

DK530328

BA-TH1305

Université Montpellier II  
Sciences et Techniques du  
Languedoc  
Place Eugène Bataillon  
34095 MONTPELLIER Cedex 5

CIRAD-EMVT  
TA 30 / B  
Campus International de Baillarguet  
34398 MONTPELLIER Cedex 5

---

**DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES  
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

---

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

**L'EVOLUTION ET LE COMPORTEMENT DES LARVES DE BAR  
(*Dicentrarchus labrax*)  
EN FONCTION DES QUALITES DU MILIEU ET DE SA GESTION**

*par*

Sophie SAMMOUTH

**CIRAD-Dist  
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE  
Baillarguet**

**BA  
TH1305**

Année universitaire 2004-2005



CIRAD

\*000073175\*

## RESUME ET MOTS-CLES

### RESUME

D'ici 2015, la part de l'aquaculture dans la production halieutique mondiale piscicole va continuer de croître. D'où le besoin urgent d'augmenter la production de poissons marins. Le loup européen *Dicentrarchus labrax* est une espèce potentielle sur le plan commercial.

Les conditions d'élevage intensives d'alevins de loup sont rationalisées et surveillées attentivement par le pisciculteur afin d'obtenir un cheptel de bonne qualité. Le respect des paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques du milieu aboutit à un taux de survie des larves d'environ 50 % en début d'élevage, et 80 % vers la fin, c'est-à-dire au bout de 60 à 90 jours. L'analyse des critères morphoanatomiques, morphométriques et éthologiques permet d'identifier les anomalies du développement de la larve (calculs urinaires, non fonctionnalité de la vessie natatoire, déformations des mâchoires et/ou des opercules, lordoses) et de son comportement (larves en surface, mouvements passifs, compétition, cannibalisme), ce qui traduit une mauvaise gestion des facteurs du milieu. Ceci affecte négativement la croissance et le taux de survie des larves.

En éclosion, l'ensemble de ces paramètres est maîtrisé mais il reste à développer des outils supplémentaires et à approfondir les connaissances sur les besoins biologiques du cheptel larvaire pour en augmenter les performances d'élevage et la qualité des poissons.

MOTS-CLES : aquaculture, loup européen, *Dicentrarchus labrax*, larve, éclosion, développement, comportement, facteurs du milieu

## SOMMAIRE

RESUME ET MOTS-CLES	1
SOMMAIRE	2
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	4
INTRODUCTION	5
I. <u>PISCICULTURE DU LOUP</u>	6
1) <u>Présentation de l'espèce</u>	6
a) <u>Systematique</u>	6
b) <u>Description</u>	6
c) <u>Distribution</u>	6
d) <u>Biologie</u>	6
2) <u>Technique d'élevage</u>	7
a) <u>Obtention des alevins</u>	7
o <i>Reproduction des géniteurs</i>	
o <i>Entretien des géniteurs</i>	
b) <u>La larviculture</u>	7
o <i>Support d'élevage</i>	
o <i>L'alimentation</i>	
3) <u>Caractéristiques du milieu d'élevage</u>	8
a) <u>Qualités de l'eau</u>	8
o <i>Paramètres physico-chimiques</i>	
o <i>Paramètres hydrobiologiques</i>	
o <i>Type de pollution</i>	
b) <u>Traitement de l'eau</u>	9
II. <u>ONTOGENESE DES ALEVINS ET INFLUENCE DU MILIEU D'ELEVAGE</u>	10
1) <u>Le développement larvaire du loup</u>	10
a) <u>Les stades de développement larvaire</u>	10
o <i>Phase prélarvaire</i>	
o <i>Phase larvaire</i>	
b) <u>Physiologie larvaire</u>	11
o <i>Nutrition</i>	
o <i>Maintien de l'osmoticité</i>	
2) <u>Le taux de survie</u>	11
a) <u>Quatre critères fondamentaux</u>	12
b) <u>Taux de survie larvaire</u>	12

c) <u>La mortalité larvaire</u>	12
3) <u>Effets des facteurs liés à l'élevage sur la biologie des alevins</u>	12
III. <u>ETHOLOGIE DES LARVES DE LOUP EN ECLOSERIE</u>	16
1) <u>Comportement pendant la phase endotrophique</u>	16
2) <u>Comportement pendant la phase exotrophique</u>	16
3) <u>Gestion de l'élevage et incidences sur le comportement des alevins</u>	17
CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	21
ANNEXES	

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Valeur des principaux paramètres physico-chimiques appliqués en écloserie sur le loup européen (*Dicentrarchus labrax*) P 8

Tableau II : Valeur des principaux nutriments pouvant nuire à l'élevage larvaire du loup (*Dicentrarchus labrax*) P 9

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Facteurs du milieu d'élevage intensif des larves de loup européen (*Dicentrarchus labrax*) agissant sur leur taille, leur survie, leur croissance et leur comportement (Kestemont *et al.*, 2003). P 19

## INTRODUCTION

L'art de l'aquaculture, et plus particulièrement de la pisciculture, constitue l'une des activités humaines les plus anciennes. Si au fil des siècles il acquiert connaissances et expérience, ce n'est qu'à partir du XX<sup>ème</sup> siècle que des études scientifiques approfondies de la physiologie des poissons permettent à l'aquaculture un véritable essor (Le Carpentier, 1995). Cet essor est d'autant plus significatif que le potentiel mondial des pêches de capture marines a été pleinement exploité. L'épuisement des stocks sauvages a alors suscité un regain d'intérêt pour la production aquacole mondiale qui continue à progresser en quantité et en contribution à l'offre de protéines animales destinées à la consommation humaine (FAO, 2004). La poussée démographique actuelle est le second moteur de ce développement (Alexandre, 1998).

Ainsi, la demande totale mondiale de poissons et de produits de la pêche devrait augmenter de quelques 50 millions de tonnes d'ici 2015, sur la base de 133 millions de tonnes en 1999/2001. En 2015, 73 % de la production halieutique mondiale de poissons proviendrait de l'aquaculture (FAO, 2004).

Face à cette situation apparaît clairement le recours à la science pour permettre une augmentation rapide de la production de poissons marins. Depuis la fin des années 70, l'aquaculture marine a fait d'énormes progrès techniques. Cette nouvelle discipline d'un haut niveau de technicité est désignée « pisciculture marine nouvelle ».

Le premier poisson marin élevé à une échelle commerciale en Europe fut le loup européen (bar commun) au début des années 80. Les exigences de performances pour les élevages larvaires de la filière « Loup » ont évolué très rapidement. Dès 1985, l'objectif n'est pas seulement « produire » des alevins mais « répondre » aussi à des exigences qualitatives (Chatain, 1994).

L'objectif de cette synthèse est de réunir les multiples facteurs inhérents à l'écloserie, et de montrer leur influence sur la qualité du cheptel larvaire. L'évaluation de sa performance résulte de l'analyse de l'ontogenèse des larves et de leur comportement dans un milieu de production intensive. Pour cela, l'éleveur utilise des critères directement appréciables dans son écloserie : critères morphoanatomiques, morphométriques et éthologiques.

## I. PISCICULTURE DU LOUP

Il existe différents modes de production du loup : l'extensif, en milieu naturel sans apport de nourriture ; le semi-extensif, en bassin ou en cages avec supplémentation d'aliments, et le mode intensif où la nourriture est exclusivement pourvue par l'homme (Pickett et Pawson, 1994). Ce dernier, sujet de la présente synthèse, est indépendant du biotope naturel ce qui autorise une rationalisation et une planification de la production.

### 1) Présentation de l'espèce

#### a) Systematique

Le loup européen ou bar commun (*Dicentrarchus labrax*) (Linné, 1758), en anglais European seabass, est un poisson osseux Téléostéen dont la position systématique est la suivante (LarvalBase, 2003) :

Classe : Actinoptérygiens (Actinopterygii)

Ordre : Perciformes

Sous-ordre : Percoïdés (Percoidei)

Famille : Moronidae/Serranidae

Remarque : le genre *Dicentrarchus* renferme seulement deux espèces : *D.labrax* et *D.punctatus* (Bloch, 1792), le bar tacheté.

#### b) Description

Le loup européen est un poisson au corps élancé de couleur gris argenté à reflets bleuâtres sur le dos (Annexe 1). Les femelles ont un museau plus pointu et une silhouette plus haute, plus trapue que le mâle. Il peut atteindre une taille de 1 mètre pour un poids de 10 kg environ et sa longévité dépasse rarement plus de six ans en Méditerranée. Le loup de l'Atlantique vit plus longtemps (Caussel, s.d). Le loup se distingue par la présence de deux nageoires dorsales très rapprochées dont une épineuse souvent repliée sur le dos et de deux ventrales de couleur blanchâtre implantées en arrière des pectorales (Girard et Ripault, 2003).

#### c) Distribution

Cette espèce erratique côtière est présente en Atlantique de 30° de latitude Nord (côtes du Maroc) à 55° de latitude Nord (Mer d'Irlande, Mer du Nord, Baltique). Elle est également présente sur toutes les côtes méditerranéennes (Barnabé, 1986).

On la trouve jusqu'à environ 200 mètres de profondeur mais plus souvent dans les eaux peu profondes. Très ubiquiste, le loup pénètre dans les estuaires et remonte parfois les fleuves (Lloris et Rucabado, 1998). Cette vaste aire de distribution est due au fait que cet animal est très eurytherme et euryhalin (Annexe 2).

#### d) Biologie

Le loup est un prédateur opportuniste très vorace (d'où son nom de loup) qui adopte au cours de sa vie de nombreuses tactiques de chasse, qu'il soit en groupe ou solitaire. Il se nourrit de petits poissons en bancs (sardines, anchois) et d'une large variété d'invertébrés comprenant les crevettes, les crabes, les calamars, etc. L'activité de chasse débute dès le stade larvaire. En milieu naturel, la larve se nourrit de zooplancton (copépodes, larves nauplius) (Pickett et Pawson, 1994).

Sa croissance est fonction de la température : elle est plus forte dans les eaux plus chaudes. Mais elle dépend aussi du sexe : les femelles grandissent plus vite que les mâles (Gorshkova

*et al.*, 1996). La croissance se ralentit à la maturité sexuelle, quand le poisson se met à produire les œufs ou la laitance.

Chez le loup, les sexes sont séparés (gonochorisme). La maturité sexuelle a lieu suivant la zone de distribution entre 2 et 7 ans pour le mâle et entre 3 et 8 ans pour la femelle. Les adultes se rassemblent en groupes compacts pendant la période de reproduction à caractère éminemment saisonnier (Zanuy et Carrillo, 1984). Elle a lieu une fois par an entre décembre et juin selon la zone (Le Carpentier, 1995). Lors de la ponte, la femelle émet environ 200 000 œufs par kilo de poids.

## 2) Technique d'élevage

### a) Obtention des alevins

#### o *Reproduction des géniteurs*

Etant donné que la capture d'alevins ou des reproducteurs originaires du milieu naturel (sea-ranching) est interdite, le maintien des reproducteurs en captivité s'impose. Il est alors impératif de maîtriser la reproduction pour pouvoir produire suffisamment d'alevins. Cet élément représente l'une des conditions de réussite de l'élevage. Il a été signalé qu'en captivité la spermatogenèse du loup est complète et aboutit à la production de sperme viable. Cependant, certaines études laissent penser à une déficience spermatogénétique dans certaines conditions. Le cycle sexuel de la femelle ne s'achève pas toujours en élevage (Zohar *et al.*, 1984). Ainsi, on peut substituer au facteur naturel qui induit la ponte, l'utilisation d'hormones gonadotropes ou la manipulation des facteurs du milieu (thermique et photopériodique) pour contrôler l'émission des produits génitaux (Barnabé, 1986 ; Le Carpentier, 1995). L'avantage de l'induction de la ponte est de permettre une planification du processus de production. L'hormone très employée est un analogue du LHRH, le LHRH-A (Luteinizing Releasing Hormone Ethylamide) car il est particulièrement actif chez le loup. Son injection provoque la ponte de grandes quantités (> 200 000/kg de femelle) d'œufs viables ( $\geq 90\%$ ) 45 jours avant le frai (Barnabé et Barnabé-Quet, 1985). Un autre produit employé mais moins performant que le LHRH-A, est l'HCG (Gonadotrophine Chorionique Humaine) (Barnabé, 1976).

