

### Pisciculture marine de « nouvelles espèces » d'élevage pour l'Europe

Marc Suquet<sup>1</sup>  
Pascal Divanach<sup>2</sup>  
Jérôme Hussenot<sup>3</sup>  
Denis Coves<sup>4</sup>  
Christian Fauvel<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ifremer  
Station Expérimentale d'Argenton  
Presqu'île du Vivier  
29840 Argenton  
France  
<Marc.suquet@ifremer.fr>

<sup>2</sup> Hellenic Centre of Marine Research, Crete  
P.O. Box 2214  
Heraklion 71003  
Crete  
Greece  
<divanach@her.hcmr.gr>

<sup>3</sup> Ifremer  
Polder des champs  
85230 Bouin  
France  
<jerome.hussenot@ifremer.fr>

<sup>4</sup> Ifremer  
Chemin de Maguelone  
34250 Palavas les flots  
France  
<denis.coves@ifremer.fr>

#### Résumé

En Europe, la pisciculture marine s'est développée en deux vagues successives : celle du saumon atlantique, puis celle du bar et de la daurade. L'élevage de « nouvelles espèces de poissons marins » répond à de nombreux avantages complémentaires. Cet article présente l'état de la production de ces « nouvelles espèces », l'historique des recherches menées, les problèmes et perspectives liés au développement de leur élevage.

**Mots clés :** diversification ; espèce ; Europe ; pisciculture ; poisson marin.

**Thèmes :** pêche et aquaculture ; productions animales ; ressources naturelles et environnement.

#### Abstract

##### Marine fish culture of "new species" farmed in Europe

In Europe, fish aquaculture in a marine environment developed following two successive waves: Atlantic salmon and then sea-bass and sea-bream. Rearing "new marine fish species" is sustained for many complementary reasons. This paper aims at presenting the aquaculture status of these "new species," research carried out and then problems and perspectives suggested by farming development in these species.

**Key words:** diversification; Europa; fish culture; sea fishes; species.

**Subjects:** animal production; fishing and aquaculture; natural resources and environment.

En Europe, la pisciculture marine s'est développée en deux vagues successives : celle du saumon atlantique (*Salmo salar*), débutée dans les années 1970, puis celle du bar (*Dicentrarchus labrax*) et de la daurade royale (*Sparus aurata*), initiée au début des années 1980. En 2005, la production de ces deux vagues aquacoles est respectivement de 800 000 tonnes et de 122 000 tonnes. L'élevage de « nouvelles espèces », l'expression étant usuelle mais peu adaptée pour des espèces existant dans le milieu naturel, est justifié par une amélioration de l'adaptation aux conditions variées de l'environnement observées en Europe (température de l'eau de mer variant entre 4 et 24 °C, au cours du mois de décembre 2007) grâce à la disponibilité d'un éventail d'espèces variées. Grâce aux « nouvelles espèces », on peut espérer une augmentation des perfor-

mances observées en élevage (poids à un an compris entre 0,2 kg chez le bar et 5 kg chez le thon rouge, *Thunnus thynnus*), une répartition sur plusieurs espèces des risques liés à l'élevage en accord avec le proverbe populaire « ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier » et une meilleure adéquation aux demandes des distributeurs et des consommateurs (rendements en filets compris entre 40 % chez le bar et 60 % chez le thon rouge ; Suquet *et al.*, 2002).

En Atlantique, les premiers essais d'élevage de morues sont entrepris durant la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Des recherches se sont également développées sur l'élevage du flétan ou de la sole commune. En Méditerranée, les premiers essais de diversification aquacole ont commencé dans les années 1970 par la mise en élevage de juvéniles ou d'adultes à des fins de reproduction. La fécondation artificielle de

Tirés à part : M. Suquet

gamètes collectés sur géniteurs morts à la criée de Sète (Divanach et Kentouri, 1984) a ouvert la voie à l'élevage larvaire de nombreuses espèces. La larviculture intensive avec zooplancton sauvage récolté dans des salins et l'élevage larvaire extensif sur chaînes alimentaires endogènes (Divanach et Kentouri, 1986) ont lancé les bases biologiques de l'élevage de différents sparidés.

L'objectif de cet article est de présenter l'état de la production des principales « nouvelles espèces » de poissons marins candidates à l'aquaculture en Europe, l'historique des recherches menées sur ces espèces ainsi que les problèmes et perspectives liés au développement de leur élevage.

## Atlantique et mer du Nord

### Morue (*Gadus morhua*)

L'élevage de la morue devrait constituer la troisième vague de développement aquacole après celle du saumon et celle du bar et de la daurade royale. Les premières tentatives d'élevage ne sont pas récentes : dès 1865 en Norvège, Georg Ossian Sars obtient, par fécondation artificielle, des larves de cette espèce (Svåsand *et al.*, 2000). Ces méthodes sont, par la suite, développées aux États-Unis dans les écloséries de Gloucester et de Woods Hole et en Norvège à Flødevigen. Suivant les idées exposées, en 1848, par J.L.A. de Quatrefages, naturaliste français, la stratégie de ces écloséries est de soutenir le recrutement naturel et de « semer du poisson comme on sème du grain ». En Norvège, 20 à 400 millions de larves sont relâchées annuellement entre 1890 et 1970. Ces opérations sont arrêtées, en 1971, sans qu'une amélioration du recrutement ait pu être démontrée. Ce faible rendement est confirmé par les résultats d'un lâcher expérimental de 18 millions de larves de morue dans un fjord norvégien, aboutissant à la récolte de moins de 120 juvéniles (Svåsand *et al.*, 2000). À partir des années 1980, des juvéniles de taille supérieure à 10 cm sont relâchés sans qu'un effet positif sur le recrutement ne soit, à nouveau, démontré.

Dès 1990, des recherches sont menées dont l'objectif n'est plus le soutien au recrutement mais la production d'ani-

maux destinés à la consommation. L'espèce est le point de convergence d'arguments soutenant le développement de son élevage : effondrement des débarquements mondiaux (de 3,8 millions de tonnes en 1968 à 900 000 tonnes en 2004), augmentation des prix (de 12,4 euros/kg, en France en 2001, à 14,7 euros/kg en 2006 ; Ofimer, 2007), bonne capacité de transformation, réputation confirmée auprès des consommateurs, croissance rapide (2 kg en deux ans), bonne connaissance de la biologie (7 200 références dans la base bibliographique, ASFA) et expérience aquacole conséquente. La morue est sélectionnée lors d'enquêtes effectuées en France auprès d'aquaculteurs, de transformateurs et de distributeurs, comme l'espèce dont l'élevage doit être privilégié (Quemener *et al.*, 2002).

Après des fluctuations annuelles observées entre 1987 et 2000 avec une production maximale de 645 tonnes, l'aquaculture de la morue a véritablement débuté à partir de 2001 pour atteindre plus de 8 000 tonnes en 2005 (*figure 1*), correspondant à 15 % de la production de bar en élevage, relevée la même année. L'aquaculture de la morue s'est développée en Norvège, en Islande, au Royaume-Uni, au Canada et aux États-Unis, mais seuls les trois premiers pays affichent une production significative (*figure 2*), la Norvège réalisant plus de 90 % de la production mondiale. Huit millions de juvéniles sont produits dans ce pays et

deux millions au Royaume-Uni. En Norvège, le développement de l'élevage de morues est soutenu par des conditions favorables de l'environnement, une expérience acquise sur les salmonidés, des aides gouvernementales importantes et la volonté d'investissement de grandes entreprises (Bjornsson *et al.*, 2009).

