

P 502/1

EXCLU DU PRÊT

20 AVR. 1979



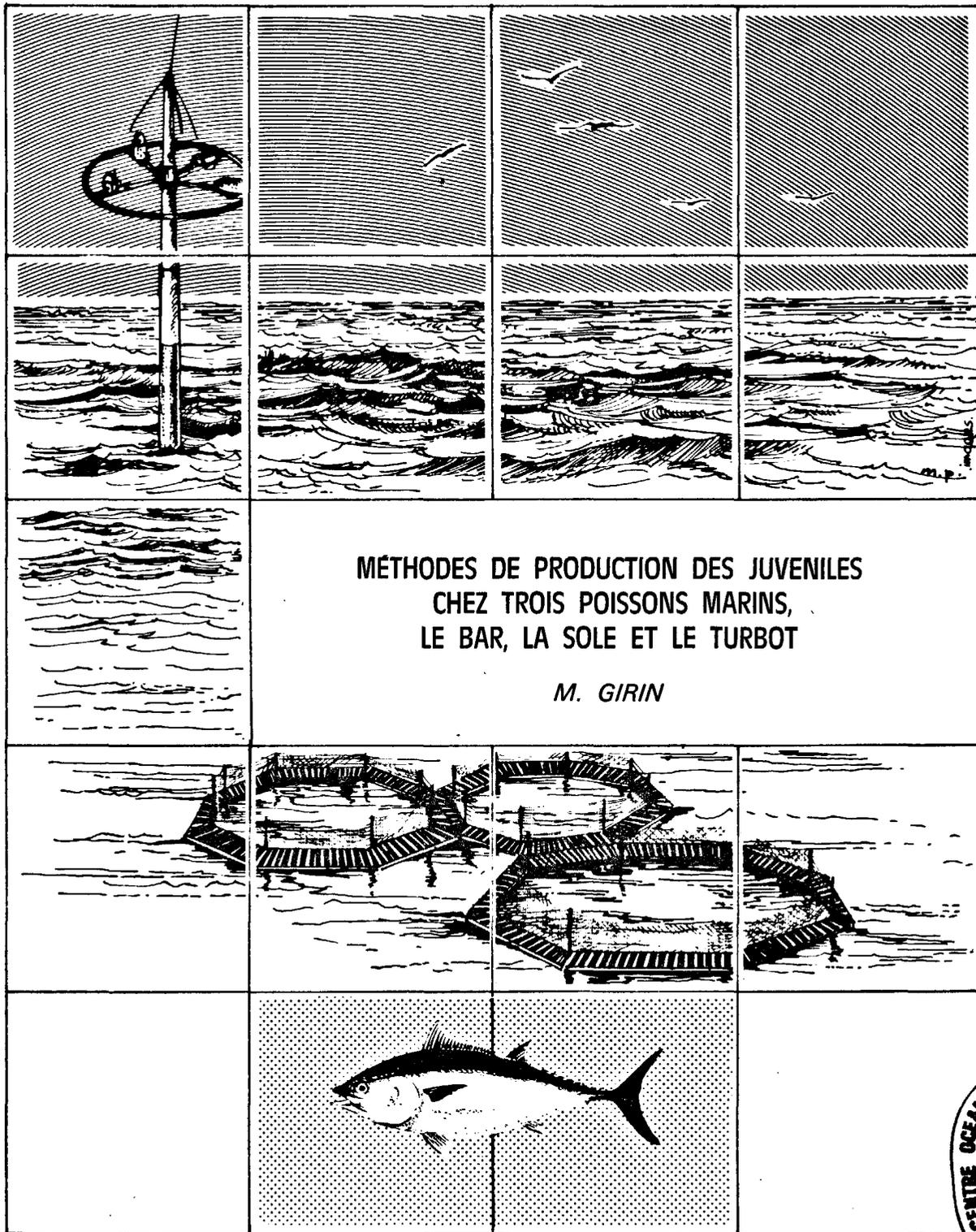
Publications du

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS

Découvrez plus de documents
accessibles gratuitement dans [Archimer](#)



Rapports scientifiques et techniques n°39 - 1979



CENTRE OcéANOLOGIQUE DE BRETAGNE



- Les Publications Scientifiques et Techniques du Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) comportent les séries suivantes :

The Scientific and Technical Publications of Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) contain the following serials :

- Rapports Scientifiques et Techniques - ISSN 0339-2899. 1971
- Rapports Economiques et Juridiques - ISSN 0339-2910. 1973
- Recueil des Travaux du Centre Océanologique de Bretagne - ISSN 0336-3112. 1972
- Résultats des Campagnes à la Mer - ISSN 0339-2902. 1971
- Actes de Colloques - ISSN 0335-8259. 1971

- Les travaux publiés dans ces séries sont analysés par :

The works published in these serials are analysed by :

- Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts
- Bibliographie Géographique Internationale
- Biological Abstracts
- Bulletin Signalétique du C.N.R.S. - Informascience
- Chemical Abstracts
- Norois - Chronique Océanographique
- Hydrographische Bibliographie
- Oceanic Abstracts
- Oceanographic Abstracts and bibliography - Deep Sea Research
- Pollution Abstracts
- Underwater Information Bulletin
- Zoological Record

- Les demandes d'information et les commandes concernant toutes les publications scientifiques et techniques du CNEXO doivent être adressées à :

The inquiries and orders which concern the whole of CNEXO scientific and technical publications have to be mailed to :

SECTION DOCUMENTATION
CENTRE OcéANOLOGIQUE DE BRETAGNE
B.P. 337
29273 BREST CEDEX

Les publications envoyées en échange doivent être expédiées à cette même adresse.

The publications sent in exchange have to be forwarded to the same address.

PUBLICATIONS DU
CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCÉANS
(C N E X O)

Rapports Scientifiques et Techniques N° 39

**METHODES DE PRODUCTION DES JUVENILES
CHEZ TROIS POISSONS MARINS**

LE BAR (*Dicentrarchus labrax*), LA SOLE (*Solea solea*)
ET LE TURBOT (*Scophthalmus maximus*)

par

Michel GIRIN

Département Scientifique
CENTRE OCÉANOLOGIQUE DE BRETAGNE
B.P. 337 - 29273 BREST Cédex

Ce rapport est extrait d'une Thèse de Doctorat d'Etat (Sciences Naturelles)
soutenue, le 7 juillet 1978, à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
<u>PREMIERE PARTIE : MATERIEL ET METHODES.....</u>	5
1. LES OEUFS.....	7
1.1. Les choix méthodologiques.....	7
1.2. Les bassins de ponte.....	9
1.2.1. Les bacs de 20 m ³	9
1.2.2. Les doubles-fonds de sable percolé et les bassins de 40 m ³	11
1.3. Les reproducteurs et leur environnement.....	13
1.3.1. La constitution des stocks.....	13
1.3.2. Les lots de ponte naturelle.....	14
1.3.2.1. Caractères généraux.....	14
1.3.2.2. Caractéristiques des lots utilisés.....	15
1.4. La collecte des oeufs.....	16
1.5. L'incubation.....	17
1.6. Remarques.....	20
2. LES LARVES.....	23
2.1. Les nourritures vivantes.....	23
2.1.1. Le choix d'une proie.....	23
2.1.2. La production des rotifères et des copépodes.....	25
2.1.3. La production des <i>Artemia</i>	26
2.1.4. La distribution des proies vivantes.....	27
2.2. Les nourritures inertes.....	27
2.2.1. Proies et broyats congelés.....	27
2.2.2. Nourritures en pâte.....	28
2.2.3. Granulés secs.....	31
	.../...

2.3. Le milieu.....	31
2.3.1. Choix de principe.....	31
2.3.2. La filtration de l'eau à l'entrée des installations.....	33
2.3.3. Le recyclage de l'eau.....	35
2.3.4. Le renouvellement de l'eau dans les bacs d'élevage.....	36
2.4. L'environnement.....	40
2.4.1. Les bacs d'élevage.....	40
2.4.1.1. Aquariums et cuves à fond plat.....	40
2.4.1.2. Bacs de prégrossissement à évacuation par le fond.....	41
2.4.1.3. Bacs d'élevage larvaire cylindro-coniques.....	41
2.4.2. L'éclairage et l'aération.....	44
2.4.2.1. L'éclairage.....	44
2.4.2.2. L'aération.....	46
2.5. Contrôles et mesures.....	47
2.5.1. Paramètres physico-chimiques.....	47
2.5.2. Paramètres biologiques.....	47
2.6. Remarques.....	48
<u>DEUXIEME PARTIE : RESULTATS.....</u>	51
3. LE BAR.....	53
3.1. Historique.....	53
3.2. Les pontes.....	55
3.2.1. Pontes antérieures à 1974.....	55
3.2.2. Les pontes de 1974.....	55
3.2.3. Les pontes de 1975.....	57
3.2.4. Pontes de 1976, 1977, bilan.....	57
3.3. L'élevage larvaire en 1974.....	61
3.3.1. Le premier mois de l'élevage.....	62
3.3.2. L'accoutumance à un aliment inerte (sevrage).....	64
3.4. L'élevage larvaire en 1975.....	64
3.4.1. Le premier mois de l'élevage.....	65
3.4.2. Le sevrage.....	67
3.4.2.1. Tests de production.....	67
3.4.2.2. Expériences à petite échelle.....	69
3.5. Remarques.....	69
4. LA SOLE.....	71
4.1. Historique.....	71
4.2. Les pontes.....	72
4.2.1. Les pontes de 1973.....	72
4.2.2. Les pontes de 1974.....	73
4.2.3. Les pontes de 1975.....	73

4.2.4. Les pontes de 1976.....	76
4.2.5. Pontes postérieures et bilan.....	76
4.3. L'élevage larvaire en 1973.....	77
4.3.1. Le premier mois de l'élevage.....	77
4.3.2. Au-delà de 1 mois : essais d'aliments inertes.....	79
4.4. L'élevage larvaire en 1974.....	80
4.4.1. Première ponte : comparaison de proies vivantes et congelées après la métamorphose.....	80
4.4.2. Deuxième ponte : la croissance avec des proies vivantes.....	82
4.5. L'élevage larvaire en 1975.....	82
4.5.1. Le premier mois de l'élevage.....	82
4.5.2. L'accoutumance au granulé pendant les 2ème et 3ème mois de l'élevage	83
4.6. L'élevage larvaire en 1976.....	87
4.6.1. La production des animaux de 1 mois.....	88
4.6.2. L'accoutumance à des aliments inertes : expériences à petite échelle	90
4.6.2.1. L'âge d'abandon des proies vivantes et la composition du granulé	92
4.6.2.2. Le taux d'appétent dans le granulé de transition.....	102
4.6.2.3. La nature de l'appétent dans l'aliment inerte.....	102
4.6.3. Essais de production d'animaux de 3 mois accoutumés à un aliment inerte.....	108
4.7. Remarques.....	110
5. LE TURBOT.....	113
5.1. Historique.....	113
5.2. Les pontes.....	113
5.2.1. Les pontes de 1971.....	114
5.2.2. Les pontes de 1972.....	114
5.2.3. Les pontes de 1973.....	114
5.2.4. Les pontes de 1974.....	115
5.2.5. Les pontes de 1975.....	115
5.2.6. Pontes postérieures et bilan.....	118
5.3. L'élevage larvaire en 1972.....	120
5.3.1. Les premières pontes : essais préliminaires.....	121
5.3.2. La quatrième ponte : effets de la charge et de la quantité de nourriture sur la survie.....	121
5.4. L'élevage larvaire en 1973.....	123
5.5. L'élevage larvaire en 1974.....	125
5.5.1. Les 3 à 4 premières semaines de l'élevage.....	126
5.5.2. Le changement de bac, la fin de la métamorphose, et le sevrage.....	129
5.6. L'élevage larvaire en 1975.....	131
5.6.1. Les 3 à 4 premières semaines de l'élevage.....	132
5.6.2. La fin de la métamorphose et le sevrage.....	134
5.7. Remarques.....	134

<u>TROISIEME PARTIE : DISCUSSION</u>	137
6. L'ANIMAL.....	139
6.1. La ponte, la fécondation, et le développement embryonnaire.....	139
6.1.1. Ponte et fécondation naturelles en captivité.....	140
6.1.1.1. Les facteurs non alimentaires.....	140
6.1.1.2. La nourriture.....	141
6.1.2. Les caractéristiques de la ponte.....	142
6.1.2.1. Epoque et durée de la saison de ponte.....	142
6.1.2.2. Nombre et dimension des pontes et des oeufs.....	144
6.1.3. Incubation et éclosion.....	146
6.2. La larve et le juvénile : survie et croissance.....	147
6.2.1. La survie.....	147
6.2.2. La croissance.....	153
6.2.2.1. La taille.....	153
6.2.2.2. Le poids : évolution et dispersion.....	157
6.2.2.3. Relation entre la taille et le poids : le coefficient de condition	162
6.3. Conclusion.....	163
7. LA TECHNIQUE.....	167
7.1. Nourriture et rendement alimentaire.....	167
7.1.1. Aspect qualitatif : la séquence alimentaire.....	167
7.1.1.1. Les proies vivantes.....	170
7.1.1.2. Le sevrage.....	171
7.1.1.3. Perspectives et problèmes.....	172
7.1.2. Aspect quantitatif : quantité de nourriture et rendement alimentaire	173
7.1.2.1. Ration quotidienne et concentration des proies.....	173
7.1.2.2. Taux de conversion.....	173
7.2. Facteurs non alimentaires.....	176
7.2.1. Le milieu : charge et renouvellement de l'eau.....	176
7.2.1.1. Comportement et limites physiologiques.....	176
7.2.1.2. Limites pratiques.....	177
7.2.2. L'environnement : le bac, l'éclairage, et les mouvements de l'eau	181
7.2.2.1. Le bac.....	181
7.2.2.2. La lumière.....	181
7.2.2.3. Le brassage de l'eau.....	183
7.3. Conclusion.....	184
CONCLUSION GENERALE.....	187
BIBLIOGRAPHIE.....	191

RESUME

Cet ouvrage décrit et analyse un ensemble d'expériences réalisées de 1971 à 1976, en vue de mettre au point des techniques de production fiables de juvéniles chez le bar, la sole et le turbot, après la construction d'un laboratoire d'aquaculture marine au Centre Océanologique de Bretagne. Cette mise au point impliquait l'aménagement d'un ensemble d'installations, et l'acquisition d'une somme de connaissances, nécessaires à la maîtrise de la ponte des adultes, de l'incubation des oeufs, de l'élevage des larves, et de l'accoutumance des juvéniles à un aliment inerte susceptible d'assurer leur grossissement jusqu'à une taille convenable pour la commercialisation. Afin de faciliter les comparaisons, tous les élevages larvaires ont été réalisés à des températures voisines de 18° C. Dans ces conditions, l'accoutumance à l'aliment inerte pouvait être achevée avant la fin du 3ème mois suivant l'éclosion. Le travail décrit ici s'arrête donc à cet âge.

Les travaux sur le bar, réalisés en 1974 et 1975, sont la poursuite d'un programme lancé en 1971. Lorsqu'ils s'achèvent, aucune phase de l'élevage ne pose de problème grave, et l'animal ne montre pas d'exigences particulièrement contraignantes vis-à-vis de ses conditions de production. Les travaux sur la sole s'étendent de 1973 à 1976. Lorsqu'ils s'achèvent, les techniques d'élevage larvaire peuvent fournir jusqu'à 80 % de survie à la métamorphose et plusieurs voies d'élevage du juvénile ont été ouvertes. Mais l'animal présente deux caractères très contraignants pour l'élevage, susceptibles de freiner des développements ultérieurs : il se nourrit sur le fond, lentement, ce qui pose d'importants problèmes d'alimentation, et semble avoir besoin d'un substrat meuble pour se développer dans de bonnes conditions. Les travaux sur le turbot s'étendent de 1972 à 1975. Lorsqu'ils s'achèvent, près d'un millier d'animaux ont été menés au-delà de la métamorphose, et accoutumés à des aliments inertes, mais les résultats de l'élevage larvaire restent aléatoires, et l'on reste encore loin de pouvoir envisager des productions de masse.

ABSTRACT

This volume describes and analyses a series of experiments performed from 1971 to 1976, in order to develop a confident technique for the production of Sea-Bass, Sole and Turbot fry, during the set up of the marine aquaculture laboratory of the "Centre Océanologique de Bretagne".

Such a program implied to spawn the adults, to hatch the eggs, to rear the larvae, and to wean the juveniles onto an inert diet that would support their growth up to the commercial size, for all of which facilities had to be built, and knowledge had to be acquired. In order to facilitate the comparisons, all the larvae were reared at temperatures close to 18° C. In such conditions, the weaning to the inert diet could be achieved before the fish were 3 month old. The work described here is therefore not extending beyond that age.

The experiments on Sea-Bass, performed in 1974 and 1975, were the continuation of a program initiated in 1971. When they ended, there was no essential difficulty remaining, and the fish proved easily adaptable to large scale production. The experiments on Sole were performed from 1973 to 1976. When they ended, the techniques for rearing the larvae could give up to 80 % survival past metamorphosis and several weaning methods were available. But the fish showed two characteristics that could slow down further progress : a slow, bottom feeding inducing severe technological problems, and difficulties to remain in good health when not offered a sand bottom. The experiments on Turbot were performed from 1972 to 1975. When they ended, nearly a thousand fish had been taken through metamorphosis and weaning but the results of larval rearing were still hazardous, and the techniques were still far from mass production.

INTRODUCTION

L'histoire des tentatives de fécondation artificielle et d'élevage larvaire des poissons marins a commencé il y a près d'un siècle. Lorsque SHELBORNE (1968) en a retracé les principaux épisodes, tandis que BARDACH et coll. (1972) rassemblaient la documentation nécessaire à leur revue de l'aquaculture dans le monde, les premières écloséries capables de produire plus d'une centaine de milliers de juvéniles par an faisaient leur apparition : c'étaient des écloséries de daurade royale (*Chrysophrys major*), au Japon. Des progrès importants ont été réalisés depuis. Certaines écloséries japonaises de daurade royale ont atteint une capacité supérieure au million d'individus par an (FUJIYA, 1976 ; KITAKA, 1977). D'autres se sont créées, non seulement au Japon, mais aussi en Europe, et la daurade royale n'est plus la seule espèce concernée. Il ne semble cependant pas qu'une seule de ces écloséries soit encore financièrement rentable, et il faut bien reconnaître, avec NASH (1977), que les progrès de la pisciculture marine sont restés beaucoup plus lents que ceux de la pisciculture d'eau douce, ou des élevages d'invertébrés.

Pourtant, le grossissement en captivité de juvéniles pêchés dans la nature est, pour certaines espèces, et parfois depuis longtemps, une réalité économique dans de nombreux pays. Les méthodes peuvent être primitives, comme dans les élevages extensifs en étangs côtiers du bar (*Dicentrarchus labrax* L.) et de la daurade dorée (*Sparus aurata*) en Italie. Elles peuvent être très élaborées, comme les élevages en cages flottantes de la sériole (*Seriola quinqueradiata*) au Japon. Mais tous ces élevages rencontrent de plus en plus de difficultés à s'approvisionner en quantités suffisantes de juvéniles, du fait des effets combinés d'une surexploitation des populations, et d'une pollution grandissante des zones côtières.

L'approvisionnement des élevages en juvéniles sauvages pose en outre un problème de qualité des produits. L'éleveur est tributaire des saisons naturelles de ponte, et de la croissance de la larve en liberté dans des conditions de température et d'alimentation qui ne sont pas nécessairement les meilleures. Alors qu'il serait généralement souhaitable de pouvoir disposer des juvéniles dès le début du réchauffement printannier des eaux, ils ne sont bien souvent disponibles qu'au début de l'été. En outre, faute de toute possibilité de sélection génétique, il n'y a aucun espoir d'amélioration des qualités de l'animal utiles à

l'élevage, comme la vitesse de croissance, l'adaptation à un environnement donné, ou la résistance à certaines maladies. Les motivations d'un programme expérimental sur l'élevage larvaire sont donc logiques et fortes.

Ce sont les mêmes motivations qui ont conduit l'élevage des salmonidés à sa forme actuelle, où toute la production est depuis longtemps réalisée à partir de jeunes nés en éclosion. Mais l'alevin de truite ou de saumon pèse plus de 100 mg à l'éclosion, tandis que ceux de la plupart des poissons marins qu'il peut paraître intéressant d'élever pèsent moins de 1 mg. Or, à quelques rares exceptions près, comme celle de la sole, il est assez facile de faire consommer des aliments inertes à des poissons de plus de 100 mg. Avec des animaux plus petits, il est difficile d'éviter l'emploi de proies vivantes. Le fait que l'animal vive en eau douce ou en eau de mer a relativement peu d'importance : chez des espèces comme le brochet (*Esox lucius*), la carpe (*Cyprinus carpio*), ou le poisson-chat d'Amérique du Nord (*Ictalurus spp*), dont les oeufs présentent des dimensions intermédiaires entre celles des salmonidés et des poissons marins envisagés ici, l'emploi d'aliments inertes en début d'élevage reste encore une pratique exceptionnelle. Il est ainsi facile d'établir un parallèle entre la taille de l'oeuf (BLAXTER, 1970 ; NASH, 1977 ; GIRIN, sous-presse), et la facilité d'un élevage larvaire.

Nous avons présenté dans un article de synthèse une revue des problèmes de l'alimentation larvaire chez les poissons marins, et des solutions qui ont été expérimentées (GIRIN et PERSON-LE RUYET, 1977). La pêche de plancton naturel n'est qu'une solution de complément, incapable à elle seule d'assurer les besoins de base d'un élevage important. Il faut donc produire les proies vivantes nécessaires. Or, les larves des poissons marins qui intéressent l'aquaculture sont des carnivores, même chez des espèces préférentiellement herbivores à l'état adulte comme les mullets, *Mugil spp* (ALBERTINI-BERHAUT, 1974). Cela implique des chaînes alimentaires à trois niveaux : algues planctoniques, animaux-proies herbivores et larves de poissons. A chaque niveau, les apports à prévoir, la réalisation technique de l'élevage, les déchets à éliminer, s'additionnent pour former un ensemble complexe et délicat. Les risques inhérents à la production, au moment voulu, des quantités et des qualités de proies vivantes nécessaires au poisson sont ainsi considérables (MAY, 1971 ; HOUDE, 1973).

Au début de ce travail, en 1971, les succès de l'aquaculture japonaise avaient mis en vedette la technique des "eaux vertes", basée sur le mélange systématique des trois niveaux de la chaîne alimentaire dans les bassins d'élevage. C'est une manière élégante de résoudre un grand nombre des problèmes d'entretien inhérents à tout élevage : les animaux se nourrissent à volonté, ne subissent aucune manipulation, et certains déchets sont naturellement recyclés par les algues. Mais, même dans les meilleures conditions techniques, les productions primaire et secondaire de systèmes équilibrés ne permettent pas de couvrir les besoins alimentaires de plus de quelques grammes de poissons par mètre cube d'eau. D'où la nécessité d'employer des volumes importants, pour des productions finales relativement faibles.

Parvenir à des productions importantes sans tomber dans un gigantisme qui devient coûteux et difficile à maîtriser, impose une augmentation des charges, avec pour corollaire un déséquilibre de l'écosystème, qu'il faut réalimenter périodiquement en algues ou en herbivores. Des cultures et des élevages annexes, dans des bacs séparés, deviennent alors nécessaires. A ce stade, correspondant au schéma de base des méthodes japonaises des environs de 1970 (CUEFF, 1973), l'on voit apparaître une spécialisation des unités. La chaîne intégrée de l'"eau verte" impose en effet un choix de conditions moyennes, qui ne correspondent généralement pas à l'optimum de chacun de ses constituants animaux et végétaux.

Il suffit alors de pousser le raisonnement à son terme pour envisager une décomposition de la chaîne en autant d'éléments qu'elle comprend d'espèces, avec, pour chacune, une unité de production fournissant des conditions aussi proches que possible de l'optimum. Dans le cadre d'un laboratoire qui travaille simultanément sur plusieurs espèces de mollusques, de crustacés, et de poissons, cette méthode permet en outre une gestion bien meilleure de l'ensemble des installations, en regroupant les besoins communs dans des salles adéquates.

Plusieurs expériences de production d'eaux vertes et d'élevages intégrés ont été réalisés au COB en 1971 et 1972. La méthode s'est montrée mal adaptée aux conditions disponibles, caractérisées par des surfaces couvertes limitées et un environnement peu compatible avec le travail en extérieur. Elle fournissait des résultats immédiats, mais difficiles à analyser, faute de pouvoir en décomposer rationnellement les différents facteurs. Plutôt que de copier dans de mauvaises conditions une méthode manifestement en pleine évolution, il était donc plus logique de créer directement une installation conçue selon son aboutissement prévisible. Les cultures d'algues, les élevages d'herbivores-proies, les élevages des larves des espèces de mollusques, de crustacés, et de poissons retenus dans les programmes ont donc été conçus sous la forme d'un ensemble d'unités séparées, s'imbriquant comme les différentes pièces d'un puzzle.

Un problème de découpage similaire s'est posé dans le choix des espèces de poissons à étudier. Il est intellectuellement satisfaisant, lorsque l'on a mené des animaux au-delà de la métamorphose, d'en poursuivre l'élevage jusqu'à son terme. Mais les poissons ne pondent normalement qu'une fois par an, pendant une période restreinte, et demandent plus d'un an pour parvenir à une taille commercialisable. L'astreinte d'un élevage larvaire est difficilement compatible avec la poursuite d'un programme expérimental sur des animaux de l'année précédente. En outre, l'élevage larvaire impose la réalisation d'un ensemble d'installations complexe, qu'il serait peu rationnel de laisser inutilisé la majeure partie de l'année. Il est donc logique de choisir une spécialisation sur le problème, faisant succéder dans les installations, chaque année, plusieurs espèces ayant des saisons de ponte différentes. Comme FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905), SHELBOURNE (1968), FLÜCHTER (1972, 1974), HOUDE (1973) ou BARNABE (1976), c'est la solution que nous avons retenue.

Elle présente l'inconvénient de créer un hiatus dans l'élevage, laissant à d'autres expérimentateurs la charge des animaux au sortir de l'écloserie. Cela suppose une coordination étroite, dans le cadre d'un programme bien structuré, particulièrement au niveau

de l'alimentation. L'animal métamorphosé, mais encore nourri de proies vivantes ne peut pas être employé tel quel à des expériences de nutrition ou de grossissement. Si l'on vise un élevage semi-intensif ou intensif, il doit subir d'abord un sevrage : une accoutumance, plus ou moins progressive à un aliment inerte, qu'il soit naturel ou composé. C'est ce qui a été négligé dans les premiers travaux anglais et allemands sur la sole (SHELBOURNE, 1968 ; FLÜCHTER, 1965), empêchant toute progression de l'élevage pendant près de 10 ans.

Avec d'autres auteurs (BARNABE, 1976 ; ALESSIO, 1976), nous avons considéré le sevrage comme partie intégrante d'un programme d'élevage larvaire, estimant que l'animal doit sortir d'une éclosure-nurserie habitué à consommer un aliment du même type que celui dont il sera nourri jusqu'à sa commercialisation. Au début de ce travail, cela imposait de mener les animaux jusqu'à l'âge de 3 ou 4 mois, et un poids individuel de l'ordre du gramme. Aujourd'hui pour certaines espèces au moins, il est possible de s'arrêter vers l'âge de 10 semaines, et un poids individuel de l'ordre du quart de gramme.

Cette différence n'est qu'un exemple de l'évolution intervenue depuis le début des travaux de l'équipe d'aquaculture du Centre Océanologique de Bretagne, en 1971, aux dernières expériences décrites ici, réalisées en 1976. Ces années correspondent à une période de lancement de programmes, dans un laboratoire en cours de création. En 1971, le laboratoire principal n'existe pas encore, et les premiers essais sont réalisés à 100 km de là, dans la station de terrain de l'Ile Tudy, par des chercheurs sans expérience pratique de l'aquaculture. En 1977, avec 25 chercheurs et techniciens, et des installations déjà remodelées plusieurs fois, le laboratoire est parvenu à un premier équilibre.

Dans une situation différente, il aurait été logique, comme l'a fait SHELBOURNE (1968), de présenter les résultats obtenus problème par problème, sans tenir compte de leur ordre chronologique. Dans le cas présent, il nous a paru inévitable de retenir d'abord une présentation chronologique, espèce par espèce, afin de mieux illustrer comment l'information a été acquise, et quelles erreurs ont été commises en cours de route. Ceux qui se servent actuellement d'un instrument qu'ils ont trouvé déjà créé, comme ceux qui devront eux-mêmes en créer un plus tard, pourront y trouver des éléments de réflexion utiles.

Pour ceux qui ne chercheront ici que la réponse à un problème précis, toute l'information acquise ainsi a été ensuite rassemblée et analysée problème par problème dans deux chapitres de synthèse.

PREMIERE PARTIE

MATERIEL ET METHODES

1. LES OEUF S

1.1. LES CHOIX METHODOLOGIQUES.

Les méthodes susceptibles d'être employées pour parvenir à un approvisionnement suffisant en oeufs fécondés de bonne qualité peuvent se répartir schématiquement en 3 catégories : la collecte d'oeufs fécondés, la capture de poissons adultes à maturité sexuelle, et l'emploi de reproducteurs captifs. L'effort à réaliser, et les possibilités offertes, diffèrent considérablement de la première méthode à la dernière.

Les oeufs de nombreux poissons marins, dont les trois espèces qui nous intéressent, sont pélagiques, et donc susceptibles d'être pêchés au filet à plancton. Une telle pratique présente des aspects séduisants : les aménagements à terre peuvent être réduits au minimum, et il n'est pas nécessaire de rechercher des reproducteurs, ni, a fortiori, de les maintenir en vie. Mais il faut savoir où et quand trouver les oeufs, ce qui implique une bonne connaissance des aires et de la période de ponte de l'espèce. En outre, la collecte de quantités importantes suppose l'existence de concentrations dans des zones facilement accessibles, et abritées du mauvais temps.

L'exemple de FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905), qui ont réalisé les premiers élevages larvaires de sole à partir d'oeufs fécondés pêchés en baie de Concarneau, illustre bien les possibilités et les limites de la méthode : c'est un moyen parfois commode de lancer des expériences à petite échelle, mais pas une source fiable des quantités nécessaires à une production de masse.

Lorsqu'il est possible de capturer des adultes à maturité sexuelle, il suffit d'extraire les gamètes par pression abdominale, et de réaliser des fécondations artificielles. La méthode, commode et efficace, a été appliquée à très grande échelle au début du siècle, dans le cadre du Mouvement pour le Repeuplement des Mers. Les programmes anglais et japonais des années 1950-1960, qui visaient à une meilleure connaissance du développement larvaire d'espèces alimentant des pêcheries importantes, comme la plie, *Pleuronectes platessa* (SHELBOURNE, 1968), le hareng, *Clupea harengus* (BLAXTER, 1965) ou la limande de Yokohama, *Limanda yokohamae* (YUSA, 1974), y ont fait largement appel.

Mais son application à certaines espèces, dont celles qui font l'objet de ce travail, pose des problèmes. Chez le bar, la pêche à la ligne ne donne qu'exceptionnellement des femelles à maturité complète. Chez la sole, qui fait l'objet d'une pêche au chalut importante, fournissant assez facilement des femelles prêtes à pondre, obtenir du sperme impose une dissection généralement décevante des testicules du mâle (CUNNINGHAM, 1890). Chez le turbot, la faiblesse des captures permet rarement de disposer en même temps d'un mâle et d'une femelle susceptibles de fournir des gamètes viables.

Certaines difficultés peuvent être tournées grâce à une conservation plus ou moins longue de l'un des deux gamètes. Le sperme peut être conservé plusieurs mois dans l'azote liquide, avec des préservateurs appropriés (BLAXTER, 1955 ; MOUNIB et coll., 1968). Les ovules peuvent survivre plusieurs heures après la mort de la femelle (BARNABE et TOURNAMILLE, 1972), et des expériences de conservation par le froid ont été réussies récemment (ZELL, sous-presse), même après fécondation. Mais ces techniques ne sont pas encore d'emploi courant chez les poissons marins.

D'où la vogue, particulièrement ces dix dernières années, de techniques d'induction de la ponte et de la spermiation par injection d'extraits hypophysaires, ou d'hormones gonadotropes. Cela peut aller de la dose légère, destinée à contrebalancer le stress de la capture, à des injections massives répétées. LUMARE et VILLANI (1973) ont ainsi employé jusqu'à 20 000 U.I. de gonadotrophine chorionique/kg chez la daurade (*Sparus aurata*). Dans la plupart des cas, il s'agit d'une course de vitesse, dans laquelle le poisson doit fournir des gamètes viables, avant de mourir des traumatismes occasionnés par la pêche et les manipulations qui lui sont infligées.

Pourtant, il est possible d'obtenir des pontes naturelles en captivité sans manipulation des animaux. Ce n'est pas une idée récente : il y a 80 ans, MALARD (1899) réalisait ses élevages à partir de pontes naturelles de turbots maintenus dans un "grand bassin". La méthode ne permet pas seulement de se soustraire aux aléas de la pêche pendant la période de reproduction. Elle offre aussi la possibilité de modifier la saison, ou le rythme de la ponte, par des manipulations de l'environnement (LEONG, 1971 ; LASKER, 1974 ; GIRIN et DEVAUCHELLE, sous-presse). Mais, surtout, elle évite l'emploi de gamètes dont l'émission peut avoir été forcée avant qu'ils ne soient parvenus à maturité.

Maîtriser la ponte naturelle en captivité n'exclut pas nécessairement la fécondation artificielle, ou l'induction hormonale de l'ovulation. Les deux techniques peuvent être utiles pour des besoins particuliers, comme des travaux de génétique. Mais il s'agira alors d'injections faiblement dosées, et de massages abdominaux prudents, pratiqués sur des animaux en parfaite santé, avec des risques de mortalité faibles (BARNABE, 1976).

Nous avons donc systématiquement cherché à constituer des stocks de reproducteurs captifs, et à en obtenir des pontes et des fécondations naturelles.

1.2. LES BASSINS DE PONTE.

La recherche de pontes naturelles en captivité fait traditionnellement appel à des bassins de grandes dimensions : 300 m³ à St-Vaast-la-Hougue pour le turbot (ANTHONY, 1910), plus récemment 450 m³ à la station japonaise de Hakatajima pour la daurade royale (*Chrysophrys major*), ou 70 m³ au Laboratoire de Sète pour le bar (BARNABE, 1976). En fait, il s'agit là souvent d'une simple utilisation de viviers préexistants, et l'influence de la dimension du volume d'élevage sur l'efficacité de la ponte est un sujet de recherches encore très ouvert.

Nous avons travaillé sur des volumes relativement faibles : des bacs de 20 m³ en contreplaqué et feuille de plastique souple et des cuves de 40 m³ en polyester.

1.2.1. LES BACS DE 20 m³.

Ces bassins sont bâtis sur le principe des piscines de jardin démontables, disponibles dans le commerce (LASKER and VLYMEN, 1969). Le modèle présenté dans la figure 1, mis au point en 1973, n'a pas été modifié depuis.