#### o *Entretien des géniteurs*

Il ne pose pas de difficultés particulières. Les reproducteurs captifs sont nourris de déchets de pêche à l'état frais ou congelé. Des crabes et des mollusques ainsi qu'un complément vitaminé peuvent également être ajoutés à la ration. La mortalité au cours du stockage est rare et presque toujours consécutive à des manipulations mal conduites (Le Carpentier, 1995).

### b) La larviculture

#### o *Support d'élevage*

L'élevage est conduit dans des bassins cylindro-coniques de 1 à 5 mètres de diamètre suivant les écloseries, d'un volume de 2 à 20 m<sup>3</sup> et d'une profondeur variant de 0,8 à 2 mètres. Ils sont faits de divers matériaux (PVC, béton) et sont munis d'une arrivée d'eau salée, d'air surpressé et d'un éclairage. L'eau est évacuée à travers de larges surfaces de toile à plancton de 80 à 400  $\mu\text{m}$  de vide de maille (Barnabé, 1986) (Annexe 3).

La température, la salinité et l'éclairage sont modulables et varient au cours de l'élevage larvaire.



### ○ *L'alimentation*

Les larves ont un métabolisme relativement élevé, ce qui implique un nourrissage continu (Papandroulakis *et al.*, 2002). Dans la plupart des cas, les aliments inertes proposés ne conviennent pas aux premières phases de la vie larvaire. Il est donc nécessaire d'alimenter ces larves avec des proies vivantes depuis la première prise de nourriture (larves de 0,2 à 0,4 mg) jusqu'à un stade post-larves (de plus de 50 mg) où les animaux peuvent s'adapter à des aliments inertes (période dite de sevrage) (Robin et Gatesoupe, 1999).

Au terme de la résorption de la vésicule vitelline (5-7<sup>ème</sup> jour), le rotifère *Brachionus plicatilis* est l'aliment le plus utilisé jusqu'au 12-15<sup>ème</sup> jour. Le stade nauplius du crustacé branchiopode *Artemia salina* représente dans la chaîne trophique de la larve l'étape successive aux rotifères et fait la jonction avec les aliments inertes. Il est distribué du 12<sup>ème</sup> au 35<sup>ème</sup> jour. Certaines écloséries utilisent le métanauplius d'*Artemia salina* du 20<sup>ème</sup> au 40<sup>ème</sup> jour.

Une phase critique à bien mener est le sevrage. Il commence dès le 35<sup>ème</sup> jour et se termine autour du 60<sup>ème</sup> jour, ce qui correspond à la fin de la métamorphose des larves. Cette substitution progressive ne peut pas se faire avant, sous peine de voir la mortalité augmenter ou la croissance s'arrêter. Parmi ces aliments inertes figurent les extraits de mollusques et crustacés, les farines de poisson et de viande, la levure, le jaune d'œuf, les huiles (de poissons, de foie, végétales) (Pinosa *et al.*, 1992).

### 3) Caractéristiques du milieu d'élevage

Dans les piscicultures intensives, l'eau n'est plus considérée comme un biotope, mais seulement comme un support physique pour les êtres qui y vivent (Barnabé et Barnabé-Quet, 1997). L'utilisation de ce milieu, sur les plans qualitatif et quantitatif, est une des préoccupations constantes de l'activité aquacole. La productivité qui en résulte est étroitement liée aux paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques du milieu (Alzieu, 1986).

#### a) Qualités de l'eau

En aquaculture, la technique du circuit fermé permet de pallier les insuffisances qualitatives ou quantitatives des disponibilités naturelles en eau, en recyclant plusieurs fois la même eau dans l'élevage (Maurel, 1984). Elle permet aussi de s'affranchir des aléas climatiques et des pollutions. Sur le plan économique, ce recyclage permet une amélioration des coûts de production en réduisant les dépenses de chauffage (Brunel, 1984).

Les valeurs énumérées dans les deux tableaux suivants sont optimales (Tableaux I et II) (Barnabé, 1986 ; Chatain et Coves, 1991 ; LarvalBase, 2003).

### ○ *Paramètres physico-chimiques*

Tableau I : Valeur des principaux paramètres physico-chimiques appliqués en éclosérie sur le loup européen (*Dicentrarchus labrax*)

Température	Début d'élevage : 15-18°C; Vers le 50 <sup>ème</sup> jour : 20-22°C
Salinité	30 à 37 ‰ (Tolérance jusqu'à 10 ‰)
pH	7,7-8,3
O <sub>2</sub> dissous	10-12 mg/l (Danger : < 1,5 mg/l)
Taux de renouvellement	20 à 100 % par heure (Fonction du stade larvaire)
Densité d'élevage	Début d'élevage : 100 larves/l ; Fin : 10-15 larves/l

o Paramètres hydrobiologiques

Tableau II : Valeur des principaux nutriments pouvant nuire à l'élevage larvaire du loup (*Dicentrarchus labrax*)

Ammoniaque	0,02 mg/l (Danger : 4 mg/l)
Nitrites	0,06-0.1 mg/l (Danger : 3 mg/l)
Nitrates	(Danger : > 30 mg/l)

Les nitrates ne sont pas considérés comme toxiques pour les poissons contrairement à l'ammoniaque et aux nitrites. Ces derniers en revanche, sont généralement présents dans le milieu en quantité faible, mais l'accumulation de déchets ou un défaut de fonctionnement des filtres peut entraîner leur accumulation dans le circuit d'élevage. Il a été démontré suite à des expériences de toxicité, que les larves sont plus sensibles à l'ammoniaque qu'aux nitrites et ceci quelque soit leur âge.

Concernant les phosphates, aucune toxicité vis-à-vis des poissons n'a été mise en évidence (Blanchet-Besson, 1986), si ce n'est qu'un excès peut entraîner une eutrophisation du milieu, et par conséquent une dégradation de la qualité de l'eau (Kaushik, 1999).

o Type de pollution

Alimentaire : En aquaculture, l'adéquation entre la quantité d'aliments distribuée et la quantité d'aliments ingérée est le meilleur garant d'une bonne gestion de l'alimentation mais aussi de la qualité du milieu. Souvent, la quantité d'aliments distribuée dépasse les besoins, ce qui conduit à une pollution de l'eau (Boujard, 1999). Il a été démontré que le risque de pollution du milieu est beaucoup plus élevé avec les aliments secs ou humides qu'avec les proies vivantes (Person-Le Ruyet et Bergot, 1999).

Externe : Les eaux de pompage puisées sur le littoral peuvent être polluées par des éléments chimiques et microbiologiques, en raison des diverses pressions anthropiques environnantes (Guelorget, 2005). Ainsi, les polluants chimiques signalés sont les suivants : les détergents, les hydrocarbures, les métaux lourds (principalement le mercure, le plomb, le cadmium, le chrome), les pesticides et autres produits biocides. Concernant les microorganismes pathogènes nous pouvons citer les bactéries (*Salmonella*, staphylocoques, vibrions), les virus (hépatite, entérovirus), les champignons (*Candida*, *Torula*), les protozoaires et les oeufs de parasites (*Ascaris*, *Taenia*). Ils accompagnent des microorganismes plus communs, non pathogènes, qui sont de bons indicateurs de la pollution fécale (Coliformes fécaux, Streptocoques, Bactéries *Escherischia coli*) (Beauchamp, 2003). Les larves sont plus sensibles aux polluants que les alevins, eux-mêmes plus sensibles que les juvéniles. Ces derniers ont une sensibilité voisine de celle des adultes (Barnabé, 1986).

b) Traitement de l'eau

La réutilisation de l'eau implique, pour que le biotope de l'élevage ne se détériore pas, une chaîne de traitement rétablissant des teneurs en matières organiques, oxygène et microorganismes, compatibles avec les exigences du cheptel (Maurel, 1984).

Le circuit fermé comprend (Blancheton et Canaguier, 1995) (Annexe 4) :

- Un filtre mécanique qui supprime les matières en suspension (fèces, aliment non ingéré).
- Un stérilisateur UV qui limite les concentrations bactériennes.
- Un filtre biologique transformant les matières solubles toxiques (ammoniaque) en composés non toxiques (nitrates). C'est le processus de nitrification.

## II. ONTOGENESE DES ALEVINS ET INFLUENCE DU MILIEU D'ELEVAGE

Chez les poissons, le terme de larve, ou alevin, désigne les plus jeunes individus entre le moment où ils sont capables d'ingérer de la nourriture exogène et celui où ils prennent la forme de l'adulte (Annexe 5). Cette période de transformation morphologique et physiologique continue de l'animal, est la plus délicate de la vie du loup (Gatesoupe *et al.*, 1999). Ainsi, divers facteurs peuvent influencer le déroulement du développement larvaire.

### 1) Le développement larvaire du loup

#### a) Les stades de développement larvaire

Nous distinguons la phase prélarvaire et la phase larvaire (Le Carpentier, 1995).

##### o *Phase prélarvaire*

Elle est caractérisée par la présence de réserves vitellines. En effet, pendant les premiers jours de la vie, les larves ne peuvent se nourrir puisque leur bouche n'est pas encore formée.

Barnabé a décrit les stades du développement larvaire du loup à 15°C avec schéma à l'appui (Annexe 6) (Barnabé, 1986).

-Dessin a : Larve âgée d'un jour. Les réserves lipidiques orientent encore l'animal qui demeure passif en position hyponeustonique (face ventrale vers le haut ou sur le côté). Cette larve mesure environ 4 mm pour un poids de 0,45 mg.

-Dessin b : Au troisième jour, le corps s'est allongé mais les réserves endogènes sont encore importantes.

-Dessin c : Apparition des nageoires pectorales, diminution des réserves vitellines et début de pigmentation des yeux. Ces larves de cinq jours se répartissent en position immobile, tête vers le bas dans l'ensemble du bassin.

-Dessin d : Deux jours plus tard, la bouche s'ouvre et les yeux sont pigmentés. L'animal adopte une position subhorizontale dans la partie éclairée du bassin. Des séquences de nage active alternent avec les périodes d'immobilité.

-Dessin e : L'activité alimentaire est normalement établie chez la larve de douze jours, dont les réserves endogènes sont presque uniquement constituées par les vestiges de la vésicule vitelline. Le foie commence à se former en arrière de ces ultimes réserves. Les larves qui ne se nourrissent pas sont moins pigmentées et demeurent passives sous la surface avant de mourir. On est en fin de résorption vitelline. Cette période (encore appelée entrée dans la vie trophique) est l'une des plus critique du développement larvaire ; la mortalité, toujours importante, peut atteindre 90 % de la population.

##### o *Phase larvaire*

On considère qu'elle commence lorsque la larve se nourrit activement, après l'ouverture de la bouche et l'acquisition d'une vision efficace grâce aux yeux qui sont devenus fonctionnels. Cinq à six jours après l'éclosion, les activités orientées apparaissent ; la prospection du milieu et la chasse sont alors possibles.

-Dessin f : Au 15<sup>ème</sup> jour, la larve est bien pigmentée et le foie est apparent.

-Dessin g : Deux jours plus tard, les réserves vitellines sont totalement consommées, la larve montre une activité natatoire presque ininterrompue. L'extension de la pigmentation noire masque le corps au niveau de l'axe vertébral.

- Dessin h : Les vertèbres deviennent visibles sur les animaux de 20 jours tandis que la pigmentation s'étend encore.
- Dessin i : L'ébauche de la vessie natatoire apparaît vers le 25<sup>ème</sup> jour.
- Dessin j à l : Apparition des ébauches des nageoires impaires : la caudale, l'anale et la dorsale. Au 35<sup>ème</sup> jour, les alevins mesurent 11,5 mm.
- Dessin m : Apparition des nageoires pelviennes. Il faut attendre une trentaine de mm (75 à 80 jours) pour voir apparaître les écailles.

