

Avant-propos

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'humanité a essayé de faire face à l'augmentation croissante de sa population. Le système de production de protéines animales basé sur l'élevage d'animaux terrestres s'est révélé rapidement insuffisant pour répondre aux besoins alimentaires générés par la démographie de nombreux pays asiatiques tels que la Chine ou encore l'Inde. Ce défi de sécurité alimentaire a été en grande partie relevé grâce au développement de l'aquaculture, et plus particulièrement de la pisciculture. L'élevage de poissons d'eau douce, comme le tilapia ou encore la truite, est à l'origine de l'essor mondial de la pisciculture continentale. Dans le domaine de la pisciculture marine, le saumon atlantique, espèce diadrome au comportement anadrome, s'est rapidement imposé comme modèle de développement et de production dans ce type d'aquaculture. Le génie génétique, procédé biotechnologique soumis à de nombreuses controverses, a permis la production de poissons transgéniques à partir d'espèces couramment exploitées par la pisciculture.

Cet ouvrage fait le point sur les caractéristiques biologiques des poissons concernés, leur mode traditionnel d'élevage et l'apport des biotechnologies sur le développement d'une nouvelle aquaculture qualifiée de « révolution bleue » par ses initiateurs.

Le développement de la transgénèse ne se limite pas toutefois aux organismes marins d'origine animale. Plus récemment, l'obtention de microalgues génétiquement modifiées a permis la création d'anticorps humanisés ou de vaccins recombinés. Cette approche biotechnologique, très peu développée au niveau industriel, n'en demeure pas moins un exemple intéressant d'application de la transgénèse. À ce titre, elle fait l'objet d'un court développement au sein de l'ouvrage.

Les biotechnologies marines ou biotechnologies bleues ne se limitent pas à la transgénèse appliquée aux organismes marins, qu'ils soient d'origine animale ou végétale.

La technologie appliquée au vivant inclut notamment tous les procédés susceptibles de changer les caractéristiques d'une matrice biologique en modifiant sa composition, sa valeur nutritionnelle ou encore sa qualité organoleptique.

Dans ce contexte, cet ouvrage traite également des procédés de transformation de nature enzymatique ou fermentaire qui peuvent être appliqués sur une matrice animale (filets de poissons) ou végétale (algues), afin d'améliorer la plus-value nutritionnelle ou organoleptique du produit final. Un focus particulier est réalisé sur l'apport du génie enzymatique dans l'élimination de composés antinutritionnels dans les algues et le développement de nouveaux arômes dans le cas des filets de poissons ou encore des algues.

Outre les aspects biotechnologiques, l'ouvrage fait également le point sur les verrous réglementaires qui peuvent, selon les pays, s'appliquer aux produits issus de la biotechnologie bleue, et plus particulièrement aux organismes génétiquement modifiés.

D'une manière plus générale, cet ouvrage a pour objectif de faire le point sur les modes de production aquacole intégrant la transgénèse comme outil biotechnologique et sur les modes de transformation biotechnologique appliqués aux ressources marines, quel que soit leur mode d'obtention (pêche, aquaculture traditionnelle, aquaculture « révolution bleue »).

À ce titre, il s'adresse plus particulièrement aux enseignants-chercheurs, aux enseignants et aux ingénieurs travaillant dans les secteurs de l'aquaculture ou de la valorisation des produits de la mer. Il concerne également les étudiants ou les élèves ingénieurs se formant dans ces domaines.

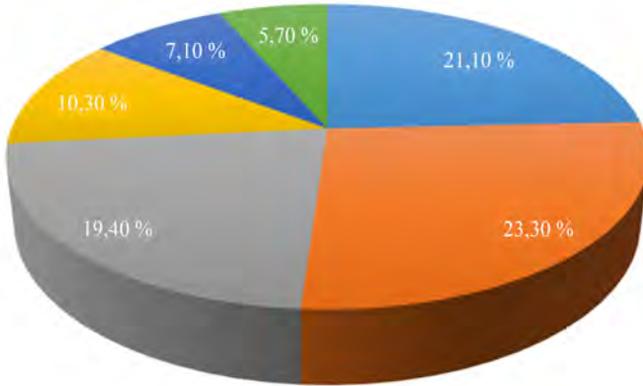
Introduction

Les ressources aquatiques jouent un rôle important dans l'apport alimentaire global de nombreuses populations. Cela est particulièrement vrai pour la Chine où le poisson représentait un peu plus de 21 % de l'apport en protéines animales dans l'alimentation de la population au début des années 2000 (voir figure I.1) (Tacon 2003). À l'échelle du continent asiatique, la consommation de poisson contribuait, quant à elle, à la fourniture de 23 % de la ration alimentaire en protéines animales (voir figure I.1).

Depuis le début des années 1960, le taux de croissance annuel de consommation de poisson s'établit à 3,1 %, alors que l'accroissement démographique annuel de la population humaine est deux fois moindre (1,6 %) (FAO 2020). Cette augmentation annuelle de la consommation de poisson est nettement supérieure à celle d'autres sources de protéines alimentaires animales comme la viande, le lait ou ses dérivés (+ 2,1 %).