Il est posé de préférence sur du sable. Le montage commence par les éléments de vidange (pièce centrale en polyester moulé, tube de liaison et pièce d'évacuation en PVC) qui sont installés dans une tranchée. Il est prudent de faire reposer la pièce centrale sur quelques briques assemblées avec un peu de ciment, afin d'éviter des risques de rupture en cas de tassement du sol.

La muraille de contreplaqué est ensuite assemblée en place, la base au même niveau que le bord supérieur de la pièce centrale. La zone qu'elle enferme est soigneusement lissée et tassée, en ménageant une légère pente (de l'ordre de 5 cm/m) destinée à permettre une vidange totale du bassin. Il est bon de protéger au moins la partie du contreplaqué qui se trouve en contact avec le sable par une couche de peinture d'apprêt.

La poche souple, fournie soudée en forme par le détaillant, est alors mise en place et son bord supérieur rabattu sur la face extérieure de la muraille en contreplaqué. Pour un stockage de reproducteurs qui ne doivent pas être manipulés, un matériau de 500 µ d'épaisseur suffit largement à un usage de 4 ans. Si des pêches et des nettoyages réguliers sont prévus, il est prudent de préférer une épaisseur de 800 µ. Un PVC noir non armé, facile à souder, légèrement extensible, qui résiste bien aux rayons ultra-violet, semble le matériau le plus recommandable. Une qualité alimentaire n'est pas indispensable : pour des bacs en circuit ouvert, dont le volume est renouvelé en 10 à 12 h, nous employons sans problème une variété non alimentaire depuis 1975 ("PRES", de la société Griltex).

La couronne extérieure de la pièce centrale, sur laquelle la feuille de plastique viendra s'ajuster, est nettoyée avec un produit dégraissant, et reçoit deux anneaux concentriques de mastic (adhésif "polyanadhère" de la société 3 M en bandes de 25 x 2 mm de section), dont la face supérieure est protégée par du papier paraffiné.

Un cercle de 50 cm de diamètre est découpé au centre de la poche de PVC, pour former l'orifice de vidange. Le papier paraffiné qui protège les deux anneaux de mastic est alors enlevé, en glissant la main sous le bord de l'orifice. L'étanchéité du bac dépend du soin qui est apporté à l'opération. Si la température extérieure est inférieure à 15° C, il est bon de ramollir un peu la feuille et le mastic au pistolet à air chaud afin d'améliorer l'adhésion.

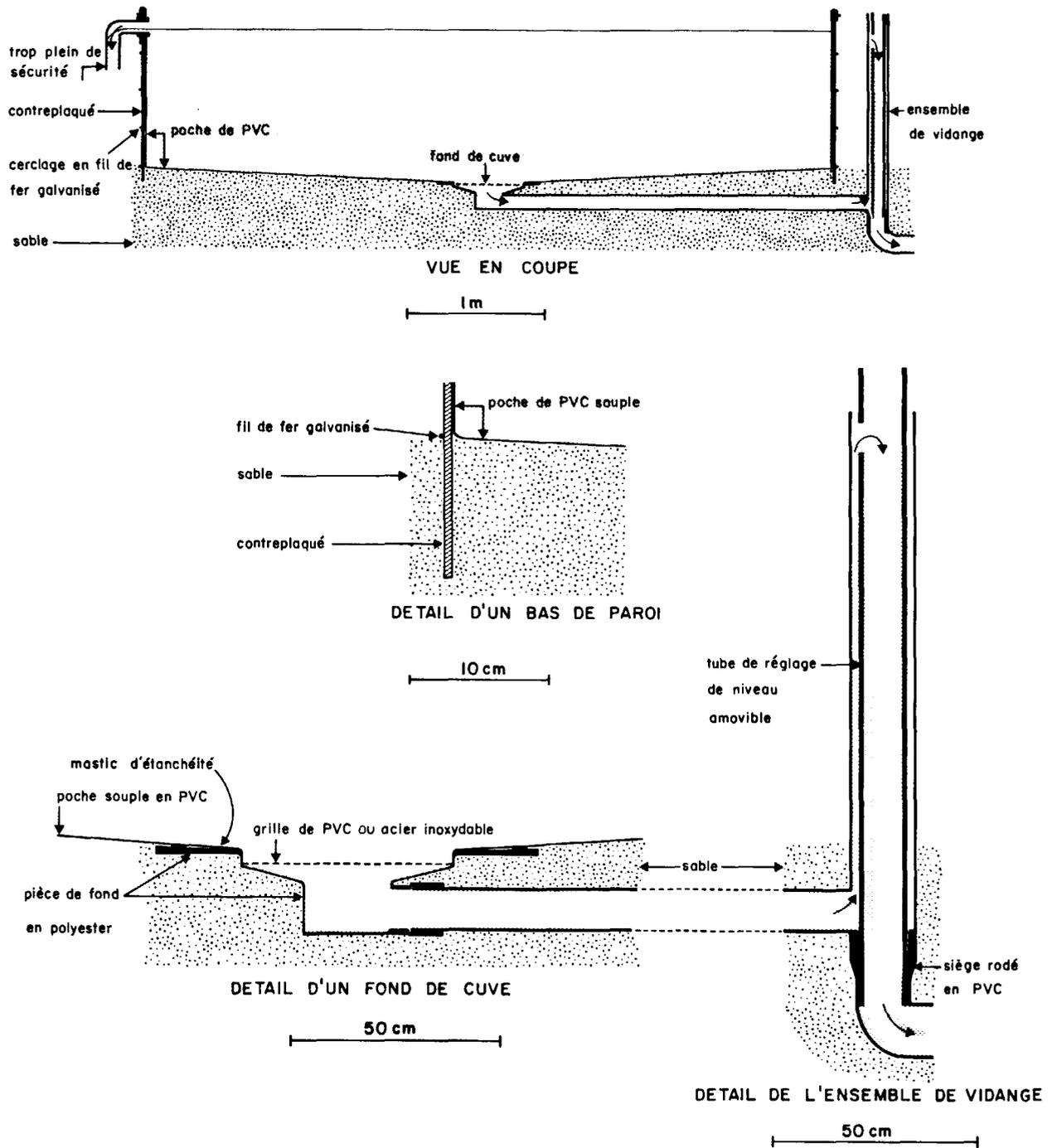


FIGURE 1 : Bassin léger de 20 m³, en contreplaqué et poche de plastique souple, monté sur un lit de sable.

Le bac est progressivement rempli d'eau, tandis que les 5 renforts de fil de fer galvanisé sont mis en place, et tendus énergiquement à mesure que le niveau de l'eau arrive à leur hauteur. Le renfort supérieur sert en même temps à maintenir le rebord de la feuille de plastique. Il est préférable, si les monteurs ne sont pas très expérimentés, de doubler le renfort inférieur.

L'orifice du trop-plein est percé lorsque la poche a pris sa place définitive, et une tuyauterie de PVC est fixée au moyen de deux plaquettes boulonnées sur un joint de mastic.

Nous avons utilisé, ou observé, des bassins de ce type avec des diamètres allant de 3 à 10 m, et des hauteurs allant de 80 cm à 1,40 m. Dans les grandes dimensions, l'épaisseur du contreplaqué peut atteindre 10 mm (BEDIER, comm. pers.). Les bacs employés au Centre Océanologique de Bretagne mesuraient tous 5 m de diamètre, pour 1,2 m de haut, avec un niveau d'eau fixé à 1 m (20 m^3).

1.2.2. LES DOUBLES-FONDS DE SABLE PERCOLE, ET LES BASSINS DE 40 m^3 .

La constitution, début 1973, d'un lot de soles, conduisit à mettre au point un modèle de double-fond permettant d'offrir un substrat meuble aux animaux. Le système choisi, basé sur l'utilisation d'un feutre de polyester ("Bidim" de la société Rhône-Poulenc) retenant le sable en laissant passer l'eau, est une simple extension d'un modèle mis au point dans des bacs de quelques décimètres carrés (fig. 2). Ce n'est pas nécessairement la meilleure solution, mais aucune comparaison précise n'a été faite avec un autre système, comme l'ensemble à base de tubes de drainage décrit par L'HERROUX (1974), utilisé au laboratoire pour des expériences de grossissement.

Dans un bac léger de 20 m^3 , la pièce centrale reçoit un chapeau, dont le côté est perforé dans sa moitié inférieure, et qui porte un rebord à mi-hauteur. Sur le dessus, un orifice central équipé d'un pas de vis permet la mise en place éventuelle d'un exhausteur ("air lift").

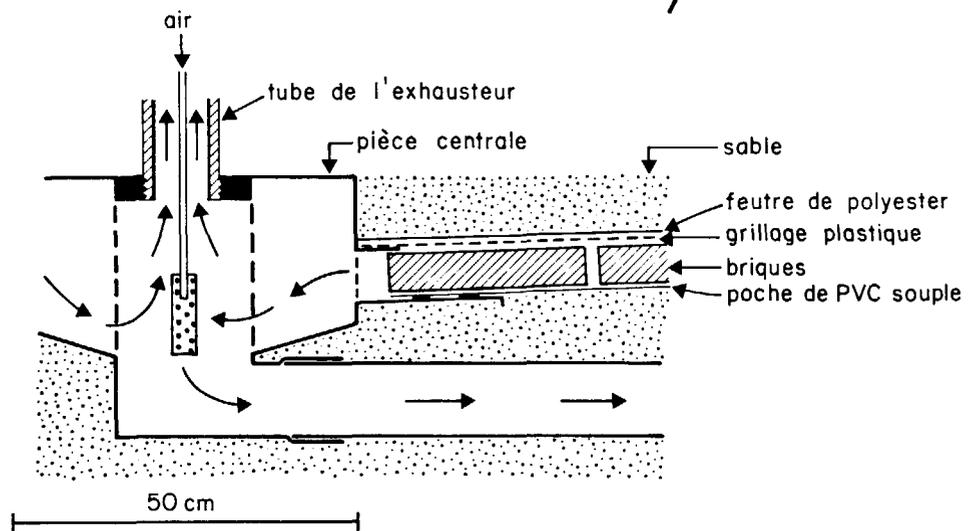
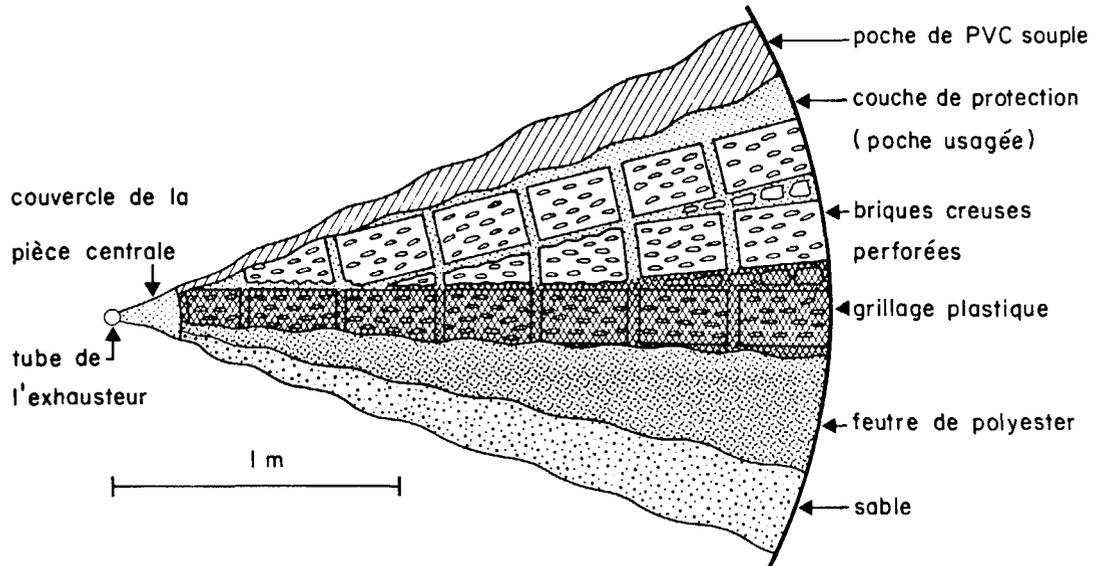
Des briques creuses de $20 \times 40 \times 6 \text{ mm}$ ayant la face supérieure perforée au pic, sont disposées en une couche rayonnante déposée sur une feuille de PVC usagée, placée en protection.

Le feutre de polyester peut être posé directement sur les briques, ou mieux, sur du grillage en plastique hors d'usage, qui assure un meilleur maintien lors de la mise en place du sable. La feuille de feutre est repliée sur une dizaine de cm sous les briques de la périphérie.

Il n'y a plus qu'à ajouter alors une quinzaine de cm de sable de la qualité voulue.

Une telle structure, avec une charge en poissons ne dépassant pas 2 kg/m^3 , ne demande pas d'autre entretien que l'élimination du plus gros des algues macroscopiques qui se développent du printemps à la fin de l'été. Le premier bassin de ce type construit au COB, au début de 1973, est toujours en service. A l'Ile Tudy, où la turbidité peut être plus importante, des problèmes de colmatage du feutre de polyester ont été rencontrés après 3 ans d'usage.

VUE DE DESSUS DES DIFFERENTES COUCHES



DETAIL DE LA LIAISON SUR LA PIECE CENTRALE

FIGURE 2 : Aménagement d'un double-fond de sable percolé sur lit de briques creuses, avec exhausteur central, dans un bassin léger de 20 m³.

A la fin de 1973, ce système de double fond a été appliqué à des bacs en polyester, rectangulaires, à fond plat (4 m x 6 m x 2 m de haut) dont le bâtiment avait été fourni lors de sa construction. Leur remplissage à 10 cm du bord laisse 1,65 m d'eau disponible au-dessus du sédiment (40 m³ d'eau libre).

1.3. LES REPRODUCTEURS ET LEUR ENVIRONNEMENT.

1.3.1. LA CONSTITUTION DES STOCKS.

Pour constituer des stocks de reproducteurs, l'idéal est de disposer, comme BRASOLA (1974) à Orbetello, d'un laboratoire placé devant la pêcherie d'une lagune côtière abritant les espèces sur lesquelles l'on travaille. Une solution encore commode consiste à utiliser les services de bateaux scientifiques armés pour la pêche, comme JONES (1972) à Lowestoft. Recourir, comme nous avons dû le faire, aux services de pêcheurs professionnels est beaucoup plus délicat, et finalement, assez onéreux. Car, à côté du prix payé au kg, il faut faire entrer en ligne de compte aussi bien les prises de contact fréquentes et régulières que de nombreux achats inutiles, destinés à maintenir en service des filières d'approvisionnement qu'il a été délicat de constituer.

Chez le bar, la pêche au chalut ne laisse après 1 mois que quelques rares survivants. La pêche à la ligne (généralement à la traîne), par contre, peut laisser plus de 50 % de survivants si les poissons conservés sont sélectionnés parmi ceux qui n'ont pas trop profondément avalé l'hameçon. Presque tous les reproducteurs pêchés à l'état adulte dont nous disposons ont été obtenus par cette méthode, aussi retenue par BARNABE (1976). Chez les jeunes, lorsqu'il est possible de repérer des concentrations, la pêche à la senne de plage peut donner de bons résultats. Tous les animaux employés à des expériences de nutrition (ALLIOT et coll., 1974) avant que l'élevage larvaire en captivité n'arrive à couvrir les besoins ont été obtenus de cette façon. Ce sont eux qui forment la base des stocks de reproducteurs constitués après 1974.

Chez la sole, la pêche au chalut et la pêche au trémail des adultes paraissent également traumatisantes. Dans la première méthode, le lieu de pêche est très important : le taux de survie de soles pêchées en baie de Douarnenez, où les chaluts remontent beaucoup de coquillages, d'oursins, et de cailloux, n'a jamais dépassé 20%, tandis qu'il approchait 40 % pour des pêches en baie de Concarneau. La pêche au filet à anguilles (la capêchade méditerranéenne) en lagunes côtières est une solution très efficace et peu traumatisante pour capturer des animaux de 50 à 200 g : le taux de survie peut dépasser 80 %. Les 9/10èmes des reproducteurs pêchés à l'état adulte dont nous disposons ont été capturés au chalut, le reste au trémail. Par contre, les nouveaux stocks récemment constitués proviennent de lagunes côtières.

Chez le turbot, aucun poisson pêché à la palangre n'a pu être maintenu en vie plus d'une semaine, que l'hameçon ait été enlevé, ou laissé en place. L'animal résiste mieux au chalut que la sole. Les reproducteurs pêchés à l'état adulte dont nous disposons ont tous été

capturés par cette méthode. Le taux de survie après acclimatation est de l'ordre du tiers, sans qu'une différence ait pu être observée entre les animaux pêchés en baie de Douarnenez (les 3/4) et les animaux pêchés en baie de Concarneau. La pêche de jeunes au "pousseux" sur les plages (DENIEL, 1973 ; JONES, 1973) est une solution généralement peu productive, mais qui fournit des animaux en bon état. Presque tous ceux que la Faculté des Sciences de Brest nous a offerts à l'issue de ses expériences de nutrition ont été capturés ainsi.

1.3.2. LES LOTS DE PONTE NATURELLE.

1.3.2.1. CARACTERES GENERAUX.

Nous avons retenu, pour les bassins destinés à la stabulation de reproducteurs, une alimentation en eau de mer non filtrée, à un débit assurant 2 à 3 renouvellements du volume par jour. Afin de réduire leur nombre, certains bassins ont reçu plusieurs espèces différentes, dont la taille, l'éthologie, l'alimentation et la saison de ponte étaient compatibles. Ces groupements ont concerné d'un côté des bars, des daurades, et des turbots ; de l'autre, des soles et des rougets-barbets (*Mullus surmuletus*).

Dans l'environnement naturel de la région, il faut en effet attendre des pontes de daurade en décembre-janvier, de bar en mars-avril, et de turbot en mai-juin (il peut y avoir un léger chevauchement sur 1 à 2 semaines). Les trois espèces se nourrissent bien de morceaux de poisson. Il est possible d'offrir des mollusques et des crustacés en complément aux daurades seules : elles les consomment avant que les autres espèces ne réagissent. Il est aussi possible d'alimenter les bars uniquement avec du granulé s'ils y ont été habitués très jeunes : nourris régulièrement, ils ne s'intéressent pas aux aliments naturels. Dans un tel cas, les turbots ne mangent que le poisson, et les daurades mangent de tout.

Toujours dans l'environnement naturel de la région, les pontes de sole ont lieu en mars-avril, les pontes de rouget de la mi-avril à la mi-juin. Le chevauchement peut s'étendre sur trois semaines. Ce n'est pas gênant dans le cadre d'un programme de travail sur la sole : les larves de rouget disparaissent totalement dans la première semaine de l'élevage. Un élevage de rougets ne peut par contre être lancé qu'en dehors de toute ponte de sole. Les deux espèces se nourrissent bien de chair de mollusques et de polychètes. Elles préfèrent nettement les polychètes, qui ne doivent être offertes qu'après un repas de mollusques si l'on veut que les soles, plus lentes, puissent en manger.

Tous les reproducteurs sont nourris 3 fois par semaine en été, 2 fois par semaine en hiver, à la demande. Toutes les espèces peuvent être habituées, après un an d'acclimatation, à venir manger en surface, dans la main.

Les poissons employés sont principalement du maquereau (*Scomber scombrus*), du tacaud (*Trisopterus luscus*), et du chinchard (*Trachurus trachurus*). Ils peuvent être frais ou congelés. Ils sont toujours décongelés avant la distribution, et coupés en morceaux.

Les crustacés sont des petites langoustines (*Nephrops norvegicus*) et des crabes verts (*Carcinus moenas*). Ils sont conservés au congélateur, et décongelés avant utilisation.

Les mollusques sont le plus souvent des bucardes de Norvège (*Laevicardium crassum*) et des Cythérées fauves (*Citherea chione*). La chair est séparée sur l'animal frais et conservée au congélateur. Elle peut être distribuée sans décongélation préalable : les poissons viennent arracher des morceaux à la surface du bloc au fur et à mesure de sa décongélation. La moule (*Mytilus edulis*) est un bon produit de remplacement en cas de besoin. Elle est offerte fraîche, ouverte en deux, ou simplement cassée.

Les polychètes sont le plus souvent *Nephtys hombergii*, parfois *Nereis diversicolor*. Elles peuvent être offertes vivantes, ou congelées.

Le granulé est un aliment composé expérimental fabriqué au laboratoire (METAILLER, 1976).

1.3.2.2. CARACTERISTIQUES DES LOTS UTILISES.

Toutes les larves issues de pontes naturelles dont l'élevage est décrit dans cet ouvrage proviennent de 4 bassins de ponte, répertoriés B.20e, S.R.16e, B.D.T.40e, et B.D.T.40i, d'après l'initiale des espèces qu'ils contiennent, leur capacité en eau et leur situation (à l'extérieur ou à l'intérieur du laboratoire).

- B.20e (Bars, dans un bassin de 20 m^3 , à l'extérieur du laboratoire).

Ce lot est constitué pendant l'automne 1972, avec 33 bars de 500 g à 2 kg, pêchés dans le raz de Sein au printemps. Ils sont nourris uniquement de morceaux de poisson. Ils fournissent leurs premières pontes naturelles en 1973 (BOULINEAU, 1974). Des sursaturations gazeuses réduisent leur nombre à 30 en décembre 1973, puis 22 en avril 1975. Ces animaux sont perdus accidentellement en septembre 1977. Ils se répartissent alors en 7 mâles (2,6 à 4,7 kg, en moyenne 3,1 kg) et 15 femelles (2,3 à 4,1 kg, en moyenne 3,1 kg).

- S.R.16e (Soles et Rougets, dans un bassin de 16 m^3 , à l'extérieur du laboratoire).

Ce lot est constitué à partir du printemps 1973, dans un bac de 20 m^3 équipé d'un double-fond de sable percolé, avec exhausteur central (80 cm de profondeur disponible, et 16 m^3 d'eau libre au-dessus du sable). Près de 90 soles de 300 à 800 g, fraîchement pêchées en baie de Douarnenez, y sont rassemblées de février à avril. Une vingtaine de poissons survivent et s'acclimatent. Leur nombre est porté aux environs de 40 en 1974, par un apport de poissons déjà acclimatés. Une vingtaine de rougets, de 100 à 300 g, pêchés dans l'étang de l'île Tudy, eux aussi déjà acclimatés, les rejoignent à l'automne. A la fin de 1976 des morts isolées dans les deux espèces, compensées pour moitié par des apports nouveaux, ont réduit le lot à environ 35 soles (300 à 1 200 g) et 15 rougets (200 à 600 g). Ces poissons sont nourris de chair de mollusque avec, à partir de l'automne 1974, des polychètes une fois par semaine en complément.

- B.D.T.40 e (Bars, Daurades et Turbots, dans un bassin de 40 m^3 , à l'extérieur du laboratoire).

Ce lot est constitué à partir de l'automne 1973 dans un bac rectangulaire en polyester de 40 m^3 équipé d'un double-fond de sable percolé, et de 4 exhausteurs aux angles. Il reçoit au départ 8 turbots de 4 à 12 kg, pêchés en baie de Douarnenez, et acclimatés à la captivité depuis au moins 1 an. Une vingtaine de daurades de 100 à 150 g, originaires de l'étang de l'île Tudy, qui ont servi à des expériences de nutrition (SABAUT et LUQUET, 1973) y sont placées en même temps. Quelques 35 bars de 200 à 500 g, ayant servi à des expériences de grossissement (POULIQUEN, 1974) s'y ajoutent progressivement pendant l'hiver qui suit.

Aucune mortalité n'est enregistrée parmi les daurades. 5 bars meurent à plusieurs mois d'intervalle, en 1975 et 1976, d'une infection semblable à celle qui a été décrite par BARAHONA-FERNANDES (1977). 2 turbots disparaissent après la saison de ponte de 1974, 3 après celle de 1975. Ils sont remplacés par des animaux de même origine, et de taille similaire. En 1976, il en meurt 5, qui ne sont pas remplacés, le stock étant épuisé.

A la fin de 1976, le lot comporte une vingtaine de daurades de 800 g à 1,5 kg, quelques 30 bars de 600 g à 2 kg, et seulement 3 turbots (tous mâles), de 6 à 9 kg.

Ces animaux sont nourris de morceaux de poisson, avec, en complément, de temps à autre, un peu de chair de mollusque ou des crustacés pour les daurades.

- B.D.T.40i (Bars, Daurades et Turbots, dans un bac de 40 m^3 , à l'intérieur du laboratoire).

Comme le précédent, ce lot est constitué à partir de l'automne 1973 dans un bac de 40 m^3 équipé d'un double-fond de sable percolé. Mais le bac est placé à l'intérieur du hall d'aquaculture. Il est alimenté en eau par un circuit thermorégulé.

Après 6 mois de test du système de thermorégulation, le bassin est recouvert d'une tenture noire, et équipé d'un système d'éclairage programmable. A partir d'août 1974, il est employé à une expérience de décalage des pontes, basée sur la réduction des cycles thermique et photopériodique naturels de 12 mois à 10, visant à parvenir en 3 ans à un cycle décalé de 6 mois. Le plan détaillé de ce programme, et ses résultats, qui n'interviennent que de façon très mineure dans le travail décrit ici, sont en cours de publication (GIRIN et DEVAUCHELLE, sous-presse).

Comme le précédent, le bac reçoit d'abord 8 turbots de 4 à 10 kg déjà acclimatés à la captivité depuis au moins un an, et une vingtaine de daurades de 100 à 150 g puis quelques 80 bars de 300 à 500 g, d'origine méditerranéenne, âgés d'un peu moins de 3 ans, qui constituent le lot de tête d'une série d'expériences de nutrition (ALLIOT et coll., 1974). La moitié des bars, qui sont dans un état physiologique médiocre au moment de leur transfert dans le bac, disparaissent dans le mois qui suit. Aucune mortalité n'est enregistrée ensuite parmi les survivants. En août 1974, un incident de fonctionnement provoque la mort de 7 turbots, qui sont remplacés. Depuis cette date, 3 décès isolés ont été enregistrés, l'épuisement du stock de secours empêchant le remplacement du dernier mort.

A la fin de 1976, le lot comporte une vingtaine de daurades de 800 g à 1,5 kg, 40 bars de 1,5 à 3 kg, et 7 turbots de 4 à 10 kg.

Les turbots et les daurades sont nourris de morceaux de poisson. Ces dernières reçoivent en outre, de temps à autre, un peu de chair de mollusques et des crustacés. Les bars, habitués à consommer du granulé, continuent à être nourris ainsi jusqu'en juin 1976. A cette date, diverses observations tendant à mettre en évidence un effet de cette nourriture sur la qualité des oeufs, les distributions sont interrompues. Les bars jeûnent 2 à 4 mois avant d'accepter des morceaux de poisson.

1.4. LA COLLECTE DES OEUFS.

Dès les premières pontes, récoltées malaisément et avec des pertes importantes au moyen d'une épuisette en toile à plancton suivant la méthode de SHELBOURNE (1968), l'intérêt d'un système de collecte automatique des oeufs paraît évident.

Après quelques essais d'appareils copiés sur des schémas japonais (BOULINEAU, 1974), le choix se porte sur un modèle dérivé des concentrateurs de L'HERROUX et coll. (1974), qui évitent toute émergence et toute chute des oeufs, en permettant des débits assez importants.

Il s'agit d'un simple panier en toile calibrée de 250 à 300 μ , monté sur une armature rigide en PVC, qui s'emboîte dans un petit réservoir fixé sur la tuyauterie de trop-plein du bac de ponte.

Une première série de collecteurs est réalisée en 1973 avec des paniers de 9 l, placés dans des bacs en altuglas de section carrée, de 45 l. A partir de 1975, alors que les bacs de ponte de 40 m³ sont mis en service, et qu'il arrive de récolter plus de 300 000 oeufs dans la même journée, ces appareils sont progressivement remplacés par un modèle plus grand, avec un panier de 27 l, dans un bac en polyester cylindro-conique équipé d'une purge à la base (fig. 3).

Les réservoirs des collecteurs, reliés aux trop-pleins des bacs de ponte par une tuyauterie démontable, sont généralement enlevés après la saison de ponte. Ils sont remis en place environ 1 mois avant la date présumée des premières pontes. Le niveau dans le bassin est réglé de façon à ce que l'eau s'échappe par le trop-plein, à un débit de l'ordre de 600 l/h. Un tube de sécurité amovible qui évite la sortie d'eau de surface, et donc d'oeufs éventuels, est alors adapté au trop-plein, à l'intérieur du bac. Lorsque la première ponte est repérée, ce tube est enlevé et un panier est mis en place.

Suivant l'importance de la ponte, le panier peut être vidé de 1 à 3 fois par jour. Le tube de sécurité peut être remis en place le soir, au départ du laboratoire, pour éviter une accumulation d'oeufs dans le collecteur pendant la nuit.

Pour la récupération des oeufs, un bouchon de caoutchouc monté au bout d'une tige de plastique est inséré dans l'orifice inférieur du panier, qui est alors retiré lentement, avec un léger mouvement de rotation, afin d'éviter un dépôt sur la toile. Quand la collecte se trouve concentrée dans son cône de PVC (0,5 ou 1,8 l, suivant le modèle), le panier est posé sur une jarre cylindrique à fond conique de 20 l, remplie aux 3/4 d'eau du bassin. Le bouchon de caoutchouc est retiré, et la collecte se déverse dans la jarre, qui est rapportée à l'intérieur du laboratoire. Les détritres de surface (morceaux d'algues et de feuilles, essentiellement) sont écrémés avec un morceau de grillage plastique à mailles de 3 à 5 mm. Un léger mouvement circulaire est alors créé dans la jarre avec une tige de plastique, pour faciliter la concentration à la base du cône des détritres susceptibles de couler (surtout du sédiment). Après 5 à 10 mn de décantation, le culot est éliminé. Le contenu de la jarre est alors homogénéisé délicatement avec un agitateur et les oeufs sont dénombrés, avant d'être transférés dans les incubateurs.

1.5. L'INCUBATION.

La méthode d'incubation la plus simple consiste à transférer les oeufs fécondés dans les bassins d'élevage larvaire, et à les y laisser se développer sans intervention (BARNABE, 1976 a). Elle présente l'avantage de réduire les manipulations au minimum, mais convient mal à un programme expérimental, dans lequel il est nécessaire de pouvoir contrôler la qualité des oeufs employés, et de connaître précisément le nombre des larves mises en élevage.

Nous avons donc préféré l'emploi d'incubateurs séparés. Après essai en 1971 d'un assortiment des différents types d'appareils décrits dans la littérature, jarres, bacs, et paniers (BOULINEAU et MULLER-FEUGA, comm. pers.), seuls les paniers furent retenus en 1972. Il s'agissait alors de paniers cylindro-coniques souples en toile à plancton (250 μ de vide

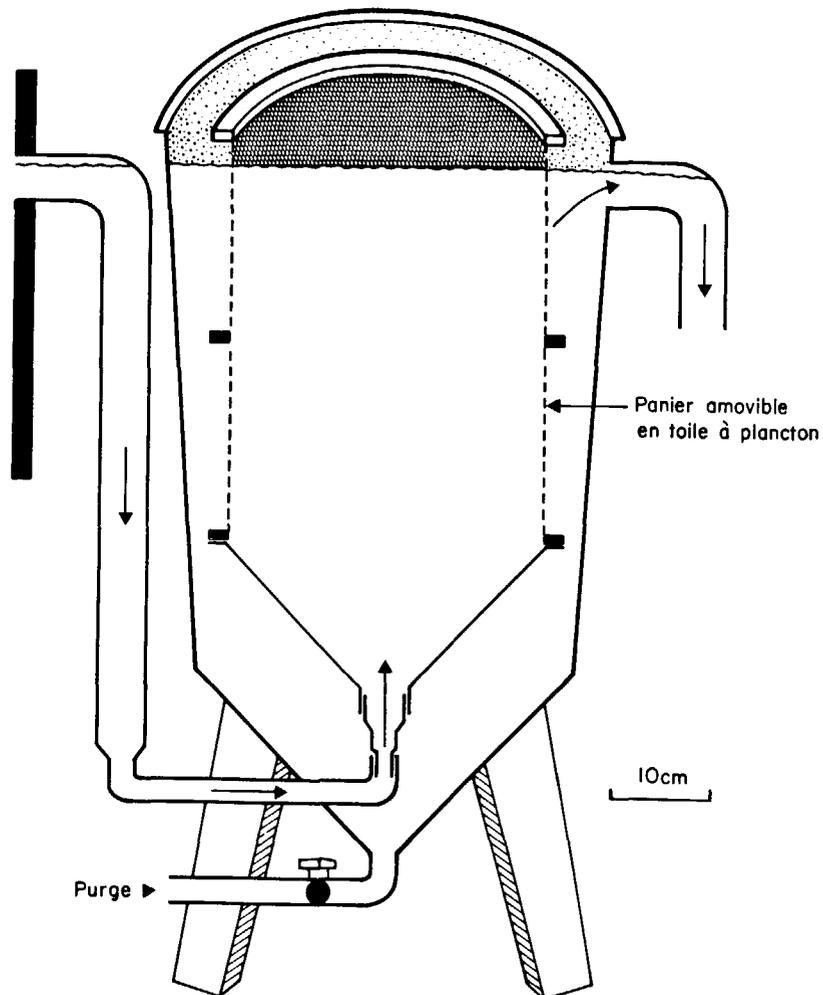


FIGURE 3 : Collecteur pour oeufs pélagiques monté sur le trop-plein d'un bassin de ponte naturelle.

Les oeufs sont arrêtés par la toile calibrée (250 à 300 μ de vide de maille), et concentrés dans le panier (27 l).

de maille), alimentés en eau par l'intermédiaire d'un entonnoir enfoncé dans leur orifice inférieur, semblables à ceux de LIN, décrits par CHEN (1976). Rassemblés par groupes de 6 dans des bacs cylindriques, ils étaient cependant assez délicats à mettre en oeuvre. Une unité d'incubation rationnelle, avec des paniers répartis dans des bacs individuels, recevant une eau convenablement filtrée, fut donc progressivement mise au point.

De 1972 à 1974, l'eau de mer qui alimentait les incubateurs était filtrée par passage de bas en haut à travers des couches successives de gravier et de sable. Malgré quelques perfectionnements de détail, le système ne donnait pas satisfaction. Il se produisait souvent des passages préférentiels dans la couche de sable, réduisant l'efficacité du filtre, d'autant plus que le débit devait être fixé au-dessus des besoins de l'ensemble des incubateurs, faute d'un système de réglage automatique.

Au début de 1974, ces appareils sont remplacés par un filtre rapide en pression à sable calibré, lavable par contre-courant, dont l'efficacité a pu être vérifiée au cours d'un voyage aux Etats-Unis (filtre "Lacron" modèle 360 de la société Coraloc). Un robinet à flotteur, placé après le filtre, fixe automatiquement le débit nécessaire au maintien d'un niveau constant dans un réservoir de 100 l placé en hauteur. Les incubateurs peuvent ainsi être alimentés par gravité, meilleure garantie d'un débit constant, avec un réserve assurant un approvisionnement pendant le lavage du filtre.