## b) Physiologie larvaire

### o Nutrition

L'activité de chasse des larves peut être mise en évidence à partir du sixième jour lorsque les activités orientées apparaissent grâce à un phototropisme positif ainsi qu'à la rhéotaxie (nage à contre courant). Les larves ne s'attaquent qu'à des proies vivantes en mouvement et de jour. En effet, la rétine des larves ne possède à ce stade que des cônes simples lui imposant une vision strictement diurne et la rendant incapable de manger la nuit (Mani-Ponset *et al.*, 1993). Il est toutefois possible de les leurrer en leur présentant des proies inertes dans un léger courant.

Les informations concernant les séquences alimentaires et le type d'aliments fourni aux larves ont été mentionnées plus haut.

Parallèlement au développement morphologique du tube digestif, le développement de l'estomac n'est complet qu'à la fin du développement larvaire. Les activités enzymatiques se mettent en place successivement et varient au cours de la croissance. Ainsi, l'efficacité digestive n'est pas optimale pour ces larves possédant un tube digestif court et un transit très rapide. C'est pour ces raisons que le sevrage ne doit pas être précoce sous peine de perturber les sécrétions enzymatiques, et différer ou annuler la mise en place d'une digestion de type adulte (Gatesoupe *et al.*, 1999).

### o Maintien de l'osmoticité

Les tissus des larves de Téléostéens ont une teneur en sel habituellement voisine de 12 %. L'épithélium cutané très fin de ces animaux permet de nombreux échanges ioniques. Il peut donc arriver à ces jeunes larves de voir leur milieu intérieur changer brutalement de concentration en fonction de la salinité extérieure. Elles supportent très bien ces variations de milieu interne alors que les adultes et les larves plus âgées sont beaucoup plus sensibles. Le faible développement de leur système nerveux expliquerait cette plus grande tolérance. Après la métamorphose, les échanges ioniques deviennent impossibles par la peau. Les branchies et les reins assureront alors la régulation osmotique (Le Carpentier, 1995).

## 2) Le taux de survie

En éclosion, le taux de survie du cheptel est le principal critère quantitatif sanctionnant la performance d'une technique d'élevage larvaire. Ce critère est important car il ne faut pas oublier l'enjeu économique qu'il implique. La survie d'un animal en élevage résulte d'un ensemble de facteurs intrinsèques, liés à sa constitution et à son patrimoine génétique, modulés par les facteurs extrinsèques que représentent les conditions particulières de vie auxquelles il est soumis. Le taux de survie exprime le résultat de ce mélange complexe et indissociable.

#### a) Quatre critères fondamentaux

La capacité qu'a le cheptel à survivre aux conditions d'un élevage donné est estimée à différents stades, par quatre taux (Chatain, 1994) :

-Le taux d'œufs viables : au moment de la ponte, c'est le rapport entre le nombre d'œufs vivants et le nombre total d'œufs.

-Le taux d'éclosion : au moment de l'éclosion, c'est le rapport entre le nombre de larves écloses vivantes et le nombre d'œufs vivants mis en incubation.

-Le taux de survie larvaire : à la fin de l'élevage larvaire, c'est le rapport entre le nombre d'animaux survivants environ un mois après le début de l'élevage et le nombre initial de larves écloses mises en élevage.

-Le taux de sevrage : à la fin de la période de nurserie, c'est le rapport du nombre d'animaux qui ont survécu à cette étape deux mois plus tard et le nombre de larves soumises au sevrage.

#### b) Taux de survie larvaire

En aquaculture, un taux de survie de 100 % n'existant pas, il est nécessaire de l'estimer avec précision et de pouvoir le rattacher aux facteurs responsables de sa variation.

On peut déjà évoquer quelques éléments jouant un rôle significatif, qui seront traités au paragraphe suivant : une cohorte hétérogène en taille, une compétition pour la prise de l'aliment, la qualité du milieu, le taux de renouvellement de l'eau, la qualité des aliments distribués.

Généralement, en début d'élevage larvaire le taux de survie atteint 50 % (mini 35-maxi 65). En fin d'élevage, le taux est de 80 % (mini 70-maxi 85) (Chatain et Coves, 1991).

#### c) La mortalité larvaire

Elle prend deux formes différentes : une forme chronique, pendant tout le développement larvaire, et une forme aigue, avec des pics de mortalité lors des passages difficiles à franchir. Si la technique employée est performante, la mortalité chronique ne doit pas représenter plus de 10 % du nombre de larves mises en élevage (Le Carpentier, 1995).

### 3) Effets des facteurs liés à l'élevage sur la biologie des alevins

Le principe même de l'aquaculture est en soi un élément perturbateur pour un élevage d'animaux aquatiques, étant donné que cette technologie suppose un minimum de manipulations, sur les individus (transport, transfert...) ou sur le milieu d'élevage (modification de la température, de la salinité, traitements...). Pour les animaux en stade prélarvaire et larvaire, il est fondamental que le niveau de ces perturbations, prises individuellement ou par groupes, reste en dessous du seuil léthal pour une population donnée. A ces stades, leur fragilité et leur sensibilité sont grandes vis-à-vis des conditions environnementales (Pionetti, 1984).

Les rôles significatifs de ces facteurs sur le développement des alevins, explicités subséquemment, sont identifiables par le pisciculteur grâce à l'analyse de descripteurs de population. Ils permettent d'apprécier directement la qualité de l'élevage.

On distingue :

-Les critères morphoanatomiques qui reposent sur la description de la chronologie du développement et sur le repérage d'anomalies affectant quelques organes.

-Les critères morphométriques qui reposent sur une appréciation de la croissance, de la dispersion et de la structure des populations larvaires.

Les facteurs intervenant dans le développement larvaire sont à la fois internes et externes (Le Carpentier, 1995).

-Examinant les facteurs internes, il a été établi que l'origine de la ponte ne semble pas avoir d'influence sur le développement. Par contre, la qualité des larves à l'éclosion, qui est le reflet des conditions dans lesquelles s'est déroulée l'incubation, est très importante pour la suite de leur évolution. Les larves malformées ou de petite taille n'ayant pas bénéficié de bonnes conditions d'incubation, sont très fragiles et n'ont que peu de chances de survivre pendant les premiers jours de leur développement.

-Examinant les facteurs externes, on retrouve parmi les facteurs physico-chimiques influençant le déroulement de ce développement, la plupart des paramètres ayant un rôle pendant l'incubation. Le couple température-salinité est prépondérant. La lumière, avec ses deux composantes, photopériode et luminosité, a elle aussi une action très importante sur la survie et la croissance des larves le loup.

La teneur en oxygène et en dioxyde de carbone dissous, le pH, la concentration en ammoniacque et en nitrites sont aussi des paramètres physico-chimiques importants.

Il faut aussi signaler le rôle de l'alimentation, notamment de la séquence alimentaire au cours du développement larvaire, ainsi que le rôle du matériel et des techniques d'élevage employés tout au long de la production d'alevins qui lui aussi est extrêmement important.

Les paragraphes suivants fournissent une description des anomalies majeures de développement observées chez les larves de *Dicentrarchus labrax* (Chatain, 1994) :

#### ➤ Malformations à l'éclosion (Annexe 7)

Dans des conditions d'élevage intensives, la larve de loup présente le plus souvent des torsions du corps, qui ne se redressent que dans de très rares situations. Sa survie n'est que de quelques heures voire quelques jours dans les meilleurs cas. La fréquence de ces torsions varie de quelques % à 100 % suivant la qualité des pontes et/ou des conditions d'incubation.

L'origine génétique n'a jamais été prouvée. Néanmoins, la majorité des recherches tend à révéler les causes suivantes : des carences nutritionnelles subies par les géniteurs, un éclairage inadéquat lors de l'incubation, une densité élevée en œufs provoquant une insuffisance en oxygène, les chocs dus aux manipulations, les chocs de salinité et de température, enfin, certains niveaux de polluants, toxines et pesticides.

Un autre caractère affectant la larve à l'éclosion est le « décrochement » du globule lipidique. Cette affection létale est plus difficilement détectable que les torsions. Sa fréquence oscille de quelques % à 30-40 %. Le premier diagnostic de cette anomalie est un comportement aberrant : la prélarve prend une posture inverse de celle de la larve saine, c'est-à-dire la tête orientée vers la surface, et coule « la queue en premier » entre deux phases de nage.

Au lieu d'être accolé à la partie ventrale postérieure de la vésicule vitelline, le globule lipidique se retrouve en position centrale dans le vitellus et ne peut donc pas être résorbé. La larve meurt pendant la semaine suivant l'éclosion.

L'origine pourrait être génétique, provoquée par la manipulation des œufs ou liée à des conditions d'incubation défavorables.

#### ➤ Calculs urinaires

Cette pathologie dont la fréquence est très variable (de 5 à 30 %, parfois 60 % du cheptel), n'est pas toujours fatale. Les calculs se manifestent dès le 3<sup>ème</sup> jour suivant l'éclosion dans la vessie urinaire ou dans l'uretère. Il a été rapporté que la proportion de calculs est toujours plus importante chez les larves à jeun, et chez celles ne réussissant pas le passage à l'exotrophie.

L'origine restant inconnue, seules des hypothèses sont énoncées : soit, un dysfonctionnement du métabolisme du phosphore et du calcium (composants principaux du calcul) chez la larve, ou encore la qualité nutritive des proies vivantes (rotifères et artémies) nourrissant les premiers stades larvaires du loup. En effet, les proies sont enrichies aux huiles de poissons elles-mêmes très riches en vitamine D. Ces larves souffriraient donc d'hypervitaminose D.

➤ Malformations de la vessie natatoire

Le développement normal de la vessie natatoire s'effectue entre le 5<sup>ème</sup> et le 30<sup>ème</sup> jour de l'élevage. Mais il arrive que sa formation, plus précisément son inflation, soit perturbée. Chez certaines larves cet organe est absent, chez d'autres, on observe au contraire une hypertrophie appelée « maladie de la bulle de gaz » (Le Carpentier, 1995). Les causes semblent être nombreuses et complexes. La formation d'un film huileux à la surface de l'eau, résultant de la nourriture riche en huiles, empêche les larves d'accéder à la surface pour avaler une bulle d'air. Une turbulence excessive dans les bacs inhibe aussi cette inflation.

On note par ailleurs qu'une hyperinflation de cet organe est fréquemment observée lors d'une hypersaturation du milieu en azote (Planas et Cunha, 1999).

La température ne semble pas avoir une influence réellement significative sur le développement de la vessie natatoire. Par contre, les faibles salinités (< 20 ‰) sont très favorables au développement correct de cet organe.

Une période d'obscurité totale durant les premiers jours de développement larvaire permet d'obtenir jusqu'à 95 % de larves de loup avec une vessie natatoire fonctionnelle au lieu de 20 à 40 % avec une photopériode de 9 à 10 heures de jour.

De plus, l'absence de vessie correctement insufflée augmente le développement de malformations squelettiques de la colonne vertébrale (lordoses). La nutrition et l'état de stress général sont aussi souvent cités.

Globalement, ces anomalies aboutissent à la production de larves viables mais dont les capacités de survie semblent fortement diminuées. A ceci s'ajoutent les retards de croissance du fait d'une dépense d'énergie accrue pour nager, vu que la régulation hydrostatique n'est plus assurée correctement (Cavalier, 1989).

➤ Malformations squelettiques (Annexe 8)

Ces malformations touchent la mandibule, les opercules, les nageoires et le plus souvent, la colonne vertébrale et les vertèbres (Daoulas *et al.*, 1991). Elles apparaissent dès le stade larvaire et affectent la croissance et la survie du cheptel.