Inspiré par le développement de l'aquaculture du bar et de la daurade, l'élevage de la morue a évolué vers un mode de production intensif. Les reproducteurs sont maintenus dans des bassins de grande taille, à des charges comprises entre 5 et 10 kg/m<sup>3</sup>. La ponte est spontanée, et les œufs sont récupérés durant l'ensemble du cycle annuel par manipulation de la photopériode. Des survies supérieures à 40 % ont été observées par optimisation des conditions d'élevage larvaire (Brown *et al.*, 2003). Des morues de 3 kg sont obtenues 24 mois après éclosion de l'œuf (Roselund et Skretting, 2006).

Afin de soutenir le développement de l'aquaculture de la morue, des travaux doivent être menés dans le but d'améliorer certaines des étapes de l'élevage (Kjesbu *et al.*, 2006). La mise en place de programmes de sélection, initiés en Norvège comme en Islande à partir de 2005, doit être poursuivie. La formulation de micro-particules à partir des besoins de l'espèce (Wold *et al.*, 2007) devrait améliorer les performances enregistrées lors des élevages larvaires. La majorité des morues, âgées de deux années et élevées en cages, atteint la maturation sexuelle avant

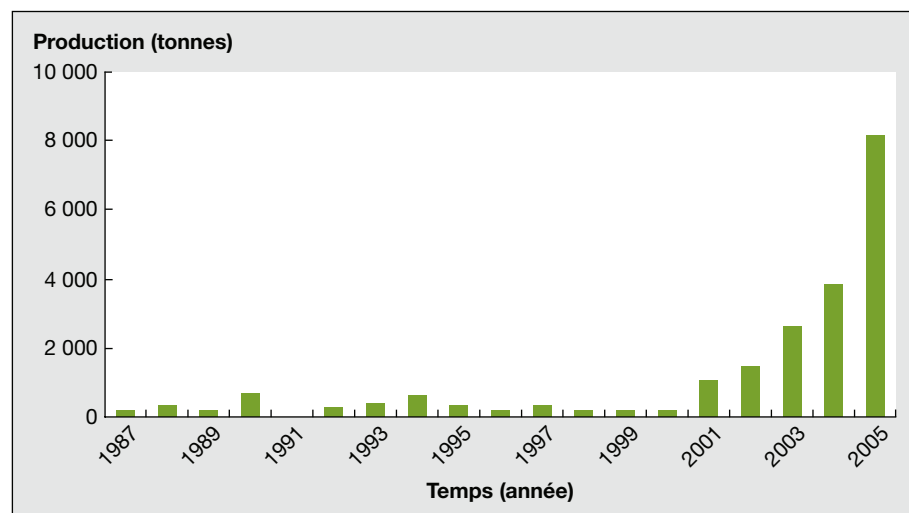


Figure 1. Évolution de la production européenne de morues d'élevage en Europe entre 1987 et 2005 (données FAO, 2007a).

Figure 1. Changes in cod European production by aquaculture between 1987 and 2005 (from FAO, 2007a).

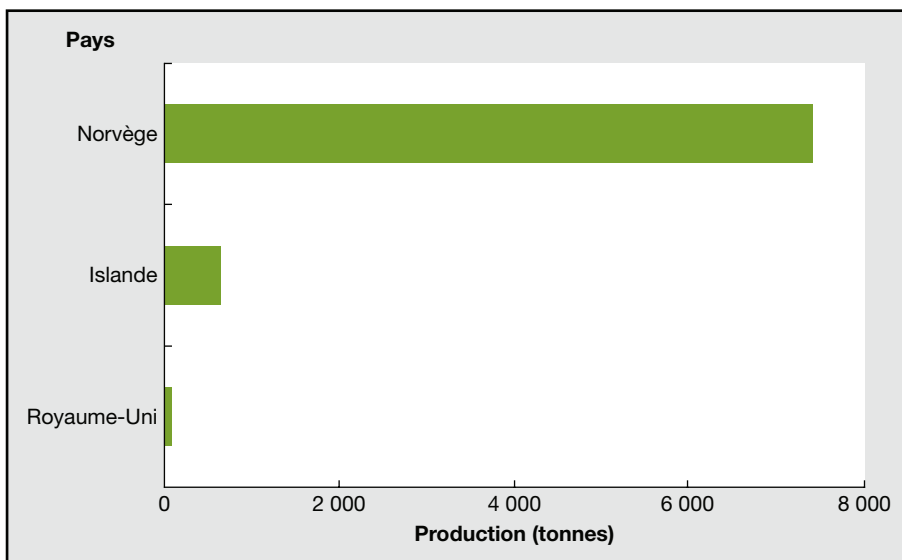


Figure 2. Répartition par pays des productions de morues d'élevage, en 2005, en Europe (données FAO, 2007a).

Figure 2. Cod aquaculture production in 2005 in European countries (from FAO, 2007a).

la vente pour consommation. Ce phénomène affecte la croissance observée, l'aliment ingéré étant détourné vers la fonction de reproduction. Les essais de maintien de lumière artificielle, destinés à bloquer la maturation sexuelle des animaux, ne sont pas entièrement concluants. Enfin, et comme pour toute filière d'élevage en expansion, il est indispensable de mieux connaître les nombreux pathogènes pouvant affecter l'élevage de la morue (Bricknell *et al.*, 2006) et d'envisager des stratégies préventives comme curatives, limitant leurs effets.

L'élevage de la morue devrait se développer rapidement, des productions mondiales comprises entre 150 000 et 200 000 tonnes étant prévues pour 2010 (Rosenlund et Skretting, 2006). La France pourrait connaître un développement intéressant de cet élevage : les températures relevées sur la partie nord du littoral national, correspondant au sud de l'aire de répartition de l'espèce, devraient favoriser la croissance de la morue. Comparée à celle du saumon ou du bar lors de l'initiation de leur production en aquaculture, l'image moins luxueuse de la morue auprès des consommateurs était considérée comme étant un des freins au développement de l'aquaculture de cette espèce (Girard et Paquette, 2003). L'écroulement dramatique des débarquements et l'augmentation parallèle du prix de vente de la morue suggèrent que cette perception est en cours d'évolution vers celle d'un véritable produit de luxe. De telles condi-

tions devraient favoriser le développement de l'aquaculture de la morue.

### Flétan (*Hippoglossus hippoglossus*)

Parmi les caractéristiques biologiques du flétan atlantique résumées par Haug (1990), plusieurs soutiennent l'élevage de cette espèce : le flétan présente une taille maximale parmi les plus élevées observées chez les poissons de l'Atlan-

tique Nord, puisque des animaux de plus de 300 kg ont été capturés. Des poids de 3 à 6 kg sont atteints après 30 à 40 mois d'élevage (Brown, 2002). Comme d'autres espèces de poissons plats telles que le turbot, le flétan peut être maintenu à de fortes densités (50 à 75 kg/m<sup>2</sup>) durant la phase de grossissement. Le rendement en filet est élevé et compris entre 50 et 60 % chez des poissons adultes.

Les premiers essais d'élevage ont été réalisés, en 1934, par Rollesfsen, en Norvège : le biologiste maintient des larves en vie jusqu'à dix jours. Les recherches menées sur l'espèce connaissent un nouveau développement à partir de 1974 : la capture d'individus matures permet la production d'un petit nombre de larves (Mangor-Jensen *et al.*, 1998). Ces résultats ont soutenu la mise en place en Norvège d'un programme de recherches sur l'élevage de l'espèce. Au Royaume-Uni, les premiers essais sont réalisés à partir de 1983, et une éclosion commerciale est construite en 1989, accompagnée par un programme national de recherche (Shields *et al.*, 1999). En 2005, 1 445 tonnes de flétan sont produites par l'aquaculture (figure 3). Plus de 80 % de ce tonnage est produit en Norvège.