Cette tendance se traduit aujourd'hui par une consommation de 30 à 50 kg de poisson par an et par habitant en Asie (FAO 2020). L'Europe maritime, avec des pays comme la France, l'Espagne et la Scandinavie, montre un taux de consommation de poissons comparable à ceux rapportés pour le continent asiatique (FAO 2020). En revanche, certains pays tels que le Groenland, la Norvège ou encore l'Islande affichent des niveaux de consommation en poissons dépassant largement les 50 kg par an et par habitant (FAO 2020).

L'apport du poisson comme source de protéines animales dans l'alimentation humaine a donc permis de faire face aux défis démographiques qui se posaient à la population mondiale. Cet enjeu de sécurité alimentaire a été relevé grâce à l'augmentation des captures halieutiques, mais également par le développement sans précédent de l'aquaculture au cours des quatre dernières décennies (voir figure I.2).



■ Chine ■ Asie ■ Afrique ■ Europe ■ Amérique du Nord ■ Amérique du Sud

Figure I.1. Répartition de l'apport en protéines animales par la consommation de poisson selon différentes régions du monde (d'après (Tacon 2003))

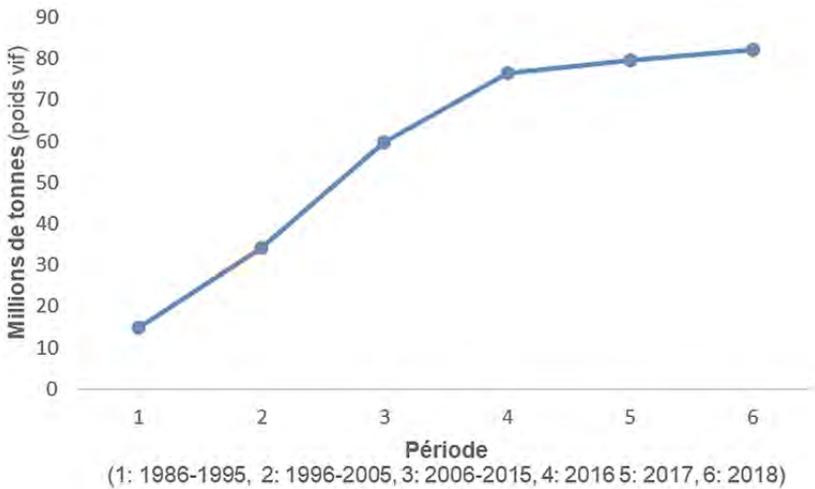


Figure I.2. Évolution sur les quatre dernières décennies de la production mondiale aquacole de poissons, terme incluant mollusques et crustacés dans ce bilan global (d'après (FAO 2020))

La production de poissons par aquaculture, appelée également pisciculture, représente aujourd'hui 52 % des volumes destinés à la consommation humaine (FAO 2020). L'élevage d'espèces d'eau douce qualifié de pisciculture continentale produit principalement différentes espèces de carpe et une espèce de tilapia (tilapia du Nil) (voir tableau I.1). De manière distinctive, la production aquacole d'espèces marines est répertoriée sous le terme de pisciculture marine.

Espèces de poissons	Tonnage en poids vif (milliers de tonnes)
Carpe herbivore (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	5 704,0
Carpe argentée (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	4 788,5
Tilapia du Nil (<i>Oreochromis niloticus</i>)	4 525,4
Carpe commune (<i>Cyprinus carpio</i>)	4 189,5
Saumon de l'Atlantique (<i>Salmo salar</i>)	2 435,9
Truite arc-en-ciel (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	848,1
Poissons marins	767,5

Tableau I.1. Production mondiale de l'année 2018 des principales espèces piscicoles (d'après (FAO 2020))

L'essor de la pisciculture s'est appuyé sur l'élevage d'espèces telles que le tilapia, la carpe et certains salmonidés comme la truite ou le saumon. Parallèlement à la pisciculture traditionnelle, un nouveau concept qualifié de « révolution bleue » basée sur la transformation génétique de ces espèces s'est également développé depuis une trentaine d'années. Le génie génétique, outil de la transgénèse, peut aussi être appliqué à d'autres ressources aquatiques telles que les microalgues à des fins de production de molécules d'intérêt thérapeutique, par exemple, pour les antiviraux (Fleurence 2021a).

Cette approche biotechnologique impliquant des organismes marins ou dulçaquicoles est qualifiée de « biotechnologie bleue ». Toutefois, ces dernières ne se limitent pas au génie génétique appliqué à la transgénèse. En effet, l'emploi du génie enzymatique ou du génie microbiologique en vue de transformer les propriétés nutritionnelles ou organoleptiques d'une ressource alimentaire marine est considéré également comme une approche biotechnologique incluse dans le concept des biotechnologies bleues. Cette dernière est notamment appliquée sur les macroalgues ou les poissons pour améliorer les qualités nutritionnelles ou gustatives des produits proposés à la consommation humaine.