Concernant les mâchoires, on note l'absence ou la déformation de la mâchoire inférieure et/ou supérieure, dès la première semaine suivant l'éclosion. Les anomalies operculaires, ne sont observables qu'à partir du 30<sup>ème</sup>-40<sup>ème</sup> jour et en microscopie. Elles affectent un ou deux opercules qui sont soulevés ou non développés. Il a été démontré par ailleurs que les opercules courts sont dix fois plus fréquents chez les individus dont les vessies natatoires ne sont pas fonctionnelles (Menu *et al.*, 1998). De plus, le développement de telles anomalies rend les animaux particulièrement sensibles au manque d'oxygène. La fréquence d'apparition de ce caractère varie de 0 à 80 % selon les élevages. Enfin, des expériences ont montré que les malformations operculaires affectent davantage la croissance et la survie des poissons, comparé aux malformations mandibulaires.

Bien que l'origine de ces déformations demeure incertaine, certains auteurs évoquent l'hypothèse de déséquilibres nutritionnels en rapport avec l'aliment larvaire (exemples : carences en vitamine C, D, teneur en acides gras essentiels).

Les malformations de la colonne vertébrale sont de 4 types : scoliose (déformation transversale), cyphose (déviation à convexité dorsale), blocs (fusion de plusieurs corps vertébraux) et lordose (déviation à convexité dorsale). La fréquence d'apparition des trois premiers problèmes cités est de quelques %. En revanche, la lordose est quasi systématique. On distingue les lordoses associées des non associées à l'absence de vessie natatoire fonctionnelle. Ces dernières sont observées uniquement chez le loup.

L'origine de ces anomalies proviendrait des conditions de nage forcée imposées aux alevins pendant la phase nurserie, période au cours de laquelle s'effectue la calcification du squelette. Dans les deux cas, l'effet de l'hydrodynamisme augmente donc la fréquence d'apparition des lordoses mais induit des malformations moins sévères chez les individus pourvus de vessie natatoire fonctionnelle.

Il a été signalé que ces anomalies apparaissent aux températures élevées et semblent être favorisées par des salinités extrêmes (Le Carpentier, 1995).

En résumé, les causes éventuelles sont abondantes et les diverses investigations scientifiques ont recherché un dénominateur commun à ces problèmes. L'hypothèse d'un déséquilibre nutritionnel semble être la plus probable.

#### ➤ Anomalies de croissance

Lorsque les conditions optimales d'élevage ne sont pas atteintes, la croissance des larves de loup est perturbée. Aux problèmes liés à l'élevage il faut considérer l'existence des rythmes endogènes de la larve et qui agissent sur la croissance. On note alors une diminution générale du taux de croissance, ou une augmentation de la dispersion en taille et/ou une modification de la structure de la population.

La plupart des recherches attribuent ces anomalies de croissance à l'intensité des paramètres de l'environnement : l'éclairage, la couleur des bassins, la température, la salinité, la densité larvaire.

La lumière est de première importance car les larves de loup, pélagiques et planctonophages, sont pratiquement incapables de se nourrir à l'obscurité. Donc, plus la photophase est longue, plus la larve a des chances de rencontrer sa proie, ce qui améliore les taux d'ingestion et ainsi les taux de croissance. De plus, les intensités lumineuses élevées (autour de 2500-5000 lux) favorisent la croissance.

Concernant la couleur des bacs, il a été démontré que des parois blanches entraînent pendant les 40 premiers jours de l'élevage larvaire, des ralentissements de croissance de 30 % par rapport à des alevins élevés en bassin noir. Cela serait dû à un problème de repérage des proies (problème de contraste).

La croissance des larves est nettement influencée par le couple température-salinité. Pendant les premières semaines de l'élevage, la croissance est meilleure à des températures élevées (20 à 22°C) associées à des faibles salinités (10 à 20 ‰). Une température de 15°C appliquée durant toute la phase larvaire engendre un ralentissement de croissance suivi de la mort des animaux au bout de 55 jours.

Les effets de charge ne sont perceptibles ni sur la croissance ni sur la survie.

Des taux faibles d'aération n'affectent pas la croissance mais réduisent considérablement la survie des larves (Barahona-Fernandes, 1978).

L'alimentation influe sur la croissance, notamment la répartition, la taille et l'abondance des proies vivantes. Une combinaison réfléchie des facteurs lumière-hydrodynamisme agira indirectement sur la croissance et positivement. Il faut éviter les sevrages trop précoces, sources de problèmes.



### III. ETHOLOGIE DES LARVES DE LOUP EN ECLOSERIE

Le pisciculteur a la possibilité d'évaluer la qualité de son élevage par le biais d'autres descripteurs de population tels que les critères éthologiques. Ils sont essentiellement fondés sur la répartition spatiale, le comportement natatoire et le comportement trophique des larves aux différentes phases de l'élevage.

Dans des conditions d'élevage intensives, le comportement des alevins résulte d'un ensemble complexe d'interactions physiologiques, en réponse directe ou indirecte à leur environnement.

#### 1) Comportement pendant la phase endotrophique

Durant cette phase, la larve se nourrit exclusivement de ses propres réserves vitellines. Son comportement ne sera alors influencé que par les paramètres du milieu (hydrodynamisme, éclaircissement...) (Chatain, 1994).

A l'éclosion, l'activité natatoire de l'alevin de loup est fortement réduite et maladroite, en raison d'un volumineux sac vitellin. Les larves se positionnent face ventrale vers le haut et sont en équilibre avec le milieu. Lorsqu'il n'y a pas de courant, elles forment une colonie dense en surface. Leurs mouvements sont agités et définissent de brèves périodes d'activité alternées avec de longs moments d'immobilité.

A la suite de tout type de stress mécanique (transfert de bassin, hydrodynamique modifiée), les larves se laissent couler. Cette réaction d'évitement met deux heures, à l'obscurité, pour disparaître. Ensuite, les larves s'agrègent à nouveau à la surface.

De l'éclosion à l'ouverture de la bouche, les larves perdent leur position ventrale en seulement 10 heures, et prennent une position inclinée (45 à 90°), tête en bas. Elles se répartissent toujours en masse près de la surface. Les mouvements limités à une succession de migrations verticales au début de ce stade, augmentent et se diversifient (trajectoires horizontales, obliques ascendantes, orientées) au fur et à mesure que les équipements sensoriel et natatoire se développent.

A l'ouverture de la bouche, leur répartition spatiale est toujours caractérisée par ces regroupements très compacts à proximité de la surface. Les alevins maintiennent une position horizontale et équilibrée. C'est à ce stade que prend naissance le comportement rhéotaxique.

#### 2) Comportement pendant la phase exotrophique

Durant cette phase, la larve doit se nourrir en allant chercher sa nourriture dans le milieu. Non seulement son comportement reste dépendant des conditions d'élevage, mais il sera tributaire des caractéristiques propres à l'aliment (nature, qualité, quantité, répartition).

A cette phase du développement larvaire, le comportement se modifie totalement. Il est important de préciser que le passage à l'exotrophie est le principal obstacle à surmonter pour les larves (Chatain, 1994).

Lorsqu'il n'y a pas de nourriture, les larves ont une répartition spatiale continuellement hétérogène dans les bacs. Toutefois, les essaims sont moins denses que pendant la phase endotrophique. Leur nage active leur permet d'adopter un comportement de fuite et les alevins sont capables de s'éviter. Même si ces derniers sont dotés de mouvements contranatants, ils ne sont pas en mesure d'éviter les zones de turbulence.

Lorsque les larves sont nourries, elles manifestent un comportement de chasse dynamique. Les proies vivantes stimulent les larves, du fait de leur mobilité propre (Guissi, 1988). Elles explorent activement l'ensemble de la masse d'eau et dans toutes les directions. Leur nage s'effectue dans un plan horizontal et les larves finissent par adopter la posture en S caractéristique de l'activité de chasse (Annexe 9).

A cette étape, les alevins présentent une nette phototaxie positive.

Le type de proies (par exemple : dure, piquante) données à ces animaux peut être discerné grâce à la mise en place de structures sensorielles (bourgeons du goût, organe olfactif), quelques jours après l'ouverture de la bouche.

Deux semaines après le début de l'élevage, on considère que les larves rentrent dans le stade postlarvaire. Elles acquièrent une autonomie grandissante vis-à-vis de leur milieu. La nage devient plus rapide et la capture des proies plus performante.

Du fait d'une sensibilité à la lumière moins importante et d'une rhéotaxie de plus en plus intense, la répartition spatiale des larves est légèrement différente du stade précédent. De plus, les alevins toujours groupés, sont orientés à contre-courant sous le distributeur de proies pendant la journée. Cette masse se disperse en absence de nourriture. Pendant la nuit, leur distribution est homogène dans toute la colonne d'eau.

Le pisciculteur peut discerner un manque nutritionnel en constatant l'activité de nage et de prospection presque continue des animaux.

On observe à partir du 20-25<sup>ème</sup> jour (postlarves de 8-9 mm) une répartition suivant un gradient de taille. Les plus grandes se regroupent vers le fond, près des parois, et les plus petites en surface. La fraction homogène se situe au milieu des bassins.

### 3) Gestion de l'élevage et incidences sur le comportement des alevins

La réussite de l'entrée dans la vie trophique est vérifiée pour un taux de larves qui se nourrissent, de 100 % lorsqu'elles sont nourries pour la première fois à l'âge de 8 jours (Chatain, 1994). Lorsque ce taux n'est pas atteint, les premières anomalies de comportement surgissent. Elles sont aisément identifiables par l'observation de trois symptômes : apathie, résorption rapide du reste des réserves lipidiques et amaigrissement de la larve. La détection d'une larve jamais ou très peu nourrie se traduit par une exophtalmie, visible pour le pisciculteur et signe d'une mort imminente.

Un autre comportement observable déclenché par une insuffisance de nourriture ou par le fait qu'elle ne convient pas à l'alevin, est un transfert de l'activité de chasse vers les bulles d'aération. L'ingestion de bulles engendre la remontée des larves déséquilibrées en surface. Cet acte n'est pas létal car les larves sont capables d'évacuer l'air ingéré. Afin de limiter ce phénomène, l'éleveur a tout intérêt à utiliser des diffuseurs d'air produisant des bulles de taille supérieure à celle de la bouche des larves.

A l'inverse de l'ingestion de bulles, l'anomalie suivante est mortelle : elle se déclare pendant les trois jours suivant l'ouverture de la bouche, et dure de 3 à 8 jours. Durant ces trois jours, les larves sont à l'obscurité et à jeun.

Possédant surtout une sensibilité tactile, elles avalent tout élément en mouvement passant à côté. Cela comprime totalement le tube digestif et empêche les larves de se nourrir. On les retrouve alors en surface. Il a aussi été indiqué que des conditions hydrodynamiques inadéquates sont souvent responsables de l'échec de la première prise de nourriture.

La conduite sanitaire tenue par le pisciculteur est un élément fondamental intervenant dans la production des larves. Une bonne gestion prophylactique leur évite les situations de stress et diminue les risques d'apparition de maladies. De plus, une charge trop importante dans les bacs peut contribuer au développement de diverses pathologies car elle fournit des conditions optimales de transmission (Mladineo, 2003). Prolifèrent par exemple, parasites, bactéries, virus. Les solutions préventives à appliquer sont : des procédures d'hygiène strictes, des traitements par bains, le nettoyage et la désinfection de tout objet entrant en contact avec les larves.

Enfin, le dernier phénomène comportemental fréquent en aquaculture est le cannibalisme. C'est à un âge de 30 jours environ qu'il apparaît en bassins (Barnabé, 1986). Les larves ont acquis à ce stade une taille de 15 mm environ, ce qui marque le début de la métamorphose et les premiers comportements d'intimidation et d'agression (Chatain, 1994). La ségrégation par taille, en différents groupes localisés à des profondeurs diverses, se prononce de plus en plus sauf pendant le nourrissage. S'instaure alors un climat de compétition, les plus gros individus se placent sous le distributeur et gênent les plus petits. Les importantes densités d'élevage appliquées en nurserie (10 à 12 larves/l), déclenchent le comportement cannibale. Et ceci, dès que l'aliment devient insuffisant ou s'il n'y a pas assez de distributeurs. Les animaux affamés adoptent une nage frénétique dans le même sens et à contre-courant.