La ponte est obtenue par massage abdominal des reproducteurs et fécondation artificielle des ovules. Cette stratégie, indispensable chez des animaux ne pondant pas spontanément en captivité, nécessite une bonne connaissance des cycles individuels de maturation afin d'éviter la surmaturation des ovules. À

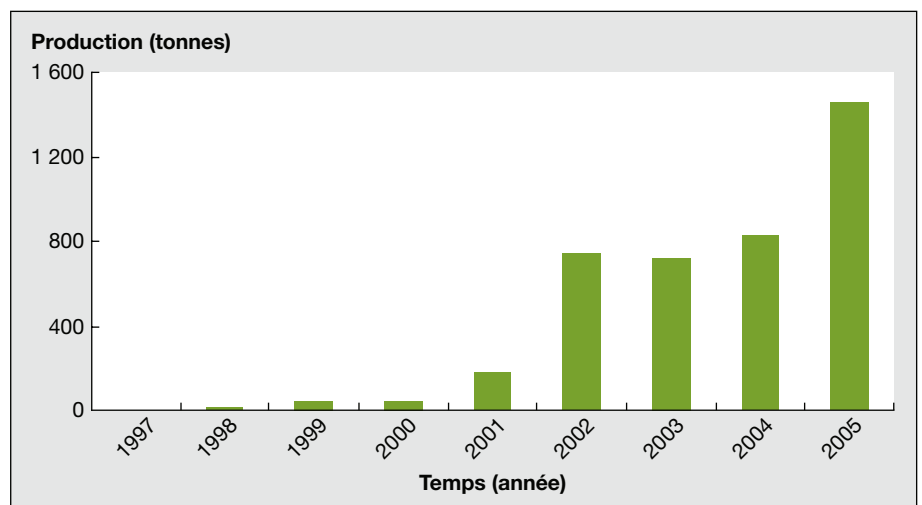


Figure 3. Évolution de la production européenne de flétans d'élevage en Europe entre 1997 et 2005 (données FAO, 2007a).

Figure 3. Changes in halibut European production by aquaculture between 1997 and 2005 (from FAO, 2007a).

une température de 6 °C, la durée de la phase, comprise entre la fécondation et la première prise de nourriture, est longue et voisine de 40 jours (Harboe et Reiten, 2005). Des malformations telles que mau- vaise pigmentation, absence de migration de l'œil ou anomalie de la mâchoire sont fréquemment observées chez les juvéni- les, bien que leur fréquence reste difficile à estimer avec précision. Une meilleure connaissance des besoins nutritionnels des larves et juvéniles, la définition d'ali- ments adaptés à ces besoins, mais égale- ment une bonne adaptation des condi- tions d'élevage telles que la température constituent des voies de recherche pro- metteuses en vue de limiter ces malforma- tions. La durée de la phase de croissance, comprise entre trois et quatre années, reste pénalisante pour le développement de l'aquaculture du flétan. L'observation, chez quelques individus, de taux de crois- sance largement supérieurs, laisse espérer une réduction de cette phase après sélec- tion des animaux. Enfin, des mortalités récurrentes de larves et de juvéniles, asso- ciées à la présence de nodavirus, ont été rapportées (Nerland *et al.*, 2001).

## Soles (*Solea solea* et *Solea senegalensis*)

Les soles sont des espèces de haute valeur gastronomique et marchande en Europe. La production en masse d'alevins en éclo- serie est considérée comme relativement aisée. Les deux espèces envisagées en alternative au bar et à la daurade sont :

- la sole commune (*S. solea*) qui vit natu- rellement sur l'ensemble des côtes euro- péennes de l'Atlantique et de la Médité- rranée ;
- la sole sénégalaise (*S. senegalensis*) plus méridionale, dont la limite septentrionale est le milieu de la côte atlantique française (Charente-Maritime), et la zone domi- nante le bassin méditerranéen et les côtes africaines de l'Atlantique.

La sole commune est une des premières espèces marines sur laquelle des recher- ches scientifiques ont été menées dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle sur la reproduction et le développement larvaire, en vue de déve- lopper le repeuplement et la pisciculture marine (Fabre-Domergue et Biéatrix, 1905). Le Centre océanologique de Bre- tagne (CNEXO-Ifremer), dans les années 1970-1980, a effectué des recherches sur la reproduction, l'élevage larvaire (Girin, 1979) et le sevrage sur aliment composé de la sole commune. À cette époque, des essais de production extensive d'alevins à

partir de larves naissantes, et de crois- sance en extensif en marais, ont été aussi expérimentés. En éclosérie, la pro- duction de juvéniles d'un mois non sevrés a été rapidement considérée comme maî- trisée en France, comme en Italie et au Royaume-Uni. Le sevrage sur aliment arti- ficiel s'est montré, en revanche, plus déli- cat que pour le bar ou la daurade, la sole n'acceptant pas les mêmes aliments et nécessitant l'emploi de substances attrac- tives particulières. Aujourd'hui, un ali- ment de sevrage performant existe suite à des recherches britanniques. Mais il est admis que la sole commune n'est pas un poisson dont l'élevage intensif peut, à l'heure actuelle, être pratiqué à haute densité ; Schram *et al.*, (2006) recomman- dent une densité de 7 kg/m<sup>2</sup> pour attein- dre une productivité maximale.

La sole sénégalaise a été étudiée par les laboratoires portugais et espagnols à par- tir des années 1980-1990. Les efforts ont porté en priorité sur la reproduction en captivité, puis sur la production de juvé- niles sevrés. Un Plan national pour la culture de la sole (JACUMAR) a été mis en place durant la période 2002-2004, associant cinq régions d'Espagne. Il a per- mis d'accélérer la recherche sans, toute- fois, résoudre tous les points de blocage sur les facteurs favorisant la ponte dans l'objectif d'obtenir des pontes décalées, sur l'élevage larvaire et le sevrage à l'ali- ment composé et sur l'engraissement en bassin de terre. Il est admis aujourd'hui de pouvoir produire 90 jours après l'éclosion des juvéniles sevrés de 1,5 g avec 80 % de survie et d'atteindre des poids moyens de 450 g après un an d'élevage en bassin semi-intensif (Dinis *et al.*, 1999). La den- sité en élevage montre des effets beau- coup moins marqués sur les performan- ces de croissance que pour la sole commune ; Sanchez *et al.*, (2007) esti- ment possible l'élevage de la sole sénéga- laise à des charges finales de 42 kg/m<sup>2</sup>, alors que d'autres travaux sous presse préconisent de rester en dessous de 10 kg/m<sup>2</sup>. Les mortalités, durant la phase de croissance, sont aujourd'hui le facteur principal qui limite le développement.

En France, aucune éclosérie ou ferme de grossissement de soles n'existe à l'heure actuelle. Entre 2000 et 2005, la production annuelle moyenne en Europe des deux espèces a été d'environ 35 tonnes (mini- mum : 19 tonnes, maximum : 74 tonnes, (source FAOSTAT), alors que la seule pêche française produit 4 000 à 5 000 tonnes par an). En Europe, l'Espagne est le pays qui semble le plus avancé dans le

développement, avec 40 à 50 tonnes de production et six à huit écloséries (*tableau 1*). Le prix moyen de vente, en 2006 (départ ferme d'élevage), était de l'ordre de 10-14 euros/kg. La production européenne des écloséries n'a probable- ment pas dépassé un total de 1 à 1,5 mil- lion de juvéniles en 2006, avec une pro- duction moyenne de 0,2 million par site (*tableau 1*).