Dans le même temps, des essais de paniers d'incubation à armature rigide aboutissent en 1974 à un appareil de 27 l, installé dans un réservoir cylindro-conique de 60 l, qui a été décrit antérieurement (GIRIN, 1976). Les paniers sont interchangeable des récupérateurs aux incubateurs, et les réservoirs sont construits sur le même moule. Une tuyauterie souple amène l'eau au robinet de purge du réservoir. De là, elle gagne l'orifice du panier par un tube de PVC. Elle est ensuite déviée en 4 jets obliques, dans un déflecteur solidaire d'un tube vertical fermé à son sommet par un bouchon. Cela permet d'éviter toute sédimentation d'oeufs sur la partie conique du panier, et d'amener de l'eau directement à la surface de l'incubateur, en cas de besoin.

Dans chaque appareil, le débit est fixé entre 2 et 3 l/mn. Comme l'unité d'incubation est placée dans un angle assez sombre, une rampe d'éclairage programmable est installée au-dessus. Cet éclairage d'appoint (800 à 1 200 lux à la surface des incubateurs) semble sans effet sur les oeufs : aucune différence n'est mise en évidence dans une gamme qui va de l'éclairage artificiel permanent, à un éclairage limité aux interventions de l'expérimentateur. Le système peut donner de très bons résultats : en 1974, 122 000 oeufs de bar rassemblés dans un seul incubateur (4 500 oeufs/l) donnent naissance à 111 000 larves. Les appareils sont cependant complexes, coûteux, et d'un réglage assez délicat.

Au printemps 1975, un programme d'expériences sur le transport des oeufs de turbot, et le contrôle de leur durée d'incubation par la température (LEMERCIER, 1975 ; LEMERCIER et GIRIN, 1976) impose l'incubation simultanée de plusieurs dizaines de lots d'oeufs différents. Une série de tests conduit à choisir de simples cylindres de PVC (4 cm de haut pour

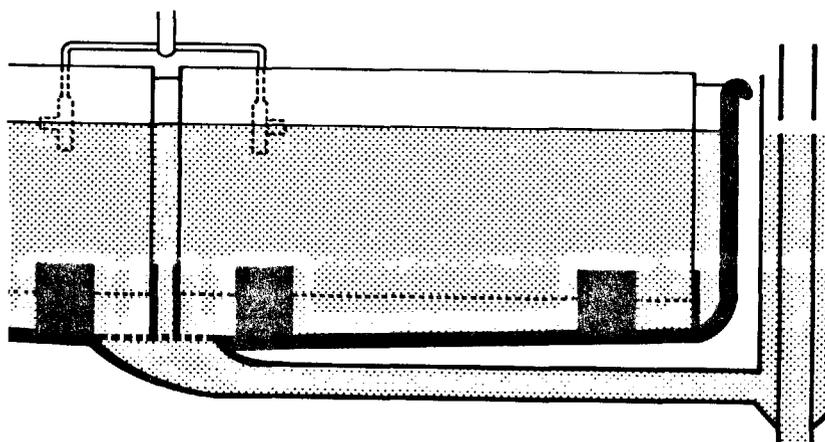
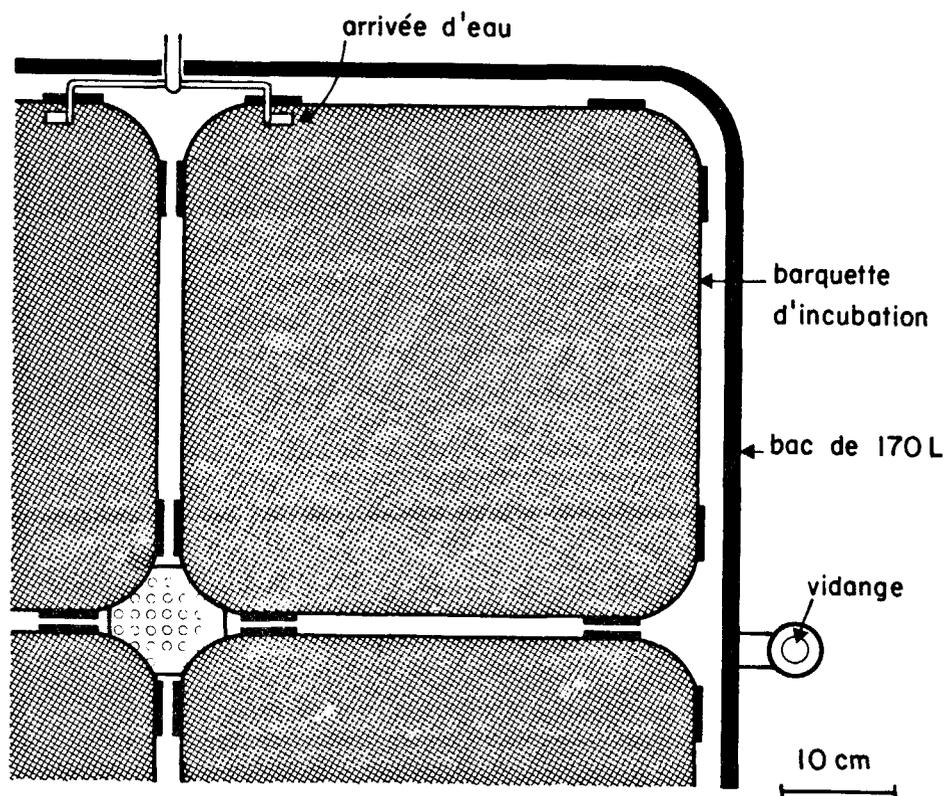


FIGURE 4 : Barquettes d'incubation pour oeufs pélagiques installées dans un bac de pisciculture sub-carré à évacuation centrale de 170 l.

Chaque barquette (29 l) peut assurer dans des conditions convenables l'incubation de 100 000 oeufs de bar.

9 cm de diamètre), dont le fond est fermé par une toile à plancton (200 μ de vide de maille). Ils flottent dans un bac de stockage grâce à une couronne de polystyrène expansé, isolant 200 cm³ d'eau. Leur simplicité et leur efficacité les font retenir à partir de 1976 pour des tests systématiques de la qualité des pontes (DEVAUCHELLE, 1976).

Le même principe simple, avec une circulation d'eau en plus, se retrouve dans les incubateurs retenus par BARNABE (1976). Ces éléments servent de base à la conception d'une batterie de 4 barquettes d'incubation carrées de 29 l de capacité, qui sont installées dans un bac de pisciculture de 160 l (fig. 4). Dans chaque barquette, le débit est réglé entre 1 et 2 l/mn, à travers un orifice de 12 mm de diamètre placé au ras de la surface, de façon à éviter des chocs sur les oeufs, tout en limitant le développement d'un éventuel voile bactérien.

Le système se montre efficace, aussi bien sur des oeufs nettement pélagiques, que sur des oeufs à tendance démersale, dont l'incubation s'achève sur la toile calibrée. Une seule barquette chargée de 105 000 oeufs de bar (3 600 oeufs/l) fournit ainsi 81 000 larves en 1976. Les paniers sont donc supprimés au profit des barquettes.

1.6. REMARQUES.

Les bassins de ponte, les collecteurs à oeufs, l'unité d'incubation, perfectionnés par touches successives au cours des années, ne présentent dans leur principe pas d'innovation majeure par rapport à ce que n'importe quel lecteur attentif peut trouver dans la littérature. Ils constituent, en 1976, un ensemble qui assure assez bien la fonction pour laquelle il a été réalisé.

Mais cet ensemble résulte de choix personnels, liés à un site, et à des conditions de travail particuliers. Les modifications, comme le remplacement des paniers d'incubation par des barquettes, ne sont pas nécessairement la conséquence d'une expérimentation comparative précise, ayant conduit à démontrer que le nouveau système choisi fournit le meilleur résultat possible. A partir du moment où le résultat obtenu est raisonnable, nous nous contentons à ce stade de choisir la solution la plus simple. Les critères biologiques employés comme référence, la quantité d'oeufs récoltés, leur taux d'éclosion, sont cependant assez grossiers. Il est possible que l'emploi de critères plus fins, comme le taux de fécondation, ou le taux de malformations à l'éclosion, conduise à rejeter ultérieurement certaines des solutions qui ont été retenues, ou tout au moins à les modifier.

2. LES LARVES

La réalisation d'un élevage larvaire impose une série de choix d'ordre méthodologique au niveau de l'environnement (caractéristiques des bacs, éclairage, agitation), du milieu (l'eau avec ses caractères physico-chimiques, sa charge biologique, son mode et son taux de renouvellement), et de la nourriture (proies vivantes, ou aliments inertes) susceptible d'être employés (HOUDE, 1973).

Nous avons analysé le problème de la nourriture, qui reste encore aujourd'hui le principal facteur limitant des élevages, dans un article de synthèse (GIRIN et PERSON-LE RUYET, 1977) : il faut admettre qu'en dehors de quelques résultats de laboratoire intéressants, mais limités (ADRON, BLAIR et COWEY, 1973 ; BARNABE, 1975, 1976 b ; GATESOUBE, GIRIN et LUQUET, 1977), l'emploi de proies vivantes, au moins pendant le premier mois des élevages, reste une nécessité. Et produire chaque jour les quantités nécessaires de proies convenables constitue une charge très lourde pour les écloséries.

S'il n'est pas d'élevage possible sans une nourriture adéquate, le milieu et l'environnement ne sont pas négligeables pour autant. Quelques connaissances de base en hydraulique et une solide formation manuelle font beaucoup pour le succès d'un programme d'élevage. Mais, dans ce domaine, la gamme des possibilités est très large. Les choix ont souvent une implication plus importante sur le plan financier que sur le plan biologique ; et il semble finalement plus important, au niveau expérimental, de concevoir un ensemble homogène, que de chercher absolument à y intégrer un détail de forme de bac, ou de mode d'aération qui a donné des résultats intéressants dans un autre contexte.

2.1. LES NOURRITURES VIVANTES.

2.1.1. LE CHOIX D'UNE PROIE.

MAY (1971) a publié une liste des différentes nourritures employées dans la plupart des essais d'élevage de larves de poissons réalisés depuis la fin du XIXème siècle. Elle totalise, en ne comptant que les proies nettement individualisées, outre la gamme très vaste couverte par le plancton naturel calibré, une trentaine d'algues planctoniques, à peu

près autant de métazoaires (oeufs, larves, post-larves, ou adultes) et un important assortiment d'aliments inertes.

Toutes n'ont pas les mêmes qualités, et une analyse des différentes phases de l'alimentation d'un poisson permet de dégager assez facilement les caractéristiques d'une bonne proie :

- Avant son repérage, qui peut intervenir plusieurs heures après la mise dans le bac d'élevage si les larves sont jeunes, elle doit pouvoir attendre, sans flotter en surface, ni sédimenter, ou se décomposer.

- Au moment du repérage, elle doit pouvoir fixer l'intérêt de la larve par une taille, une odeur, une apparence, et éventuellement des mouvements satisfaisants.

- Au moment de la tentative de capture, sa rapidité doit être compatible avec les possibilités de la larve. Son goût, et sa consistance, doivent avoir des caractéristiques convenables pour éviter un rejet.

- Après l'absorption, elle ne doit pas présenter de parties indigestibles susceptibles de provoquer des occlusions intestinales, et ses qualités alimentaires doivent couvrir les besoins de la larve.

- Enfin, et c'est la pierre d'achoppement principale, elle doit être disponible au moment voulu, dans les quantités nécessaires.

L'article cité plus haut (GIRIN et PERSON-LE RUYET, 1977) détaille les solutions employées, et les difficultés qu'elles impliquent.

Le plancton naturel fournit naturellement des proies appréciées par les larves. Mais l'irrégularité et la variabilité des approvisionnements possibles le limitent à un emploi de complément (FABRE-DOMERGUE et BIETRIX, 1905).

Certains oeufs et larves de métazoaires, qui peuvent être obtenus en grande quantité (généralement en faisant pondre des adultes), et qu'il n'est pas nécessaire de nourrir avant utilisation, présentent des caractéristiques techniques intéressantes. En éliminant ceux qui, par la présence d'éléments durs, sont susceptibles de provoquer des occlusions intestinales, ou ceux dont la production présente des aléas trop importants, une espèce se détache nettement : le branchiopode *Artemia salina*. (0,5 à 10 mm) bien apprécié par les larves, et disponible dans le commerce sous forme d'oeufs de durée.

Si l'on accepte l'astreinte de l'élevage annexe, il existe des espèces holoplanc-toniques susceptibles d'une production à grande échelle, qui sont appréciées par les larves, et dont les gammes de taille complètent vers le bas celle d'*Artemia*. Dans cette catégorie, le rotifère *Brachionus plicatilis* (de 200 μ à 300 μ) a acquis ces 10 dernières années une position prépondérante. Chez les copépodes, les espèces pélagiques supportent mal des élevages à densité élevée, mais certains harpacticoïdes, comme *Tisbe furcata* (90 μ à 900 μ), sont nettement plus tolérants. Ils ne peuvent toutefois pas encore être produits à une échelle suffisante pour en faire autre chose qu'une nourriture accessoire.

Lorsque des proies encore plus petites sont nécessaires, il est courant de recourir à des larves d'huître ou de moule (50 à 100 μ), ce qui pose le problème du déclenchement quotidien d'un nombre de pontes suffisant. Une solution est celle du péridinien nu *Gymnodinium splendens* (50-60 μ), qui a montré de bonnes qualités alimentaires, avec les avantages inhérents à une production végétale (LASKER *et al.*, 1970).

Dans la vingtaine de proies différentes, toutes empruntées à la liste de MAY (1971), qui ont été expérimentées au Centre Océanologique de Bretagne, *Artemia salina*, *Tisbe furcata*, et *Brachionus plicatilis* sont les trois seules qui aient fait l'objet d'une utilisation régulière.

2.1.2. LA PRODUCTION DES ROTIFERES ET DES COPEPODES.

Il existe diverses méthodes de production de rotifères. L'on peut en trouver une description assez complète dans les travaux de THEILACKER et McMASTER (1971), HIRAYAMA et KUSANO (1972), ou DE LA CRUZ et MILLARES (1974). Celle qui est utilisée au laboratoire, simple et peu coûteuse en main-d'oeuvre (GIRIN et DEVAUCHELLE, 1974 ; PERSON-LE RUYET, 1976), est basée sur l'existence d'une unité de production d'algues planctoniques fiable (FLASSCH et NORMANT, 1974 ; FLASSCH, 1978).

Depuis les premiers essais, en 1973, la méthode n'a changé que par la concentration des algues utilisées. Schématiquement, une population, composée de 95 à 99 % de *Brachionus*, et de 1 à 5 % de *Tisbe*, maintenue dans une cuve cylindro-conique, subit un prélèvement quotidien du quart de son volume. La quantité prélevée est remplacée par une culture de *Tetraselmis suecica*, dont la concentration, voisine de 1 million de cellules/ml jusqu'en 1974, monte ensuite à 2 millions (d'où une concentration de 0,25 à 0,5 millions de cellules/ml après dilution dans le volume de l'élevage, si toutes les algues mises 24 h plus tôt ont été consommées). Dans ces conditions, la concentration des animaux dans le prélèvement quotidien reste assez constante, aux alentours de 100 rotifères et 2 copépodes/ml dans le premier cas, du double dans le second.

L'élevage peut être maintenu plusieurs mois dans la même cuve. Les copépodes assurent le nettoyage des algues qui se déposent sur ses parois, et le seul entretien nécessaire consiste en une purge quotidienne de leurs pelottes fécales, non adhérentes, qui s'accumulent au fond. Sauf rares exceptions, depuis 1975, une seule cuve de 250 l, qui reçoit un apport quotidien de 60 l de *Tetraselmis* à 2 millions de cellules/ml (2,13 g, en poids sec), fournit chaque jour 1,2 millions de rotifères (3,1 g, en poids sec) et 100 000 copépodes (0,05 g, en poids sec) ^{ce qui} suffit largement à tous les besoins du laboratoire.

PERSON-LE RUYET (1976) a montré qu'il est possible de réaliser les élevages avec des algues lyophilisées, mais avec un rendement alimentaire 5 à 6 fois moins bon. Pour cette raison, la production reste encore actuellement basée sur l'emploi d'algues vivantes, les algues lyophilisées n'intervenant que comme une solution de dépannage, en cas d'incident dans la salle de culture d'algues.

2.1.3. LA PRODUCTION DES ARTEMIA.

Il existe diverses méthodes plus ou moins sophistiquées de production de nauplius d'*Artemia*, à partir d'oeufs de durée. L'on en trouvera un inventaire assez complet chez SHELBOURNE (1968), JONES (1972), NASH (1973) et SORGELOOS et PERSOONE (1975).

La méthode employée au laboratoire, qui n'a pas varié notablement depuis 1973, a été décrite par PERSON-LE RUYET (1976). L'incubation est effectuée en eau de mer bien aérée, à 26° C, pendant 30 à 35 h, avec 1,5 g d'oeufs/l. Mais l'emploi de cuves cylindro-coniques (il s'agit, le plus souvent, des cuves de 150 l décrites fig. 11) permet de séparer les nauplius fraîchement éclos des coques vides par une simple décantation, pendant 10 à 15 mn. Cette méthode, couramment employée par le principal collecteur d'oeufs de durée (la Société San Francisco Bay Brand), dans de simples baignoires, est plus rapide, et aussi efficace que le recours au phototactisme positif des animaux.

La production des metanauplius a été d'abord réalisée avec des algues vivantes (*Tetraselmis suecica* en général). Les quantités exigées dépassant un niveau raisonnable, une recherche de solutions de remplacement fut lancée dès 1972. Des spirulines atomisées (*Spirulina maxima*) produites au Mexique pour l'alimentation humaine et animale (DURAND-CHASTEL et SANTILLAN-SANCHEZ, 1977) fournirent une solution acceptable 2 ans plus tard (LUCET, 1974).

La méthode de production actuelle, fixée par PERSON-LE RUYET (1975), implique des cuves cylindriques de 1 m³, à fond arrondi, équipé de 6 orifices d'aération de 1,5 mm de diamètre. L'air, fourni à une pression de 2 bars, assure un brassage énergétique de l'eau de mer à 25° C dont elles sont remplies au début de l'élevage. Chaque cuve est chargée de 12 millions de nauplius fraîchement éclos (12 nauplius/l), nourris à raison de 2 repas par jour. Après 48 h, les animaux mesurent 0,9 à 1 mm (*Artemia* de 2 jours). S'ils ne sont pas tous prélevés, la cuve est vidée à moitié, puis remplie par de l'eau fraîche à la même température, ce qui ramène la concentration des *Artemia* entre 5 et 6 individus/ml. 48 heures plus tard l'on dispose d'animaux de 1,5 à 2 mm (*Artemia* de 4 jours). En cas de besoin, il est possible de reprendre la même manoeuvre 2 jours de plus (la concentration est alors de 2 à 3 animaux/ml), pour disposer d'animaux de 3 à 4 mm (*Artemia* de 6 jours).

A titre d'exemple, une production quotidienne de 25 millions d'*Artemia* de 2 jours, et 5 millions d'*Artemia* de 4 jours (285 g, en poids sec, à partir de 40 g de nauplius) qui suppose le fonctionnement simultané de 8 cuves de 1 m³, implique une consommation quotidienne de 1360g de poudre de spiruline. Cela évite l'emploi de 3 700 l de *Tetraselmis* à la concentration habituelle de 2 millions de cellules/ml.

2.1.4. LA DISTRIBUTION DES PROIES VIVANTES.

La salle de production d'animaux proies est gérée de façon à ce que les différentes proies nécessaires chaque jour se trouvent concentrées en fin de matinée dans une série de bidons de 10 à 25 l, où elles sont maintenues en bonne condition par une aération énergique. Les concentrations sont mesurées sur 2 échantillons au moins, et les quantités voulues sont réparties dans les bacs d'élevage des poissons sur une base volumétrique, dans l'heure qui suit. Les dénombrements dans les échantillons sont fait à la loupe binoculaire, des tentatives d'automatisation (appareil optique dérivé de celui de MITSON (1968), compteur de particules "Coulter Counter") n'ayant jamais réussi à donner de bons résultats sans exiger finalement plus de travail que le comptage à la loupe. Les rotifères inutilisés, lorsqu'il y en a, sont habituellement jetés. Les *Artemia* sont égouttées sur un tamis, congelées, et éventuellement lyophilisées plus tard en fonction des besoins.

Comme l'a signalé HOUDE (1973), l'astreinte qu'implique cette production quotidienne est très lourde, et des systèmes entièrement automatisés restent à mettre au point.

2.2. LES NOURRITURES INERTES.

Les critères de qualité définis plus haut pour les proies vivantes s'appliquent aussi aux aliments inertes. Pour les proies vivantes la condition la plus difficile à remplir était la dernière (capacité de production). Pour les aliments inertes, ce sont les premières (dispersion dans l'eau, pouvoir attractant, cohésion et consistance).

2.2.1. PROIES ET BROYATS CONGELÉS.

La forme la plus immédiate d'aliment inerte est la proie surgelée. Son apparence, sa consistance et sa composition restent inchangées. Mais elle a perdu la capacité de se mouvoir, coule, se décompose en quelques heures. Il faut donc éviter les apports massifs, sources de pertes et de pollutions importantes.

Le problème est le même pour les broyats d'aliments naturels frais (chair de mollusque ou de poisson, le plus souvent), avec des risques de pollution plus élevés. Quelle que soit la méthode employée pour produire le broyat, mixeur au-dessous du mm, hachoir au-dessus, il y a inévitablement des morceaux trop gros, ou trop petits, qui ne sont pas consommés. En outre, l'acceptation par les poissons n'est pas toujours parfaite, et les pertes à l'absorption peuvent être importantes.

La forme de distribution la plus simple, les petits blocs congelés que l'on dépose à la surface du bac à plusieurs reprises dans la journée, convient bien à l'alimentation des soles métamorphosées, qui se nourrissent sur le fond. Encore faut-il assurer des distributions la nuit. Pour des poissons qui mangent en pleine eau, comme le bar et le turbot, il faut réaliser une décongélation lente, libérant les proies en goutte à goutte.

Nous avons employé à cet effet, en 1973 et 1974, un système similaire à celui qui a été décrit par BARNABE (1974). La dose de nourriture est placée dans un récipient de faible volume, où elle est brassée par une légère aération. Un approvisionnement en eau à faible débit et une fenêtre de sortie assurent une distribution progressive dans le bac d'élevage. Mais le séjour dans l'eau et le brassage nuisent à la qualité des proies.

Devant ces inconvénients, la méthode a été abandonnée à partir de 1975, au profit d'un système de décongélation lente. Dans cette catégorie d'appareils, le plus courant est un tube de polyéthylène de 27mm de diamètre intérieur, effilé à une extrémité. La dose de nourriture congelée y est introduite par le gros bout, tassée, puis recouverte de glace pilée. Lors de l'utilisation, qui n'est pas nécessairement immédiate, le tube est inséré dans un tronçon de gaine isolante souple de chauffage central (gaine "armaflex" de la société Isover), fermé en haut, et suspendu verticalement au-dessus du bac. L'ensemble est placé de façon à ce que la partie inférieure effilée du tube de polyéthylène affleure la surface de l'eau (fig. 5).

Lorsque le réglage est bien fait, la nourriture commence à tomber dans le bac 1h30 à 2h après mise en place et sa distribution se trouve étalée sur 30 à 40 mn. Pour obtenir un retard plus important, en cas de nécessité d'une distribution nocturne, l'ensemble peut être inséré dans une gaine de la dimension supérieure. Cela suffit à l'alimentation de poissons de plus de 10 mg. Des animaux plus petits auraient besoin d'appareils plus élaborés, capables d'étaler leur distribution de nourriture sur au moins 3 à 4 heures.

2.2.2. NOURRITURES EN PATE.

L'emploi de pâtes est une solution intéressante pour l'expérimentateur, qui peut réaliser toutes les combinaisons de composants qu'il souhaite, et les ajuster au dernier moment en fonction des réactions des poissons. Humides et molles, les pâtes sont en outre généralement mieux appréciées par les jeunes poissons que des granulés secs. Extrudées à la dimension voulue, éventuellement avec un liant, elles peuvent être moins polluantes que les broyats d'aliments frais. Ces avantages les ont fait systématiquement employer en Grande-Bretagne dans les expériences sur le turbot (PURDOM et coll., 1972 ; HULL et EDWARDS, 1976).

Les pâtes employées au laboratoire sont réalisées normalement à partir de fines de granulés, de granulés concassés, ou du mélange des farines destinées à les composer. Il y est ajouté, suivant les besoins, une proportion plus ou moins importante d'*Artemia* congelées ou lyophilisées, et d'eau (généralement de l'eau douce).

Le tableau 1 donne, à titre d'exemple, les proportions de farine d'*Artemia* et d'eau des divers aliments employés dans les expériences sur le turbot de 1974.

Le plus simple mode de distribution consiste à mettre la pâte dans une seringue de la taille voulue, manoeuvrée à la main. La sujétion que cela impose est malheureusement très lourde, surtout au moment du sevrage, où il est nécessaire d'étaler la distribution quotidienne en au moins une dizaine de repas, chacun de plusieurs minutes par bac.

Pour l'éviter, nous avons conçu en 1974 un distributeur automatique, dans lequel un motoréducteur actionne une vis micrométrique, qui pousse le piston de la seringue à une vitesse de 5 à 10 cm/h, et peut être programmé. Cet appareil, décrit par DENIS (1975) est

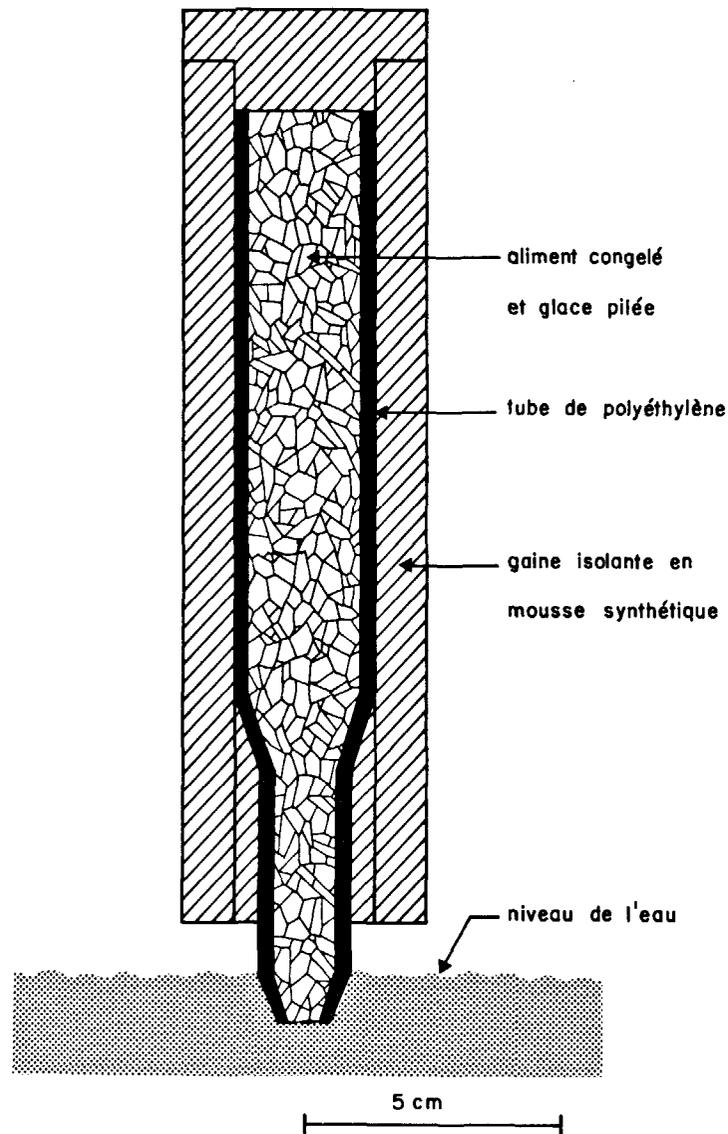


FIGURE 5 : Distributeur de nourriture congelée.

L'appareil est suspendu en position verticale, l'extrémité inférieure trempant dans l'eau, de façon à obtenir une décongélation progressive à partir du bas.

	COMPOSANTS				Taux d'humidité moyen
	Artemia congelées (85 % d'humidité)	Flocons d'Artemia (5 % d'humidité)	Farine d'aliment P50 L12 (7 % d'humidité)	Eau douce	
Pâte n° 1	50 %	8 %	8 %	34 %	75 %
Pâte n° 2	-	11 %	33 %	56 %	60 %
Pâte n° 3	-	5 %	45 %	50 %	55 %
Pâte n° 4	-	-	50 %	50 %	55 %

TABEAU 1 : Composition des pâtes employées en 1974 dans les expériences sur le turbot.

Les proportions des différents composants sont exprimées en poids frais. Les Artemia congelées proviennent de la Compagnie des Salins du Midi, les flocons d'Artemia de la "San Francisco Bay Brand Company". Pour des précisions sur l'aliment P50 L12, se reporter à ALLIOT et coll. (1974).

techniquement satisfaisant, encore qu'assez onéreux. Mais il ne donne de bons résultats qu'avec des poissons bien habitués à la pâte, pour lesquels la distribution à la main ne pose plus de gros problèmes.

2.2.3. GRANULES SECS.

Lorsque les poissons acceptent de les consommer, les granulés secs sont de loin la nourriture la plus commode, aussi facile à stocker qu'à distribuer. Une synthèse des travaux réalisés en France sur l'utilisation d'aliments composés présentés sous forme de granulés secs a été récemment publiée par METAILLER (1976). La conception et la préparation de granulés de transition, bien adaptés au sevrage de poissons de quelques dizaines de mg, ont fait l'objet d'un effort important depuis 1975.

Pour les espèces considérées ici, diverses formules ont été publiées (ALLIOT et coll., 1974 ; BARAHONA-FERNANDES et coll., 1976 ; METAILLER et GIRIN, 1976 ; GIRIN et coll., 1977 ; METAILLER et coll., 1977), et le problème technique de la préparation de granulés présentant une bonne tenue à l'eau a fait l'objet d'un programme de recherches particulier (GATESOUBE et LUQUET, 1977).

Il existe de nombreux modèles de distributeurs de granulés secs (voir revue chez DENIS, 1975). Pour les besoins de nos expériences, un distributeur simple, mû par un motoréducteur électrique, a été mis au point en 1974 (fig. 6).

Il s'agit d'une bande de polyéthylène sans fin, qui avance sur trois rouleaux de PVC horizontaux, espacés de 15 cm. L'un des rouleaux est solidaire de l'axe du moteur qui l'entraîne au rythme de 1/6 de tour par heure. Ils sont installés dans un boîtier de polyéthylène standard du commerce où une fenêtre a été découpée à l'extrémité opposée au rouleau moteur. Avec un rouleau moteur de 32 mm de diamètre, la bande se déplace à une vitesse de 1,4 cm/h, ce qui assure aux appareils une autonomie de distribution de 21 h s'ils fonctionnent en continu.

2.3. LE MILIEU.

2.3.1. CHOIX DE PRINCIPE.

Le laboratoire se trouve, du fait du site choisi pour le Centre, à 50 m au-dessus du niveau de la mer. Son approvisionnement en eau de mer, pompée au pied de la falaise, à une dizaine de mètres de profondeur, est assuré par l'intermédiaire d'un château d'eau, suivant un schéma assez semblable à celui de la Scripps Institution de La Jolla (U.S.A.), décrit par LASKER et VLYMEN (1969), moins le lit de filtration. Elle parvient au laboratoire en ayant subi seulement une courte décantation et une filtration grossière. Trois circuits thermorégulés indépendants, d'une capacité unitaire de 10 m³/h, peuvent être réglés à une température quelconque, comprise entre 8 et 28°C, toute l'année.

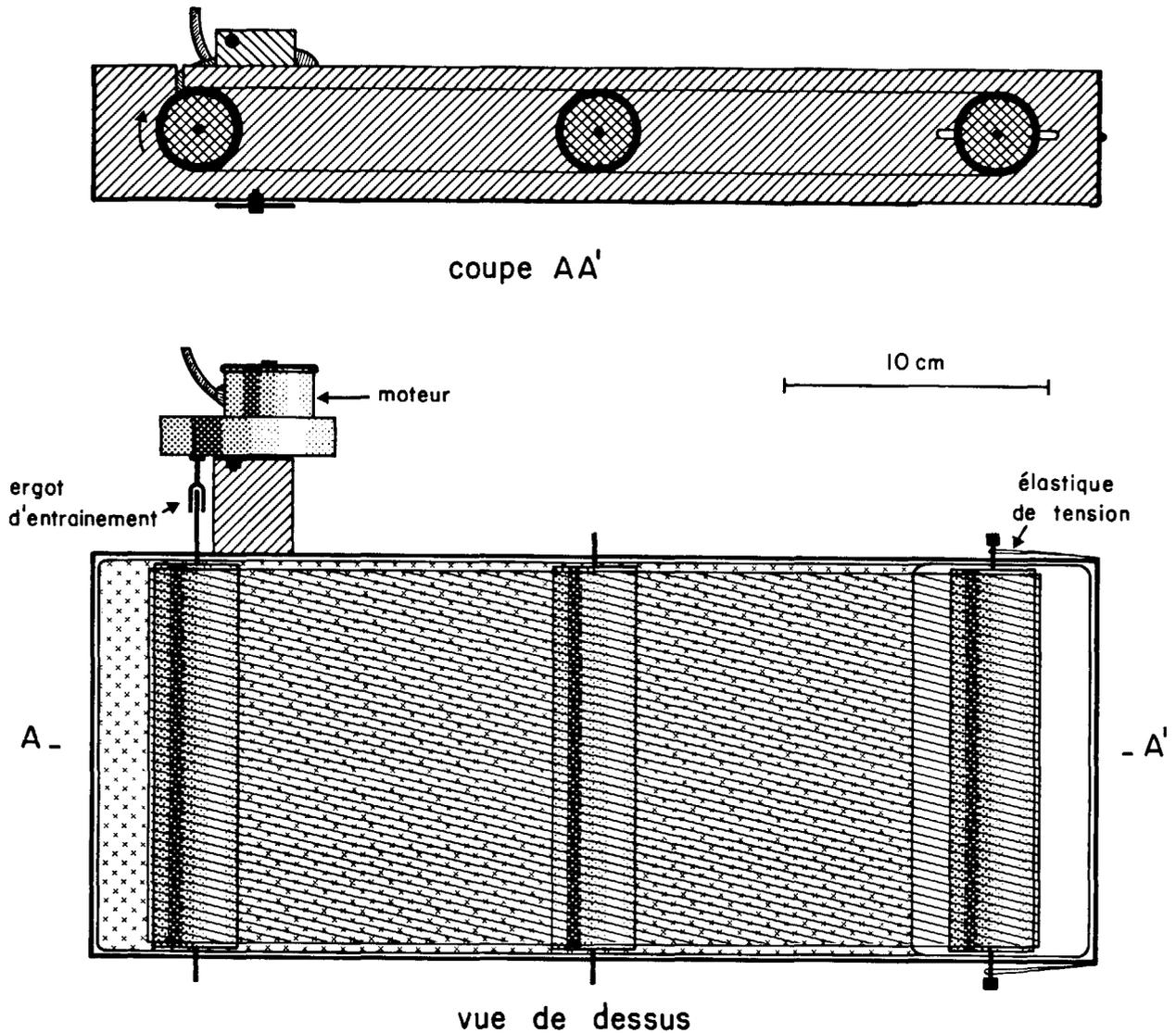


FIGURE 6 : Distributeur automatique d'aliment sec à bande sans fin.