Il existe deux types de cannibalisme :

Le type I qui correspond à une ingestion partielle de la proie en commençant par la queue.

Le type II à un âge plus avancé, correspond à une ingestion complète de la proie.

Ce phénomène est facilité par l'augmentation de l'hétérogénéité de taille au sein de la population larvaire. Mais le cannibalisme lui-même, a aussi un impact sur l'hétérogénéité de la population. En résumé, le cannibalisme est à la fois une cause et un effet de l'hétérogénéité de taille (Baras et Jobling, 2002).

Plus ce comportement apparaît tôt, plus son influence est considérable.

Il est déclenché et amplifié par un large champ de facteurs biotiques et abiotiques qui influencent les exigences nutritionnelles, l'accès à la ressource et la probabilité de capture des proies.

Concernant l'hétérogénéité de taille, il a été démontré qu'elle aussi est sous l'influence de plusieurs paramètres (Figure 1) (Kestemont *et al.*, 2003).

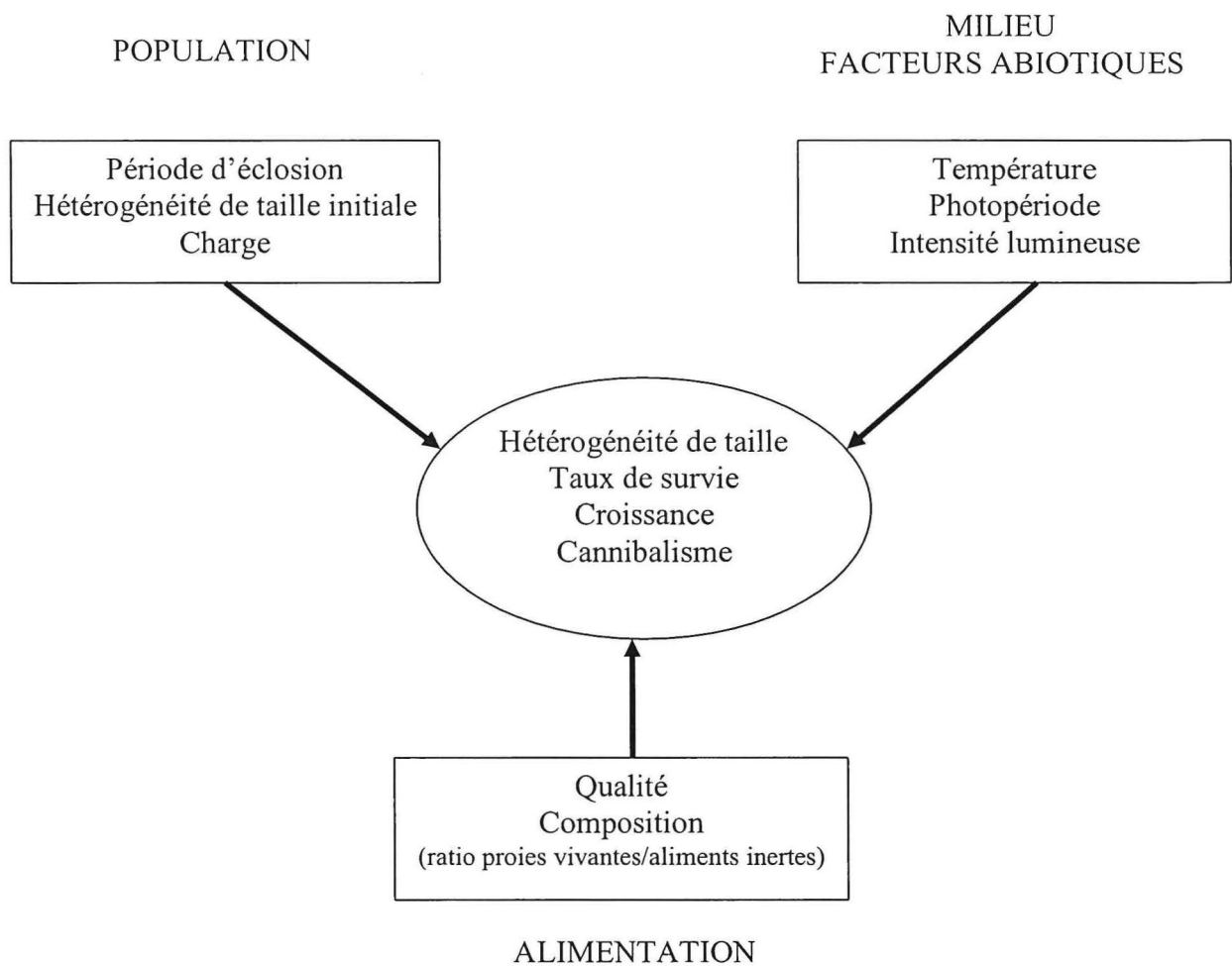


Figure 1 : Facteurs du milieu d'élevage intensif des larves de loup européen (*Dicentrarchus labrax*) agissant sur leur taille, leur survie, leur croissance et leur comportement (Kestemont *et al.*, 2003).

## CONCLUSION

Les techniques de l'aquaculture marine se sont rationalisées depuis une vingtaine d'années. Ce secteur de production animale n'est plus considéré comme une activité artisanale, mais fait partie du domaine scientifique. Cet essor rapide tient avant tout à une bonne intégration commerciale des résultats significatifs acquis par la recherche dans cette discipline. L'objectif du pisciculteur n'est pas seulement produire de la « quantité », il consiste aussi à fournir un alevin de bonne qualité.

L'élevage des larves de loup européen (*Dicentrarchus labrax*) en conditions intensives, rassemble de nombreux paramètres. Les performances du cheptel larvaire résultent des capacités de gestion du milieu par le zootechnicien puis, des multiples facteurs biotiques et abiotiques en interaction avec les alevins, sans oublier que la réussite de l'élevage des stades antérieurs conditionne le développement de la larve.

Malgré un savoir-faire honorable, cette technologie présente des limites au niveau des outils d'évaluation de la qualité du cheptel et des connaissances acquises sur les besoins biologiques primordiaux des larves. L'aquaculture de demain pourrait alors créer de nouveaux outils et améliorer la précision des analyses attestant de la bonne conduite de l'élevage larvaire de loup.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ALEXANDRE P., 1998. Alimentation et aquaculture : cas de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Mémoire DESS Productions animales en régions chaudes, CIRAD-EMVT, Montpellier, 33p.
2. ALZIEU C, 1986. L'eau - Milieu de culture. *In*: Aquaculture. Vol.1. Ed. Tech. et Doc. Lavoisier publ., Paris, p. 15-43.
3. BARAHONA-FERNANDES M.H., 1978. L'influence du taux d'aération sur la survie et la croissance des larves de bar (*Dicentrarchus labrax*) : une étude préliminaire. *Aquaculture*, 14. [Résumé]. 1p.
4. BARAS E. et JOBLING M., 2002. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. *Aquaculture Research*, 33, p.461-479.
5. BARNABE G., 1976. Rapport technique sur la ponte induite et l'élevage des larves du loup *Dicentrarchus labrax* (L.) et de la dorade *Sparus aurata* (L.). *In* : Ponte contrôlée et élevage des larves d'espèces marines sélectionnées de la Méditerranée. *Etud. Rev. Cons. Gén. Pêches Méditerr.* (55), p.63-116.
6. BARNABE G., 1986. L'élevage du loup et de la daurade. *In* : Aquaculture. Vol.2. Ed. Tech. et Doc. Lavoisier publ., Paris, p. 627-666.
7. BARNABE G. et BARNABE-QUET R., 1985. Avancement et amélioration de la ponte induite chez le loup *Dicentrarchus labrax* (L) à l'aide d'un analogue de LHRH injecté. *Aquaculture*, 49, p. 125-132.
8. BARNABE G. et BARNABE-QUET R., 1997. L'homme et les eaux côtières. L'exploitation des ressources vivantes aquatiques : halieutique et aquaculture. *In* : *Ecologie et aménagement des eaux côtières*. Ed. Tech. et Doc. Lavoisier publ., Paris, p.143-165.
9. BEAUCHAMP J., 2003. La pollution littorale. [On line]. <URL : <http://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours.qge/pol-litt/pol-litt.htm>> [Consulté le 16/04/05].
10. BLANCHET-BESSON C., 1986. Les paramètres physicochimiques en élevage larvaire intensif et la toxicité aigüe de l'ammoniaque et des nitrites vis-à-vis du loup *Dicentrarchus labrax* Linné 1758. Thèse Docteur es Sciences, Univ. Sc. Techn. Languedoc, Montpellier, 308p.
11. BLANCHETON J.P. et CANAGUIER B., 1995. Bacteria and particulate materials in recirculating seabass (*Dicentrarchus labrax*) production system. *Aquaculture*, 133, p.215-224.
12. BLANCHETON J.P., DE LA POMELIE C. et VINCENT M., 1996. Potential gains through new rearing technologies : culture in recirculation systems. *In*: *Seabass and seabream culture: problems and prospects*. Handbook of contributions and short communications. European Aquaculture Society. Verona, Italy, 16-18/10/1996, p.189-205.

13. BOUJARD T., 1999. Comportement alimentaire et régulation de l'ingestion. *In* : Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P. et METAILLER R. ed. I.N.R.A. eds, p.43-50.
14. BRUNEL G., 1984. Technologie du recyclage de l'eau de mer en écloséries. *In* : L'aquaculture du Bar et des Sparidés. BARNABE G. et BILLARD R. eds. I.N.R.A. Publ., Paris, p.277-285.
15. CAUSSEL M., s.d. Les bars, Pêches modernes et traditionnelles. Editions du Gué l'Epine, Collection Patrimoine.
16. CAVALIER F., 1989. Alimentation artificielle des larves de bar (*Dicentrarchus labrax*) en conditions expérimentales. Aspects zootechniques et morphologiques. Thèse Docteur es Sciences, Univ. Sc. Techn. Languedoc, Montpellier, 211p.
17. CHATAIN B., 1994. Estimation et amélioration des performances zootechniques de l'élevage larvaire de *Dicentrarchus labrax* et de *Sparus aurata*. Thèse Docteur es Sciences, Université d'Aix Marseille II, 199p.
18. CHATAIN B. et COVES D., 1991. Current status of the French intensive larval rearing techniques for seabass (*Dicentrarchus labrax*) and seabream (*Sparus aurata*). [Résumé]. Octobre 1991. IFREMER, Palavas, 1p.
19. DAOULAS C., ECONOMOU A.N. et BANTAVAS I., 1991. Osteological abnormalities in laboratory reared seabass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings. *Aquaculture*, 97. [Résumé]. 1p.
20. FAO. Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Rapport SOFIA 2004, [On line]. <URL: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=//docrep/007/y5600f/y5600f04.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=//docrep/007/y5600f/y5600f04.htm) >. [Consulté le 10/04/05].
21. GATESOUBE F.J., ZAMBONINO INFANTE J.L., CAHU C. et BERGOT P., 1999. Ontogenèse, développement et physiologie digestive chez les larves de poissons. *In* : Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P. et METAILLER R. ed. I.N.R.A. eds, p.249-264.
22. GIRARD J-C. et RIPAULT F., 2003. *Dicentrarchus labrax* - un poisson emblématique. Echosmouche, La Lettre Mensuelle des Pêcheurs à la Mouche. [On line] <URL : [http://www.echosmouche.com/article.php3?d\\_article=399#forum201](http://www.echosmouche.com/article.php3?d_article=399#forum201)> [Consulté le 12/04/05].
23. GORSHKOVA G.V., GORSHKOV S., GORDIN H. et KNIBB W.R., 1996. Sex control and gynogenetic production in european seabass *Dicentrarchus labrax*. *In*: Seabass and seabream culture: problems and prospects. Handbook of contributions and short communications. European Aquaculture Society. Verona, Italy, 16-18/10/1996, p. 288-290.
24. GUELORGET O., 2005. Communication personnelle, mars 2005, Montpellier.