Dans les dix dernières années, plusieurs articles de synthèse ont été publiés soit pour faire le point plus spécifique sur l'état des recherches sur l'élevage de *S. solea* (Howell, 1997) ou de *S. senegalensis* (Dinis *et al.*, 1999 ; Dinis, 2007), soit sur la comparaison des poten- tialités des deux espèces (Flos *et al.*, 1998 ; Howell *et al.*, 2006 ; Imsland *et al.*, 2003). Il ressort de ces différents docu- ments que la sole sénégalaise présente de meilleurs atouts pour l'élevage que la sole commune, du point de vue des capacités de croissance et des possibilités d'intensi- fication. Mais les problèmes pathologi- ques entraînent toujours des risques éle- vés de mortalités qui limitent le développement des entreprises.

Le groupe de travail européen sur la sole, réuni pour la troisième fois à Cadix (Howell *et al.*, 2006), a défini comme principales priorités de recherche pour les besoins du développement industriel de la sole :

- la gestion des géniteurs pour obtenir des pontes toute l'année ;
- l'amélioration de la qualité de la nour- riture ;
- la mise au point de systèmes d'élevage en recirculation ;
- La prévention des pathologies (vaccins pour les pathologies à *Flexibacter* et *Pasteurella*, probiotiques ou immunostimu- lants pour les virus).

L'effort de recherche sur les soles reste important, aussi bien au nord qu'au sud de l'Europe, même si la France a lâché pied sur cette espèce, après un gros effort dans les années 1970-1980. La sole séné- galaise reste, pour les aquaculteurs de la péninsule ibérique, un « challenge » pour engager une diversification dans les marais salés côtiers, actuellement utilisés pour l'élevage de la daurade royale. Les élevages de sole commune dans les pays du nord de l'Europe gardent un aspect plus expérimental et s'orientent vers des élevages en circuit d'eau recy- clée. Des solutions restent à trouver sur les deux espèces pour réduire le dévelop- pement des pathologies.

**Tableau 1. Estimation par pays de la production d'alevins, de soles de taille marchande en Europe et du nombre d'écloseries et de fermes de grossissement.**

Table 1. Estimation by country of juvenile and adult sole quantities in Europe and of the numbers of hatcheries and feeding farms.

Pays	Écloseries (nombre)	Juveniles 2005 ( $\times 10^6$ )	Juveniles 2006 ( $\times 10^6$ )	Fermes (nombre)	Production 2005 (t)	Production 2006 (t)
Espagne	6-8	0,3	0,4	7	38	48
France	0	0	0	0	0	0
Grèce	1-2	0,1	$\epsilon$	2	7 <sup>o</sup>	5 <sup>c</sup>
Italie	3	$\epsilon$	$\epsilon$	1	-	0,2
Pays-Bas	1	0,2	0,4	1	0	5
Portugal	2 <sup>d</sup>	0,2	0,1 <sup>e</sup>	nd	11	9
Royaume-Uni	1 <sup>a</sup>	$\epsilon$	$\epsilon$	1 <sup>b</sup>	0	0
<b>Total</b>	<b>14-17</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>56</b>	<b>67</b>

nd : pas de données ;  $\epsilon$  : quantité négligeable.

<sup>a</sup> Capacité de production.

<sup>b</sup> Stade expérimental.

<sup>c</sup> Données sur une seule écloserie.

<sup>d</sup> Y compris un centre de recherche.

<sup>e</sup> In 2007, 0,5 M.

**Tableau 2. Production cumulée de juvéniles de sparidés estimée depuis l'origine de l'élevage de l'espèce jusqu'en 2002.**

Table 2. Cumulated production of sparid juveniles from the beginning of aquaculture production to 2002.

Espèce	Nombre de juvéniles produits ( $\times 10^6$ )	Date de début des productions
<i>Puntazzo puntazzo</i>	34,3	1996
<i>Pagellus erythrinus</i>	16,2	1998
<i>Diplodus sargus</i>	3,9	1993
<i>Pagrus pagrus</i>	2,6	1995
<i>Pagrus major</i>	2,5	1998
<i>Dentex dentex</i>	1,1	1996
<i>Lithognathus mormyrus</i>	1,1	1999
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,9	1999

## Méditerranée

À la fin des années 1990, 32 espèces de poissons appartenant à 14 familles avaient été étudiées comme candidates à l'aquaculture (Basurco et Abellan, 1999). Treize d'entre elles, parmi lesquelles neuf sparidés, trois scianidés et un siganidé, présentaient un cycle suffisamment maîtrisé pour permettre une aquaculture intégrée. Aujourd'hui, l'aquaculture du maigre et du thon rouge s'est développée en Méditerranée occidentale. Dans la partie orientale de la Méditerranée et principalement en Grèce, 19 espèces appartenant essentiellement à la famille des

sparidés ont fait l'objet d'essais réels d'élevage intensif de la part de producteurs, avec autorisation de production en écloserie ou achat de nombres significatifs d'alevins (10 000-100 000) pour grossissement en cages flottantes avec aliment composé.

### Maigre (*Argyrosomus regius*)

Les pêcheries du maigre commun sont restreintes. Les prises annuelles sont variables et peuvent atteindre 10 000 tonnes. De plus, la taille des poissons pêchés est très dispersée. Ces caractéristiques

induisent de larges fluctuations de prix (Ofimer, 2006) qui mettent en évidence l'intérêt du consommateur pour l'espèce. Le maigre présente les caractères d'un bon candidat à l'aquaculture tels que la texture et le goût de la chair, une croissance rapide sous nos latitudes conduisant à une taille commerciale dans un délai raisonnable. L'élevage du maigre se développe très progressivement à partir d'alevins produits pratiquement exclusivement par deux écloseries françaises.

Le maigre est observé de l'Islande au Sénégal, il est aussi largement distribué en Méditerranée et en mer Noire et peut être trouvé en mer Rouge et dans l'océan Indien. Les captures de maigre ont progressé jusqu'à 10 000 tonnes par an entre les années 1950 et aujourd'hui, mais restent une contribution mineure à la pêche européenne. Les pêches de maigre provenaient de l'Atlantique Nord-Est jusqu'au début des années 1960, mais elles se sont effondrées et ont été compensées par un accroissement des pêches au large du Maroc et de la Mauritanie. Actuellement, la Méditerranée et l'Atlantique Nord-Est fournissent chacun seulement 10 % du débarquement total de maigre (Quemener, 2002).

La production aquacole de maigre est récente et limitée à la côte méditerranéenne française, la Corse et l'Italie. Elle atteint 1 000 tonnes par an en 2004. L'information sur la biologie de l'espèce en captivité est réduite du fait de sa faible

extension et de la stratégie industrielle des producteurs.

Les géniteurs sauvages s'adaptent bien à la captivité, et des stocks de géniteurs domestiqués ont déjà été créés. La première reproduction est obtenue chez des femelles de cinq ans. Au printemps, la ponte a lieu spontanément ou sous stimulation hormonale en bassins, et les embryons sont recueillis à la surface de l'eau. La saison de reproduction peut être décalée par variations des facteurs climatiques, autorisant une programmation optimisée de la production d'alevins. Les œufs de maigre mesurent 900-1000 µm de diamètre. Ils sont flottants. L'embryogenèse est rapide et conduit à l'éclosion à 75 °C/jours (Tixerant, 1974). L'élevage larvaire requiert une alimentation précoce à l'aide de rotifères, puis d'artémia en grande quantité pour limiter le cannibalisme. La technique actuelle est reproductible et profitable dans les conditions du marché de l'alevin. Des données utiles peuvent être tirées des travaux de Battaglene et Talbot (1994) sur une espèce proche (*A. hololepidotus*).

