 2006. Southern Chile, trout and salmon country: conditions for invasion success and challenges for biodiversity conservation. *Rev. Chil. Nat. Hist.*, 79: 97–117.
- Soto, D., Jara, F. & Moreno, C.** 2001. Escaped salmon in the Chiloe and Aysen inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecol. Appl.*, 11: 1750–1762.
- Soto, D. & Norambuena, F.** 2004. Evaluating salmon farming nutrient input effects in southern Chile inland seas: a large scale mensurative experiment. 2004. *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 1–9.
- Suplicy F.** 2004. *National aquaculture sector overview—Brazil*. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI), Rome.
- Sylvia P., Belle, S. & Smart, A.** 2003. Current status and future prospective of bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) farming in Mexico and the west coast of the United States. Dans C.R. Bridges, H. Gordin & A. García, (éds). *Domestication of the bluefin tuna Thunnus thynnus thynnus Zaragoza*, pp. 197–200. Cartagena, Spain, First International Symposium on Domestication of the Bluefin Tuna.
- Tiedemand-Johannesen, P.** 1999. Salmonid culture: history and development. Dans S. Willoughby, (éd.). *Manual of salmon farming*, pp. 1–19. Oxford, UK, Fishing News Books.
- Watanabe, W.O., Losordo, T.M., Fitzsimmons, K. & Hanley, F.** 2002. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. *Rev. Fish. Sci.*, 10: 465–498.
- Welcomme, R.L.** 1988. *International introductions of inland aquatic species*, pp. 23–27. Fishery Resources and Environment Division, FAO Fisheries Department. Rome.
- Willoughby S.** 1999. Salmon farming technology. Dans S. Willoughby, (éd.). *Manual of salmon farming*, pp. 123–154. Fishing News Book. Oxford.







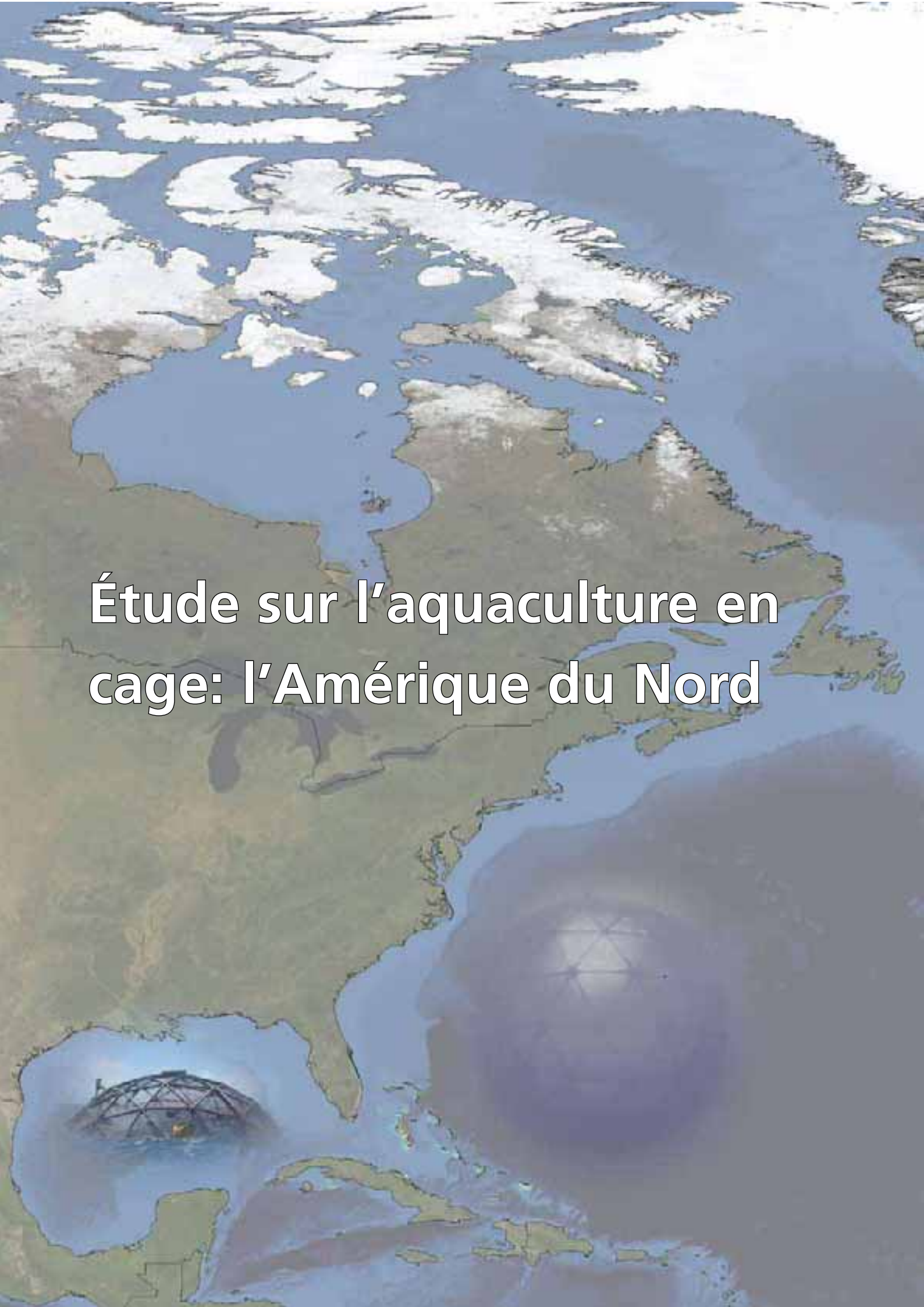
### Production issue de l'aquaculture en cage 2005

Les données ont été extraites des statistiques sur les pêches soumises à la FAO par les pays membres pour l'année 2005. Faute de données pour 2005, les données de 2004 ont été utilisées.



Carte en arrière-plan Blue Marble: next generation reproduite avec l'aimable autorisation de l'Earth Observatory de la NASA





Étude sur l'aquaculture en cage: l'Amérique du Nord