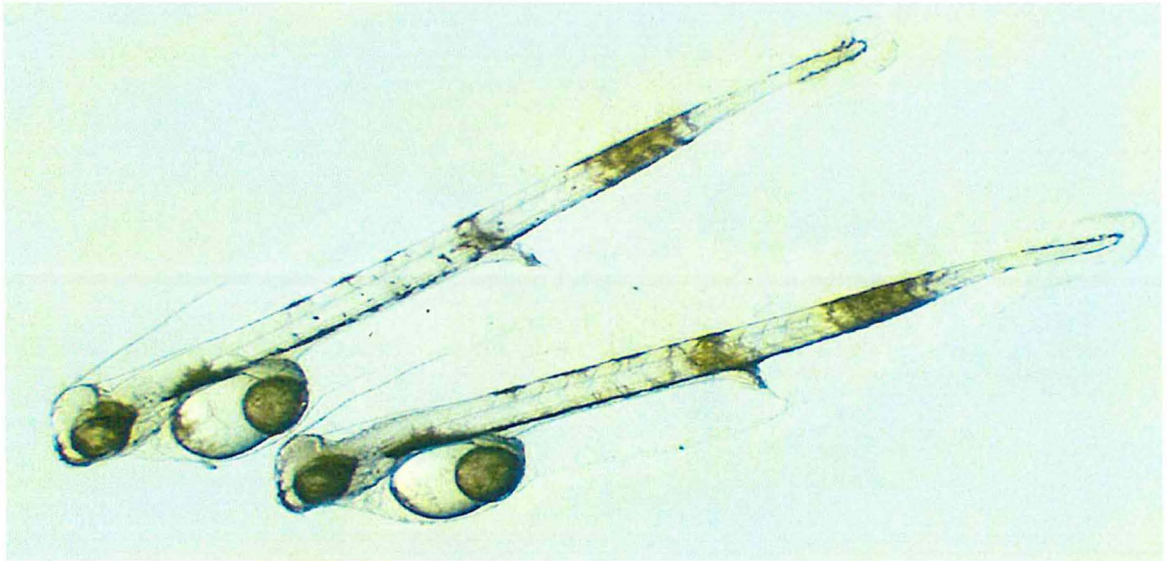
25. GUISSI A., 1988. Influence des facteurs écologiques sur des populations larvaires de loup *Dicentrarchus labrax* (L.) et de daurade *Sparus auratus* (poissons téléostéens) en élevage intensif. Thèse Docteur es Sciences, Univ. Sc. Techn. Languedoc, Montpellier, 230p.
26. KAUSHIK S.J., 1999. Nutrition minérale. *In* : Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P. et METAILLER R. ed. I.N.R.A. eds, p.213-227.
27. KESTEMONT P., JOURDAN S., HOUBART M., MELARD C., PASPATIS M., FONTAINE P., CUVIER A., KENTOURI M. et BARAS E., 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae : biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227, p.333-356.
28. LARVAL BASE, 2003. LarvalBase. Global Information System about FishLarvae, [On line]. <URL: <http://www.larvalbase.org/>> [Consulté le 12/04/05].
29. LE CARPENTIER P., 1995. Influence de la température, de la salinité et de la lumière sur la reproduction et l'élevage larvaire et embryonnaire du bar (*Dicentrarchus labrax*) et de la daurade (*Sparus aurata*). Thèse Docteur Vétérinaire, Nantes, 120p.
30. LLORIS D. et RUCABADO J., 1998. Guide FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Guide d'identification des ressources marines vivantes du Maroc. FAO, Rome, 263p. [On line].  
<URL : [ftp://ftp.fao.org/FI/document/sidp/w9160F\\_Morocco/w9160f16.pdf](ftp://ftp.fao.org/FI/document/sidp/w9160F_Morocco/w9160f16.pdf)> [Consulté le 13/04/05].
31. MANI-PONSET L., DIAZ J.P., DIVANACH-KENTOURI M. et CONNES R., 1993. Structure de la rétine et potentialités visuelles susceptibles d'influer sur le comportement trophique du loup (*Dicentrarchus labrax*) adulte et en cours de développement. *In* : Production, Environment and Quality. Bordeaux Aquaculture '92. BARNABE G. and KESTEMONT P. (eds). European Aquaculture Society. Special Publication No. 18, Ghent, Belgium, 1993. [Résumé]. 1p.
32. MAUREL P., 1984. Les circuits fermés en aquaculture : technologies et domaines d'application. *In* : L'aquaculture du Bar et des Sparidés. BARNABE G. et BILLARD R. eds. I.N.R.A. Publ., Paris, p.251-275.
33. MENU B., ROBIN J.H. et GOUILLOU-COUSTANS M.F., 1998. Evaluation de l'effet de l'environnement et de l'alimentation sur l'apparition d'anomalies de développement chez l'alevin de bar (*Dicentrarchus labrax*). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 350-351. [Résumé]. 1p. Colloque Institut Fédératif de Recherche, 43, « Biologie et Ecologie des Poissons », Rennes, France, 23-25/09/1997.
34. MLADINEO I., 2003. Life cycle of *Ceratothoa oestroides*, a cymothoid isopod parasite from seabass *Dicentrarchus labrax* and seabream *Sparus aurata*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 57 (1-2). [Résumé]. 1p.
35. PAPANDROULAKIS N., PAPAIOANNOU D. et DIVANACH P., 2002. An automated feeding system for intensive hatcheries. *Aquacultural Engineering*, 26, p.13-26.



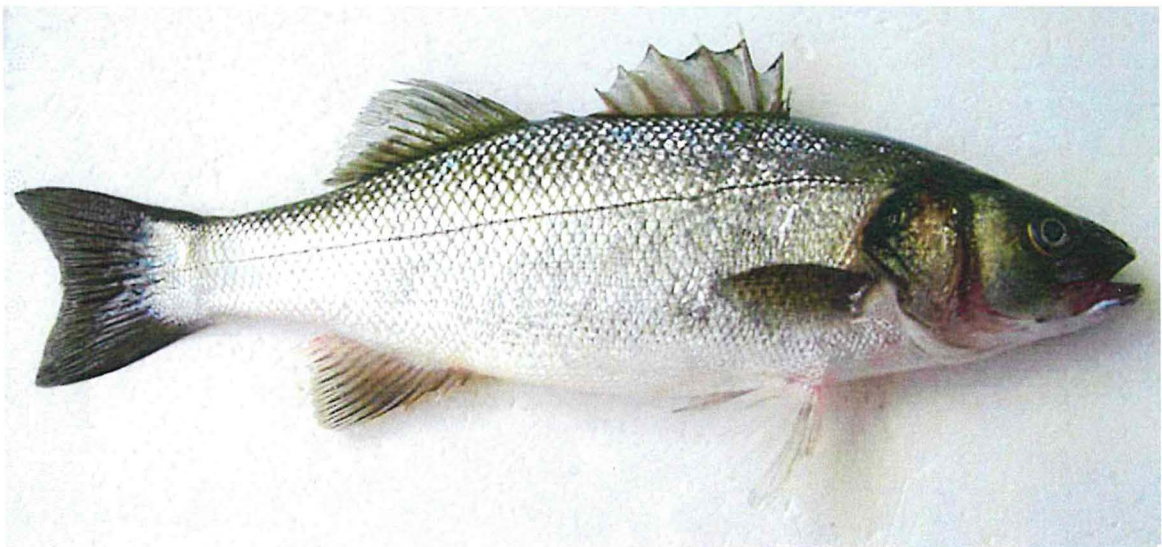
36. PERSON-LE RUYET J. et BERGOT P., 1999. Aliments inertes pour larves de poissons. *In* : Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P. et METAILLER R. ed. I.N.R.A. eds, p.285-296.
37. PICKETT G.D. et PAWSON M.G., 1994. Aquaculture. *In*: Seabass: biology, exploitation and conservation. Chapman and Hall, Fish and Fisheries Series 12, London, 337p.
38. PINOSA M., VOLPELLI L.A. et BERALDO P., 1992. Branzino e orata, come nutrirla in fase larvale. Laguna. Scienza e tecnica. [On line].  
<URL : [http://www.regione.emilia-romagna.it/laguna/articolo.asp?id\\_articolo=267](http://www.regione.emilia-romagna.it/laguna/articolo.asp?id_articolo=267)>  
[Consulté le 13/04/05].
39. PIONETTI J.M., 1984. Exigences environnementales et indicateurs physiologiques et biochimiques au cours de l'ontogenèse de poissons marins en aquaculture. *In* : L'aquaculture du Bar et des Sparidés. BARNABE G. et BILLARD R. eds. I.N.R.A. Publ., Paris, p.127-137.
40. PLANAS M. et CUNHA I., 1999. Larviculture of marine fish : problems and perspectives. *Aquaculture*, 177, p.171-190.
41. ROBIN J. et GATESOUBE F.J., 1999. Alimentation des larves de poissons avec des proies vivantes. *In* : Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P. et METAILLER R. ed. I.N.R.A. eds, p. 265-283.
42. ZANUY S. et CARRILLO M., 1984. La salinité : un moyen pour retarder la ponte du bar. *In* : L'aquaculture du Bar et des Sparidés. BARNABE G. et BILLARD R. eds. I.N.R.A. Publ., Paris, p.73-80.
43. ZOHAR Y., BILLARD R. et WEIL C., 1984. La reproduction de la daurade (*Sparus aurata*) et du bar (*Dicentrarchus labrax*) : connaissance du cycle sexuel et contrôle de la gamétogenèse et de la ponte. *In* : L'aquaculture du Bar et des Sparidés. BARNABE G. et BILLARD R. eds. I.N.R.A. Publ., Paris, p.3-24.

# **ANNEXES**

**ANNEXE 1** : Photographies du loup (*Dicentrarchus labrax*) au stade larvaire (a) et à l'âge adulte (b)

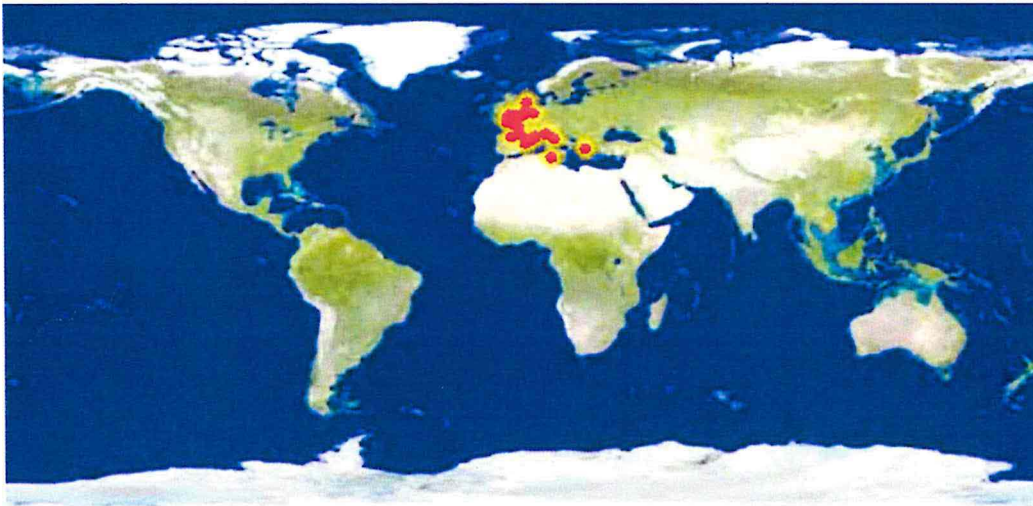


a) Larves de 2 jours (Source : Ueberschär, B)

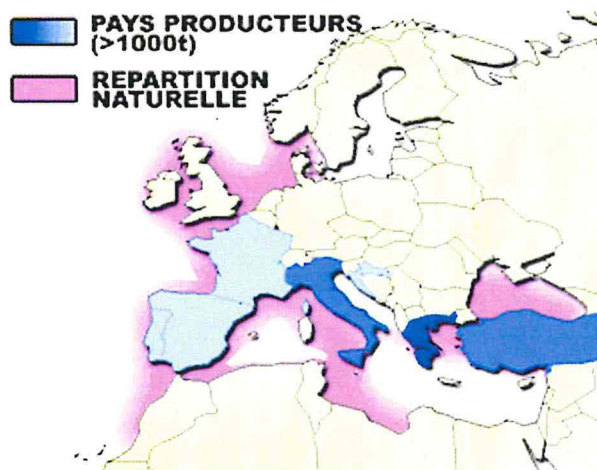


b) Loup adulte (Source : Crocetta, F.)