Le maigre est adapté aux conditions classiques d'élevage utilisées pour le bar et la daurade, en cages comme en bassins. Sur le littoral méditerranéen français, le maigre atteint 1,2 kg en moins de deux ans en cages avec une charge finale de 50 kg/m<sup>3</sup>. L'espèce est eurythermique avec une croissance significative dès 17 °C qui est optimale à 21 °C. De plus, le maigre présente des taux de conversion compris entre 1,5 et 2 lorsqu'il est nourri à l'aide d'aliments de grossissement pour bar ou daurade. Selon Bykov (Quemener, 2002), la chair du maigre est appréciée et sa qualité est comparable à celle des autres espèces marines élevées. Le taux bas de lipides et leur équilibre dans le muscle confèrent à l'espèce une haute valeur diététique. Cependant, le maigre pourrait demander une attention particulière pour la conservation à l'étal (Poli *et al.*, 2002).

Le marché du maigre est peu documenté. L'espèce n'est connue et appréciée que dans une aire restreinte (Sud de la France), mais son image progresse en Italie (Monfort, 2006). Le prix du maigre de pêche en France (2-9 euros/kg) dépend des débarquements (figure 4) mais est très inférieur à celui du bar (7-17 euros/kg). Au contraire, maigre et bar d'aquaculture ont une valeur de marché similaire, autour de 7 euros/kg probablement due à l'homogénéité du produit et à la régularité de l'approvisionnement. Dans le cas du maigre, un accroissement de l'approvisionnement

global (aquaculture et pêche) pourrait influencer positivement le marché en augmentant le nombre de consommateurs testeurs devenant consommateurs réguliers.

L'aquaculture du maigre est récente et n'a pas atteint sa maturité. Les techniques d'élevage et l'effort de production couvrent actuellement les besoins en alevins. Une meilleure connaissance de l'évolution du marché de ce poisson est un préalable à une augmentation de l'effort de développement. Comme le maigre ne montre pas de réactions rédhibitoires aux conditions d'élevages classiques des autres espèces, l'augmentation de la production pourra être envisagée techniquement si les conditions de marché le permettent.

## Sparidés

Parmi les sparidés (tableau 2), les cinq espèces les plus importantes sont :

- le sar à museau pointu, *Puntazzo puntazzo*, est la première espèce domestiquée et dominante de la catégorie *stripped sea bream* (FAO). Sa production a culminé à environ dix millions d'alevins et 2 500 tonnes par an à la fin des années 1990. Elle est actuellement d'environ cinq millions d'alevins pour 1 200 tonnes. En milieu naturel, l'espèce est partiellement herbivore, et sa chair, légèrement colorée et molle, a un goût un peu amer. Mais en élevage en cages avec aliment composé de type daurade, la chair est plus blanche et ferme et assez appréciée du marché. L'espèce a un comportement de nettoyage du filet qui la fait estimer en polyculture avec le bar. La croissance de 280-320 g à 18-24 mois plafonne ensuite, rendant la poursuite de l'élevage peu intéressante. Un parasitisme

buccal à isopodes peut créer des mortalités pendant la première année ;

- le pageot, *Pagellus erythrinus*, est une petite espèce à croissance initiale moyennement correcte de 220-250 g à 18-24 mois qui stagne ensuite. L'élevage larvaire avec méthode « pseudoverte » (Muller-Feuga *et al.*, 2003) ne présente pas de problème particulier. Sa production actuelle est d'environ cinq millions d'alevins et 1 200 tonnes par an. La couleur rose de la robe, peu affectée par l'élevage, le fait apprécier du marché et justifie sa production ;

- les pagres, *Pagrus major* et *Pagrus pagrus*, sont deux espèces mélangées dans la catégorie *red sea bream* FAO, qui combinent 3 000 à 5 000 tonnes de production annuelle. La première, importée du Japon *via* la Yougoslavie dans les années 1980, y était déjà domestiquée depuis une décennie et accumulait plusieurs générations de sélection génétique. Elle est facile à reproduire en écloserie, a une croissance en cages supérieure à celle de la daurade (700-900 g à 18 mois) et une coloration correcte (rose pale) sous réserve d'alimentation idoine. Elle est bien acceptée du marché malgré la présence de points bleus dans la robe. Mais de nombreux éleveurs l'ont supprimée de leur production au profit de la seconde, naturellement présente dans le milieu naturel. Cette seconde espèce a été domestiquée au début des années 1990 (Kentouri *et al.*, 1994). Elle se reproduit en mars-avril. Elle est facile à produire en écloserie sous réserve d'alimentation correcte pendant la phase larvaire et de disponibilité en individus âgés, des mâles n'étant observés qu'à partir d'un poids de 2 kg et

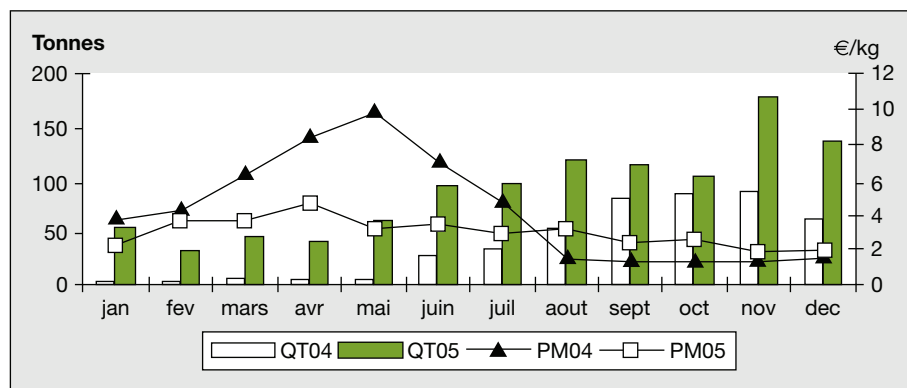


Figure 4. Variations du prix du maigre en fonction de la disponibilité.

Figure 4. Changes in meager selling price as a function of landings.

La figure compare les prix moyens mensuels (PMn) et les quantités débarquées (QTn) entre 2004 et 2005 (données Ofimer, 2006).

d'un âge minimum de cinq ans. Les larves ont des besoins élevés en acides gras poly-insaturés et protéines. Elles sont rapidement sevrées à l'aide d'aliment artificiel. La croissance est voisine de celle de la daurade. Mais la coloration trop rouge et sombre de la robe n'est pas bien acceptée par le marché. Le grossissement en cages immergées, en Crète, réduit fortement cet inconvénient ;

– le denté, *Dentex dentex*, qui peut atteindre 15 kg, est l'espèce phare de la Méditerranée orientale avec une haute valeur marchande (15-20 euros/kg). Mais l'élevage présente des spécificités qui limitent sa production (quelques centaines de tonnes) à quelques éleveurs (Dhert *et al.*, 1998 ; Efthimiou *et al.*, 1994). La reproduction en mai-juin est souvent gênée par une hydratation des femelles non suivie de la ponte et pouvant entraîner la mort. Un bon réglage de la photo et thermopériode et/ou l'utilisation d'implants hormonaux en grands bassins sont nécessaires. L'élevage larvaire facile en mésocosmes, plus complexe en conditions intensives, nécessite un bon enrichissement des proies et un *co-feeding* rapide (12-15 jours). Le sevrage précoce avec aliments humides ou frais de grande taille est aisé mais nécessite un soin particulier lorsqu'il est fait avec des granulés secs. L'adaptation précoce au *self-feeder* le favorise. Mauvaise alimentation et décalibrage peuvent engendrer un cannibalisme féroce. La mise en cages des alevins vers 1-5 g est souvent accompagnée de mortalités foudroyantes à myxobactéries, nécessitant un traitement antibiotique de quelques semaines. Un vaccin adéquat pourrait aider la situation. La croissance rapide (500-800 g à un an, 1,2-1,8 kg à deux ans) ainsi que la robe de belle couleur sont des atouts importants. Mais des déformations squelettiques restent possibles.