Suivant la démultiplication du motoréducteur, la bande peut se déplacer à une vitesse allant de 0,7 cm/h à 1,4 cm/mm (elle est de 1,4 cm/h dans le modèle le plus courant).

La fiabilité des installations de pompage et des circuits de distribution est bonne, sans toutefois parvenir à éviter 1 à 2 pannes par an, susceptibles de durer jusqu'à une dizaine d'heures. Les échangeurs des circuits thermorégulés sont alimentés en eau douce surchauffée et réfrigérée à partir de la chaufferie générale du Centre. En conditions normales, ils sont précis au degré près. Mais des problèmes techniques en chaufferie et dans les électrovannes des circuits eux-mêmes produisent des variations de température brutales et imprévisibles, allant jusqu'à 5° C, une demie douzaine de fois par an. Des sursaturations gazeuses, dangereuses pour les animaux (PENROSE et coll., 1976), sont fréquentes au niveau de l'eau qui parvient aux installations d'élevage, surtout après un réchauffage important.

Pour faciliter les comparaisons entre des expériences réalisées sur plusieurs espèces, à différentes époques de l'année, nous avons choisi de travailler à une température constante. La valeur de 18° C, voisine du maximum thermique de la région, et compatible avec la vie de toutes les larves étudiées, a été retenue en 1973. A partir de 1976, une légère dérive, liée au désir d'accélérer la croissance, a fait travailler plutôt entre 18 et 20° C.

Les caractéristiques du site, et les possibilités techniques offertes ont conduit à aménager des circuits semi-fermés. Cette solution présente l'intérêt de réduire la consommation en eau, donc les besoins en calories pour son réchauffage, et la dimension des filtres nécessaires à l'entrée des circuits d'élevage larvaire. Elle impose l'installation de pompes de recyclage, et de filtres biologiques, qui n'ont cependant pas besoin d'être aussi élaborés que dans un circuit totalement fermé.

2.3.2. LA FILTRATION DE L'EAU A L'ENTREE DES INSTALLATIONS.

Une certaine filtration de l'eau employée à des installations d'élevage larvaire s'impose, pour éviter l'encrassement des bacs et des filtres biologiques des unités de recyclage, permettre de travailler avec de l'eau claire, et éviter de fausser les expériences par l'introduction d'une faune et d'une flore non contrôlées.

Les filtres sous pression, à sable calibré, testés sur l'unité d'incubation des oeufs en 1974, conviennent bien à cet usage. En 1975, les unités d'élevage larvaire ont été protégées par un ensemble de 2 filtres permutables, montés en parallèle, l'un sur de l'eau froide, l'autre sur de l'eau thermorégulée, pour assurer un approvisionnement en eau pouvant atteindre 4 m³/h (filtres "Lacron", modèles 455 et 610 de la Société Coraloc). Le mélange d'eau fraîche (8 à 18° C suivant la saison) et d'eau thermorégulée (18 à 20° C, en temps normal) ainsi obtenu transite par un bac de distribution, installé dans la galerie technique surplombant le hall d'élevage. La quantité d'eau qui parvient là est strictement limitée aux besoins du moment par des robinets à flotteur. Sa température est ajustée aux 18° C recherchés par un ensemble de thermoplongeurs électriques. L'approvisionnement des circuits d'élevage se fait par gravité (fig. 7).

En 1976, les unités de prégrossissement sont protégées à leur tour de la même façon (filtres modèles 610 et 730), mais sans thermoplongeurs de régulation fine. Les deux ensembles sont connectés, de façon à augmenter le niveau de sécurité des installations.

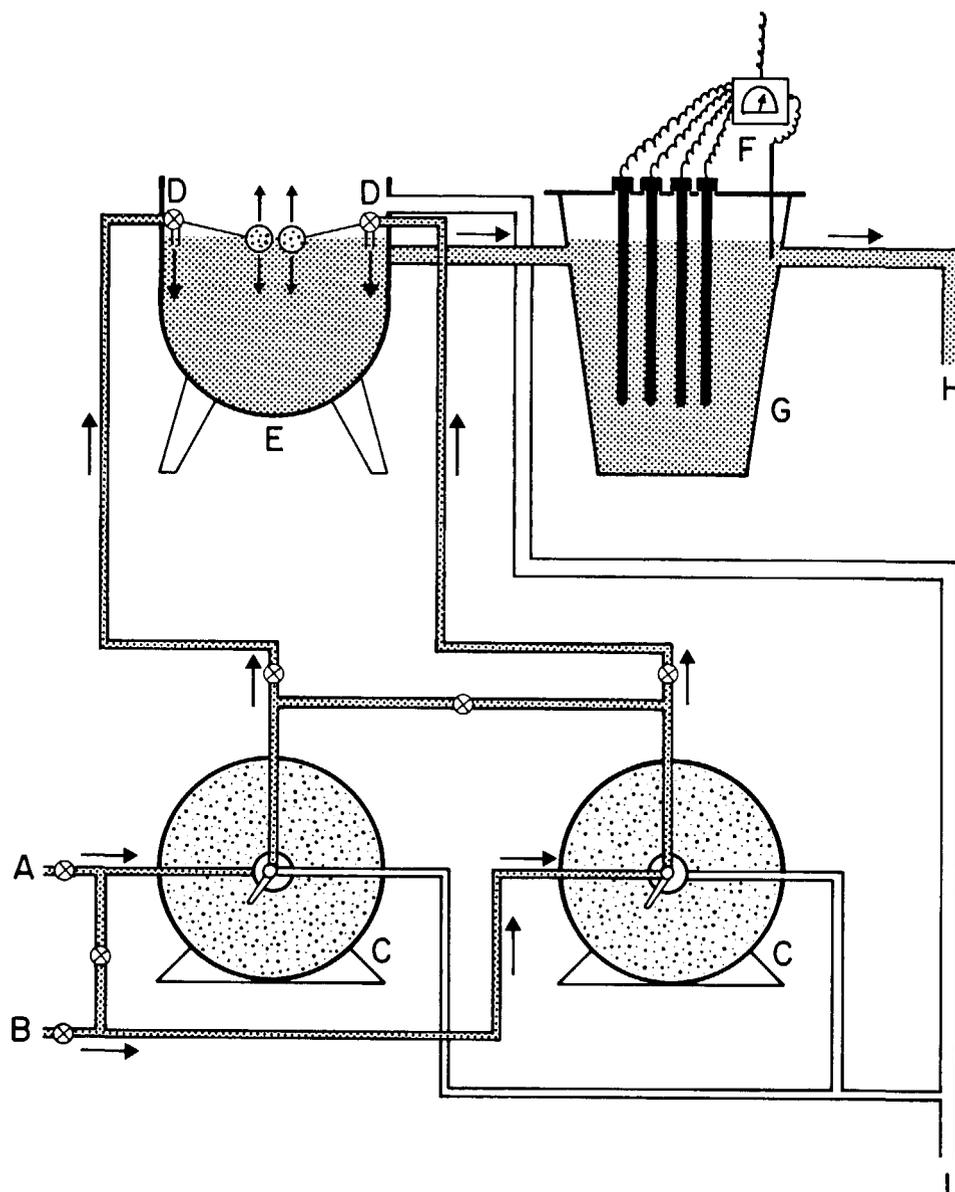


FIGURE 7 : Schéma de principe du système d'alimentation en eau des circuits d'élevage larvaire et de prégrossissement.

- A- Arrivée d'eau thermorégulée (20 à 25° C).
- B- Arrivée d'eau non thermorégulée (8 - 18° C).
- C- Filtres à sable (filtres rapides en pression, lavables).
- D- Robinets à commande par flotteur.
- E- Bac de mélange.
- F- Installation de régulation fine de la température par thermoplongeurs.
- G- Bac de réchauffage.
- H- Distribution d'eau aux circuits d'élevage (eau filtrée, 18° C).
- I- Evacuation à l'égout de l'eau de lavage des filtres et du trop-plein de sécurité.

2.3.3. LE RECYCLAGE DE L'EAU.

Ce souci de sécurité se retrouve dans la conception des installations de recyclage. Après essai de plusieurs systèmes plus ou moins élaborés, les choix de principe sont définis en 1975. COUTEAUX (1976) en a fait une analyse et une critique détaillées.

Chaque ensemble de bacs d'un modèle déterminé est approvisionné en eau par un circuit indépendant, de façon à limiter l'ampleur d'un éventuel accident, et permettre l'intégration d'une amélioration technique sans bouleverser l'ensemble des installations.

Les différents circuits sont conçus selon un plan de base identique (GIRIN, 1975), très proche de celui de BURROWS (1972), qui permet de faire face de façon quasi automatique aussi bien à un incident dans l'approvisionnement général en eau du bâtiment, qu'à un problème localisé (fig. 8).

En fonctionnement normal, l'eau qui sort des bacs est envoyée par un collecteur dans un préfiltre biologique horizontal à chicanes, ouvert, qui peut être équipé d'exhausteurs et d'écumeurs. Il est chargé de matériaux naturels (gravier, coquilles d'huître), ou, synthétiques (lit bactérien "Flocor", de la Société Saint-Gobain). Cette eau, partiellement épurée, est reprise par une pompe, et dirigée vers un filtre à sable, qui peut être un filtre ouvert avec circulation de bas en eau, ou un filtre lavable en pression.

Le filtre ouvert présente l'avantage d'être incolmatable, mais son efficacité est restreinte par des risques de passages préférentiels, et il doit être placé en hauteur, pour éviter l'emploi d'une deuxième pompe de refoulement. Le filtre en pression peut être placé au voisinage du sol (une conduite mène alors l'eau vers un bac ouvert placé en hauteur). Il est plus efficace, mais se colmate facilement si la charge organique est élevée. Une partie de l'eau ainsi parvenue en hauteur, variable suivant la consommation, se déverse dans un bac de mélange, qui alimente les bacs d'élevage par gravité. Le reste retourne dans le préfiltre biologique, et recommence le circuit.

L'apport d'eau de renouvellement, fixé aux environs de 10 % du volume total du circuit par heure, se fait dans le bac de mélange. Le rejet de la quantité correspondante se fait à l'entrée du préfiltre. Les connections sont montées de façon à ce que toute purge aille directement à l'égoût, pour éviter aux filtres des apports massifs de matières organiques, lors des purges de fond quotidiennes, ou une destruction de leur flore bactérienne, en cas de traitement médicamenteux (COLLINS *et al.*, 1976).

Dans ce système, en cas de panne d'une pompe de recyclage, les bacs reçoivent quand même l'eau de renouvellement du circuit. Il suffit alors, si nécessaire, d'augmenter le taux de renouvellement du circuit concerné aux dépens de ceux des autres. D'un autre côté, un arrêt de l'alimentation en eau du bâtiment se traduit par un passage automatique en circuit fermé.

2.3.4. LE RENOUVELLEMENT DE L'EAU DANS LES BACS D'ELEVAGE.

Dans des limites variables avec chaque espèce, la charge tolérable en élevage est une fonction du taux de renouvellement de l'eau dans le bac. Si la nourriture n'est pas consommée aussitôt après la distribution, ce qui est le cas dans les élevages larvaires, ce renouvellement implique la présence de grilles ou de tamis adéquats sur l'orifice de sortie. La vitesse de passage de l'eau à travers ces appareils doit être suffisamment faible pour éviter que les particules alimentaires ne restent collées dessus.

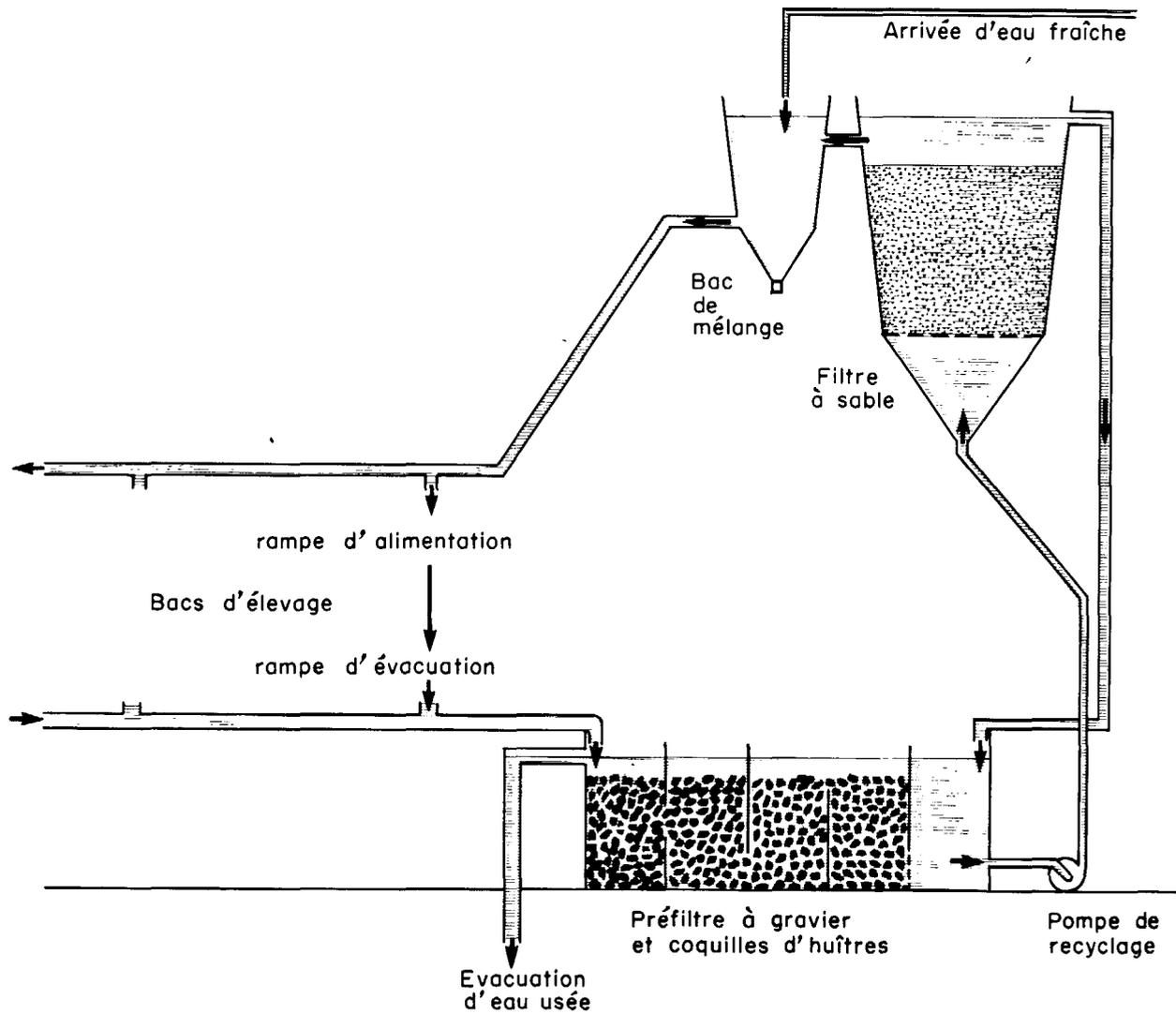


FIGURE 8 : Schéma de principe d'un circuit semi-fermé, avec préfiltre horizontal avant la pompe, et filtre vertical après.

Le taux de renouvellement de l'eau est normalement fixé à 10 % par heure du volume en eau, pour un volume d'élevage ne dépassant pas 80 % du volume total du circuit.

Lorsque l'élevage se fait en présence d'algues planctoniques, le renouvellement possible est très faible. C'est toujours le cas dans la méthode des "eaux vertes", qui n'implique que très exceptionnellement plus de 10 larves par litre en début d'élevage (HOUDE, 1973). En limitant la présence de phytoplancton aux premiers jours de l'élevage, il est possible d'envisager une augmentation rapide des taux de renouvellement, ce qui permet de travailler à des charges nettement plus élevées.

Lors de la mise en élevage, les larves venant d'éclore (ou les oeufs, en 1972) proviennent d'incubateurs où la température de l'eau peut être de 11 à 16° C. Le bac destiné à les recevoir est rempli d'eau à la même température. Elle monte en 24 h à la température de travail habituel, par échange avec l'air de la salle d'élevage larvaire, climatisée entre 18 et 19° C. Il est donc techniquement possible de connecter un bac à son circuit d'alimentation normal dès le lendemain de la mise en élevage.

Sur la base de l'expérience acquise pendant les premières années d'expérimentation, un schéma simple a été établi en 1975 (tableau 2). Il implique un début d'élevage en eau stagnante, puis une augmentation progressive du renouvellement à intervalles fixés. En circonstances normales, le schéma est suivi rigoureusement. Mais, si les mesures périodiques de pourcentage de saturation en oxygène qui sont effectuées indiquent un taux inférieur à 85 %, signe d'une survie ou d'une croissance supérieures aux normes habituelles, le schéma est immédiatement décalé au cran supérieur, ou même, en cas de besoin, de plusieurs crans dans les jours qui suivent.

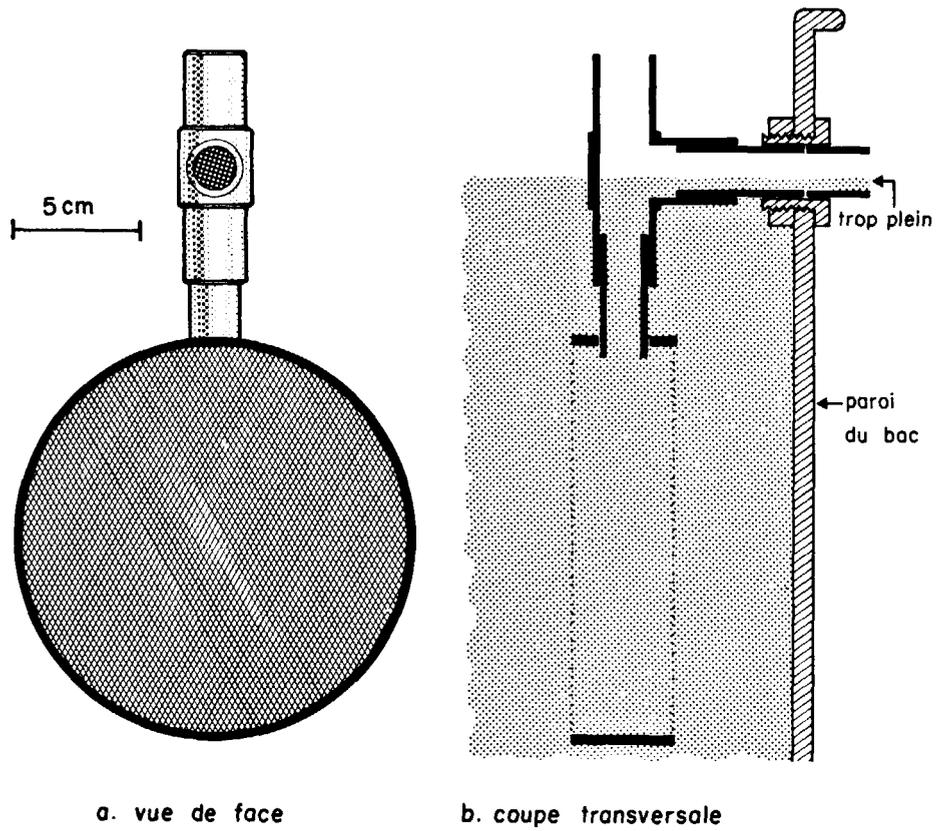
Dans la phase des élevages faisant appel à des proies vivantes, l'eau est évacuée après passage à travers une toile calibrée. Plusieurs modèles de filtres de sortie ont été décrits dans la littérature. Nous nous sommes inspirés, au début, de l'appareil de SHELBOURNE (1968). Il est efficace, mais de construction délicate, et difficile à entretenir. Après divers essais de simplification, un filtre en anneau a été mis au point en 1973 (fig. 9).

Cet appareil simple et peu coûteux, fait appel à un tronçon de 4 cm de tube de PVC, dont les deux faces sont fermées par de la toile calibrée. Il peut avoir n'importe quel diamètre standard du commerce (les modèles employés ont varié, en diamètre extérieur de 9 à 25 cm, soit 1,4 à 9,2 dm² de surface filtrante). Un T du même matériau, emboîté et collé dans la bordure de l'anneau sert au montage sur l'orifice de sortie du bac, ou à la connection avec d'autres filtres, s'il est nécessaire d'en rassembler plusieurs sur le même orifice.

Les vides de maille sont fixés à 45 µ pour les rotifères, 180 µ pour les *Artemia*. Au nettoyage, qui peut être fait jusqu'à 2 fois par jour, le filtre est enlevé, et rincé sous un jet d'eau douce, de préférence tiède. Sur la base de plusieurs débordements liés à des colmatages, il est apparu nécessaire de respecter les normes minimales de 2 dm² de surface filtrante par litre/heure de renouvellement, en maille de 45 µ, et 5 dm² par litre/heure en maille de 180 µ.

Jours depuis l'éclosion	Taux de renouvellement de l'eau (%/heure)
0 - 4	0
5 - 9	4
10 - 14	6
15 - 19	8
20 - 24	10
25 - 29	13
30 - 34	18
35 - 39	25
40 +	jusqu'à 100 %

TABLEAU 2 : Normes minimales de renouvellement de l'eau employées à partir de 1975, pour les élevages larvaires en bacs cylindro-coniques de soles, de bars, ou de turbots.



a. vue de face

b. coupe transversale

FIGURE 9 : Filtre de sortie de bac amovible en anneau. Modèle de 16 cm de diamètre (3,7 dm² de surface filtrante).

2.4. L'ENVIRONNEMENT.

La notion d'environnement, telle qu'elle est comprise ici, se trouve restreinte aux éléments qui limitent l'espace dans lequel les larves sont libres de se déplacer, c'est-à-dire l'air et les parois. Les parois se caractérisent par des dimensions, une forme, un matériau, et une couleur. A la limite, les filtres de sortie, décrits plus tôt pour la commodité de l'exposé, en font partie. L'air comprend l'atmosphère qui environne le bac, caractérisée par une température (fixée, nous venons de le voir, entre 18 et 19° C), et surtout un niveau d'éclairement. Il comprend aussi, lorsqu'il y en a, les systèmes d'aération de l'eau, sources d'un brassage qui peut être important, et, secondairement, d'une certaine réoxygénation.

2.4.1. LES BACS D'ELEVAGE.

2.4.1.1. AQUARIUMS ET CUVES A FOND PLAT.

Les premiers modèles utilisés sont des aquariums parallélépipédiques de 58,5 cm de long, 30 cm de large, et 39 cm de haut, en dimensions intérieures, copiés sur ceux de SHELBORNE (1968). Le trop-plein, placé à 34 cm du fond, leur assure une capacité de 60 l. Ils peuvent être en plastique transparent ("Altuglas"), ou opaque (polychlorure de vinyle), gris ou crème. Leurs angles internes sont généralement vifs, parfois arrondis avec une épaisseur de colle ("Armofix" ou "Altufix").

Pour des expériences un peu plus importantes, des bacs de même forme, en polyéthylène gris moulé, sont employés simultanément. Ils mesurent 72 cm de long, 53 cm de large, et 43 cm de haut, pour une capacité de 150 l avec 39 cm d'eau. A une échelle supérieure, ce sont des cuves cylindriques en polyéthylène blanc de 130 cm de diamètre, pour 42 cm de profondeur, offrant une capacité de 500 l pour 38 cm d'eau. En 1973, dans le cadre d'une recherche sur l'importance des relations entre la hauteur et la surface du récipient, des cuves cylindriques de même matériau, mais de 63 cm de diamètre, pour 82 cm de haut, sont expérimentées sur le turbot (240 l, avec 77 cm d'eau).

Les expériences ne permettent pas de mettre en évidence un avantage quelconque de l'un de ces modèles sur un autre, que ce soit en matière de croissance ou de survie. Le fond plat suppose un pipetage quotidien des larves mortes, si l'on désire les dénombrer, et un siphonage des déchets. Cela ne pose pas de problème dans les petits aquariums, mais c'est difficilement applicable à une grande échelle. L'absence d'un orifice en un point bas, susceptible de permettre une vidange totale rapide, que ce soit pour la récupération des animaux, ou le nettoyage, est en outre très gênante.

Au niveau de l'équipement, l'alimentation en eau ne subit pas de recherche particulière : elle se fait simplement par un tuyau souple, dont l'orifice (4 à 8 mm de diamètre) est placé légèrement au-dessus de la surface. La sortie se fait aussi en surface, par un trop-plein de 16 à 20 mm de diamètre, sur lequel s'emboîtent les filtres de sortie décrits plus hauts.

2.4.1.2. BACS DE PREGROSSISSEMENT A EVACUATION PAR LE FOND.

Pour des poissons ayant achevé leur métamorphose, une solution simple au problème de la vidange totale, et du nettoyage, consiste à utiliser des bacs conçus sur le modèle dit "suédois", courant en salmoniculture (HARACHE et BOULINEAU, 1971). C'est un bac rond, ou carré à angles arrondis, dont le fond présente une légère pente vers le centre, où se trouve une bonde de vidange protégée par une grille horizontale. L'alimentation en eau se fait par la surface, tangentiellement, de façon à créer un vortex qui entraîne les déchets vers la grille. Un système de siphon règle le niveau de l'eau à la valeur voulue.

A partir de 1973, 5 modèles différents, tous en polyester enduit intérieurement d'une couche de gelcoat gris, à fond subcarré, sont expérimentés. Leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau 3.

Les systèmes de réglage du niveau de l'eau, peu adaptés à un usage en laboratoire, et dont l'étanchéité laisse à désirer pour les bacs "Ewos", sont remplacés par un ensemble à base de pièces de tuyauterie standard en PVC avec bouchon de caoutchouc monté sur une tige en acier inoxydable (fig. 10). Ce système assure une étanchéité parfaite, et détourne, comme nous l'avons signalé plus haut, le produit des purges dans une canalisation différente de celle qui reçoit l'eau évacuée normalement.

En cas de besoin, tous les bacs peuvent être équipés de plaques de PVC perforé recouvertes d'une couche de feutre de polyester ou de toile calibrée (en général 500 μ), destinées à supporter un double-fond de sable percolé. Un, ou plusieurs exhausteurs peuvent y être incorporés. Les grilles de sortie employées en usage normal peuvent être en acier inoxydable ou en PVC. Des mailles inférieures à 2 mm sont obtenues en collant de la toile à plancton calibrée sur un cadre de PVC.

Ces bacs conviennent bien à la période post-larvaire des élevages, particulièrement lorsque les animaux sont habitués à une nourriture inerte, moins bien à la période strictement larvaire, où il est impossible de créer le courant d'eau nécessaire à un bon auto-entretien. Pour cette raison, les schémas de travail se sont orientés à partir de 1974 vers l'utilisation d'un modèle complètement différent au début de l'élevage.

2.4.1.3. BACS D'ELEVAGE LARVAIRE CYLINDRO-CONIQUES.

Le cylindre à fond conique ou hémisphérique, rarement employé avant 1970, est devenu ces dernières années l'une des formes de base des bacs d'élevage larvaire, que ce soit chez les poissons ou les crustacés (AQUACOP, 1977 ; CARLBERG et VAN OLST, 1977 ; L'HERROUX et coll., 1977).

La conception des bacs que nous utilisons relève de 2 objectifs principaux. D'une part un rapport hauteur/diamètre élevé, une symétrie selon un axe vertical, et une colonne d'aération selon cet axe, sont destinés à assurer un bon mouvement de convection de la masse

Conception	Capacité normale (1)	Profondeur d'eau moyenne (dm)	Surface du fond (dm ²)	Surface de la grille de sortie (dm ²)	Rapport moyen profondeur/côté	Rapport surface grille/surface fond
Plan original	60	2,3	25	1,1	45 %	4,5 %
Société "EWOS"	180	1,8	100	5,0	18 %	5,0 %
Société "SERIP"	400	4,2	100	14	42 %	14 %
Société "EWOS"	500	2,7	170	14,8	20 %	8,7 %
Société "EWOS"	2 000	5,3	390	14,8	27 %	3,8 %

TABLEAU 3 : Caractéristiques principales des bacs subcarrés de type suédois employés à partir de 1973 pour le sevrage et le prégrossissement. Tous ces bacs peuvent être équipés de doubles-fond de sable percolé.

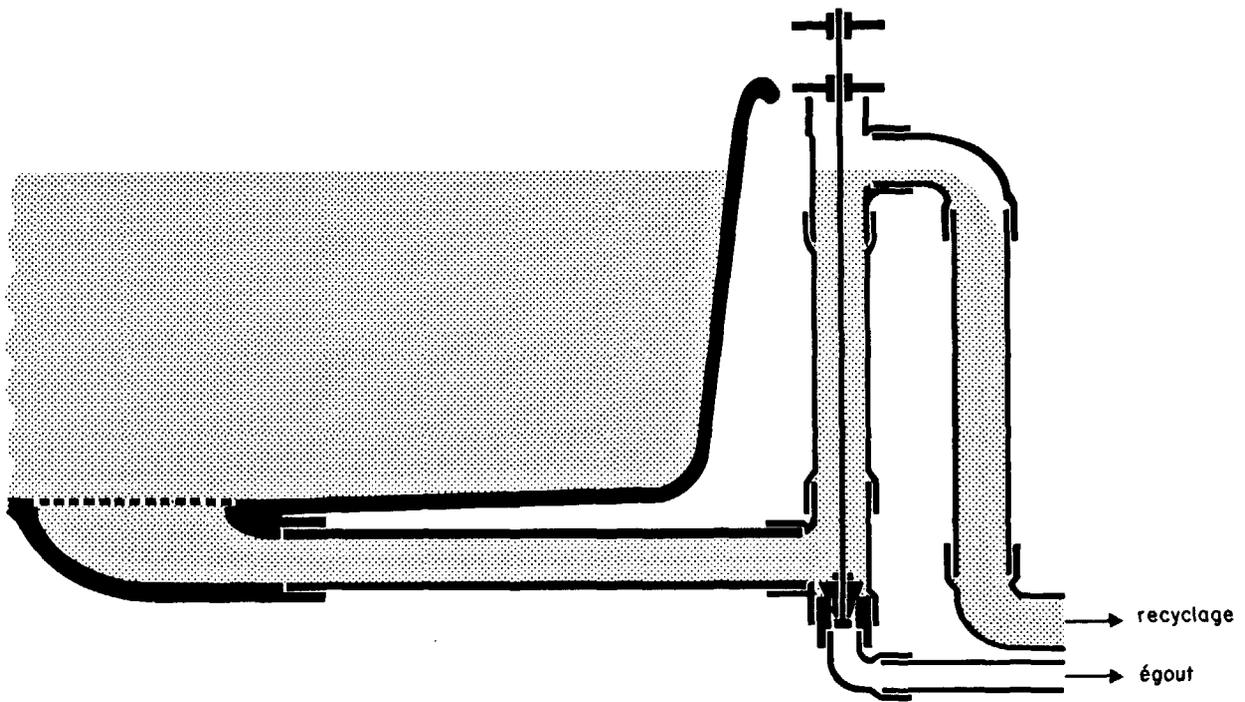


FIGURE 10 : Coupe d'un ensemble de vidange de bac d'élevage assurant une évacuation du produit des purges dans une canalisation conduisant directement à l'égout, pour circuit semi-fermé.

La figure correspond au fonctionnement normal, l'eau s'évacuant vers le filtre du circuit semi-fermé. Lors d'une purge, le bouchon soulevé, l'eau chargée en déchets s'évacue dans la canalisation inférieure.

d'eau, afin de faciliter les chances de rencontre entre l'animal et sa proie. D'autre part, un fond à pente importante doit permettre une accumulation automatique des cadavres et des déchets en un point bas, pourvu d'une vanne de purge.

Des essais d'élevage de rotifères et d'*Artemia* dans des cuves cylindriques à fond hémisphérique conçues pour les cultures d'algues (FLASSCH et NORMANT, 1974), aboutissent au dessin de bacs cylindro-coniques hauts, de 60, 150, puis 450 l (fig. 11). Pour des élevages larvaires de poissons, ils sont équipés d'un seul orifice d'aération, placé au bord de l'orifice de purge, de façon à concilier les exigences d'un brassage du volume et d'une décantation des déchets et des cadavres. Ce deuxième élément interdit l'alimentation en eau par le fond. L'alimentation et l'évacuation se font donc toutes deux par la surface.

A l'exemple de ceux qui sont utilisés pour les cultures d'algues, la plupart des bacs sont revêtus intérieurement d'une couche de "gelcoat" gris, afin d'offrir une surface exempte des porosités inévitables dans le polyester brut. C'est une précaution liée plus à des considérations techniques (facilités de nettoyage) qu'à une évidence nette d'un effet sur les larves.

Depuis 1975, ces bacs sont systématiquement employés au laboratoire, au moins pendant les 2 premières semaines de chaque élevage, pour leurs avantages techniques en matière d'entretien, et de facilité du dénombrement des cadavres. Mais aucun effet sur la survie ou la croissance des larves n'a été mis en évidence.

2.4.2. L'ECLAIREMENT ET L'AERATION.

Quelle que soit la manière dont il est éclairé, l'intensité lumineuse diffère généralement d'un point à un autre d'un bac, et les mouvements de l'eau concourent à offrir aux larves la possibilité de profiter de toutes les conditions d'éclairage qui règnent dans leur volume d'élevage. Ces deux éléments sont difficilement dissociables de la nature des parois du bac. Une paroi transparente, ou translucide, permet des éclairages latéraux, qu'une paroi opaque interdit. D'un autre côté, les parois constituent un fond sur lequel les proies peuvent se détacher plus ou moins bien, suivant leur couleur respective (SHELBOURNE, 1968).

Dans la méthode des "eaux vertes", l'éclairage est généralement continu, intense, et s'accompagne d'un brassage énergique, de façon à permettre un bon développement des cultures d'algues. A l'opposé de ces conditions constantes, éclairage et brassage sont éminemment variables dans la nature, où les parois sont en outre normalement absentes.

2.4.2.1. L'ECLAIREMENT.

La salle consacrée aux élevages larvaires (6 x 8 m) est pourvue d'une série de fenêtres sur l'un de ses grands côtés, orienté au Nord-Nord-Est. Le soleil n'y pénètre directement que de façon exceptionnelle, dans un angle, au printemps et en été, le soir. Des stores à l'italienne y ont en outre été installés en 1976 pour protéger les bacs les plus proches des fenêtres, où des développements excessifs d'algues filamenteuses gênaient les élevages.