ANNEXE 2 : Cartes de répartition du loup européen (*Dicentrarchus labrax*)

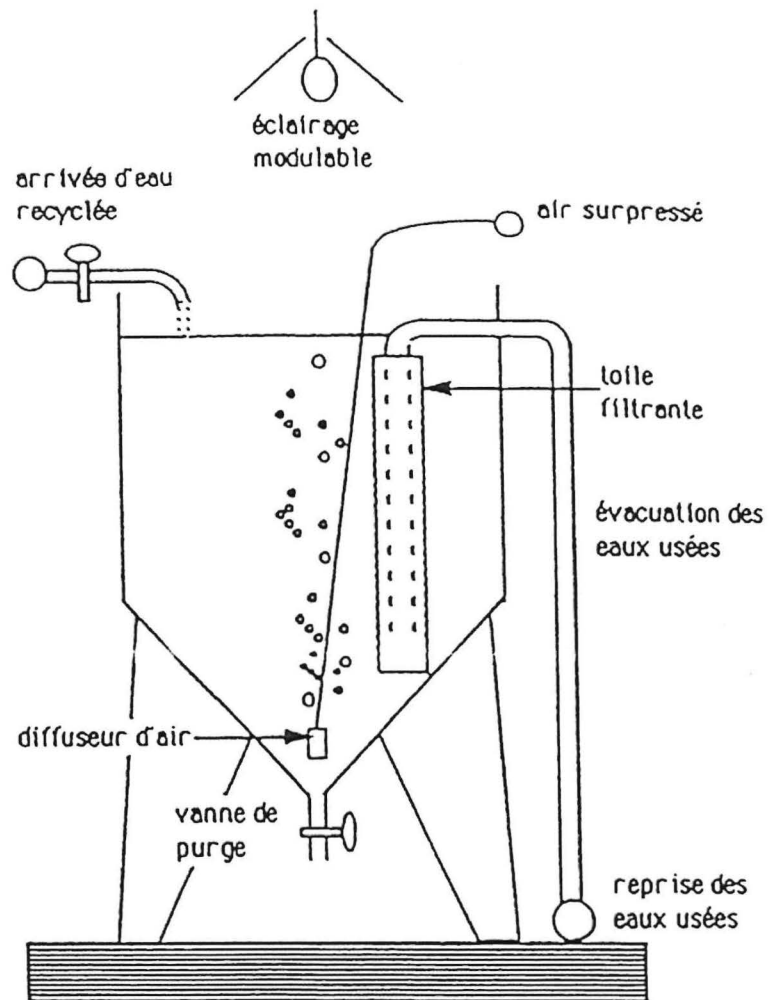


a) Points rouges : présence de l'espèce  
(Source : <http://www.vetofish.com/modules/fish/fiche.php?fid=63>)

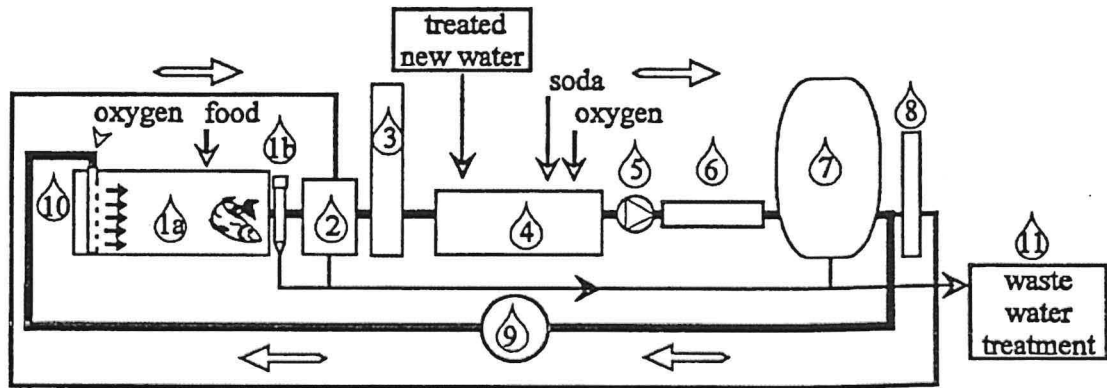


b) Aire de répartition naturelle du bar commun et pays produisant plus de 1000 tonnes de bars d'aquaculture en 2002  
(Source : <http://www.ifremer.fr/aquaculture/fr/poissons/bar.htm>)

**ANNEXE 3** : Schéma d'un bac d'élevage de larve  
(Source : Le Carpentier, 1995)

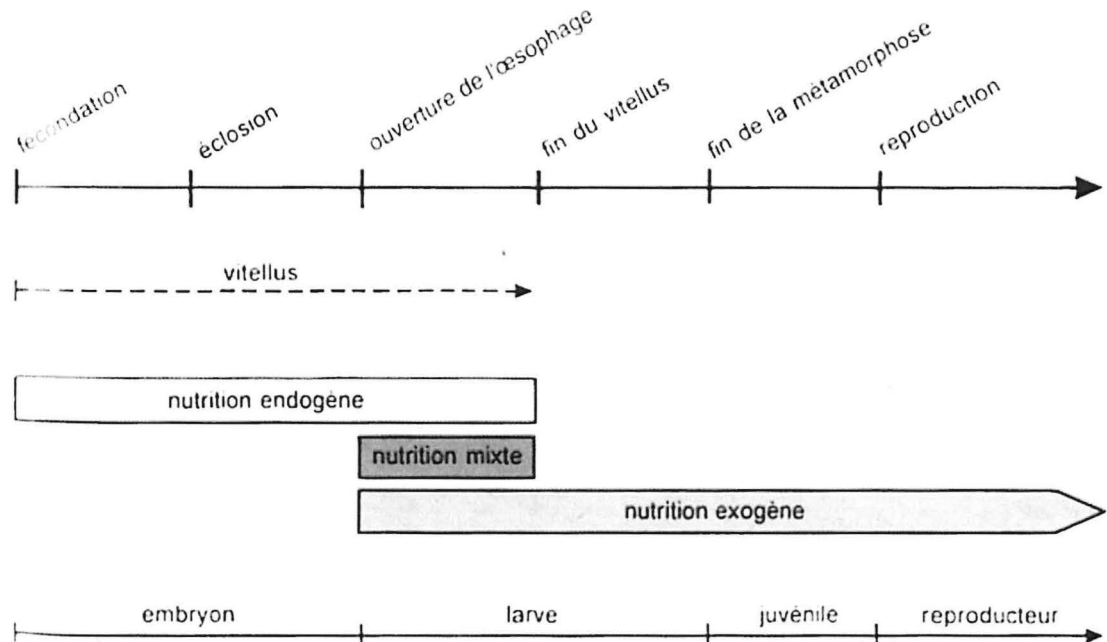


**ANNEXE 4** : Schéma de circuit fermé appliqué en éclosionerie  
 (Source : Blancheton *et al.*, 1996)

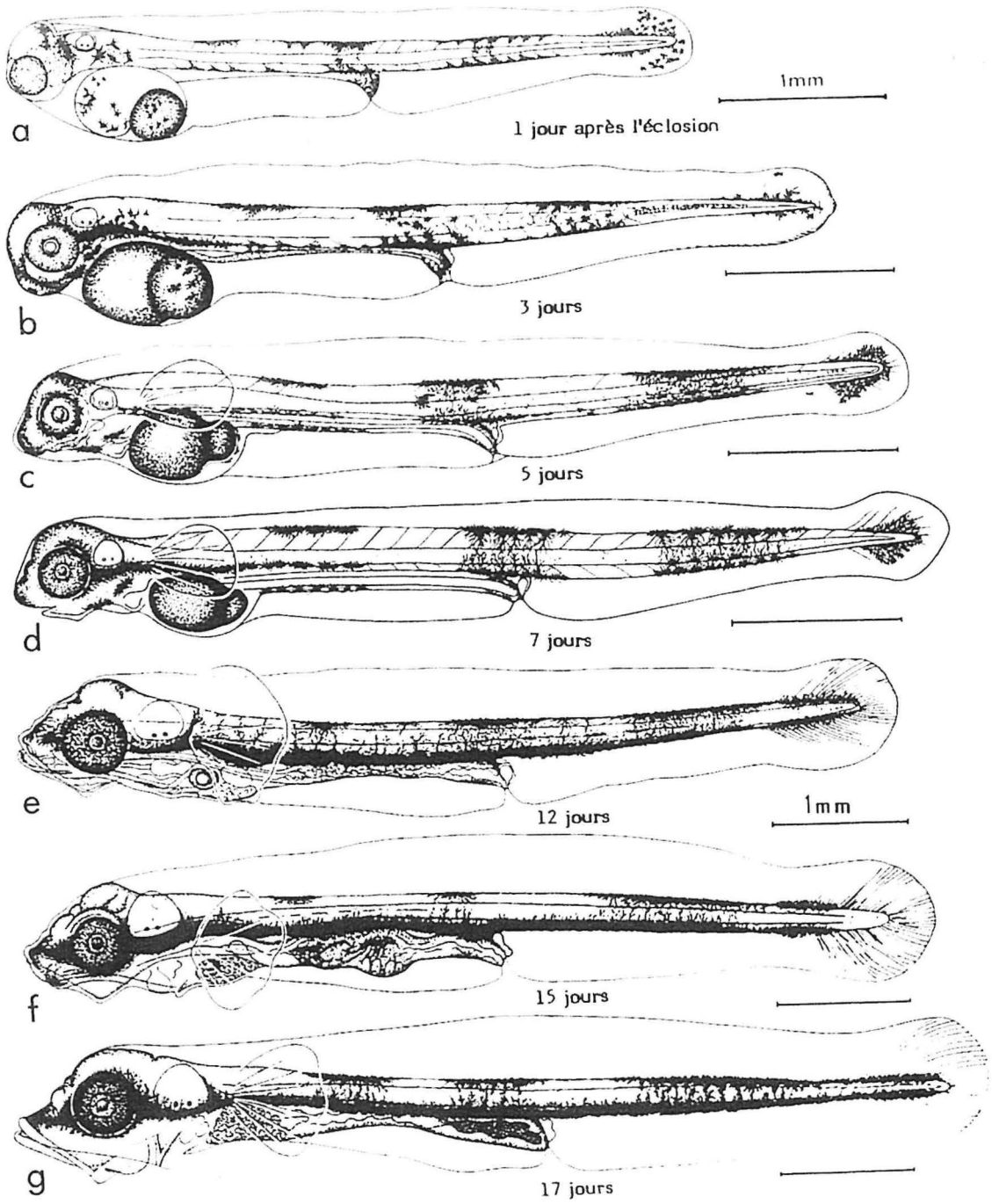


- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1a : Bassin d'élevage                       | 6 : Lampes UV                  |
| 1b : Séparateur de particules               | 7 : Biofiltre nitrifiant       |
| 2 : Filtre mécanique                        | 8 : Biofiltre dénitrificateur  |
| 3 : Système qui supprime le CO <sub>2</sub> | 9 : Echangeur chaud/froid      |
| 4 : Bassin de pompage                       | 10 : Système d'oxygénation     |
| 5 : Pompes                                  | 11 : Traitement des eaux usées |

**ANNEXE 5** : Stades de développement et modes de nutrition au cours de la vie des poissons (Source : Gatesoupe *et al.*, 1999)