L'élevage de six autres sparidés (*Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus annularis*, *Lithognathus mormyrus*, *Oblada melanura*, *Pagellus bogaraveo*) a été maîtrisé, en utilisant des techniques d'élevage larvaire voisines de celles de la daurade (Divanach et Kentouri, 2000 ; Divanach *et al.*, 1998). Deux autres sparidés (*Boops boops*, *Pagellus acarne*), dont les juvéniles sauvages de 1 à 2 g, rentrent naturellement dans les cages en grande quantité et ont aussi été élevés avec succès. Mais bien que prisées par le marché, ces espèces sont maintenant plus ou moins délaissées en raison de leur faible croissance : les animaux sont vendus après deux à trois ans à 200-250 g, poids

insuffisant pour justifier les prix intéressants de leurs homologues sauvages de grande taille (15-18 euros/kg). Par ailleurs, certaines de ces espèces présentent des handicaps d'élevage : coloration trop jaune (*D. vulgaris*), trop foncée (*B. boops*), agressivité (*D. sargus*) et sensibilité aux températures estivales (*P. bogaraveo*). Dans la majorité des cas, les stocks de géniteurs ont été détruits, à l'exception de quelques stocks maintenus en Crète. Les rares productions actuelles sont limitées à des marchés de niches locaux.

## Thon rouge (*T. thynnus*)

Le thon rouge occupe une place particulière parmi les espèces dont l'aquaculture s'est récemment développée. Du fait de la très forte valeur marchande du thon rouge répondant aux critères du marché japonais (> 50 \$ US/kg), l'industrie aquacole méditerranéenne s'est développée et produit plus de 20 000 tonnes par an (Anonyme, 2006). L'élevage est basé sur la capture d'individus sauvages (Ottolenghi *et al.*, 2004) dont l'expansion est considérée comme délétère pour l'espèce qui a été classée espèce surexploitée (Fromentin et Powers, 2005). L'*International Commission for Conservation of Atlantic Tuna* (ICCAT) a mis en place un processus de réduction progressive des quotas de pêche sur quatre ans.

En Méditerranée, la pêche des thons pour l'aquaculture intervient pendant leur migration et sur les lieux de reproduction. Les individus de 30 à 400 kg sont ensuite maintenus en cages flottantes pendant des durées de deux à six mois pendant lesquels les poissons pêchés, maigres du fait de la mobilisation de leurs réserves vers la reproduction, vont reconstituer leurs réserves lipidiques musculaires. Les thons ne supportant pas les charges supérieures à 4 kg/m<sup>3</sup>, l'élevage nécessite des cages de grand volume dont certaines atteignent 200 000 m<sup>3</sup>. Au cours de l'engraissement, les individus sont nourris à l'aide de poisson fourrage congelé et regagnent jusqu'à 20 % de leur poids d'origine avec des taux de conversion de l'ordre de 10 à 20 (kilogramme de poids frais/gain de poids frais en kilogramme). Le thon accepte l'aliment artificiel humide selon des essais effectués en Australie et au Japon (Glencross *et al.*, 1999). Les caractéristiques rapidement décrites ci-dessus révèlent les points de fragilité de la filière sur un plan technique, mais aussi sur le plan plus subjectif de l'ac-

ception par l'opinion de cette forme d'élevage (Atrt, 2006).

Sur le plan technique, la variabilité du recrutement et les quotas imposés limitent l'accroissement de la production issue de la pêche. La capture de juvéniles de poids inférieur à 30 kg étant interdite, le développement de l'activité requiert le contrôle de la reproduction en captivité. Des œufs fécondés ont été obtenus après stimulation de femelles captives (Mylonas *et al.*, 2007), mais la fiabilisation ne sera réellement envisageable que lorsque les géniteurs pourront être soumis à un contrôle environnemental en bassins afin d'assurer des saisons de pontes programmées.

Cependant, la reproduction contrôlée n'est pas la seule condition de rentabilité et de durabilité de la filière. Si les équipes japonaises ont réussi à boucler le cycle du thon rouge en captivité en 2002, les survies larvaires sont encore extrêmement faibles et aléatoires, puisque seuls quelques milliers de juvéniles ont été obtenus à partir de centaines de milliers d'œufs (Fauvel et Suquet, 2004).

Par ailleurs, la croissance du thon en captivité est intéressante (15 à 25 kg à deux ans), mais il est encore impossible de définir les seuils de rentabilité d'une ferme de thon utilisant des juvéniles d'écloserie. Sur les bases de gestion actuelles (cycles de production de poissons marins de deux ans), les fermes européennes de thon produiraient des animaux ne correspondant ni à la taille limite de capture, ni à la taille actuellement requise par le marché japonais (supérieure à 60 kg). Le thon d'élevage âgé de deux ans ne sera donc pas positionné sur le même segment que le thon d'embouche de telle sorte que de nouveaux segments de marché doivent être explorés, en tenant compte de la concurrence potentielle d'autres espèces de thonidés. De plus, le développement d'une telle filière à grande échelle en Méditerranée passe par la faisabilité technique d'une production en eaux profondes (> 50 m) en sites ouverts, compatibles avec les exigences physiologiques et comportementales du thon rouge et favorables à la dilution et à la dispersion des rejets biologiques.

Afin de permettre l'inscription de l'aquaculture du thon rouge dans une démarche durable, il conviendra également de limiter de manière significative les impacts environnementaux, liés directement à l'utilisation des poissons fourrages. Cela ne sera possible qu'à partir du moment où ces aliments seront remplacés par des aliments composés, incorporant des protéi-

nes et lipides d'origine végétale comme pour toutes les autres espèces piscicoles.

## Autres nouvelles espèces

Des essais d'élevage ont été menés sur d'autres espèces de poissons marins. Selon les espèces, ces essais restent encore insuffisants ou se sont heurtés à de contraintes sévères freinant le développement de leur élevage.

En Atlantique, l'aquaculture du lieu jaune (*Pollachius pollachius*) est soutenue par une bonne croissance (600 g en deux ans), un poids maximum élevé (12 kg), un rendement en filet proche de 50 % et une chair de qualité. Le prix de vente de l'espèce est élevé et atteint 12,7 euros/kg en France en 2005 (Ofimer, 2007). Malgré des premiers résultats prometteurs, l'aquaculture du lieu jaune ne s'est développée qu'en Espagne : la production reste modeste et atteint, en 2003, 200 000 juvéniles et moins de 200 tonnes de poissons adultes produits par une seule entreprise (Rosenlund et Skretting, 2006). Le développement de l'aquaculture du lieu jaune est limité par le succès de celui de la morue, espèce proche, mieux connue du consommateur et dont la croissance est supérieure.

Des travaux ont été menés sur l'élevage du cernier (*Polyprion americanus*) en Atlantique comme en Méditerranée. Ils sont justifiés par une croissance rapide dans le milieu naturel (1,5 kg en 15 mois) et un prix de vente parmi les plus élevés relevés dans les criées françaises. En captivité, des croissances de 2 kg en un an sont relevées (Papandroulakis *et al.*, 2004). La connaissance de la biologie de l'espèce est encore loin d'être suffisante pour soutenir le développement de son élevage. La sensibilité aux températures supérieures à 18-20 °C impose, en Méditerranée, un élevage en cages immergées ou en zone d'*upwelling*. La maîtrise du cycle a été partiellement réalisée en Bretagne et en Crète.