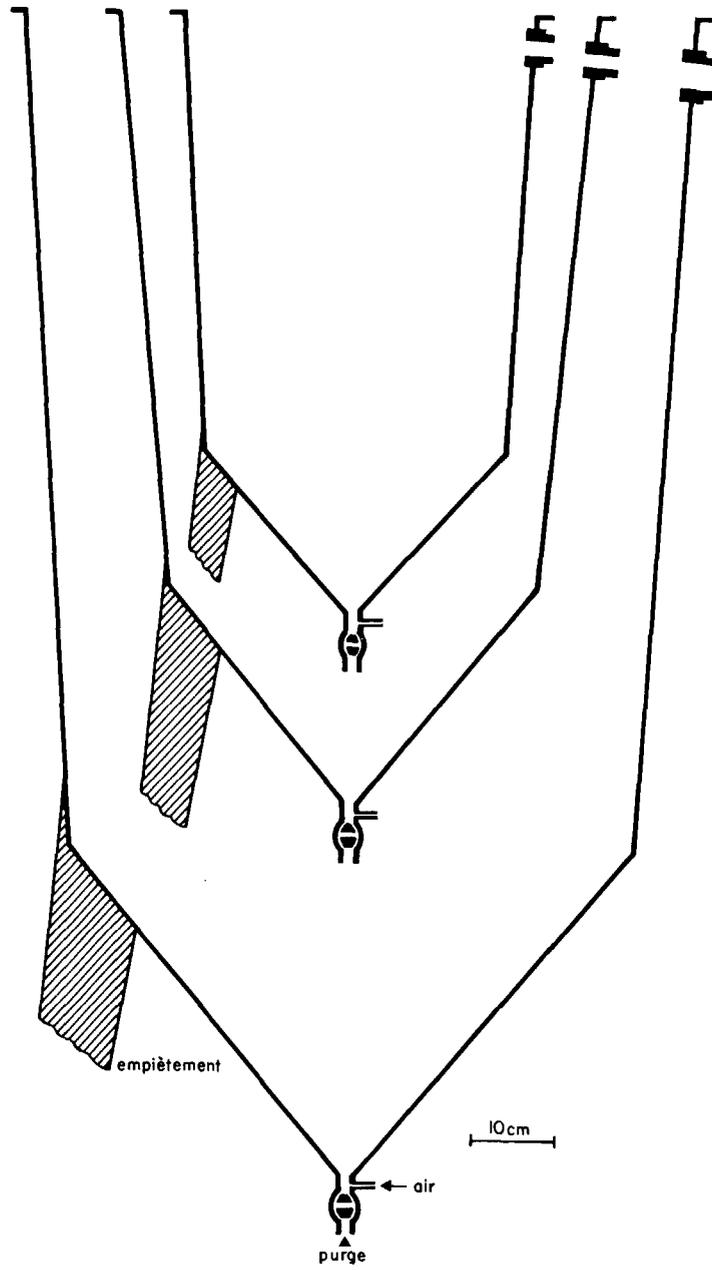


FIGURE 11 : Coupe verticale de bacs d'élevage larvaire cylindro-coniques de 60 l, 150 l et 450 l.

Tous les bacs ont été équipés d'un éclairage complémentaire direct, programmé ou non, à une distance variable au-dessus de la surface. En 1972 et 1973, il s'agissait de lampes à incandescence. A partir de 1974, elles ont été progressivement remplacées par des tubes fluorescents ("grolux", type "lumière du jour") utilisés pour les cultures d'algues, aussi bien tolérés par les larves, plus robustes et d'un meilleur rendement.

L'expérience montre, chez le turbot, qu'un éclairage intense (au moins 5 000 lux) élève la proportion de larves claires, considérées comme des animaux en bonne santé (JONES et coll., 1974 ; GIRIN, 1974 a). D'autre part, chez cette espèce, comme chez le bar, l'obscurité provoque des concentrations d'animaux en fond de bac. Enfin, un éclairage latéral à travers une paroi translucide provoque des comportements anormaux (nage tourbillonnante), ou des concentrations de poissons vers la source de lumière.

Pour ces raisons, en règle générale, l'élevage est aujourd'hui réalisé, au moins pendant la phase strictement larvaire, avec un éclairage artificiel permanent, au-dessus de la surface, dans des bacs à parois opaques. Chez le bar, les conditions offertes varient facilement d'une expérience à l'autre, et avec l'âge des poissons, en fonction des disponibilités : l'intensité lumineuse peut aller de 200 à 1 600 lux en surface, et le rythme d'éclairement de 14 h à 24 h de jour. Chez la sole, les conditions offertes varient aussi assez facilement pendant les 2 premières semaines. Cependant, sauf cas exceptionnel, les animaux métamorphosés ne reçoivent pas d'éclairage artificiel direct plus de 14 h par jour. Chez le turbot, pour les motifs indiqués plus haut, la question est considérée comme importante. L'éclairage employé est presque systématiquement intense, et continu, au moins pendant les 2 premiers mois.

2.4.2.2. L'AERATION.

En dehors des exhausteurs avec les fonds de sable percolé, les bacs de prégrossissement ne font normalement pas l'objet d'une aération particulière. A l'opposé, la conception même des bacs cylindro-coniques d'élevage larvaire impose une aération. Comme pour la lumière, le problème de la quantité et de la qualité de cette aération a été traité de façon assez subjective.

En 1972 et 1973, quelques tests portent sur l'effet respectif d'une aération par diffuseur, et d'une aération par un orifice calibré. Aucun effet net n'est mis en évidence. Sur cette base, le diffuseur, susceptible d'encrassement, est abandonné au profit de simples orifices de 1 mm de diamètre, avec la mise en service des bacs cylindro-coniques. Les pressions employées varient de 0,3 à 0,6 bars. Le débit est maintenu aussi constant que possible, en général autour de 10 l/h, par m³ d'eau. Chez le turbot, la crainte d'une sensibilité particulière aux chocs peut faire réduire le débit aux environs de 5 l/h par m³ d'eau pendant les 3 premières semaines de l'élevage.

2.5. CONTROLES ET MESURES.

2.5.1. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.

La qualité et la fréquence des contrôles de paramètres physico-chimiques indispensables dans un élevage varient avec l'objet de l'expérience. Au niveau d'une analyse générale des conditions compatibles avec une survie et une croissance normale d'animaux nourris convenablement, trois paramètres semblent être reconnus comme les plus importants (HOUDE, 1973) :

- la température, qui conditionne, dans les limites compatibles avec leur survie, l'activité métabolique des animaux ;
- le taux d'oxygénation de l'eau, directement lié à la charge, à l'activité des animaux, et à l'importance des pertes de nourriture, qui conditionne le débit de renouvellement à employer ;
- le pH, indice de l'équilibre chimique du milieu.

Entre 1972 et 1975, la qualité et la fréquence des mesures de paramètres physico-chimiques varient d'une expérience à l'autre, dans une recherche de l'essentiel. En 1975, la température, le pourcentage de saturation en oxygène, et le pH sont mesurés systématiquement les lundi, mercredi et vendredi, dans tous les bacs. Certaines expériences, ou certains bacs, aux caractéristiques à la limite de la normale pouvant faire l'objet d'un contrôle quotidien. A partir de 1976, les mesures de pH ne sont plus faites que 2 fois par semaine.

La température est mesurée au thermomètre de précision, au dixième de degré près. Le pourcentage de saturation en oxygène est mesuré avec des sondes portatives, fiables à 10 % près.

D'autres paramètres font l'objet d'un suivi moins approfondi. La salinité, contrôlée dans le mois qui suit la mise en service d'un nouveau circuit, reste toujours identique, à 0,5‰ près, aux valeurs fournies par des mesures hebdomadaires, faites au voisinage du poste de pompage en mer par d'autres services du Centre. Celles-ci indiquent une salinité normalement comprise entre 34,5 et 35,5‰, qui peut chuter jusqu'à 31‰ en février-mars (Réseau National d'Observation des Données Océaniques. Point d'appui n°2). Les taux d'ammonium, de nitrates, de nitrites et de phosphates ne sont mesurés que dans le cadre d'expérimentations particulières (COUTEAUX, 1976).

2.5.2. PARAMETRES BIOLOGIQUES.

Le nombre des larves employées dans une expérience est fixé au préalable. La quantité voulue est fournie sous forme d'un volume déterminé d'une population échantillonnée dans une jarre de 15 l. Cette pratique implique une homogénéisation efficace des larves, suffisamment douce cependant pour ne pas les traumatiser, étant entendu qu'il y a opposition entre la précision de la mesure et son innocuité pour les animaux. En pratique, il est fait de 3 à 5 échantillons, portant chacun sur au moins une trentaine d'individus. Une mesure bien conduite permet d'obtenir des valeurs qui ne diffèrent pas de plus de 5 % de leur moyenne.

Les dénombrements de populations en cours d'élevage sont très délicats. Les méthodes utilisables ont été passées en revue dans une publication (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1977). Le dénombrement quotidien des cadavres (SHELBOURNE, 1968) conduit généralement à une sous-estimation de la mortalité pendant les 2 ou 3 premières semaines.

Des essais d'estimation des populations à partir d'échantillons prélevés dans les bacs 10, 20, 30 ou 40 jours après l'éclosion ont été faits. Les estimations à 10 jours sont utilisables, mais les mesures ultérieures donnent des résultats très imprécis, similaires à ceux que l'on peut obtenir avec un pourcentage de recapture après coloration (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1977). A partir de 1973, la méthode la plus régulièrement employée consiste à dénombrer quotidiennement tous les cadavres qui peuvent être retrouvés en purgeant ou en nettoyant les fonds de bacs, et à corriger les valeurs ainsi obtenues au moyen d'un dénombrement systématique des individus lors de chaque transfert d'un bac à un autre (GIRIN, 1974 d).

Les mesures de taille et de poids sont faites sur des animaux fixés, la mesure sur le vivant étant peu compatible avec la fragilité des animaux et la quantité de travail à réaliser pendant la saison d'élevage larvaire. A partir de 1975, dans chaque bac, des échantillons de 10 individus, pris au hasard, sont fixés au formol neutre à 5 % en eau de mer, tous les 5 ou tous les 10 jours suivant les expériences. Ce mode de fixation réduit la taille et le poids dans une proportion qui n'est pas négligeable par rapport à la mesure sur l'animal frais (LOCKWOOD et DALY, 1975).

2.6. REMARQUES.

Comme pour la ponte et l'incubation, les divers appareils et choix méthodologiques retenus ici relèvent sur bien des points beaucoup plus d'approximations successives, au fil des ans, que d'une expérimentation précise. Il importe donc de considérer ce chapitre, et le précédent, comme de simples éléments d'information sur les méthodes employées, que nous ne tenons pas nécessairement pour les meilleures, et de se reporter aux chapitres de synthèse avant de les prendre pour des éléments à reproduire. C'est une situation regrettable, et habituelle dans ce genre de travail, qui ne pourra changer réellement que lorsque les problèmes fondamentaux de l'alimentation des larves auront été résolus.

Cela ne veut pas dire que les changements effectués soient le fait d'une série de hasards. Ils révèlent tous de la même idée directrice : équiper un laboratoire d'une structure expérimentale importante et polyvalente, aussi indépendante que possible du site lui-même, pour en tirer des résultats précis, applicables partout. D'où des complications qui n'auraient pas nécessairement lieu d'être dans une écloserie-nurserie de production, bien ajustée à son site et à ses objectifs. Comme l'emploi exclusif de proies produites sur place, le choix d'un recyclage partiel systématique, ou la multiplicité des bacs et des circuits indépendants (6 circuits, et plus de 90 bacs de 60 à 2 000 l en 1976).

Mais tous ces éléments techniques, quels que soient les motifs de leur choix, ont en commun la qualité de pouvoir être définis avec précision, qui manque à un élément biologique fondamental : le nombre des animaux vivants dans un bac à un instant donné. Le problème est déjà délicat au niveau du décompte des proies. La méthode que nous employons, basée sur un apport quotidien, après comptage sur échantillons, avec une homogénéisation énergique, ne fournit des valeurs exactes à 5 % près qu'à la condition d'être pratiquée par une personne expérimentée et particulièrement soigneuse. Le contrôle a posteriori, dans le bac d'élevage des poissons, est très délicat : les niveaux de brassage compatibles avec la survie des larves ne permettent que très exceptionnellement d'arriver à une qualité d'homogénéisation telle qu'il soit possible d'obtenir des résultats fiables à 10 % près. Un travail récent en a illustré les difficultés (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1977), malgré tout sans commune mesure avec celles que l'on peut rencontrer dans des bacs de plusieurs dizaines de m³ (BARNABE, 1976), où la mesure est rarement fiable à moins de 50 % près.

Le problème est encore plus délicat au niveau du décompte des larves. Le calcul a posteriori du nombre de larves mises en élevage à partir du seul décompte quotidien des cadavres n'est sérieux que dans des volumes inférieurs à 100 l, maintenus en parfait état de propreté par un siphonnage systématique de ce qui s'est déposé sur le fond matin et soir. L'estimation à partir d'échantillons, après homogénéisation prudente, la méthode encore la moins mauvaise, n'est jamais fiable à 10 % près, même dans des volumes inférieurs à 500 l. Sauf dénombrement une à une (et nous n'avons pas trouvé de solution efficace pour y parvenir automatiquement), la quantité de larves présentes dans un élevage n'est jamais connue exactement, dès le départ.

Avec de telles approximations, il est évident que toute valeur de taux de conversion ne peut être admise qu'avec de sévères réserves.

DEUXIEME PARTIE

RESULTATS

3. LE BAR

3.1. HISTORIQUE.

Un historique détaillé des travaux sur la biologie et l'élevage du bar (ou loup, en Méditerranée), a été fait par BARNABE (1976 a) dans une monographie très complète de l'espèce. Dans le domaine plus restreint de l'induction de la ponte, et de l'élevage larvaire, nous avons indiqué ailleurs (GIRIN, 1976) les principales étapes des travaux entrepris depuis 1969.

Avant cette date, en effet, il n'existe que des travaux isolés de précurseurs, FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905) en France, et JACKMAN (1954) en Grande-Bretagne. Puis, entre 1969 et 1971, en Italie et en France, 5 équipes se lancent, avec des méthodes et des moyens différents, vers un même objectif : produire des juvéniles en masse.

En Italie, ARCARESE et coll. (1972) sont les premiers à annoncer un élevage larvaire réussi, pendant l'hiver 1971-1972, dans une publication malheureusement très succincte. Les schémas alimentaires comprennent du plancton naturel, des *Artemia*, et des aliments préparés. La température de travail et le taux de survie ne sont pas précisés. A l'âge de 2 mois, les poissons atteignent une taille moyenne de 25 mm. L'équipe cesse ensuite de publier, après s'être orientée vers la création d'une éclosérie de production destinée à couvrir les besoins en juvéniles d'un groupement de valliculteurs. Techniquement, avec 1/2 million de juvéniles produits en 1977 (ARCARESE, comm. pers.), c'est une réussite.

Toujours en Italie, une deuxième équipe réussit à son tour des élevages larvaires pendant l'hiver 1972-1973 (LUMARE et VILLANI, 1973 b). Les schémas alimentaires comprennent des aliments préparés (jours 4 à 30 depuis l'éclosion), des rotifères et des copépodes (jours 7 à 60), des *Artemia* (jours 30 à 75), et de la chair de moule (au-delà du jour 60). L'élevage est réalisé à 18° C. Avec un taux de survie non précisé, les tailles moyennes atteignent 20 mm à 2 mois, et 35 mm à 3 mois.

Encore en Italie, après un travail sur la reproduction artificielle de l'espèce (ALESSIO et coll., 1973), ALESSIO publie en 1976 une synthèse de 4 années de recherches sur l'élevage larvaire. A une température qui monte progressivement de 15 à 18° C, les animaux reçoivent successivement des rotifères et des copépodes (jours 4 à 15), des nauplius d'*Artemia*, puis des adultes. Cette nourriture vivante est complétée d'aliments composés (à partir du 30ème jour), et finalement remplacée par des nourritures naturelles inertes (à partir du 50ème jour). Les taux de survie atteignent 50-65 % à 1 mois, 42-45 % à 2 mois, et 27-29 % à 3 mois. Les tailles moyennes sont de l'ordre de 13 mm à 1 mois, et 25 mm à 2 mois. Les charges sont de 50-80 larves/l à la mise en élevage, 20-25 à 1 mois, 7-8 à 2 mois.

En France, BARNABE et TOURNAMILLE (1972) obtiennent un premier succès partiel pendant l'hiver 1969-1970. L'élevage larvaire complet est réussi pendant l'hiver 1971-1972 (BARNABE et RENE, 1972), et il s'ensuit une importante série de travaux sur le sujet (BARNABE, 1974 a et b, 1976 a, b, c ; BARNABE et coll., 1976). Les résultats obtenus conduisent d'abord à une méthode d'élevage faisant largement appel à de grands volumes, des "eaux vertes", et des pêches de plancton naturel (copépodes), dont les éléments sont détaillés dans une monographie (BARNABE, 1976 a). L'alimentation comprend des rotifères (jours 6 à 16), des *Artemia* et des copépodes (jours 12 à 35), des granulés ou du poisson haché (au-delà du 30ème jour). Les expériences sont réalisées entre 15 et 24° C. Les capacités des bacs d'élevage varient de 6 à 22 m³, et les concentrations en début d'élevage de 3 à 50 larves par litre. La survie peut atteindre 30 % à l'âge de 3 mois. Les tailles atteintes sont de l'ordre de 20 mm à 2 mois, et 38 mm à 3 mois. Ces méthodes servent de base en 1974 à la création d'une éclosérie de démonstration. Avec une production de 200 000 juvéniles en 1976, reconduite en 1977 (BEDIER, comm. pers.), c'est, comme l'éclosérie italienne, une réussite technique.

A côté de cela, un programme d'expérimentations sur l'emploi d'aliments inertes dès les premiers repas de la larve fournit à partir de 1975 des résultats intéressants (BARNABE, 1975, 1976 a, b). Les aliments employés sont des poudres et des granulés secs. Les expériences sont réalisées entre 15 et 24° C, dans des bacs de 0,5 à 5,6 m³, avec des charges en début d'élevage variant de 9 à 38 larves/l. Le taux de survie peut atteindre 4 % à 3 mois. Les tailles moyennes atteignent 15 mm à 2 mois et 20 mm à 3 mois.

Toujours en France, BOULINEAU (comm. pers.) réussit une première expérience d'élevage larvaire en 1972. Elle confirme son succès en 1973, et met en évidence les avantages de la ponte naturelle de reproducteurs captifs sur l'induction de l'ovulation par injections hormonales (BOULINEAU, 1974). Les travaux sur le bar décrits dans cet ouvrage en sont la suite, dans le même laboratoire, et, au moins au début, à partir des mêmes reproducteurs.

Au moment de ce transfert de responsabilités, au début de 1974, la reproduction et l'élevage larvaire de l'espèce font donc l'objet d'un effort de recherche important. L'animal semble d'un abord relativement facile, et se présente comme un sujet d'expérimentation commode, avec des réactions rapides et nettes aux traitements qui peuvent lui être imposés. Bien maîtriser son élevage peut être un moyen de découvrir comment aborder au mieux les phases délicates de l'élevage de la sole et du turbot.

L'information disponible laisse cependant dans l'ombre plusieurs points importants. L'influence de l'origine des reproducteurs, de leur état général, ou des injections hormonales sur la qualité des oeufs et des larves n'ont fait l'objet d'aucune étude. Toutes les expériences décrites ont été réalisées en grands volumes, avec des eaux vertes. Les réactions de la larve dans de petits volumes, avec des charges élevées, et un apport de nourriture quotidien, sont alors encore inconnues. En outre, les auteurs sont très discrets sur l'état général et le devenir des poissons à la fin de l'élevage larvaire, comme sur les conditions dans lesquelles ils peuvent être employés à des expériences de repeuplement, ou accoutumés à consommer des aliments inertes.

3.2. LES PONTES.

L'oeuf du bar, et son développement, ont été décrits avec assez de précision à plusieurs reprises (JACKMAN, 1954 ; BARNABE et RENE, 1972 ; BARNABE, 1976 ; BARNABE et coll., 1976 ; ALESSIO, 1976) pour qu'il soit superflu d'y revenir ici.

La période de travail sur l'élevage larvaire du bar considérée dans cet ouvrage porte sur les années 1974 et 1975. Les résultats des pontes sont donc détaillés pour ces deux années seulement. Une information plus complète peut être trouvée chez BOULINEAU (1974) pour les pontes de 1973, et chez DEVAUCHELLE (1976) pour celles de 1976.

3.2.1. PONTES ANTERIEURES A 1974.

Les premiers essais d'induction de ponte tentés par l'équipe remontent à 1972. Plusieurs lots d'oeufs sont obtenus à la station de l'Ile Tudy, à la suite d'injections hormonales et de pressions abdominales pratiquées sur des reproducteurs fraîchement pêchés. Il n'est pas obtenu de développement.

En 1973, 4 pontes induites fournissent un total de 360 000 oeufs. Il s'y ajoute, pour la première fois, 5 pontes naturelles fournies par le lot B.20e (voir code p. 15), qui totalisent 377 000 oeufs (BOULINEAU, 1974).

3.2.2. LES PONTES DE 1974.

A partir de 1974, les besoins des programmes d'élevage larvaire sont largement couverts par les pontes naturelles des lots de reproducteurs captifs.

Cette année-là, le lot B.20e fournit 9 pontes entre le 28 mars et le 8 avril. Elles totalisent 843 000 oeufs, soit une moyenne de 94 000 par ponte. Les informations recueillies sont limitées au nombre des oeufs récoltés et au nombre des larves qui en éclosent, obtenus par des échantillonnages rapides dans la jarre de récupération, et dans les paniers d'incubation (fig. 12). Les oeufs non fécondés sont rares dans les récoltes, et la mise au point des installations d'incubation provoque des mortalités accidentelles élevées dans les premières pontes importantes.

Le lot B.D.T.40i fournit un millier d'oeufs le 1er avril. Il sont fécondés, pour la plupart, mais très peu d'entre eux se développent jusqu'à l'éclosion.

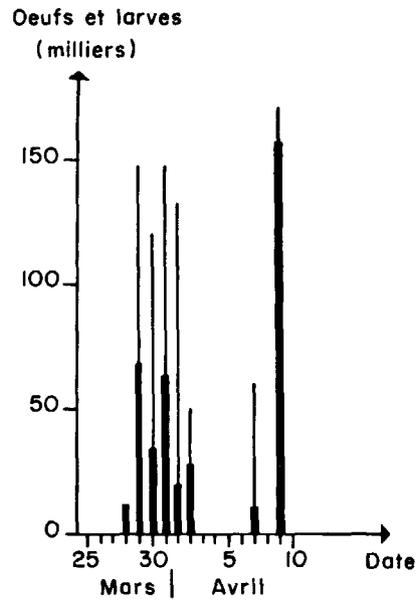


FIGURE 12 : Pontes naturelles de bars dans un bassin de 20 m^3 , à l'extérieur (lot B.20e), en 1974 (d'après DEVAUCHELLE, 1976).

Les caractéristiques du lot sont détaillées au paragraphe 1.3.2.2. Les traits fins indiquent les quantités d'oeufs récoltées. Les portions doublées d'un trait gras indiquent le nombre des larves qui en éclosent. Il y a en fait 2 pontes distinctes le 29 mars, l'une de 120 000 oeufs, le matin, l'autre de 30 000 oeufs, le soir.

3.2.3. LES PONTES DE 1975.

En 1975, une mesure de diamètre est normalement réalisée sur un échantillon de 10 oeufs de chaque ponte, le jour de la récolte, ou le lendemain. Les résultats obtenus ainsi sont directement comparables, le diamètre de l'oeuf variant de façon négligeable pendant cette période (DEVAUCHELLE, 1976).

Le lot B.20e fournit 16 pontes, du 10 mars au 3 mai. Elles totalisent 1 914 000 oeufs, soit une moyenne de 120 000 oeufs par ponte. Ils mesurent en moyenne 1,27 mm de diamètre (fig. 13a). Le calcul d'une droite de régression des diamètres des oeufs en fonction de l'avancement de la période ponte ne permet pas de mettre en évidence une diminution significative.

Le lot B.D.T.40i fournit 20 pontes, du 26 février au 17 avril, qui totalisent 207 000 oeufs, soit une moyenne de 10 300 oeufs par ponte. Ils mesurent en moyenne 1,16 mm de diamètre, avec une diminution significative au cours de la période de ponte (fig. 13b).

Le lot B.D.T.40e fournit 10 pontes, du 14 au 29 avril, qui totalisent 347 000 oeufs, soit une moyenne de 34 700 oeufs par ponte. Ils mesurent en moyenne 1,23 mm de diamètre, avec une diminution significative au cours de la période de ponte (fig. 13c).

Dans l'ensemble, avec un total de 2 470 000 oeufs en 46 pontes, qui s'étalent du 26 février au 3 mai, la saison 1975 offre des possibilités de travail beaucoup plus larges que la précédente. La différence est évidemment due en grande partie au fait que les lots B.D.T.40i et B.D.T.40e fournissent pour la première fois des oeufs en quantité importante. Mais le seul lot B.20e poursuit une progression qui dépasse un doublement annuel du total des oeufs fournis.

Le lot B.D.T.40e, avec des poissons plus jeunes, fournit moins d'oeufs au total, moins d'oeufs par ponte, et plus tardivement. Cela s'accorde partiellement avec les observations faites par GALL (1974) chez la truite arc-en-ciel : des femelles plus âgées pondent plus tôt, et en plus grande quantité, des oeufs plus gros.

Le lot B.D.T.40i, dont les poissons ont une taille similaire à leurs homologues du B.D.T.40e, fournit plus de pontes, plus étalées, mais avec des oeufs nettement plus petits, en nombre inférieur aussi bien au total que par ponte. Cela pourrait être un effet du début de décalage des pontes : KUNESH et FRESHMAN (1974), en intervenant, il est vrai, sur la seule température, ont observé que des truites arc-en-ciel dont la ponte est avancée ont une production individuelle plus faible en nombre, comme en taille. Fait curieux, la plupart des oeufs de ce lot flottent mal dès le début de l'incubation, et deviennent nettement démersaux dès la gastrulation.

3.2.4. PONTES DE 1976 ET 1977, BILAN.

A l'heure actuelle, les différents lots cités sont toujours en service, et les saisons de ponte de 1976 et 1977 sont achevées. D'autres lots de poissons ont en outre commencé à pondre. Les résultats globaux des 3 lots considérés jusqu'ici, pour l'ensemble des saisons écoulées, sont présentés dans le tableau 4.

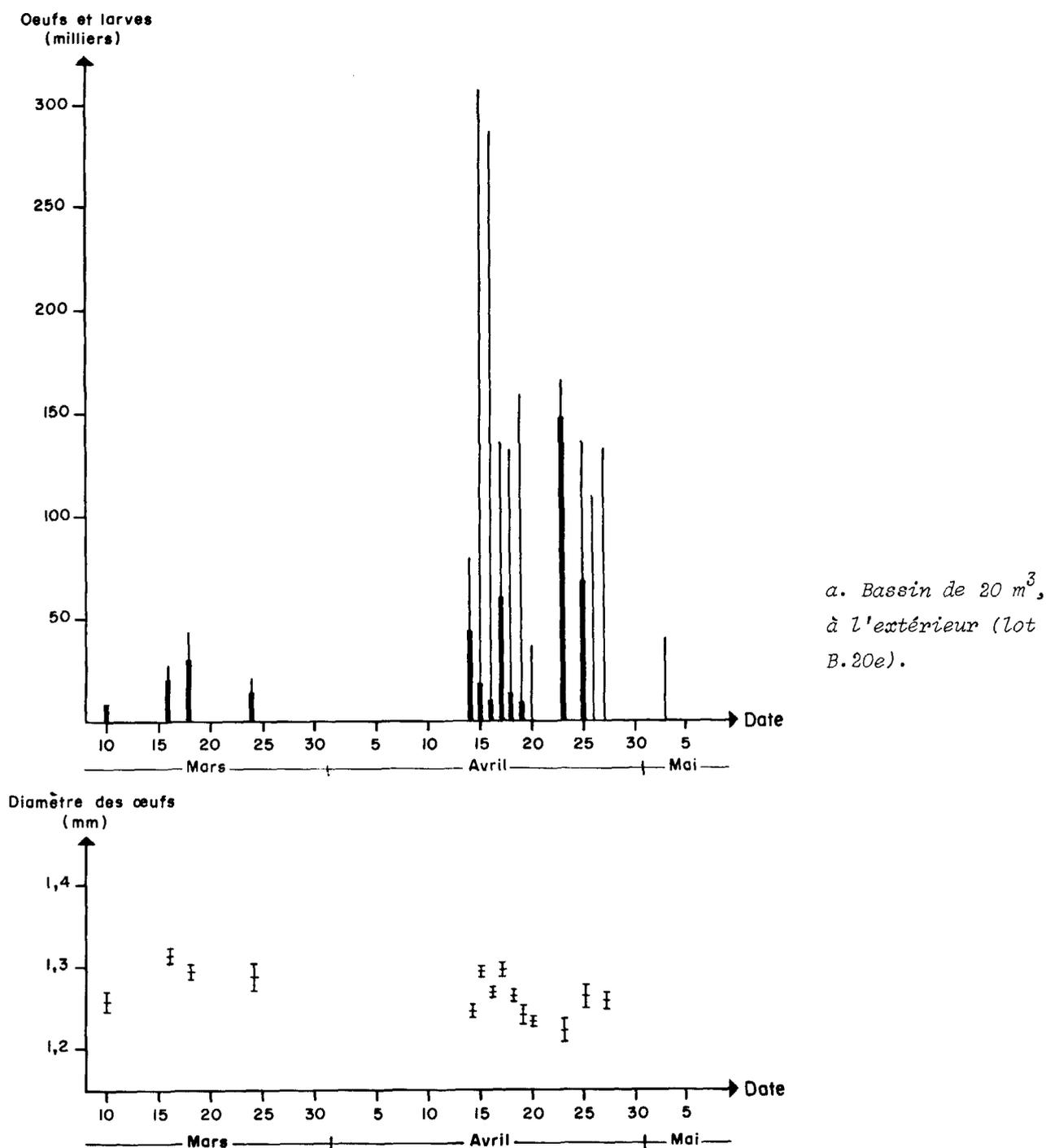
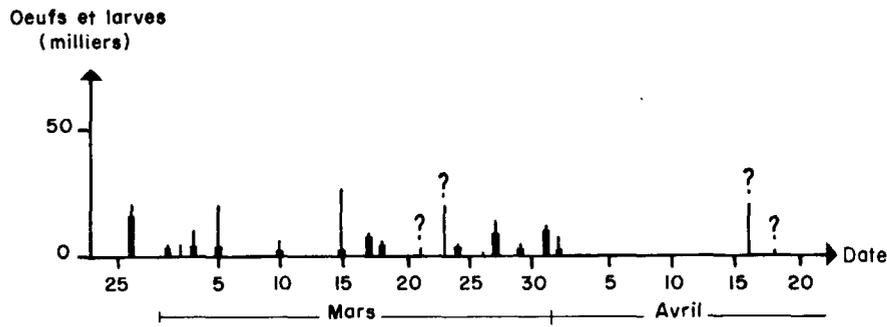


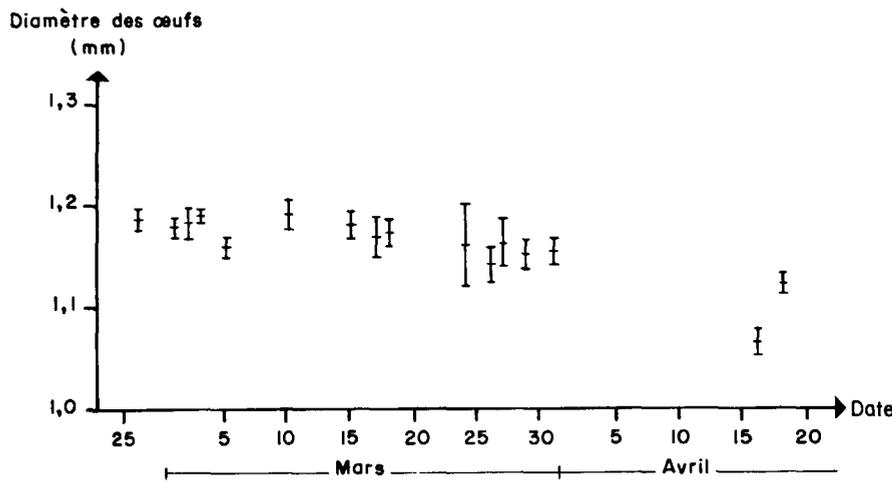
FIGURE 13 : Pontes naturelles de bars en 1975 (d'après DEVAUCHELLE, 1976).

Les caractéristiques des trois lots sont détaillées page 15.

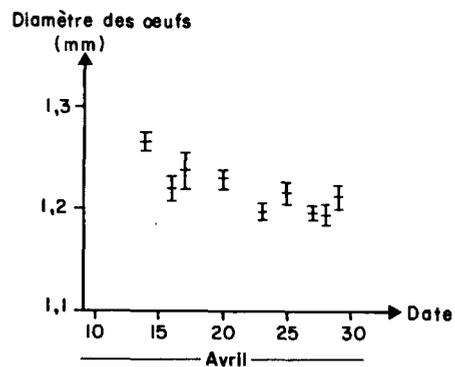
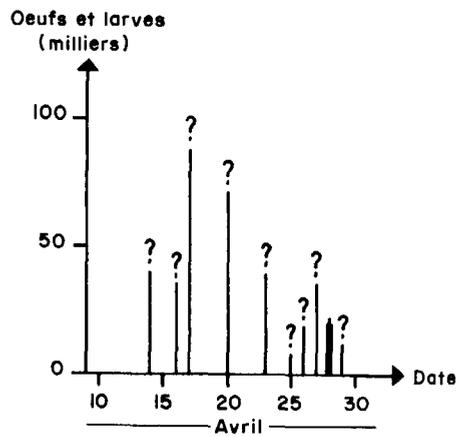
Les traits fins indiquent les quantités d'oeufs récoltées, les portions doublées d'un trait gras le nombre des larves qui en éclosent. Les ? correspondent à des taux d'éclosion inconnus, la ponte n'ayant pas été mise à incuber. Les diamètres sont des moyennes pour des échantillons de 20 oeufs, encadrées de leur intervalle de confiance au seuil des 95 %.



b. Bassin de 40 m³, à l'intérieur (lot B.D.T.40i).



c. Bassin de 40 m³, à l'extérieur (lot B.D.T.40e).



	Année	Nombre de pontes observées	Période de ponte	Nombre d'oeufs récoltés	Nombre moyen d'oeufs par ponte	Diamètre moyen (mm)	Pourcentage de fécondation moyen	Pourcentage d'éclosion moyen
LOT B.20e	1973	5	9 avril (19 avril) 20 avril	377 000	75 000	1,284	?	94
	1974	9	28 mars (2 avril) 8 avril	843 000	94 000	?	?	?
	1975	16	10 mars (22 avril) 3 mai	1 914 000	120 000	1,268	?	?
	1976	22	19 mars (7 avril) 8 mai	6 992 000	317 800	1,281	67	34
	1977		13 mars (19 avril) 14 mai	4 601 000	170 000	1,26	94	63
LOT B.D.T. 40i	1974	1	(1 avril)	1 000	1 000	?	?	?
	1975	20	26 fév. (19 mars) 17 avril	207 000	10 300	1,160	?	?
	1976	20	13 jan. (1 fév.) 23 fév.	2 328 000	116 400	1,139	68	51
	1977	18	14 nov.76(4 déc.) 30 déc. 76	905 000	50 300	1,188	83	52
LOT B.D.T. 40e	1975	10	14 avril (21 avril) 29 avril	347 000	34 700	1,227	?	?
	1976	26	29 fév. (12 avril) 19 mai	5 138 000	197 600	1,242	81	49
	1977	39	2 mars (25 avril) 4 juin	8 993 000	230 000	1,233	100	63

TABLEAU 4 : Bilan des pontes naturelles de bars obtenues en captivité dans les lots :

- B.20e (bars seuls, bac de 20 m³, à l'extérieur).
- B.D.T.40i (bars en association avec des daurades et des turbots, bac de 40 m³, à l'intérieur, photopériode et température contrôlées).
- B.D.T.40e (bars en association avec des daurades et des turbots, bac de 40 m³, à l'extérieur).