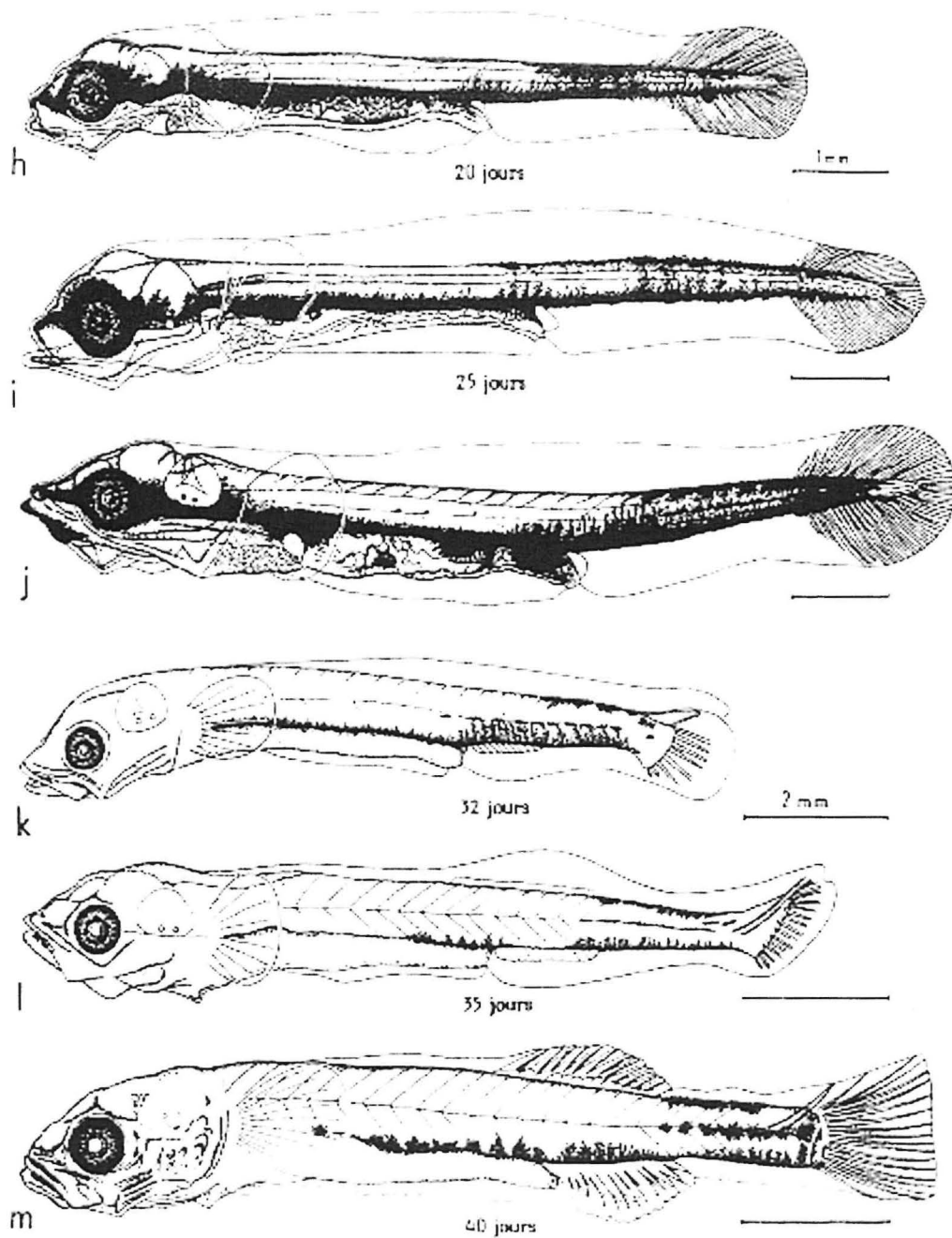


**ANNEXE 6 : Le développement larvaire du loup (1/2)**  
(Source : Barnabé, 1986)

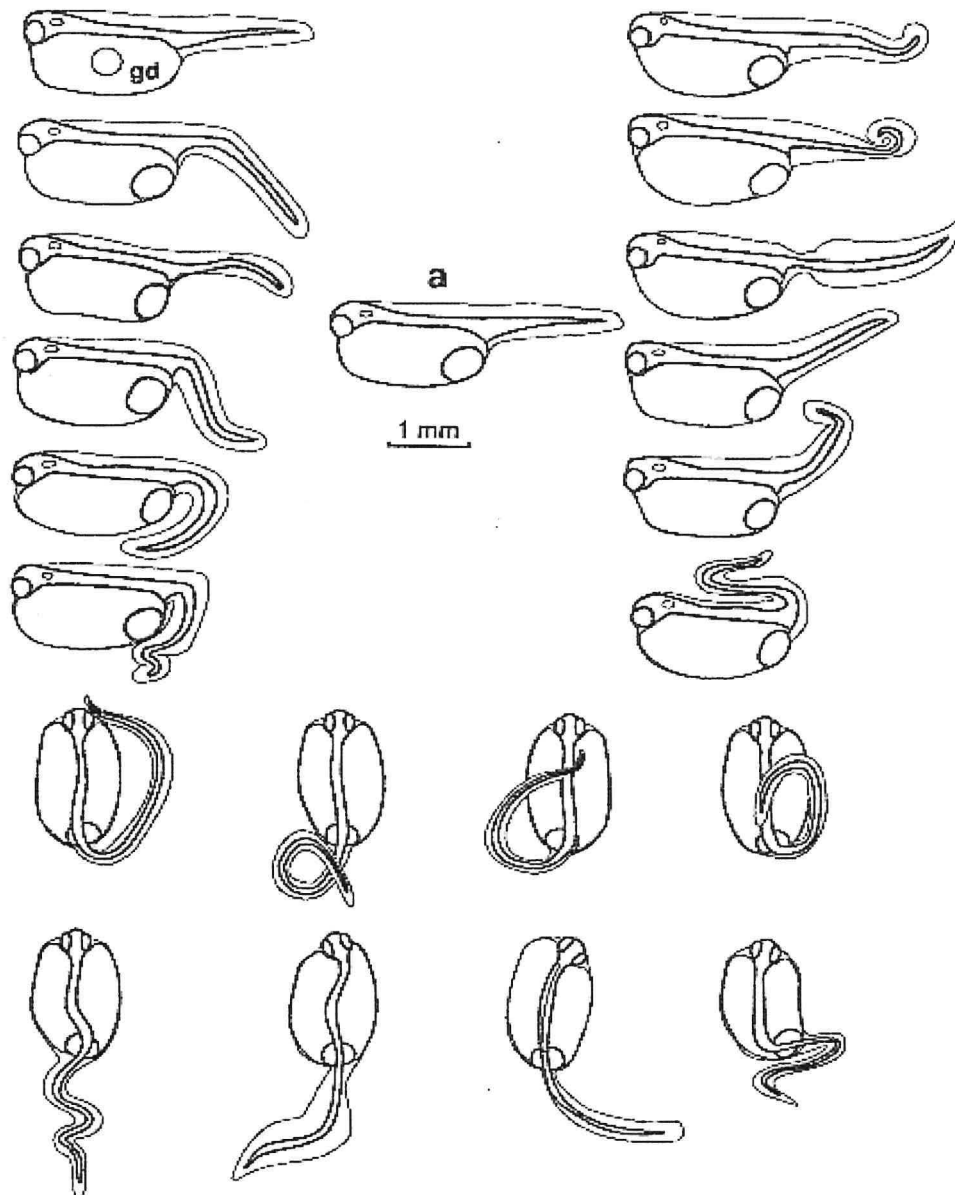




**ANNEXE 6 : Le développement larvaire du loup (2/2)**  
(Source : Barnabé, 1986)

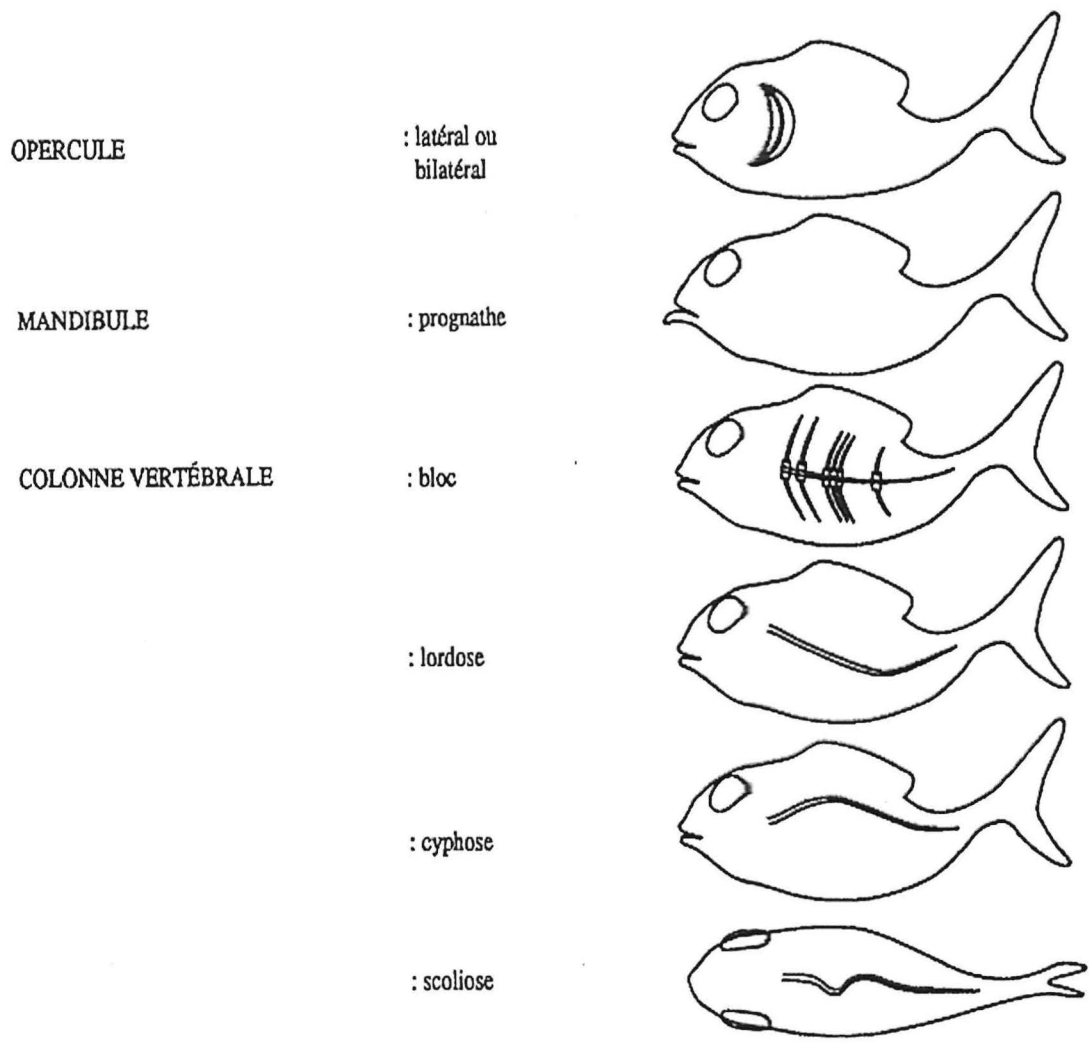


**ANNEXE 7** : Principales malformations de la larve à l'éclosion  
(Source : Chatain, 1994)



gd : globule lipidique « décroché »  
a : larve normale

**ANNEXE 8** : Principales déformations de la colonne vertébrale affectant les juvéniles de *Dicentrarchus labrax* (Source : Chatain, 1994)



ANNEXE 9 : L'activité de chasse chez la larve (Source : Barnabé, 1986)



A : Repérage d'une proie située dans le champ de perception visuel

B : Mouvement d'orientation vers la proie

C : Visée et positionnement en S

D : Détente et préhension