En Méditerranée, la sériole (*Seriola dumerilii*) est un grand carangidé pouvant atteindre 70 kg dont la chair est estimée. Circa-littoral pélagique d'eaux tempérées chaudes, il a une distribution et un marché mondiaux. Les premiers essais d'aquaculture ont commencé à Majorque, dans les années 1980, par mise en cages flottantes de juvéniles de 50 à 400 g, cap-

turés à la traîne et alimentés avec des déchets de chalut. La production a culminé à une soixantaine de tonnes annuelles à la fin des années 1980 et s'est arrêtée au début des années 1990, concurrencée par la rentabilité du bar et de la daurade ainsi que par les difficultés à obtenir et sevrer des juvéniles sauvages. La domestication facile, la robustesse, la croissance rapide (1,5 à 1,8 kg à un an, 3 à 5 kg à deux ans), bien que réduite en hiver, ont rendu l'espèce très prometteuse pour la diversification. La maîtrise du cycle a été tentée parallèlement en Espagne (IEO-Tenerife), en Italie (ICRAM) et en Crète (IMBC). La reproduction de grands individus (> 20 kg et plus de dix ans) a été obtenue naturellement en grands bassins (Espagne) et par induction hormonale dans les autres sites. L'élevage larvaire, peu performant en conditions intensives, donne des résultats corrects (5-10 % de survie) en grands bassins, à faible densité, en utilisant la méthode semi-extensive en mésocosmes. En Crète, quelques milliers de juvéniles sevrés sont mis en cages chaque année.

Les essais menés sur le mérour *Epinephelus marginatus* et l'ombrine *Umbrina cirrosa*, dont les cycles sont maîtrisés, ont été abandonnés malgré leur importante demande par le marché. Pour la première, ce sont sa croissance trop lente en été, nulle en dessous de 18-20 °C (plus de cinq ans pour atteindre un poids de 1 kg) et sa difficulté d'adaptation aux cages d'élevage qui ont entraîné l'arrêt des essais. La sensibilité au nodavirus de la seconde handicape les tentatives d'élevage. Des stocks de géniteurs sont conservés en Crète, en cas de demande future liée à des besoins de repeuplement.

## Conclusion

En 2005, la pisciculture a produit près de 50 % des besoins mondiaux en poissons. Ce secteur a connu la progression la plus rapide parmi les différentes filières de production alimentaire. L'élevage des « nouvelles espèces » de poissons marins constitue une opportunité soutenant cette rapide progression. Cette dynamique doit s'appuyer sur des recherches menées, tant dans le domaine de la biologie des espèces sélectionnées que dans leur adaptation à l'élevage et aux demandes du marché (Girard, 2001).

Les opportunités de développement offertes par la domestication de « nouvelles espèces » de poissons marins doivent aujourd'hui intégrer les exigences d'un développement durable, ne compromettant pas la satisfaction des besoins des générations futures. Très récemment, ces exigences ont été définies en reconnaissant à l'aquaculture une capacité à participer à la sécurité alimentaire mondiale, au développement économique, à la réduction de la pauvreté tout en exerçant un impact minimum sur l'environnement (FAO, 2007b).

À l'exception du sar à museau pointu, l'absence, parmi les nouveaux candidats au développement de l'aquaculture des poissons marins en Europe, d'espèces présentant un régime alimentaire autre que carnivore, montre que l'intégration de ces principes doit aujourd'hui être intensifiée. Dans un contexte mondial de déclin de nombreux stocks de poissons, l'utilisation de la productivité des océans à des fins d'alimentation d'animaux en élevage ne peut être poursuivie ou accentuée (Naylor *et al.*, 2000). Deux solutions peuvent être envisagées. La diminution de la part des protéines animales de 100 à 2 % au profit de composants d'origine végétale n'affecte pas les performances de croissance observées chez le bar (Kaushik *et al.*, 2004). La qualité de la chair de ces animaux reste cependant à préciser tant pour son goût que pour le maintien de son rôle bénéfique sur la santé des consommateurs. Par ailleurs, la sélection de poissons marins autres que carnivores et la définition de méthodes d'élevage de ces espèces doivent être aujourd'hui considérées comme de véritables sujets de recherche en Europe. Des espèces telles que les mulets sont des candidats intéressants au développement durable de l'aquaculture (Gautier et Hussenot, 2005). Dans ce deuxième cas, l'image de ces espèces auprès des consommateurs doit être améliorée. ■

## Références

Anonyme. *Report of the atlantic bluefin tuna stocks assessment session*. SI : ICCAT, SCRS 2006/013. 2006.

Artr SL. *The plunder of bluefin tuna in the Mediterranean and East Atlantic in 2004 and 2005. Uncovering the real story*. Gland (Switzerland) : World Wide Fund for Nature, 2006. [www.wwf.or.jp/activity/marine/lib/bluefin-tuna2004-05sum.pdf](http://www.wwf.or.jp/activity/marine/lib/bluefin-tuna2004-05sum.pdf).

Basurco C, Abellan E. *Finfish species diversification in the context of Mediterranean marine fish farming development*. *Cah Opt Médit* 1999 ; 24 : 9-26.