Les caractéristiques de ces lots sont détaillées page 15. Dans la période de ponte, les dates entre parenthèses correspondent à des moyennes pondérées. Les pourcentages de fécondation sont calculés par rapport aux oeufs récoltés.

Ces différents éléments montrent que la ponte naturelle en captivité peut assurer facilement, chez le bar, tous les approvisionnements nécessaires à un programme d'expérimentation à grande échelle, à partir d'un nombre de reproducteurs somme toute modeste.

La réponse des poissons est nette, et ne pose pas de problème d'interprétation. Si l'on excepte le cas particulier du bassin de ponte décalée, les quantités de pontes, d'oeufs, et d'oeufs par ponte, ainsi que les diamètres moyens de ces oeufs augmentent chaque année dans un même lot. Les taux de fécondation augmentent avec le temps, et atteignent des niveaux élevés : ils dépassent tous 80 % en 1977. Les taux d'éclosion restent nettement plus bas, avec une moyenne autour des 2/3 des oeufs fécondés. La période de ponte, après une ou deux années de stabilisation, varie peu. Les pontes ont toujours lieu le matin, très tôt, sauf 5 ou 6 cas exceptionnels de pontes du soir, dans le lot B.20e, au pic de la saison, à partir de 1974.

A supposer que chaque ponte récoltée ne concerne qu'une seule femelle, les résultats obtenus dans le lot B.20e (17 femelles de 3,1 kg de moyenne en septembre 1977) donnent une moyenne de 1,5 ponte par poisson en 1977, ce qui montre qu'une femelle ne relâche pas tous ses oeufs en une seule fois. Le nombre moyen d'oeufs par kg de femelle n'est que de 100 000 pour cette année, mais une quantité importante d'oeufs a été perdue lors de la plus grosse récolte de la saison (sans même tenir compte de la croissance des animaux, l'on enregistre en effet au moins 150 000 oeufs/kg en 1976).

L'expérience d'avancement des pontes est un succès en ce qui concerne la date (GIRIN et DEVAUCHELLE, sous-presse). Il s'y manifeste cependant une diminution régulière du diamètre des oeufs jusqu'au changement de régime, et une réduction du nombre des oeufs par ponte après. C'est peut-être le signe d'une certaine réticence des poissons à accepter le cycle qui leur est imposé. Mais ces effets peuvent être seulement dûs à l'accentuation du décalage chaque année, et il sera intéressant de suivre ce qui se passera ensuite, avec un simple maintien du décalage acquis.

3.3. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1974.

Le développement larvaire du bar a fait l'objet de descriptions assez précises (BARNABE, 1976 a; BARNABE et coll., 1976) pour qu'il soit superflu d'y revenir ici. Rappelons simplement qu'à la température utilisée (18° C), la résorption vitelline (phase éleuthéro-embryonnaire) s'achève vers l'âge de 5 jours, la phase larvaire vers l'âge de 60 jours (voir BALON (1975) pour la terminologie).

Les expériences de 1974 sont lancées dans des conditions assez favorables : elles bénéficient du travail réalisé par BOULINEAU, des connaissances acquises sur la sole et le turbot les années précédentes, et des structures aménagées pour les élever.

Des fiches d'expériences communiquées par BOULINEAU indiquent en effet les qualités et quantités de nourriture employées dans trois expériences de 1973, réalisées entre 16

et 20° C. Le rotifère *Brachionus plicatilis* est offert en quantités croissantes du 4ème au 15-25ème jour, puis en quantités décroissantes jusqu'au 45ème jour. Il est progressivement remplacé par des nauplius d'*Artemia*, à partir du 15ème jour, des *Artemia* de 1,2 à 3 mm à partir du 25-35ème jour.

Pour poursuivre ces expériences, le lot de reproducteurs en place fournit des quantités d'oeufs largement supérieures aux besoins, mais sur une période qui n'atteint pas 2 semaines. Les installations d'élevage assurent un approvisionnement en eau filtrée, partiellement recyclée, thermorégulée à 18° C. Les premiers bacs d'élevage larvaire cylindro-coniques font leur apparition, à côté des aquariums et des cuves à fond plat des années précédentes. L'approvisionnement en rotifères ne pose plus de gros problèmes. Mais la production de meta-nauplius d'*Artemia* avec de la poudre de spirulines n'est pas encore tout à fait au point.

3.3.1. LE PREMIER MOIS DE L'ELEVAGE.

Le premier mois de l'élevage fait l'objet d'une approche assez approfondie. Elle a été décrite en détail dans une publication (GIRIN, 1976), dont le tableau global de résultats est partiellement repris ici (tableau 5).

Avec plusieurs incidents de mise au point, des débordements de bacs en particulier, l'ensemble des expériences fournit près de 86 000 poissons de 1 mois, à partir de 364 000 larves venant de naître, soit un taux de survie moyen de 23 %. Cette valeur est en accord avec les résultats obtenus par BARNABE (1974), qui travaille à des charges plus faibles : 15 larves par litre contre 86, en moyenne, au début de l'élevage.

La forme du bac, cylindrique ou parallélépipédique, avec un rapport hauteur/diamètre faible, ou cylindro-conique avec un rapport hauteur/diamètre élevé ne semble pas avoir d'incidence sur la survie des animaux. Il en est de même de la dimension, dans une gamme qui va de 60 à 500 l.

Le schéma alimentaire fait appel à des rotifères du 4ème au 13-15ème jour après l'éclosion, des nauplius d'*Artemia* à partir du 10-12ème jour, et des *Artemia* de 1 mm à partir du 23-29ème jour, suivant les disponibilités.

D'un point de vue quantitatif, il apparaît nécessaire de fournir environ 1 600 rotifères, 2 500 nauplius d'*Artemia*, et 150 *Artemia* de 1 mm pour produire un poisson de 1 mois, avec un taux de survie de 30 % depuis la larve venant d'éclore. En admettant que le poisson pèse alors 5,5 mg en moyenne (poids frais), cela correspond à un taux de conversion brut de 22 (poids sec/poids sec).

Le niveau d'alimentation semble avoir une influence nette sur la survie des animaux. Une réduction de moitié de la ration quotidienne normale abaisse la survie à 1 mois de 40 %, tandis qu'une augmentation de la même valeur l'élève de 30 % au moins. Mais le poids et la taille des survivants ne semblent pas significativement affectés par ce traitement au-delà de l'âge de 10 jours.

Référence du lot	Jour 0 ou 1			Jour 30		
	Nombre de larves	Type et capacité du bac (l)	Charge (larves/l)	Nombre d'alevins	Survie (%)	Charge (alevins/l)
3a*	4 200	Co 150	28	2 900	69	19,0
7c*	5 000	Co 60	83	1 890	38	31,5
5	11 000	Co 150	73	4 090	37	27,3
4b	38 000	Cy 500	76	13 600	36	27,2
4a	26 000	Cy 500	52	8 970	35	17,9
3b	27 000	Cy 500	54	8 950	33	17,9
1f	22 000	Cy 500	44	6 800	31	13,6
6a	2 500	Co 60	42	760	30	12,7
7b	5 000	Co 60	83	1 454	29	24,2
7d	31 000	Co 480	65	8 900	29	18,5
7e	36 400	Co 480	76	9 400	26	19,6
1e	2 000	Co 60	33	500	25	6,4
6c	7 500	Co 60	125	1 900	25	31,7
6d	12 000	Cy 150	80	3 040	25	20,3
1b	2 000	Pa 60	33	430	22	13,2
1d	2 000	Pa 60	33	400	20	12,1
1a	2 000	Pa 60	33	390	19,5	6,5
7a	5 000	Co 60	83	890	18	10,7
1c	2 000	Pa 60	33	320	16	5,3
7f*	74 000	Co 480	154	8 600	12	17,9
6b*	5 000	Co 60	83	170	3,5	2,9
2a*	42 000	Cy 500	84	1 200	3	2,4
Bilan général						
Totaux	363 600			85 600		
Moyennes			86		23	20,0
Bilan général incidents exclus						
Totaux	233 400			70 800		
Moyennes			66		30	20,3

TABLEAU 5 : Bilan à l'âge de 1 mois des expériences d'élevage du bar réalisées en 1974, à 18°C (simplifié de GIRIN, 1976).

Dans les références des lots, le chiffre correspond au numéro de la ponte. L'âge est indiqué en jours depuis l'éclosion. Les lots qui ont subi des incidents techniques (débordements en général) sont marqués d'un astérisque. Les bacs employés sont cylindriques (Cy), cylindro-coniques (Co), ou parallélépipédiques (Pa). Leurs caractéristiques sont détaillées pages 40 à 45.

3.3.2. L'ACCOUTUMANCE A UN ALIMENT INERTE (SEVRAGE).

La quantité de poissons de 1 mois obtenue provoque un important dépassement des capacités de production en nourriture vivante. Dès l'âge de 35 jours, il devient nécessaire d'introduire des *Artemia* congelées dans l'alimentation de tous les lots. A partir du 40ème jour, ce sont des aliments composés (granulés secs) ou des nourritures naturelles inertes (chair de poisson ou de moule hachée).

Ce changement de régime se traduit par des refus d'alimentation, et une pollution des circuits d'élevage, inadaptés à la masse de déchets qu'ils reçoivent. Après 1 mois de louvoiement entre une sous-alimentation excessive, pour échapper à la pollution organique, et des pollutions liées à des accumulations de nourriture non consommée, la population expérimentale se trouve réduite à 7 000 poissons (2 % de survie depuis l'éclosion).

Ces animaux subissent divers essais plus ou moins fructueux d'accoutumance à un granulé sec, semblable au P50L12 de ALLIOT *et al.* (1974), à une pâte contenant en parts égales des fines de ce granulé et des *Artemia* congelées, ainsi qu'à de la chair de moules, et à de la chair de poisson. 1 200 d'entre eux (0,3 % de survie depuis l'éclosion) s'habituent bien à se nourrir des aliments qui leur sont offerts, et sortent des installations à des âges variant de 98 à 118 jours (109 jours et 860 mg en moyenne).

Dans ces essais, une variante du granulé cité plus haut, complétée par METAILLER de 30 % de farine d'*Artemia* paraît à l'observation la nourriture la plus facilement acceptée.

3.4. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1975.

En 1975, les pontes des jeunes reproducteurs des deux bassins de 40 m³ s'ajoutent pour la première fois à celles des reproducteurs plus anciens du bassin de 20 m³, offrant plus de possibilités de choix au moment de la mise en élevage.

En matière d'élevage larvaire, il y a peu de changements techniques par rapport à 1974. Les aquariums et les bacs à fond plat sont totalement abandonnés au profit des bacs cylindro-coniques. L'alimentation des animaux se rationalise : les métanauplius d'*Artemia* relèvent des deux catégories de taille qui resteront les mêmes les années suivantes : animaux de 2 jours (0,9 à 1 mm) et de 4 jours (1,5 à 2 mm).

L'effort expérimental porte en priorité sur le conditionnement à des aliments inertes, pendant le 2ème mois de l'élevage. Pour cela, les circuits d'élevage ont été remodelés, et leur capacité a été largement augmentée. La distribution des *Artemia* congelées est perfectionnée, avec les tubes de polyéthylène entourés d'une protection isotherme. Les nourritures sèches sont offertes à partir des distributeurs automatiques à bande. En matière de contrôle, les taux d'oxygène sont mesurés quotidiennement. Les débits d'eau, ajustés de 5 en 5 jours selon un schéma standard sont, en cas de besoin, augmentés de façon à maintenir la saturation en oxygène au-dessus de 85 %, dans la mesure du possible. Enfin, des échantillons

de 10 poissons sont prélevés dans les bacs, tous les 5 jours, et fixés au formol neutre à 5 %, pour pesée et mesure ultérieure.

Cette rationalisation des méthodes s'accompagne en cours de saison d'un transfert progressif des charges de l'expérimentation fine à M.H. BARAHONA-FERNANDES, prélude à une remise plus générale du programme à ce chercheur.

3.4.1. LE PREMIER MOIS DE L'ELEVAGE.

Le tableau 6 présente les principaux éléments des élevages réalisés pendant cette période. Ils portent sur des oeufs de 14 pontes différentes, provenant, en proportions inégales, des trois lots de reproducteurs. Il s'agit, dans la plupart des cas, d'une simple application des méthodes mises au point en 1974, pour approvisionner en animaux des expériences ultérieures de sevrage. Deux pontes cependant (n° 13 et 19) font l'objet d'expériences comparatives.

Pour la ponte 13, c'est une comparaison de charges (50 et 75 larves par litre), qui, une fois de plus, ne met aucune différence significative en évidence.

Pour la ponte 29, c'est une expérience plus élaborée, qui a été publiée (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1977). Elle vise à analyser avec précision l'effet du niveau d'alimentation des animaux dans des conditions d'élevage similaires. Un bac (régime estimé) est alimenté quotidiennement, selon la méthode habituelle, suivant les estimations de l'un des auteurs, tandis que l'autre note ses estimations personnelles. Un second bac (régime moyen), est alimenté selon la moyenne de ces deux estimations. Un troisième et un quatrième bac sont alimentés respectivement 20 % au-dessous (régime réduit), et 20 % au-dessus (régime augmenté) de cette moyenne. Les résultats obtenus mettent en évidence un léger effet favorable d'une ration alimentaire élevée pendant les 10 premiers jours. Mais, au terme du mois, il ne reste aucun effet net, ni sur la survie, ni sur la croissance. Un contrôle quotidien des concentrations de proies restant dans les bacs après chaque adjonction de nourriture permet de suivre leurs variations, et donc la proportion consommée entre deux adjonctions consécutives. La proportion consommée est en moyenne de 63 % pour les rotifères, 73% pour les nauplius d'*Artemia*, et 72 % pour les *Artemia* de 0,9-1,0 mm. Le meilleur taux de conversion (8,4 en rapport poids sec/poids sec) est fourni par le régime réduit.

Les éléments d'information acquis ainsi, et ceux de 1974, conduisent à rechercher la source des variations considérables dans les taux de survie obtenus au cours de la saison (de 4 % dans le plus mauvais cas, à 61 % dans le meilleur) ailleurs que dans la charge, la taille du bac, ou des différences de rations alimentaires. Il y a peut-être là un effet aléatoire des conditions physicochimiques des élevages, qu'il est très difficile de réaliser toujours dans des conditions similaires. Malgré les précautions prises, le débit d'air, le débit d'eau, le niveau d'éclairage, ne sont pas rigoureusement identiques d'un bac à l'autre. Le niveau des soins apportés à la mise en élevage peut aussi varier légèrement d'un lot à l'autre. Plusieurs éléments s'accordent cependant en un faisceau de présomptions vers une hypothèse différente : la qualité des animaux eux-mêmes.

En effet, une classification des différents bacs de ponte en ordre de taux de survie décroissant, pour la moyenne des résultats obtenus dans le premier mois de l'élevage, fournit la série 20 m³ extérieur - 40 m³ extérieur - 40 m³ intérieur. Une classification des

Origine des oeufs	Référence du lot	Jour 0 ou 1			Jour 30			
		Nombre de larves	Capacité du bac (l)	Charge (larves /l)	Nombre d'alevins	Survie (%)	Charge (alevins /l)	Poids (mg)
B. 20e	13a	11 250	150	75	6 510	58	43,4	8,0 ± 1,2
	8	7 500	150	50	4 150	55	27,7	7,7 ± 0,9
	13b	7 500	150	50	4 050	54	27,0	11,7 ± 3,5
	10	7 500	150	50	3 950	53	26,3	8,8 ± 1,5
	17	3 000	60	50	1 410	47	23,5	9,7 ± 1,7
	29a	7 500	150	50	2 610	35	17,4	8,1 ± 2,1
	29b	7 500	150	50	2 470	33	16,5	8,7 ± 2,3
	23	24 000	450	53	6 730	28	15,0	9,6 ± 2,8
	29c	7 500	150	50	2 010	27	13,4	7,5 ± 1,8
	29d	7 500	150	50	1 660	24	11,1	10,1 ± 4,1
	29c	7 500	150	50	900	11	5,9	8,2 ± 3,7
	25/26	24 000	450	53	2 480	10	5,5	9,1 ± 4,0
	29f	3 000	60	50	290	10	4,9	12,3 ± 3,3
Totaux Moyennes		125 250	260	53	39 220	31	16,5	9,0
BDT 40 i	11	4 500	60	75	1 220	27	20,3	7,6 ± 1,8
	1	11 250	150	75	2 470	22	16,5	8,0 ± 1,6
	21	7 500	150	50	790	11	5,3	6,3 ± 1,0
	5	1 500	60	25	140	9	2,3	9,2 ± 2,0
	19	7 500	150	50	320	4	2,1	5,9 ± 2,5
Totaux Moyennes		32 250	133	61	4 940	15	8,7	7,5
BDT 40 e	44	7 500	150	50	1 530	20	10,2	?
Bilan général : Totaux Moyennes		165 000	230	52	45 690	28	14,8	8,8

TABLEAU 6 : Bilan à l'âge de 1 mois des expériences d'élevage du bar réalisées en 1975, à 18° C.

Dans les références des lots, le nombre correspond au numéro de la ponte. L'âge est indiqué en jours depuis l'éclosion. Les lots sont classés par bac de ponte, et en ordre de taux de survie décroissant à l'âge de 30 jours. Les poids sont donnés avec leur intervalle de confiance au seuil des 95 %.

lots de reproducteurs en ordre de diamètre moyen décroissant des oeufs fournis donne le même ordre. En outre, la tendance à une réduction du diamètre moyen des oeufs, observée au cours de la saison de ponte, dans un bassin déterminé n'est peut-être pas étrangère au fait que les meilleurs taux de survie sont enregistrés, dans les 2 bacs extérieurs, avec des pontes de la première moitié de la saison, les plus mauvais, avec des pontes de la seconde moitié.

3.4.2. LE SEVRAGE.

Tenant compte des observations de 1974, le programme de travail sur le sevrage est basé sur l'emploi d'aliments composés de transition contenant de la farine d'*Artemia*. Il se déroule simultanément à deux niveaux. D'une part, une série de tests isolés, réalisés en fonction des disponibilités, sur des lots de 500 à 6 000 animaux, dans des bacs de 400 à 2 000 l. D'autre part, des expériences comparatives, réalisées sur des lots unitaires de 100 animaux, dans des bacs de 60 l. Les tests, qui constituent l'indispensable démonstration de production, ne peuvent donc pas bénéficier de toute l'information fournie par les expériences, lancées surtout en fin de saison, lorsque la charge des élevages larvaires commence à s'alléger.

3.4.2.1. TESTS DE PRODUCTION.

Lorsque les premiers poissons de la saison arrivent à l'âge de 30 jours, un échantillon de 100 animaux est isolé, et mis en présence de granulés expérimentaux contenant 30 % de farine d'*Artemia*. Au bout de 5 jours, les survivants de l'échantillon sont remis dans le bac d'origine, et remplacés par 100 autres poissons, qui subissent le même traitement. La répétition de l'opération tous les 5 jours permet d'observer un début de prise du granulé chez une partie des poissons de l'échantillon constitué à l'âge de 45 jours. L'âge de 50 jours est alors choisi pour tenter un conditionnement de l'ensemble du lot au granulé.

Les deux premiers tests (pontes 1 à 8), qui font l'objet de tâtonnements, pouvant aller jusqu'à des retours en arrière dans le schéma alimentaire, fournissent des résultats assez médiocres, tant en matière de survie que de croissance. Dans les 4 essais suivants (pontes 10 à 21), la méthode trouve son équilibre, avec des taux de survie toujours supérieurs à 70 % pendant la période de sevrage. Dans les 3 derniers essais (pontes 23 à 44), il se superpose à la mortalité liée au sevrage, qui touche uniquement des petits poissons se nourrissant mal, une mortalité complémentaire, d'origine apparemment pathologique. Elle est en effet indépendante de la taille, et se caractérise par des nécroses des extrémités et des hémorragies cutanées. Il faut noter que ce phénomène se manifeste en fin de saison, et dans les bacs où les bars ont été mélangés à des soles, qui réagissent très mal au sevrage. L'expérience qui fournit le meilleur taux de survie, de l'éclosion à l'âge de 3 mois (ponte 10 : 38,7 %), a fait l'objet d'une publication (GIRIN et coll., 1975), où sont détaillés les divers éléments du processus suivi, en matière de technique comme en matière d'alimentation, et les courbes de croissance des animaux (tableau 7).

Dans l'ensemble, les expériences montrent qu'il est possible de conduire plus du tiers des larves mises en élevage au stade du poisson de 3 mois, acceptant bien un granulé sec. Schématiquement, la méthode consiste à transférer les poissons, aux environs de 50 jours, du bac d'élevage larvaire cylindro-conique, où ils sont nourris de proies vivantes, à un bac carré, équipé d'une grille de fond, où ils ne reçoivent plus que des aliments inertes. Pendant les 25 à 35 jours qui suivent, il leur est offert une succession d'aliments de transition, *Artemia* congelées (en quantités décroissantes, pendant 10 jours), puis granulés contenant différentes proportions de farine d'*Artemia*.

Référence du lot	Age : 50 jours					Aliments composés employés	Age : 90 jours				
	Nombre	% survie depuis l'éclosion	Caractéristiques bacs	Charge (individus /l)	Poids (mg)		Nombre	Poids (mg)	Charge (individus /l)	% survie depuis l'âge de 50 jours	% survie depuis l'éclosion
1/5	1 820	14,3	400 l	4,5	30,6 ± 15,6	E ₃₀ (51-69) E ₁₀ (66-76) E ₀ (71 +)	740	398 ± 101	1,8	40,7	5,8
8	3 790	50,5	2 x 400 l puis 2 000 l	4,7	31,4 ± 9,3	E ₃₀ (51-66 et 74-78) E ₁₀ (58-84) E ₀ (67-72) C (73-78) (82-90)	2 320	380 ± 90	1,2	61,2	30,9
10	3 560	47,4	2 x 400 l puis 2 000 l	4,5	34,0 ± 10,6	E ₃₀ (51-66) E ₁₀ (58-85) F ₀ (75 +)	2 900	670 ± 195	1,4	81,5	38,7
13a	5 740	47,0	2 000 l	2,9	59,9 ± 14,6	E ₃₀ (51-67) E ₁₀ (56-74) C (53 +)	4 510	653 ± 155	2,3	78,6	37,1
13b	3 080		2 000 l	1,5	47,3 ± 6,3	E ₃₀ (53-66) E ₁₀ (56-74) C (53 +)	2 450	765 ± 190	1,2	79,5	
11/17/19/21	710	3,2	400 l	1,8	42,4 ± 18,7	E ₃₀ (53-70) E ₁₀ (61-74) C (68 +)	510	505 ± 240	1,3	71,8	2,3
23/25/26 ⁺	4 560	9,5	2 000 l	2,3	51,8 ± 23,2	E ₃₀ (47-64) E ₁₀ (49-83) C (51-70) E ₀ (71 +)	2 300	631 ± 294	1,1	50,4	4,8
29 ⁺	6 720	18,6	400 et 2 000 l puis 2 000 l seul	2,8	68,9 ± 23,2	E ₃₀ (51-64) F ₁₀ (56-83) C (56 +)	3 300	925 ± 251	1,6	49,1	8,1
44	520	13,6	400 l	1,3	35,9 ± 12,9	E ₃₀ (51-64) F ₁₀ (56-74) C (56 +)	200	?	0,5	38,5	2,7
Bilan : Totaux Moyennes	30 500	18,5		3,1	49,9		19 230	667	1,6	63,0	11,7

TABLEAU 7 : Bilan à l'âge de 3 mois des expériences de sevrage du bar réalisées en 1975, à 18° C.

Dans les références des lots, le nombre correspond au numéro de la ponte. Les expériences réalisées avec des populations mixtes (bars et soles) sont marquées d'un +. L'âge est indiqué en jours depuis l'éclosion. Les poids sont donnés avec leur intervalle de confiance au seuil des 95 %. Pour les aliments composés, les lettres indiquent la nature du granulé expérimental (E), avec 30 %, 10 %, ou 0 % de farine d'*Artemia*, ou commercial (C). L'aliment expérimental correspond à la formule n° 1 de BARAHONA-FERNANDES et coll. (1977), l'aliment expérimental est de l'"Aqualim" des Grandes Semouleries de l'Ouest. Les nombres entre parenthèses indiquent l'âge de première et de dernière distribution de l'aliment considéré.

La variabilité des résultats obtenus est cependant importante, et la méthode demande à être affinée. Il n'est mis en évidence aucun effet du taux de survie à l'âge de 50 jours, ou du poids atteint à cet âge, sur le taux de survie pendant le sevrage. De même, dans les gammes employées, la charge (1,3 à 4,7 poissons par litre, à 50 jours ; 0,5 à 2,3 à 90 jours), la dimension des bacs (400 et 2 000 l), ou la composition du granulé final (aliment expérimental n° 1 ou granulé commercial "Aqualim" des Grandes Semouleries de l'Ouest), semblent sans importance particulière.

3.4.2.2. EXPERIENCES A PETITE ECHELLE.

Les expériences à petite échelle, qui sont lancées en fin de saison, sur des lots de 100 animaux de même origine, dans des bacs de 60 l, sont réalisées par M.H. BARAHONA-FERNANDES, dans le cadre d'un programme de perfectionnement de la méthode d'élevage destiné à s'étendre sur plusieurs années. Elles ont fait l'objet de deux publications.

L'une (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1976), montre qu'il est possible de sevrer les animaux dès l'âge de 35 jours sans réduire sensiblement la survie finale. Par rapport au sevrage à 50 jours, cela représente une division par 4 des quantités de proies vivantes nécessaires pour produire un poisson de 3 mois. Les besoins en *Artemia* congelées et en farine d'*Artemia* sont en outre réduits de moitié, et la production d'*Artemia* de 4 jours devient inutile.

La seconde expérience (BARAHONA-FERNANDES et coll., 1977), montre que la composition du granulé employé peut avoir une influence importante sur la survie pendant le sevrage (sans avoir toutefois d'influence nette sur la croissance), et qu'il est inutile d'incorporer plus de 10 % de farine d'*Artemia* dans le granulé de transition.

3.5. REMARQUES.

D'une année à l'autre, l'évolution est nette. La première saison expérimentale (1974), bénéficiant des travaux antérieurs de BOULINEAU, et de la pratique acquise sur la sole et le turbot, donne des résultats assez positifs pendant le premier mois, avec près de 86 000 poissons, et 23 % de survie en moyenne. Le sevrage est un échec, puisqu'il ne reste plus que 1 200 animaux (2 % de survie depuis l'éclosion), pesant à peine 500 mg en moyenne à l'âge de 3 mois. Mais l'information acquise permet de mieux aborder la 2ème saison (1975). En matière de survie, il n'y a pas de progrès majeur pendant le premier mois, qui s'achève avec près de 46 000 poissons et 28 % de survie. En matière de croissance, le poids moyen à 1 mois passe de 5,5 à 8,8 mg. Le sevrage est dominé, et plus de 19 000 animaux (11,7 % de survie depuis l'éclosion) parviennent à l'âge de 3 mois, avec un poids moyen de 670 mg.

Comme ceux d'ALESSIO (1976) ou de BARNABE (1976 a), les résultats obtenus à ce stade ne mettent aucun point de blocage majeur en évidence : de la ponte, au juvénile complètement sevré, la production de l'animal implique toujours une mortalité importante, mais qui prend rarement une tournure catastrophique.

L'induction hormonale de la ponte, pratiquée systématiquement par les autres auteurs, ne s'impose pas. Après un ou deux ans de captivité, des reproducteurs sauvages maintenus en bacs de 20 à 40 m³, et nourris de morceaux de poisson, pondent naturellement sans difficulté. Les quantités d'oeufs fournies sont importantes, et les taux de fécondation sont élevés. La taille de l'oeuf semble varier avec l'époque de ponte et l'âge des reproducteurs.

A 18° C, avec une charge de 50-60 larves/l au départ, et pour nourriture une succession de *Brachionus* et d'*Artemia* vivants, le premier mois de l'élevage implique couramment une perte des trois quarts des animaux. Elle peut être restreinte à 40 %, ou monter jusqu'à 90 %, et son facteur fondamental reste inconnu. Il semble cependant qu'un élément interne aux larves, lié à la taille des oeufs, puisse jouer un rôle dominant dans ces variations. A l'intérieur de la gamme étudiée, la ration alimentaire et la concentration des proies ont une influence mineure, tandis qu'aucun effet d'un facteur de l'environnement n'a pu être mis en évidence. Dans les conditions d'élevage employées, il semble préférable de ne pas dépasser des charges de 100 larves/l au départ, et 30 larves/l à 1 mois.

La morphogenèse est à peu de chose près terminée à l'âge de 50 jours (50 mg, en poids frais), avec une survie moyenne de l'ordre du cinquième depuis l'éclosion. Avec un aliment de transition contenant de la farine d'*Artemia*, le sevrage de ces animaux vers un granulé sec induit une mortalité moyenne du tiers, qui peut-être réduite à moins du quart. Il n'est fourni par contre aucun élément d'information sur le sevrage vers un aliment naturel inerte, et le problème des limites de charge à respecter pendant cette période n'a pas été abordé.

Dans l'ensemble, ces deux années d'expérience sur l'élevage larvaire du bar montrent que le savoir-faire nécessaire peut être assimilé rapidement par un expérimentateur sans connaissance particulière de l'espèce. La technique décrite est aisément reproductible, mais ses résultats peuvent de toute évidence être perfectionnés de façon sensible. Si l'on considère la mortalité liée au sevrage comme un simple problème technique, qui doit pouvoir être résolu, il est envisageable d'arriver au poisson de 3 mois, susceptible de peser 1g, avec une survie au moins égale à 50 % depuis la mise en élevage.

Mais l'aspect qualitatif de l'élevage reste totalement inexploré. Les juvéniles présentent des anomalies (opercules incomplets ou malformés, cassures de la colonne vertébrale) dans des proportions qui peuvent être importantes. Ces anomalies n'ont été ni répertoriées, ni quantifiées avec précision.

4. LA SOLE

4.1. HISTORIQUE.

Les premières métamorphoses en élevage de larves de sole ont été obtenues en France, dans les premières années du siècle, par FABRE-DOMERGUE et BIETRIX, à Concarneau. Ils ont décrit l'essentiel de leurs travaux dans un mémoire publié en 1905. Faute d'avoir pu réaliser des fécondations en mer, ou constituer un stock de reproducteurs captifs comme CUNNINGHAM (1890), ils ont dû travailler avec des oeufs pêchés au filet à plancton, parfois quelques dizaines seulement. Avant les "eaux vertes", ils ont pensé à utiliser les "eaux rouges" (*Dunaliella salina*) des marais salants, mais ont recouru à des pêches de plancton naturel pour se procurer des proies animales. Avec ces moyens, et des installations aussi rudimentaires qu'ingénieuses, ils ont réussi à élever des poissons nés dans leurs incubateurs jusqu'à l'âge de 8 mois, et présenté les principaux stades de leur développement dans une série de planches encore précieuses pour l'expérimentateur d'aujourd'hui. Certaines des idées qu'ils ont développées, comme l'importance des stocks de reproducteurs, ou des élevages d'animaux-proies, restent aujourd'hui d'une actualité remarquable (GIRIN et PERSON-LE RUYET, 1977).

Leurs travaux sont malheureusement restés sans suite pendant une soixantaine d'années, et il a fallu attendre les expériences de FLUCHTER (1965), en Allemagne, et de SHELBORNE (1968), en Grande-Bretagne, pour voir renaître des projets d'élevage de la sole.

L'optique de FLUCHTER relevait plus d'une étude physiologique de laboratoire, que d'une recherche des moyens de produire des animaux en quantités importantes. Il a obtenu des pontes en captivité (FLUCHTER, 1965), analysé la relation entre la durée de l'incubation et la température, et suivi l'effet de ce facteur sur le métabolisme de la jeune larve (FLUCHTER, 1970 ; FLUCHTER et PANDIAN, 1968). Puis, à partir des méthodes mises au point dans ses premiers élevages, il est allé rechercher l'influence d'éventuelles substances dissoutes sur la survie et la croissance de la larve (FLUCHTER, 1972 ; FLUCHTER, 1974).

SHELBOURNE partait de résultats obtenus sur la plie, *Pleuronectes platessa*, grâce à une méthode expérimentale rigoureuse, basée sur la multiplication de tests bien contrôlés, dans des volumes de quelques dizaines de litres, avec pour nourriture quasi-exclusive le nauplius d'*Artemia* fraîchement éclos. Cherchant à appliquer ses techniques à une espèce de valeur commerciale élevée, il s'est tourné naturellement vers la sole (SHELBOURNE, 1967, 1968, 1976). Après constitution d'un stock de reproducteurs, et l'obtention de pontes naturelles en captivité, les progrès furent rapides et démonstratifs. En 1965, les premiers essais permettaient d'obtenir des taux de survie allant jusqu'à 80 %, de l'éclosion à l'animal complètement métamorphosé. En 1968, l'écloserie de Port Erin produisait déjà 58 000 poissons, et le problème de l'aquaculture de cette espèce semblait en voie de résolution rapide. Mais les juvéniles restaient nourris de proies vivantes, nauplius d'*Artemia*, et oligochètes (*Lumbricillus* sp) collectés sur la grève dans le goémon en décomposition. Le problème du sevrage restait entier.

Les éléments d'information disponibles en 1973, lors du lancement d'un programme sur la production de jeunes soles au Centre Océanologique de Bretagne, laissaient donc augurer un élevage larvaire facile, mais de sérieuses difficultés ensuite. Un voyage en Grande-Bretagne, à l'automne, permit de constater que le turbot occupait la quasi-totalité des installations et des projets. Pour des raisons mal définies, la sole paraissait considérée comme inadaptée à l'élevage. Pourtant, KIRK, à Port Erin, affirmait que le problème avait été mal posé, et qu'il devait y avoir des solutions.

4.2. LES PONTES.

L'oeuf de sole, et son développement, ont été décrits de façon remarquable par CUNNINGHAM (1890) et FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905). CUNNINGHAM a montré les difficultés d'une fécondation artificielle chez cette espèce, où il est extrêmement rare de trouver un mâle susceptible de fournir du sperme. Heureusement, BUTLER (1895), FLUCHTER (1965) et SHELBOURNE (1968) ont obtenu sans problème majeur des pontes et des fécondations naturelles en captivité, dans des bacs de 4 à 16 m³. La constitution d'un stock de reproducteurs s'imposait donc, ce qui fut réalisé avec le lot S.R.16e (voir p. 15).

La période de travail sur l'élevage de la sole considérée dans cet ouvrage porte sur les années 1973 à 1976. Les résultats des pontes sont donc détaillés pour ces années seulement.

4.2.1. LES PONTES DE 1973.

En 1973, les premiers reproducteurs, fraîchement pêchés, fournissent 9 pontes naturelles les 3, 22 et 31 mars, les 7, 11, 16, 18 et 26 avril et le 4 mai. 78 000 oeufs sont récoltés. Bien qu'ils soient tous mis en incubation avec soin, il n'en éclot que 15 000 larves, sur 4 pontes différentes (22 et 31 mars, 18 et 26 avril).

Beaucoup de ces oeufs présentent un aspect assez anormal, avec une paroi plus ou moins fripée, un vitellus coagulé, ou un développement anarchique. C'est, selon toute

vraisemblance, un reflet du mauvais état des reproducteurs, dont plus de la moitié meurent entre la première et la dernière ponte.

4.2.2. LES PONTES DE 1974.

Dans les derniers jours de 1973, les soles acclimatées à la vie en captivité dans leur bassin semblent mûrir normalement. Les femelles se distinguent des mâles par un gonflement abdominal net. Dans les deux mois qui suivent, le gonflement s'accroît, laissant présager une bonne saison de ponte. Mais le mois de mars s'avance sans qu'aucun oeuf n'ait été pondu. Devant cette situation qui commence à devenir anormale, une femelle de 600 g est marquée, et reçoit une injection de 500 UI de gonadotrophine chorionique le 27, puis de 1 000 UI le 28, et à nouveau de 1 000 UI le 29. Aucun oeuf n'est libéré. Le gonflement abdominal devient tel que la peau du ventre blanchit, faute d'irrigation sanguine. Le poisson meurt le 1er avril.

Le 9 avril, une injection de 0,5 mg de progestagène est réalisée par R. BILLARD, sur une autre femelle du même poids. Dans la soirée, elle nage lentement à une vingtaine de centimètres du fond, faisant le tour du bassin, un mâle juste derrière. 1 500 oeufs sont récupérés le lendemain. Contrairement à ceux de 1973, ils sont lisses et presque tous fécondés. 5 jours plus tard, il en sort 1 030 larves. Des injections identiques sont réalisées le 12, le 18, et le 26 avril sur la même femelle, sans résultat.

Le 5 mai, une ponte naturelle fournit un millier d'oeufs fécondés (220 larves à l'éclosion).

Malgré plusieurs tentatives de massage abdominal, qui provoquent la mort de 2 poissons, aucune autre ponte n'est obtenue. Les gonflements ovariens se résorbent progressivement dans les 2 mois qui suivent, sans trouble apparent chez les animaux. Des difficultés d'approvisionnement retardent l'arrivée de nouveaux poissons fraîchement pêchés, qui parviennent au laboratoire dans le courant du mois de mai seulement, ayant déjà pondu.

4.2.3. LES PONTES DE 1975.

Dans les derniers jours de 1974, la maturation sexuelle des reproducteurs captifs se présente sous les mêmes auspices que l'année précédente. Mais sur le conseil de R. ALDERSON, (Port Erin, Ile de Man), et à la suite d'une publication de FLUCHTER et TROMMSDORF (1974), les poissons reçoivent, outre la chair de mollusque qui leur sert de nourriture de base, un repas hebdomadaire de 300 à 400 g de polychètes vivantes. Tenant compte des essais de 1974, et des expériences réussies en Italie par BRASOLA (1974), il est d'autre part prévu de lancer à partir de la mi-avril un programme systématique d'injections hormonales.

Le 16 avril, une ponte naturelle de 11 000 oeufs est récoltée (diamètre : $1,38 \pm 0,04$ mm, intervalle de confiance au seuil des 95 %). Il en sort 10 800 larves. Le 17, c'est une ponte de 400 oeufs (diamètre : $1,39 \pm 0,05$ mm), d'où sortent autant de larves. Le 20,

c'est une ponte de 2 200 oeufs (diamètre : $1,43 \pm 0,01$ mm), d'où sortent 2 100 larves. Enfin, le 28, c'est une ponte de 4 700 oeufs, pour la plupart parcheminés et non fécondés, qui sont jetés en cours d'incubation. Cela fait encore peu, mais quand même près de 10 fois plus qu'en 1974, et sans qu'il ait été nécessaire de recourir à des injections hormonales.

4.2.4. LES PONTES DE 1976.

En 1976, les pontes prennent une toute autre mesure : il s'en échelonne 18, du 7 mars au 24 avril. Elles totalisent 770 000 oeufs, soit une moyenne de 42 700 oeufs par ponte (fig. 14). Comme pour le bar, des mesures systématiques de taille et de taux de fécondation sont réalisées. Les taux de fécondation sont élevés, avec une moyenne à 77 %. Les tailles des oeufs paraissent varier de façon aléatoire jusqu'aux deux grosses pontes de la saison (14 et 16 avril), puis diminuer brutalement ensuite.

4.2.5. PONTES POSTERIEURES ET BILAN.

A l'heure actuelle, la saison de ponte de 1977 est achevée. Les résultats globaux de l'ensemble des saisons écoulées sont présentés dans le tableau 8.

Après les difficultés de 1974, le nombre des pontes, celui des oeufs récoltés, et leur taille, augmentent chaque année, tandis que la période de ponte varie peu, comme chez le bar. Les taux de fécondation sont du même ordre, et les oeufs de fin de saison tendent aussi à être plus petits. Les pontes ont toujours lieu pendant la nuit.

Le problème de rétention ovulaire rencontré en 1974 était inattendu, aucun auteur n'ayant fait état auparavant d'une telle difficulté chez cette espèce. Une fois connu, il est possible de le résoudre au moyen d'injections hormonales : BRASOLA (1974) en Italie, SAN FELIU et coll. (1976) et RAMOS (sous-presse) en Espagne ont systématisé cette pratique, comme VILLANI (1977) chez une espèce voisine, *Solea (Pegusa) impar*.

La démonstration de FLUCHTER et TROMMSDORF (1974), qui ont trouvé que des acides aminés indispensables à l'ovulation, absents dans la chair de moule cuite, sont présents dans la chair de polychète, ouvre cependant la voie d'une solution beaucoup plus naturelle. Nos résultats semblent s'accorder parfaitement avec leur démonstration. Mais il serait cependant hasardeux d'en tirer une conclusion définitive tant qu'une contre-expérience n'aura pas été réalisée.

L'unique lot de reproducteurs employé dans nos expériences est encore actuellement indispensable aux programmes d'élevage larvaire, et il n'a pas été possible de le sacrifier pour en tirer des informations précises sur le nombre d'oeufs obtenus par kg de femelles. Il est cependant relativement facile de dénombrer ces dernières en période de ponte. Elles ont été estimées à 13 en 1977. Sur la base d'un poids moyen de 700 g, cela donne environ 90 000 oeufs/kg de femelle.

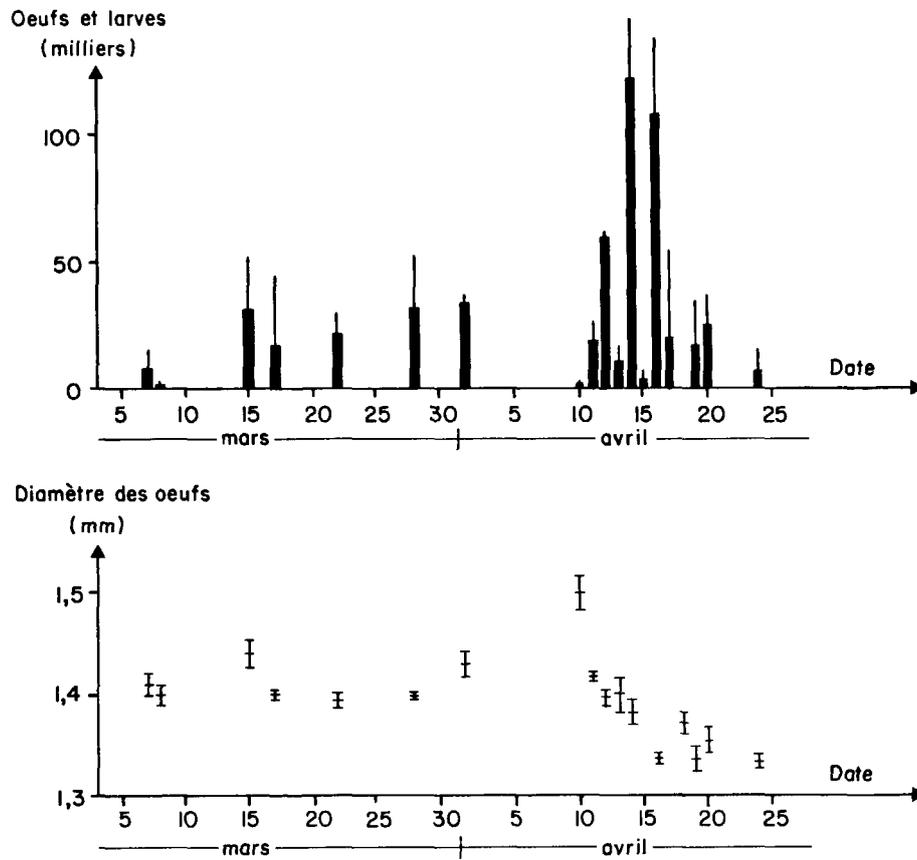


FIGURE 14 : Pontes naturelles de soles dans un bassin de 20 m^3 , à l'extérieur (lot S.R.20e).

Les caractéristiques du lot sont détaillées p. 15. Les traits fins indiquent les quantités d'oeufs récoltés, les portions doublées d'un trait gras le nombre de larves qui en éclosent. Les diamètres sont des moyennes pour des échantillons de 20 oeufs, encadrées par leur intervalle de confiance au seuil des 95 %.

Année	Nombre de pontes observées	Période de ponte	Nombre d'oeufs récoltés	Nombre moyen d'oeufs par ponte	Diamètre moyen (mm)	Pourcentage de fécondation moyen	Pourcentage d'éclosion moyen
1973	9	3 mars (9 avril) 4 mai	78 000	8 700	?	?	8
1974	2	10 avril (19 avril) 3 mai	2 500	1 200	?	?	50
1975	4	16 avril (17 avril) 28 avril	18 300	4 600	1,40	?	73
1976	18	7 mars (8 avril) 24 avril	770 000	42 700	1,39	77	67
1977	23	5 mars (14 avril) 9 mai	843 000	36 700	1,33	91	73

TABLEAU 8 : Bilan des pontes naturelles de soles obtenues en captivité dans le lot S.R.20e (Soles en associations avec des Rougets, bac de 20 m³, à l'extérieur. (Caractéristiques détaillées p. 15).

Dans la période de ponte, les dates entre parenthèses correspondent à des moyennes pondérées. Les pourcentages de fécondation sont calculés par rapport aux oeufs récoltés.

4.3. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1973.

Le développement larvaire de la sole a fait l'objet d'une description assez précise (FABRE-DOMERGUE et BIETRIX, 1905) pour qu'il soit superflu d'y revenir ici. Rappelons simplement qu'à la température employée (18° C), la résorption vitelline s'achève vers l'âge de 3 jours, la phase larvaire vers l'âge de 15 jours.

Les expériences de 1973 sont lancées dans des conditions médiocres, du fait des problèmes d'approvisionnement en oeufs de bonne qualité. Mais les essais de 1972 sur le turbot, et les données de SHELBORNE (1968) fournissent des bases techniques et biologiques précieuses.

Selon la méthode de SHELBORNE (1968), les élevages sont lancés à partir d'oeufs embryonnés, retirés des incubateurs la veille de l'éclosion. Les installations d'élevage sont rustiques, mais la mise en service d'un premier circuit semi-fermé permet de travailler avec une circulation d'eau continue dans les aquariums. L'approvisionnement en rotifères, vu les faibles quantités demandées, ne pose pas de problème. La production des metanauplius d'*Artemia* fait cependant encore appel à des algues vivantes, et ne suffit pas aux besoins.

4.3.1. LE PREMIER MOIS DE L'ELEVAGE.

Les expériences réalisées pendant le premier mois des élevages, et leurs résultats globaux, sont schématisés dans le tableau 9. La plupart des éléments qui s'y trouvent ont fait l'objet d'une publication (GIRIN, 1974 b).

Elle confirme que la larve de sole supporte bien des charges élevées. Une charge de 45 larves/l au départ ne paraît pas excessive. FLUCHTER (1972 a) a d'ailleurs employé jusqu'à 100 larves/l, mais sans indiquer les taux de survie obtenus. Le comportement des animaux, et leur survie, au moment de la métamorphose, ne semblent pas être affectés par la transparence ou l'opacité éventuelle des parois du récipient d'élevage. Les bacs à parois noires, préconisés par SHELBORNE (1968), ne sont donc pas une obligation.

En ce qui concerne la nourriture, il paraît préférable d'offrir des rotifères pendant les premiers repas de la larve (ce que font les chercheurs anglais qui poursuivent les travaux de SHELBORNE), plutôt que de commencer directement avec des *Artemia*. Après la métamorphose, les poissons ne font aucune difficulté à se nourrir d'*Artemia* congelées. Mais les installations employées mal adaptées à l'usage de proies congelées, occasionnent des pertes de nourriture excessives.

L'élevage larvaire se présente donc comme très facile : arriver à l'âge de 1 mois avec 50 % de survie depuis l'oeuf embryonné, en commençant les élevages avec des charges supérieures à 40 larves/l, ne pose pas de difficulté particulière en petits volumes.

Numéro de la ponte	Date d'éclosion	Objet des expériences	Nombre d'oeufs embryonnés employés	Charge au départ (larves/l)	% de survie à 1 mois	Charge à 1 mois (alevins/m ²)
1	30 mars	Avant métamorphose: qualité de la nourriture. Après métamorphose: opacité des parois et nature du fond.	3 x 700 = 2 100	12	29 %	800
2	6 avril	Elevage	107	1,8	53 %	-
3	25 avril	Emploi simultané de proies vivantes et congelées après la métamorphose	2 700	45	80 %	3 000
4	2 mai		1 000	17		

TABLEAU 9 : Bilan à l'âge de 1 mois des expériences d'élevage de soles réalisées en 1973. (températures : 16 à 19°C).

4.3.2. AU-DELA DE 1 MOIS : ESSAIS D'ALIMENTS INERTES.

A l'âge de 34 jours, les poissons issus de la ponte 1 sont rassemblés dans un même aquarium en "altuglass" de 60 l, équipé d'un fond de sable percolé avec exhausteur. Ils sont nourris uniquement d'*Artemia* vivantes jusqu'à l'âge de 41 jours, où une pesée globale de 50 individus indique un poids frais égoutté moyen de 64,7 mg. A ce stade, le transfert de 100 poissons dans un bac carré de 160 l, où ils reçoivent uniquement des granulés pour bar (ALLIOT *et al.*, 1974), aboutit en 2 mois à un échec total. Les autres poissons subissent diverses tentatives d'alimentation mixte, avec des *Artemia* congelées, des morceaux de moule, et des granulés. Des nécroses des extrémités apparaissent à partir de l'âge de 2 mois, puis une mortalité légère, mais régulière, commence à se manifester. A l'âge de 2 mois 1/2, 262 poissons survivent (soit 12 % depuis l'oeuf embryonné), et sont transférés dans un bac circulaire de 500 l, équipé lui aussi d'un double-fond de sable. A 5 mois 1/2, 216 survivants, pesant en moyenne 0,8 g, sont dénombrés, et confiés à l'équipe de nutrition de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) pour des essais d'accoutumance à des aliments composés secs. Ces essais s'achèvent avec la mort des derniers poissons vers l'âge de 9 mois, sans croissance sensible.

Les poissons des pontes 2, 3 et 4, rassemblés dans le même bac carré de 160 l à fond nu, sont nourris exclusivement d'*Artemia* congelées, du 32ème au 35ème jour (âges moyens). Un remplacement progressif de cette nourriture par du granulé est alors entamé. A l'âge de 37 jours, beaucoup de larves nagent en surface, comme si elles cherchaient à manger les granulés avant qu'ils n'aient le temps de couler. En fin de journée, 100 à 150 poissons restant sur le fond sont devenus anormalement sombres. Dans les 3 jours qui suivent, malgré des distributions d'*Artemia* vivantes, une mortalité massive élimine la quasi-totalité des animaux, qui présentent des nécroses des extrémités. 105 survivants sont transférés le 40ème jour dans un bac de 60 l à fond de sable, où ils reçoivent uniquement des *Artemia* vivantes. Malgré cela, 10 d'entre eux seulement atteignent l'âge de 51 jours, où l'expérience est arrêtée.

Les premières tentatives de sevrage sont donc des échecs. Il serait tentant de mettre les mortalités enregistrées sur le compte d'une maladie bactérienne. C'est d'ailleurs l'une des premières causes qu'envisagera KERR (1976) dans un cas du même genre 3 ans plus tard. Cependant, 2 poissons en parfaite santé, nettement plus gros que les autres (longueur totale : 18 et 21 mm, contre 13 mm en moyenne), sont retrouvés sous la grille de sortie, dans un amas de déchets, lors du nettoyage du bac de la 2ème expérience. En outre, aussi bien pendant la crise de mortalité qui frappe les soles, que dans les jours qui suivent, aucune mortalité anormale n'est observée parmi des larves de turbot dont les bacs sont alimentés en eau par le même circuit semi-fermé. Cela n'élimine pas l'hypothèse d'une éventuelle maladie bactérienne, mais oblige alors à supposer que les soles, placées dans des conditions où elles ne trouvaient pas assez de nourriture, présentaient un terrain favorable à toute agression extérieure.

Cela conduit à envisager, pour la saison à venir, des expériences d'alimentation avec des *Artemia* congelées, afin de déterminer comment s'annonce une crise, et comment il est possible de l'éviter, ou de la stopper. Il paraît en outre nécessaire de susciter, chez une équipe compétente, des essais de mise au point d'aliments composés nouveaux, éventuellement humides, correspondant aux goûts du poisson : en fait, des ersatz d'*Artemia*.

4.4. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1974.

Du fait des très faibles quantités d'oeufs disponibles, le travail de la saison se trouve restreint à deux petites expériences.

Quelques modifications sont apportées aux méthodes de travail de l'année précédente. Ce ne sont plus des oeufs embryonnés qui sont transférés dans les bacs d'élevage, mais des larves venant d'éclore : des expériences faites sur le turbot en 1973 ont montré qu'il est préférable de ne pas manipuler l'oeuf la veille de l'éclosion (GIRIN, 1974 a). D'autre part, les *Artemia* congelées, lorsqu'elles sont employées, ne sont plus seulement déposées par petits paquets à la surface de l'eau, mais offertes au moyen des systèmes de distribution par entonnoirs décrits par BARNABE (1974). La température de l'eau est mieux maîtrisée : elle reste fixée à 18° C, au degré près, pendant toute la durée des expériences.

Après la métamorphose, tous les tests sont réalisés dans des bacs carrés à double-fond de sable percolé. En effet, bien que les deux tentatives de 1973 soient assez peu comparables, il paraît logique de retenir la solution technique qui a accompagné les meilleurs résultats, même si cela pose des problèmes de nettoyage.

4.4.1. PREMIERE PONTE : COMPARAISON DE PROIES VIVANTES ET CONGEELES, APRES LA METAMORPHOSE.

Les 1 030 larves de cette ponte, récupérées le jour de l'éclosion (30 avril), sont rassemblées dans le même aquarium en altuglas de 60 l. Elles sont nourries selon un schéma alimentaire voisin de ceux des pontes 3 et 4 de 1973, avec une ration en nauplius d'*Artemia* plus élevée en fin de 2ème semaine (fig. 15).

Les 912 poissons vivants le 15ème jour après l'éclosion (89 % de survie), en cours de métamorphose, sont répartis, en 2 lots identiques, dans des bacs carrés de 60 l à fond de sable. Ils reçoivent ensuite, chaque jour, la même quantité d'*Artemia*. Dans un lot, elles sont toujours offertes vivantes. Dans l'autre, elles sont fournies congelées à partir du 23ème jour.

Dès le 28ème jour, quelques poissons du second lot commencent à manifester l'agitation anormale qui avait précédé la mortalité massive de l'année précédente. Le sable présente aucun signe de réduction, mais un échantillon pris à sa surface fait apparaître un pulullement de ciliés, qui se nourrissent des cadavres d'*Artemia* délaissés par les soles. Un retour aux proies vivantes est immédiatement opéré.

Le 37ème jour, les poissons sont pêchés, et rassemblés dans un même bac de 160 l à fond de sable. Le lot qui a reçu uniquement des *Artemia* vivantes fournit 385 survivants (84 % de survie depuis le début de l'expérience), chez lesquels un échantillon de 10 individus indique une longueur totale moyenne de 17,5 mm. Le lot qui a été partiellement nourri d'*Artemia* congelées fournit seulement 330 survivants (72% de survie, 15,6 mm en moyenne).

Après rassemblement, les poissons subissent un nouvel essai d'alimentation avec des *Artemia* congelées, cette fois progressif. Il est interrompu le 43ème jour, avec l'apparition des mêmes symptômes que dans l'essai précédent. A l'âge de 46 jours, les 645 poissons restants (63 % de survie depuis l'éclosion) sont pêchés. Ils sont remis à l'équipe de nutrition de l'INRA, pour des essais d'aliments composés, et au Laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Brest, pour des observations sur l'importance de la photopériode dans la croissance. Ils pèsent alors en moyenne 210 mg.

.../...

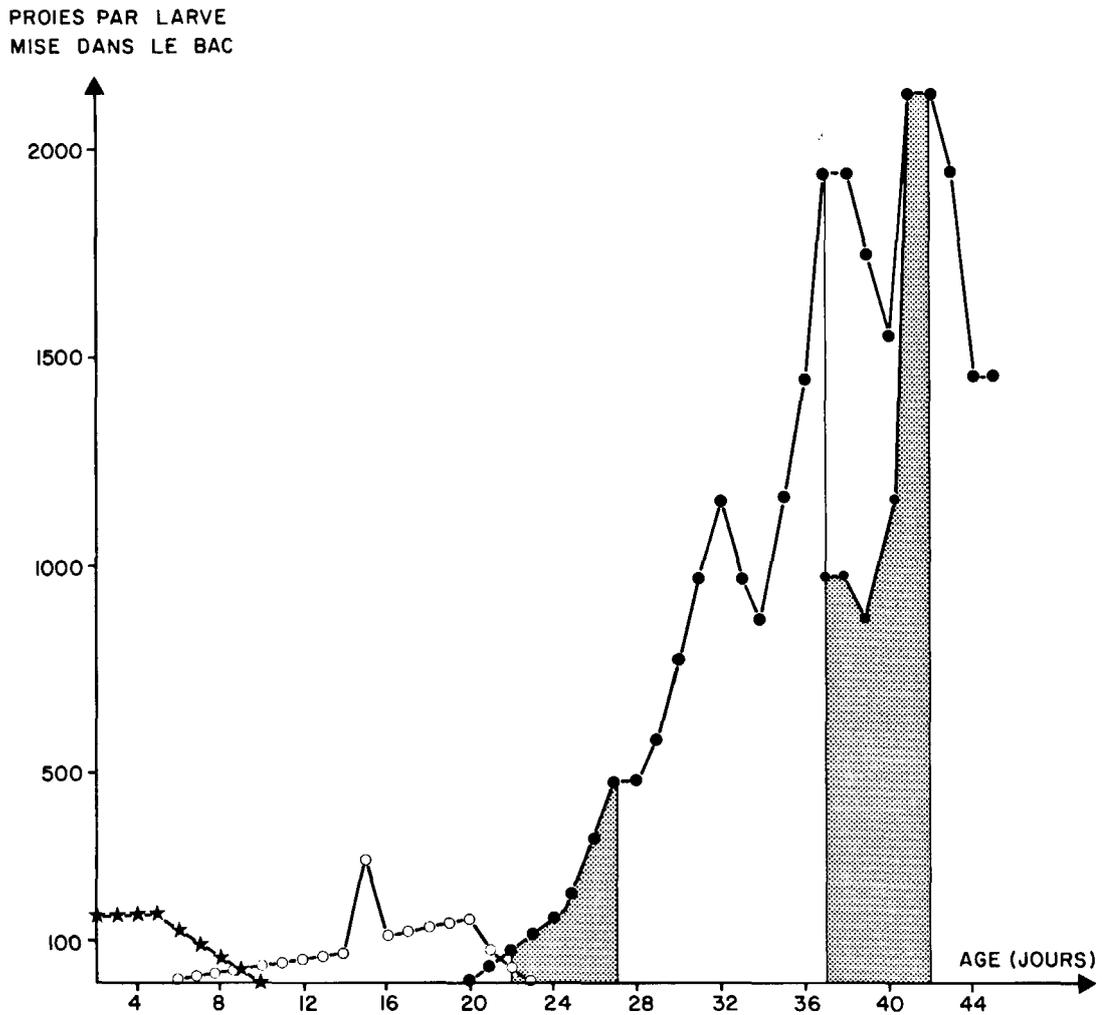


FIGURE 15 : Schéma d'alimentation de jeunes soles, dans une comparaison de proies vivantes et congelées, en 1974.

Les quantités de nourriture offertes chaque jour sont rapportées au nombre de larves (1 030) mises en élevage au départ.

Les animaux sont rassemblés dans un même bac jusqu'à l'âge de 15 jours. Ils sont ensuite séparés en 2 lots identiques. L'un ne reçoit que des *Artemia* vivantes. L'autre reçoit des *Artemia* congelées dans les périodes et les proportions indiquées par les bandes en grisé.

★ Rotifères

○ Nauplii d'*Artemia*

● *Artemia* de 1 mm

4.4.2. DEUXIEME PONTE : LA CROISSANCE AVEC DES PROIES VIVANTES.

L'essai d'élevage réalisé avec les 220 larves de la 2ème ponte fournit quelques éléments d'information sur les capacités de croissance de l'espèce lorsqu'elle reçoit une nourriture qui lui convient bien.

Les soles se trouvent accidentellement mélangées, dans un aquarium en altuglas de 60 l, avec 2 700 larves de turbot nées le même jour (9 mai). Le schéma alimentaire employé est copié sur celui de la ponte de turbots n° 8 de 1973 (GIRIN, 1974 c), en assimilant la population totale à 3 000 turbots. Cela ne semble pas convenir aux soles : 27 d'entre elles seulement (12 % de survie) sont récupérées le jour 24, et transférées dans un bac de 60 l à fond de sable.

Elles sont nourries d'*Artemia* vivantes jusqu'à l'âge de 68 jours, d'*Artemia* lyophilisées ensuite. A l'arrêt de l'expérience, le 75ème jour, 20 poissons, pesant en moyenne 570 mg pour une longueur totale de 38 mm sont repêchés.

La même taille moyenne, avec des proies vivantes, est obtenue par FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905), à l'âge de 87 jours, et par FLUCHTER (1965), entre 14 et 18° C, à 50 jours seulement, sur 3 poissons. La croissance dans cette expérience, supérieure à tout ce qui a été enregistré dans les essais faits avec des aliments inertes, est cependant encore loin des résultats de FLUCHTER. Cela lève tout doute éventuel sur les capacités de croissance intrinsèque de l'espèce, et fournit un bon objectif pour les essais ultérieurs. Mais le problème du sevrage reste entier. Les expériences d'alimentation sur granulés secs menées par l'équipe de l'INRA ne réussissent pas beaucoup mieux que celles de 1973.

4.5. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1975.

En 1975, pour la première fois, le nombre des oeufs qui arrivent à l'éclosion progresse. Il n'y a que 3 pontes, très rapprochées (les éclosions ont lieu les 21, 22 et 25 avril), mais elles fournissent quelques 13 300 larves, 10 fois plus que l'année précédente.

Sur le plan technique, les aquariums en altuglas sont définitivement abandonnés, au profit des bacs en polyester cylindro-coniques, spécialement conçus pour l'élevage larvaire. Les métanauplius d'*Artemia* relèvent de 2 catégories simples, qui resteront les mêmes les années suivantes : animaux de 2 jours (0,9 à 1 mm) et de 4 jours (1,5 à 2 mm). Pour la distribution d'*Artemia* congelées, les entonnoirs disparaissent, au profit de tubes entourés d'une protection isotherme. Les nourritures sèches sont offertes à partir de distributeurs automatiques à bande. Les débits d'eau, ajustés de 5 en 5 jours selon un schéma standard, sont, en cas de besoin, augmentés de façon à maintenir la saturation en oxygène au-dessus de 85 % dans la mesure du possible. Enfin, des échantillons de 10 poissons sont prélevés dans les bacs, tous les 5 jours, et fixés au formol neutre à 5 %, pour pesée et mesure ultérieure.

4.5.1. LE PREMIER MOIS DE L'ELEVAGE.

Pendant cette période, la première ponte est consacrée à un test d'utilisation des bacs cylindro-coniques qui sont devenus à cette époque l'équipement normal de la salle d'élevage larvaire, à la suite des essais réalisés sur le bar et le turbot.

Trois lots de 3 000 larves sont répartis dans autant de bacs de 60 l (50 larves /l) : 2 bacs d'élevage larvaire cylindro-coniques, et, entre eux, un bac carré de 60 l. Le bac carré, à bords arrondis, et fond en pente légère vers un orifice de vidange central, reproduit les conditions d'élevage des anciens aquariums, avec l'avantage d'une vidange totale. Tous ces bacs sont en polyester enduit intérieurement d'un gelcoat gris clair. Ils sont équipés d'une arrivée d'eau en surface, d'un trop-plein avec filtre amovible, et d'une buse d'aération centrale.

Les schémas alimentaires employés dans les 3 bacs sont identiques au départ, puis ajustés en fonction de la demande des poissons. Les qualités et quantités de nourriture offertes quotidiennement, et les variations des débits d'eau, de la température, du pourcentage de saturation en oxygène, et du pH sont présentées dans la figure 16.

Les poissons survivants sont pêchés le 16ème jour, alors que leur métamorphose est, à quelques exceptions près, achevée. Il en est dénombré 2 341 (78 % de survie depuis l'éclosion) dans l'un des bacs cylindro-coniques, 1 793 (60 % de survie) dans le second, et 1 850 (62 % de survie) dans le bac carré (tableau 10).

Des échantillons de 10 individus sont prélevés au début de la métamorphose (10ème jour), et la veille de l'arrêt de l'expérience. Ils sont fixés (formol neutre à 5 %), pour des pesées individuelles ultérieures, dont les moyennes et les intervalles de confiance sont présentées dans le tableau 10. La comparaison de ces données par une analyse de variance globale suivie d'une décomposition de bacs cylindro-coniques contre le bac carré puis des bacs cylindro-coniques entre eux ne donne aucun test significatif.

L'expérience ne permet donc pas de mettre en évidence une supériorité de l'un des deux types de bacs testés, que ce soit en matière de survie, ou en matière de croissance. L'emploi des bacs cylindro-coniques ne s'impose de toute évidence pas, du point de vue du poisson. Cependant, les avantages qu'ils présentent sur le plan de l'entretien quotidien, et un souci de standardisation du matériel, les feront retenir les années suivantes.

L'expérience achevée, les animaux sont rassemblés dans deux bacs carrés de 400 l (1 m de côté) à fond de sable, où ils continuent à recevoir des *Artemia* vivantes. Un troisième bac s'y ajoute quelques jours plus tard, avec les alevins issus de 1 800 larves de la 3ème ponte, qui ne subissent aucune expérience particulière. Au total, à l'âge de 1 mois, une population de quelques 6 800 poissons (51 % de survie depuis l'éclosion) se trouve disponible pour des expériences de passage à une nourriture inerte ou la remise à d'autres expérimentateurs.

4.5.2. L'ACCOUTUMANCE AU GRANULE PENDANT LES 2ème ET 3ème MOIS DE L'ELEVAGE.

Les résultats obtenus sur le bar quelques semaines plus tôt fournissent une première idée d'expérimentation : 4 soles de 1 mois sont placées dans un bac de bars dont l'accoutumance au granulé commence. Elles semblent se nourrir correctement. Puis, 6 jours plus tard, un dépassement des possibilités de production de proies vivantes force à tenter l'opération sur un lot plus important. Les autres essais suivent naturellement, presque tous sous forme de répartition de soles dans des bacs de bars.

Comme toutes les larves ont le même âge, à 3 jours près, la seule solution qui permette de ne pas lancer tous les tests en même temps consiste à commencer à des âges différents. Or, la consommation en nourriture des poissons ne permet pas de les conserver sur proies vivantes au-delà de l'âge de 2 mois. Cela limite l'étalement des expériences à quelques 3

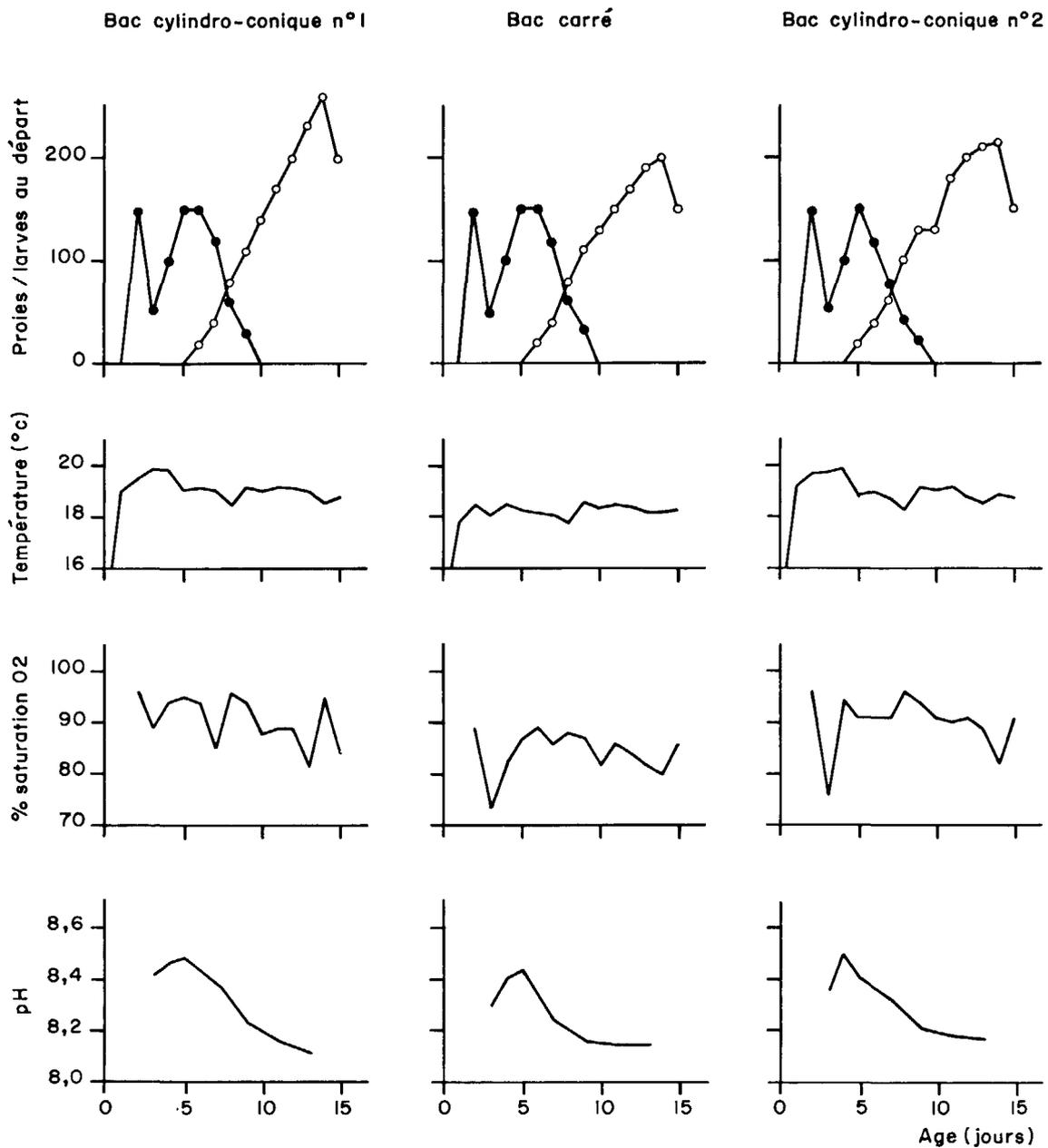


FIGURE 16 : Variation de divers paramètres pendant l'élevage de 3 lots de larves de sole, dans des bacs de 60 l de différentes formes, en 1973.