- Battaglione SC, Talbot RB. Hormone induction and larval rearing of Mulloway, *Argyrosomus hololepidotus* (Pisces: Sciaenidae). *Aquaculture* 1994; 126: 73-81.
- Bjornsson B, Litvak M, Suquet M. Gadidae. In: Le François N, Jobling M, Carter C, Blier P, eds. *Finfish species selection for intensive aquaculture diversification*. Wallingford (UK): Cabi International Publication, 2009.
- Bricknell IR, Bron JE, Bowden TJ. Diseases of gadoid fish in cultivation: a review. *ICES J Mar Sci* 2006; 63: 253-66.
- Brown N. Flatfish farming systems in the Atlantic region. *Rev Fish Sci* 2002; 10: 403-19.
- Brown JA, Minkoff G, Puvanendran V. Larviculture of Atlantic cod (*Gadus morhua*): progress, protocols and problems. *Aquaculture* 2003; 227: 357-72.
- Dhert P, Divanach P, Kentouri M, Sorgeloos P. Rearing techniques of difficult marine fish larvae. *World Aquac* 1998; 29: 48-55.
- Dinis MT. *Manual de cultivo de linguado y otros peces planos - Manual de cultivo de linguado e de outros peixes planos*. Sevilla: Junta de Andalucía, 2007.
- Dinis MT, Ribeiro L, Soares F, Sarasquete C. A review on the cultivation potential of *Solea senegalensis* in Spain and Portugal. *Aquaculture* 1999; 176: 27-38.
- Divanach P, Kentouri M. Sur les possibilités d'obtention de gamètes viables de poissons marins à la criée. In: Barnabé G, Billard R, eds. *L'aquaculture du bar et des sparidés*. Paris: Inra, 1984.
- Divanach P, Kentouri M. Élevage larvaire en conditions extensives. In: Barnabé G, ed. *Aquaculture*. Paris: Lavoisier, 1986: 911-28 (2).
- Divanach P, Kentouri M. Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. *Cah Opt Medit* 2000; 47: 75-87.
- Divanach P, Papandroulakis N, Kentouri M. Bases techniques de l'élevage larvaire de la daurade *Sparus aurata*. *Piscic Fr* 1998; 134: 61-70.
- Efthimiou S, Divanach P, Rosenthal H. Growth, food conversion and agonistic behaviour in common dentex (*Dentex dentex*) juveniles fed on pelleted moist and dry diets. *Aquatic Liv Resour* 1994; 7: 267-75.
- Fabre-Domergue P, Biétreix E. *Développement de la sole (Solea vulgaris). Introduction à l'étude de la pisciculture marine*. Paris: Vuibert et Nony, 1905.
- [http://www.fao.org/figis/servlet/TabLandArea?tb\\_ds=Aquaculture&tb\\_mode=TABLE&tb\\_act=SELECT&tb\\_grp=COUNTRY](http://www.fao.org/figis/servlet/TabLandArea?tb_ds=Aquaculture&tb_mode=TABLE&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY). 2007a
- <ftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/NEWSLET/FAN/FAN38.pdf>. 2007b
- Fauvel C, Suquet M. La domestication des poissons: le thon rouge. *Inra Prod Anim* 2004; 17: 183-7.
- Flos R, Hussenot J, Lagardère F. Les soles, quelles recherches, pour quels types d'élevage et de production. In: Hussenot J, Buchet V, eds. *Marais maritimes et aquaculture*. Rochefort: Ifremer, 1998.
- Fromentin JM, Powers JE. Atlantic bluefin tuna: population dynamics, ecology, fisheries and management. *Fish Fish* 2005; 6: 281-306.
- Gautier D, Hussenot J. *Les mulets des mers d'Europe. Synthèse des connaissances sur les bases biologiques et les techniques d'aquaculture*. Brest: Ifremer, 2005.
- Girard S. Main trends in seafood supply and typology of the European markets. *Cah Opt Medit* 2001; 59: 29-40.
- Girard S, Paquette P. The French market for fresh fish: an opportunity for farmed cod? In: Ifremer ed. *The fifteenth annual conference of European Association of Fisheries, Economists*. Actes de colloques 37. Brest (France): Ifremer 2003.
- Girin M. Méthodes de production de juvéniles chez trois poissons marins: le bar, la sole et le turbot. CNEXO. Brest: université de Bretagne Occidentale. *Rapp Sci Tech* 1979; 39: 201.
- Glencross BD, van Barneveld RJ, Carter CG, Clarks SM. On the Path to a manufactured Feed for Farmed Southern Bluefin Tuna. *World Aquac Mag* 1999; 30: 42-6.
- Harboe T, Reiten KI. Halibut fry production. *Eur Aquac Soc Sp Publ* 2005; 36: 205-6.
- Haug T. Biology of the Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Adv Mar Biol* 1990; 26: 1-69.
- Howell BR. A re-appraisal of the potential of the sole, *Solea solea* (L.), for commercial cultivation. *Aquaculture* 1997; 155: 355-65.
- Howell BR, Canavate JP, Prickett R, Conceição LEC. Farming soles-a reality at last? *Aquac Eur World Aquac* 2006; 37: 3-6.
- Imsland AK, Foss A, Conceição LEC, et al. A review of the culture potential of *Solea solea* and *S. senegalensis*. *Rev Fish Biol Fisher* 2003; 13: 379-408.
- Kaushik SJ, Covès D, Dutto G, Blanc D. Almost total replacement of fishmeal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 2004; 230: 391-404.
- Kentouri M, O'Neill D, Divanach P, Charalambakis G. A study on the quantitative water requirements of red porgies *Pagrus pagrus* L., (Pisces: Sparidae), during early on-growing under self feeding conditions. *Aquac Fish Manag* 1994; 25: 741-52.
- Kjesbu OS, Taranger GL, Trippel EA. Gadoid mariculture: development and future challenges. *ICES J Mar Sci* 2006; 63: 187-91.
- Mangor-Jensen A, Harboe T, Shields RJ, Gara B, Naas KE. Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., larvae cultivation literature, including a bibliography. *Aquac Res* 1998; 29: 857-86.
- Monfort MC. *FAO Markets and marketing of aquaculture, finfish in Europe, focus on the Mediterranean Basin*, 2006. [www.marketing-seafood.com](http://www.marketing-seafood.com).
- Muller-Feuga A, Robert R, Cahu C, Robin J, Divanach P. Uses of microalgae in aquaculture. In: Stottrup J, McEvoy LA, eds. *Live feeds in marine aquaculture*. Oxford: Blackwell Publ, 2003.
- Mylonas CC, Bridges CR, Gordin H, et al. Preparation and administration of gonadotropin-releasing hormone agonist (GnRH<sub>a</sub>) implants for the artificial control of reproductive maturation in captive-reared Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus thynnus*). *Res Fish Sci* 2007; 15: 183-210.
- Naylor RL, Goldberg RJ, Primavera JH, et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 2000; 405: 1017-24.
- Nerland AH, Sommerset I, Husgard S, Bleie H. Control of nodavirus infection in farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Eur Aquac Soc Sp Publ* 2001; 30: 424-5.
- Ofimer. *Bilan 2005 des données de ventes déclarées en halle à marée*. Paris: Division Observatoire Économique Entreprise, 2006.
- Ofimer. [www.ofimer.fr/99\\_up99load/2\\_actu-doc/1187d1\\_01.pdf](http://www.ofimer.fr/99_up99load/2_actu-doc/1187d1_01.pdf), 2007.
- Ottolenghi F, Silvestri C, Giordano P, Lovatelli A, New MB. *Capture-based Aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellow-tails*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004. <http://govdocs.aquaculture.org/cgi/content/abstract/2005/115/1150180>.
- Papandroulakis N, Suquet M, Spedicato MT, Machias A, Fauvel C, Divanach P. Feeding rates, growth performance and gametogenesis of wreckfish (*Polyprion americanus*) kept in captivity. *Aquac Int* 2004; 12: 395-407.
- Poli BM, Parisi G, Mecatti M, et al. The meagre (*Argyrosomus regius*), a new species for Mediterranean aquaculture. 2. Freshness involution and flesh dietetic traits in large commercial-size fish. *Eur Aquac Soc Sp Publ* 2002; 29: 211-2.
- Quemener L. *Le maigre commun (Argyrosomus regius). Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole*. Plouzané (France): Ifremer, 2002.
- Quemener L, Suquet M, Mero D, Gaignon JL. Selection method of new candidates for finfish aquaculture: the case of the French Atlantic, the Channel and the North Sea coasts. *Aquat Liv Resour* 2002; 15: 293-302.
- Roselund G, Skretting M. Worldwide status and perspective on gadoid culture. *ICES J Mar Sci* 2006; 63: 194-7.
- Sanchez P, Ambrosio PP, Flos R. In: *Stocking density and growth performance of Senegalese sole (Solea senegalensis). Preliminary results. Aquaculture Europe 2007*. Istanbul: European Aquaculture Society, 2007.
- Schram E, Van der Heul JW, Kamstra A, Verdegem MCJ. Stocking density-dependent growth of Dover sole (*Solea solea*). *Aquaculture* 2006; 252: 339-47.
- Shields RJ, Gara B, Gillespie MJSA. UK perspective on intensive hatchery rearing methods for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 1999; 176: 15-25.
- Suquet M, Divanach P, Quemener L, Gaignon JL. Criteria for cost-effective diversification for European finfish mariculture. *Cah Opt Medit* 2002; 59: 119-28.
- Svåsand T, Kristiansen TS, Pedersen T, et al. The enhancement of cod stocks. *Fish Fish* 2000; 1: 173-205.
- Tixerant G. *Contribution à l'étude de la biologie du maigre ou courbine* *Argyrosomus regius* (Asso)=*Sciaena aquila* (Lacép.) sur la côte mauritanienne. Thèse de l'université d'Aix-Marseille, 1974.
- Wold PA, Hoehne-Reitan K, Cahu C, Zambonino Infante J, Rainuzzo J, Kjørsvik E. Phospholipids vs neutral lipids: effects on digestive enzymes in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. *Aquaculture* 2007; 272: 502-13.