Le renouvellement horaire de l'eau est fixé à 5 % du volume le jour 3, 10 % le jour 10, 15 % le jour 13, et 20 % le jour 15. L'apport de nourriture est quotidien. Le graphique correspondant indique la dimension de cet apport, rapporté à une larve mise dans le bac au départ.

- Rotifères
- Nauplius d'Artemia

	Bac cylindro-conique 1	Bac carré	Bac cylindro-conique 2
Poids le jour 10	1,93 ± 0,57 mg	2,52 ± 0,38 mg	2,28 ± 0,75 mg
Poids le jour 15	5,49 ± 1,73 mg	6,83 ± 0,83 mg	6,43 ± 1,46 mg
Taux de survie le jour 16	78 %	62 %	60 %

TABLEAU 10.: Croissance pondérale et taux de survie de larves de soles élevées à 19° C dans des bacs de formes différentes, en 1975.

L'âge est indiqué en jours depuis l'éclosion. Les poids (moyennes et intervalles de confiance au seuil des 95 %) sont mesurés sur des échantillons de 10 individus, après fixation au formol neutre à 5 %.

semaines, alors qu'il faut largement ce délai pour parvenir à en tirer les premières conclusions. D'où de nombreuses erreurs, qui paraissent parfois, a posteriori, assez grossières.

Les 4 principaux essais de la saison ont été décrits dans une publication (METAILLER et GIRIN, 1976), avec les tests de nutrition qui les suivent, jusqu'à l'âge de 6 mois.

Malgré leurs défauts, ils apportent une série d'informations intéressantes :

- Le conditionnement des poissons à un granulé sec classique est non seulement possible, mais les animaux qui l'acceptent montrent ensuite une croissance comparable aux meilleurs résultats obtenus chez le bar dans les mêmes conditions : 1 g à l'âge de 3 mois, et plus de 10 g à l'âge de 6 mois (à 18° C). Ces valeurs peuvent d'ailleurs être considérées comme des limites inférieures, puisqu'une vingtaine de jours de croissance se trouvent perdus pendant le 2ème mois du fait des imperfections de la méthode employée.

- Les mélanges effectués entre différents lots ne permettent de calculer qu'une fourchette de survie : 4 à 15 % depuis l'éclosion, soit une perte de l'ordre de 70 à 90 % des poissons qui sont arrivés à l'âge de 1 mois pendant le conditionnement au granulé. C'est beaucoup. Mais, compte-tenu des nombreuses erreurs commises (en particulier, des transferts inopportuns de poissons en mauvais état physiologique), tout autorise à prévoir des possibilités d'améliorations importantes. En outre, l'absence quasi-totale de mortalité au-delà du 3ème mois montre que le juvénile est certainement tout aussi adaptable à la vie en captivité que la larve, à partir du moment où il reçoit une nourriture qui lui convient.

- La nature du substrat offert aux poissons est certainement un facteur important à prendre en considération. Sans apporter une réponse définitive, les expériences confirment que les animaux trouvent dans un substrat meuble percolé des conditions plus favorables à un bon équilibre physiologique.

A côté de ces informations d'ordre général, qui fournissent des bases de travail nouvelles, tout en laissant de nombreux problèmes en suspens, une petite expérience apporte les éléments nécessaires à la conception d'un programme d'expérimentation fine.

Quatre lots de 5 soles, pêchées au hasard, à l'âge de 47 jours (elles sont alors nourries d'*Artemia* vivantes), sont réparties dans les bacs 2, 3, 4 et 5 de la première expérience de conditionnement de bars à divers aliments composés décrite dans un article de BARAHONA-FERNANDES *et al.* (1977). Elle dure 25 jours. Dans le bac 2, les poissons sont amenés à recevoir uniquement un granulé expérimental pour bars comportant 30 %, puis 10 % de farine d'*Artemia*. Dans le bac 3, seul le granulé à 10 % d'*Artemia* est employé. Dans le bac 4, c'est la même formule, mais sans farine d'*Artemia*. Dans le bac 5, il s'agit du granulé commercial "Aqualim" des Grandes Semouleries de l'Ouest.

A l'arrêt de l'expérience, les soles sont âgées de 72 jours. Elles sont toutes vivantes, et paraissent en bonne santé. Des pesées (poids frais égoutté) donnent des moyennes nettement différentes d'un lot à l'autre :

- 720 mg pour celui qui a reçu les aliments à 30 % et 10 % d'*Artemia*.
- 660 mg pour celui qui a reçu l'aliment à 10 % d'*Artemia*.
- 580 mg pour celui qui a reçu l'aliment sans *Artemia*.
- 480 mg pour celui qui a reçu l'aliment commercial.

L'expérience est trop restreinte pour qu'il soit raisonnable d'en tirer des conclusions sur la valeur des différents aliments utilisés. Une analyse de variance globale, et des décompositions orthogonales, opposant l'aliment commercial aux aliments de laboratoire, l'aliment de laboratoire sans *Artemia* aux aliments avec *Artemia*, et les aliments avec *Artemia* entre eux, ne donnent aucun test F significatif. Il apparaît cependant que les méthodes d'expérimentation à petite échelle qui ont été mises au point pour le bar sont parfaitement applicables à la sole.

L'apport essentiel de la saison se trouve donc dans les quelques 400 poissons qui peuvent être habitués à se nourrir de granulés secs. Mais c'est un succès un peu forcé, obtenu sans base précise, et avec de nombreuses maladroites, qui reste à transformer en une méthode fiable, facilement reproductible, et ne conduisant pas à la perte des 9/10èmes de la population.

4.6. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1976.

L'année 1976, avec 17 pontes, étalées sur 5 semaines (éclosions du 13 mars au 21 avril), qui fournissent quelques 530 000 larves, offre des possibilités de travail sans commune mesure avec ce qui a été rencontré jusqu'alors.

Les méthodes mises au point au cours des années précédentes ne subissent pas de changement important. L'élevage larvaire est réalisé dans les bacs cylindro-coniques de 150 et 450 l. Les poissons en sont retirés à l'âge de 2 semaines, et sont transférés, sauf cas exceptionnel, dans des bacs carrés équipés de fonds de sable percolés. Pour les populations importantes issues des bacs d'élevage larvaire de 450 l, le transfert est réalisé grâce à une vidange complète de tout le contenu dans le bac de réception, par l'intermédiaire de la vanne de purge (l'installation a été réalisée en fonction de cette possibilité : les vannes de purge des bacs cylindro-coniques de 450 l se trouvent au niveau des rebords des bacs carrés de 2 m³). L'opération est réalisée à travers un tube de polyéthylène souple, de 25 mm de diamètre intérieur, et 3 m de long au maximum, en veillant à éviter des coudes de rayon inférieur à 50 cm.

En matière de nourriture, la panoplie employée s'accroît d'*Artemia* calibrées lyophilisées, et, surtout, de polychètes (*Nephtys hombergi*) et de chair de mollusque (*Laevicardium crassum*) hachées et congelées, destinées à permettre la comparaison des possibilités respectives des granulés secs et d'aliments naturels humides.

L'objectif limité des années précédentes se trouve étendu à un inventaire, sinon exhaustif, du moins beaucoup plus large, des possibilités d'utilisation de la sole qui vient d'achever sa métamorphose. Les difficultés rencontrées dans l'accoutumance du jeune poisson à des aliments composés poussent en effet à rechercher des méthodes différentes de celles qui ont été employées jusqu'alors. Il n'est d'autre part pas envisageable, du point de vue économique, de continuer à offrir des proies vivantes produites en éclosérie jusqu'à ce que les animaux atteignent le stade (une dizaine de grammes) où il devient relativement facile de leur faire accepter des morceaux de chair de mollusque. Or, contrairement au bar, et surtout

au turbot, la sole de 1 mois est un animal qui présente déjà tous les caractères de l'adulte : vers 18° C, les poissons les plus lents ont achevé leur métamorphose dès l'âge de 3 semaines. Ils se nourrissent alors sur le fond, de la même façon que l'adulte, s'ensablent, et se confondent avec le sédiment aussi bien que lui.

Cela conduit à attendre de ces animaux une bonne aptitude à s'alimenter seuls dans un milieu naturel favorable, et à échapper à d'éventuels prédateurs. D'où l'idée de tester sur cette espèce une méthode classique en pisciculture d'eau douce : après un séjour de courte durée en écloserie, les poissons sont libérés à faible charge dans des bassins préparés, où ils peuvent se nourrir quelque temps aux dépens d'une population de proies naturelles. Il faut alors déterminer la meilleure charge à retenir pour que les animaux arrivent à une taille suffisante avant que toute cette population ait été consommée, et quelles sont, à ce stade, les meilleures modalités d'un passage à une alimentation inerte.

En allant plus loin, sans envisager cependant des repeuplements en milieu ouvert, rien n'interdit des repeuplements d'étangs côtiers, avec ou sans éradication des prédateurs possibles. Les poissons peuvent alors être repêchés à des poids de plusieurs dizaines de g, et être transférés en bassins, ou être laissés dans l'étang jusqu'à une taille commercialisable.

Ce type d'étude sort du cadre de cet ouvrage, par les méthodes de travail et les dimensions des expériences qu'il implique. Nous signalerons seulement que 65 000 poissons de 1 mois y sont consacrés en 1976. Les résultats obtenus s'étendent de la disparition totale des animaux en 2 semaines, à des taux de survie très intéressants (64 % entre les âges de 1 et 8 mois, avec 1 000 poissons au départ, dans un bac de 20 m³) et des croissances supérieures aux meilleurs résultats de laboratoire (200 g de moyenne, à l'âge de 18 mois, avec 50 000 poissons au départ, dans un étang de 17 ha).

4.6.1. LA PRODUCTION DES ANIMAUX DE 1 MOIS.

Tous les schémas alimentaires employés sont semblables, aux quantités près, à celui qui est présenté dans la figure 17. Les larves sont mises en élevage le jour de l'éclosion (jour 0), ou exceptionnellement, le lendemain (jour 1). Une dose de 10⁹ cellules de *Tetraselmis suecica* pour 100 l d'eau est offerte le jour 1. Les rotifères sont employés seulement comme aliment de démarrage, avec des distributions réduites aux jours 2 à 5. Un éventuel reliquat de cette proie se trouve éliminé après le changement de maille du filtre de sortie (de 45 à 180 µ), le jour 9. Les distributions de nauplius d'*Artemia* commencent le jour 3, celles d'*Artemia* de 1 mm le jour 20. Lorsque des *Artemia* de 2 mm se trouvent disponibles, elles peuvent être offertes à partir du jour 28.

Le passage du bac d'élevage larvaire au bac de post-métamorphose est normalement réalisé le 14^{ème} jour. Il peut être avancé à la veille, ou reporté au lendemain, en cas de besoin.

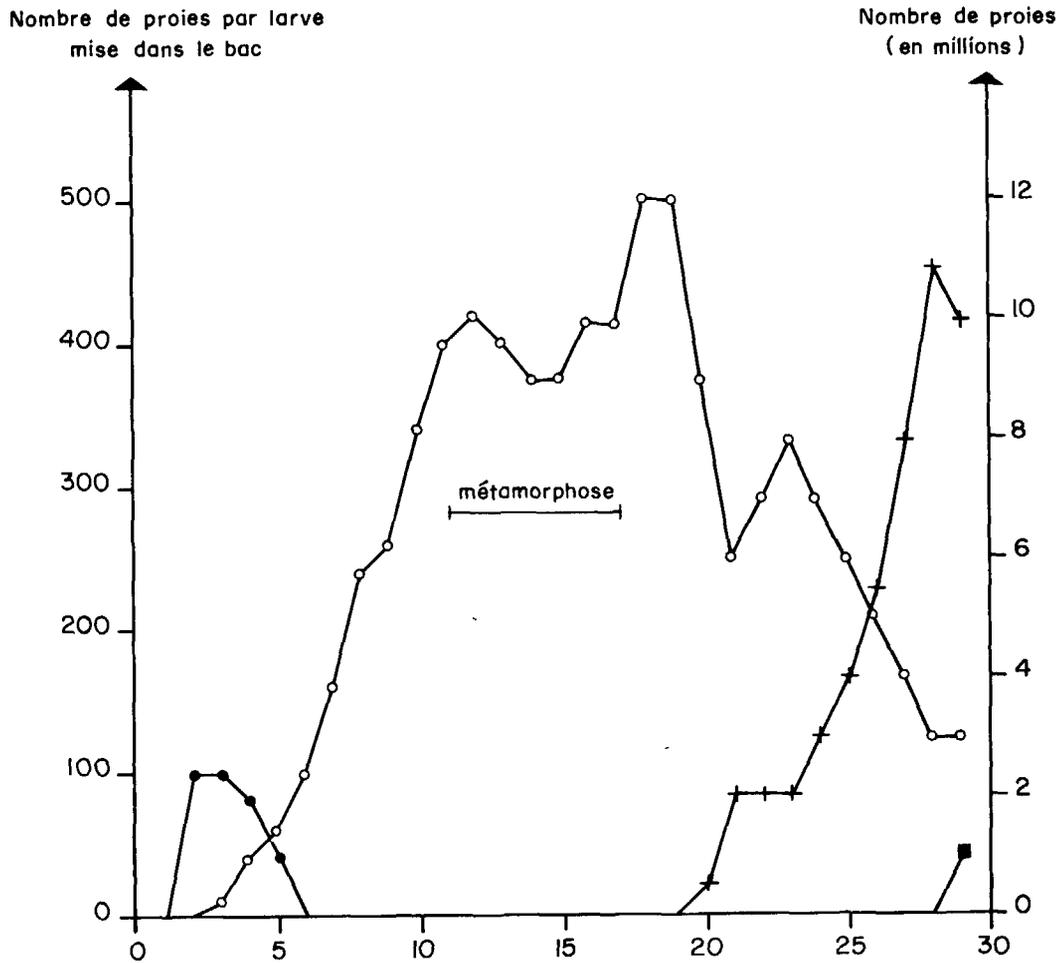


FIGURE 17 : Schéma d'alimentation d'un lot de soles, de la naissance à l'âge de 1 mois, dans une expérience de 1975.

Les animaux, 24 000 au départ, dans un bac de 450 l (ponte n° 3), reçoivent un apport de nourriture quotidien. Le graphique indique la dimension de cet apport, en total (échelle de droite) et rapporté à une larve mise dans le bac au départ (échelle de gauche). A l'âge de 1 mois, il reste 18 500 poissons métamorphosés (77 % de survie).

- Rotifères
- Nauplius d'*Artemia*
- + *Artemia* de 1 mm
- *Artemia* de 2 mm

Les principales caractéristiques des essais d'élevage qui sont réalisés dans ces conditions et leurs résultats sont détaillés dans le tableau 11.

Ni la survie, ni la croissance des animaux ne semblent influencées par la dimension du bac d'élevage, dans la fourchette employée (60 à 450 l). L'absence d'expérience comparative rigoureuse interdit cependant toute conclusion formelle sur ce point.

Avec moins de 55 larves/l au démarrage, l'élevage ne pose pas de problème particulier. Le taux de survie à l'âge de 1 mois varie entre 47 et 77 %. Plus des 9/10èmes de la mortalité ont lieu pendant la première semaine. Les différences qui se manifestent d'un lot à l'autre doivent donc être recherchées dans la qualité des pontes employées, et dans le soin apporté à la manipulation des animaux lors de la mise en élevage. Ce dernier point est peut-être essentiel : l'écart qui apparaît entre les 2 lots identiques de la ponte 5 (47 et 71 % de survie) s'établit dans les 2 jours qui suivent la mise en élevage.

Avec une charge au départ de 60 larves/l ou plus, les accidents d'élevage se multiplient. Il s'agit généralement de problèmes simples (réglage de l'aération, capacité des filtres de sortie), qui pourraient être résolus facilement. Cependant, le test de la ponte 7, lancé avec 80 larves/l, montre, pendant les 2 premières semaines, une mortalité importante et régulière, malgré un taux d'oxygène qui ne descend pas au-dessous de 90 % de la saturation. Il y a peut-être, à ce niveau, une limite biologique.

Les pesées mettent en évidence une variabilité assez importante des populations de chaque lot, toujours du même ordre : les coefficients de variation se cantonnent entre 23 et 28 %. Les différences d'une ponte à l'autre sont importantes aussi : les extrêmes vont de 43 (ponte 17) à 69 mg (ponte 10), sans qu'il soit possible de proposer une explication à un tel écart.

Au total, la facilité du premier mois de l'élevage déjà notée dans les expériences à petite échelle des années précédentes, se confirme à une autre dimension. Les quelques problèmes qui s'y rencontrent sont essentiellement d'ordre technique, et liés aux charges employées. Il n'en reste pas moins que, d'un lot à l'autre, des différences importantes peuvent se rencontrer, aussi bien en matière de survie que de croissance. Une expérimentation un peu approfondie, lorsque les problèmes ultérieurs seront dominés, devrait permettre de réduire ces variations. La ponte 3 montre qu'il est possible de retrouver, à l'échelle de quelques 20 000 animaux, les taux de survie voisins de 80 % qui ont été enregistrés en 1973 avec quelques centaines d'individus. Rien n'interdit de penser qu'un tel résultat pourrait être transformé en une règle.

4.6.2. L'ACCOUTUMANCE A DES ALIMENTS INERTES : EXPERIENCES A PETITE ECHELLE.

Trois séries de tests d'accoutumance à des aliments inertes sont lancées successivement, dans les bacs carrés de 60 l à fond de sable déjà employés pour des essais du même type chez le bar (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1976 ; BARAHONA-FERNANDES et coll., 1977).

Numéro de ponte	JOUR 0 OU 1			JOUR 30			
	Nombre de larves	Capacité du bac (1)	Charge (larves /1)	Nombre d'alevins	Charge (alevins/m ²)	Taux de survie (%)	Poids moyen (mg)
1	6 600	150	44	4 450	3 760	67	55,6 ± 11,4
2	7 500	150	50	5 600	5 600	65	56,2 ± 9,2
3	24 000	450	53	18 500	4 630	77	-
5	{ 8 000 8 000	{ 150 150	{ 53 53	{ 3 740 5 660	{ 2 350	{ 47 71	{ 50,6 ± 8,5
6	24 000	450	53	16 550	{ 1 430	{ 69	{ 49,8 ± 8,5
7	12 000	150	80	3 710	{ 31		
10(1)(2)	27 000	450	60	5 270	1 320	22	69,3 ± 11,8
13	{ 3 000 3 000	{ 60 60	{ 50 50	{ 3 460	{ 1 720	{ 58	{ -
17(1)	30 000	450	67	16 850	2 690	56	43,4 ± 8,4
Total	153 100	-	-	83 790	-	-	-
Moyenne pondérée	-	-	58	-	2 880	55	50,0
Moyenne pondérée sans (1) et (2)	-	-	55	-	3 060	63	50,3

TABLEAU 11 : Bilan à l'âge de 1 mois des essais d'élevage larvaire de sole réalisés en 1976.

L'âge est indiqué en jours depuis l'éclosion. Les poids sont des moyennes sur 10 individus (intervalle de confiance au seuil des 95 %), fixés au formol neutre à 5 %.

(1) Mortalité importante consécutive à une panne d'aération la 2ème ou la 3ème nuit.

(2) Débordement nocturne le 13ème jour.

La première expérience porte simultanément sur l'âge d'abandon des proies vivantes, et la composition du granulé qui est offert aux animaux. La seconde porte sur le taux d'appétant (farine d'*Artemia*) à incorporer dans l'aliment-relais. La troisième, sur l'effet de la nature de l'appétant, à taux constant.

4.6.2.1. L'AGE D'ABANDON DES PROIES VIVANTES ET LA COMPOSITION DU GRANULE.

Cette première expérience porte sur 9 lots de 100 poissons de la ponte 1. Il s'agit d'une extrapolation des informations acquises l'année précédente (METAILLER et GIRIN, 1976), destinée à permettre de déterminer si les difficultés de l'accoutumance à un granulé sec n'ont pas été simplement surestimées.

En 1976, les proies vivantes, dans le meilleur essai, ont été abandonnées le 36ème jour après l'éclosion. Dans cette expérience, le traitement est essayé les jours 15, 20, 25, 30 et 35. En 1976, il a été employé une succession d'aliments-relais, contenant 30 %, 10 % et 5 % de farine d'*Artemia*, avant le passage définitif à une formule classique. Puis, après divers essais, le grossissement des poissons a été poursuivi sur un aliment dont la tenue à l'eau était améliorée par un enrobage de zéine (GATESOUBE et coll., 1977). Dans cette expérience, les poissons reçoivent directement de l'aliment sans farine d'*Artemia*, lié à la zéine. Quatre variations d'une même formule, offrant les diverses combinaisons possibles entre 45 et 50 % de protéines d'une part, et 12 et 14 % de lipides d'autre part, sont testées. (L'aliment à 50 % de protéines et 12 % de lipides est détaillé chez GIRIN et coll. (1977), sous le n° 56).

Cela conduit au schéma expérimental de la figure 18, où chaque lot est défini par un code qui indique successivement l'âge d'abandon des proies vivantes, et le type d'aliment inerte auquel il doit être accoutumé.

A l'âge choisi, après fixation d'un 1er échantillon de 10 individus, chaque lot de 100 poissons est constitué et transféré dans un bac carré de 60 l, à fond de sable, équipé d'un exhausteur central. Ces bacs sont soumis à l'éclairage normal du hall d'élevage, et à la photopériode naturelle de la saison (environ 14 h de jour). Ils sont alimentés en eau à débit constant, sur la base d'un renouvellement total toutes les heures. Cette eau est fournie par un circuit semi-fermé, à une température qui oscille entre 18°5 et 20°5.

Pendant les 15 jours qui suivent sa constitution, chaque lot expérimental reçoit, outre les granulés, des nauplius et des metanauplius d'*Artemia* lyophilisés. Toute la nourriture est offerte à partir de distributeurs automatiques à bande. Le lot témoin, sur proies vivantes, reçoit son complément de nourriture une fois par jour.

- L'âge d'accoutumance au granulé :

Les 5 lots qui reçoivent du granulé n° 56 (15/56, 20/56, 25/56, 30/56 et 35/56), dont les schémas d'alimentation sont présentés dans la figure 19, permettent une comparaison des réactions de poissons d'âges différents en face d'un même traitement.

Les courbes de survie (figure 20) sont tracées selon la méthode décrite par BARAHONA-FERNANDES et GIRIN (1976), pour tenir compte des échantillons sacrifiés. Les 4 lots qui sont privés de proies vivantes le plus tard ne montrent pas de différence nette : ils achèvent les 35 jours de l'expérience dans une fourchette qui va de 84 à 93 % de survie. Par contre, avec 56 % de survie au bout du même temps, les poissons qui subissent le traitement dès l'âge de 15 jours (15/56) réagissent nettement moins bien.

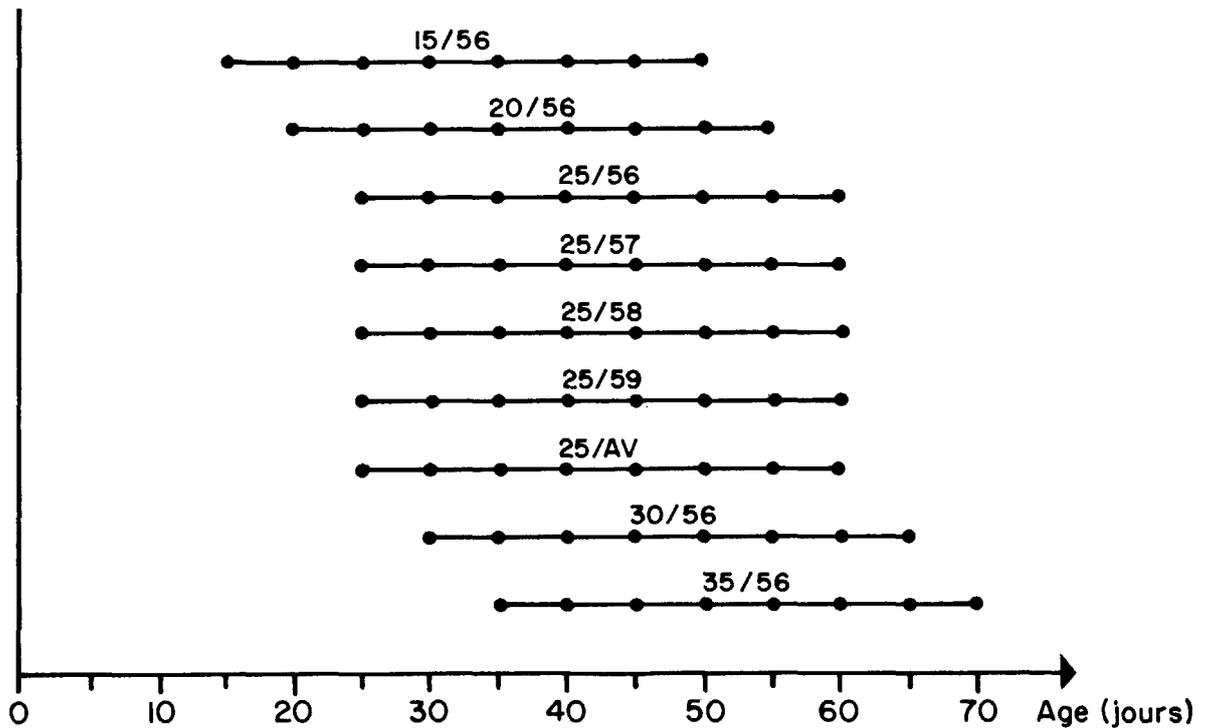


FIGURE 18 : Schéma de principe d'une expérience d'accoutumance de jeunes soles de différents âges à divers aliments composés, en 1976. Les \bullet situent les échantillons de 10 individus qui sont prélevés et fixés pour pesée et mensuration. Un code en 2 éléments définit les caractéristiques de chaque lot :

- l'âge de début de l'expérience : 15, 20, 25, 30 ou 35 jours.
- l'aliment employé :

56 = granulé sec à 50 % de protéines et 12 % de lipides
 57 = granulé sec à 50 % de protéines et 14 % de lipides
 58 = granulé sec à 45 % de protéines et 12 % de lipides
 59 = granulé sec à 45 % de protéines et 14 % de lipides
 AV = Artemia vivantes.

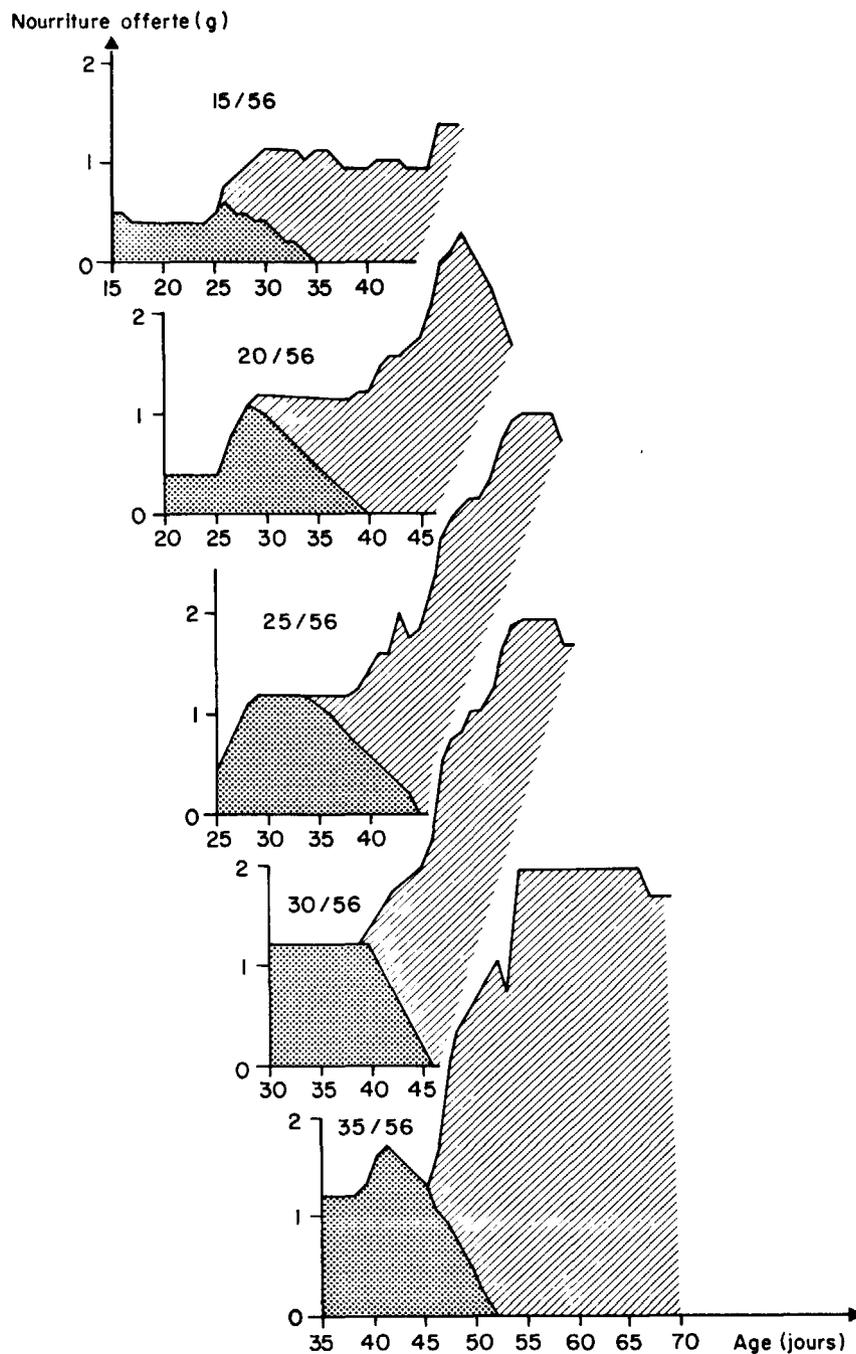


FIGURE 19 : Evolution des quantités de nourritures offertes dans une expérience d'accoutumance à un même aliment composé (granulé sec n° 56) de jeunes soles âgées de 15 à 35 jours (voir le plan expérimental et les codes figure 18).

-  Artemia lyophilisées
-  Granulé n° 56

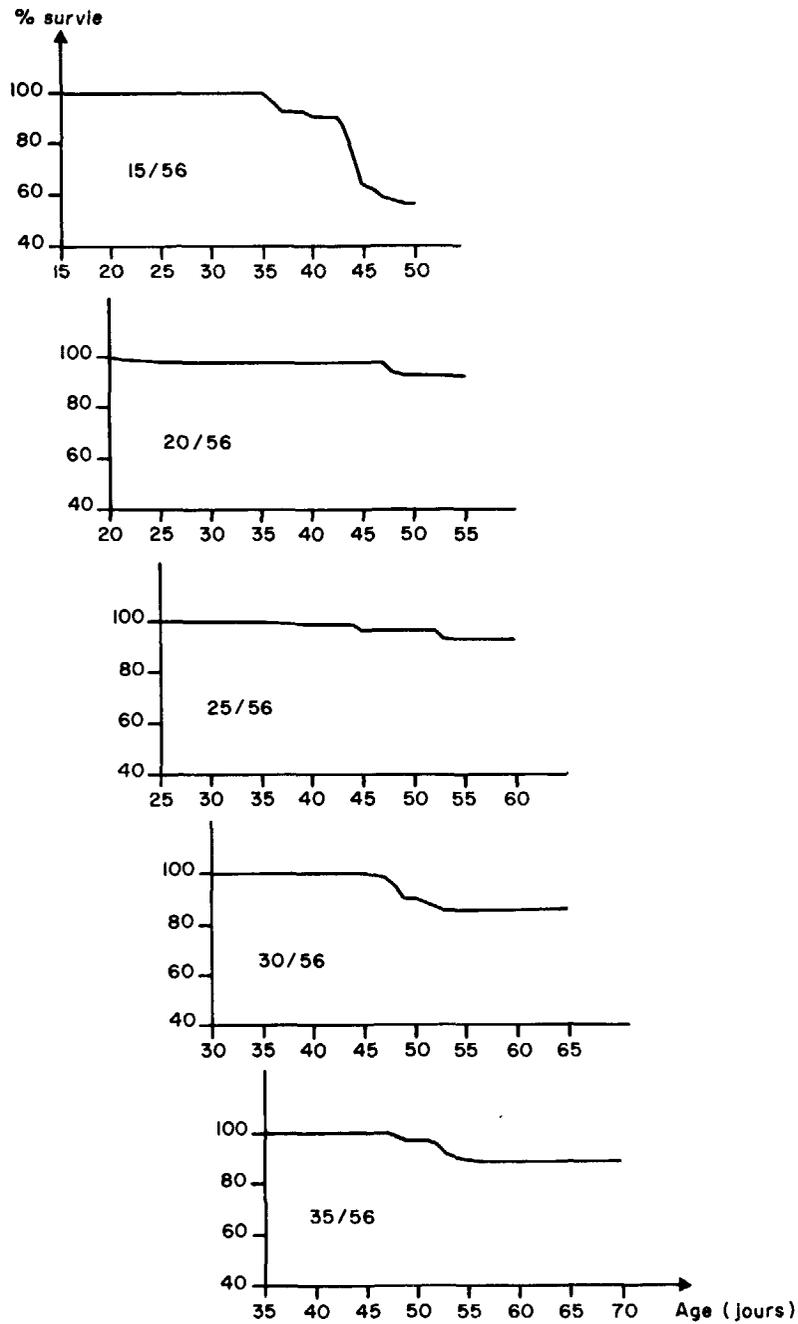


FIGURE 20 : Evolution des pourcentages de survie dans une expérience d'accoutumance à un même aliment composé (granulé sec n° 56) de jeunes soles âgées de 15 à 35 jours (voir le plan expérimental et les codes figure 18).

Les courbes de croissance en poids et en taille (fig. 21) ne mettent aucun blocage total en évidence. Mais la vitesse de croissance des animaux se trouve dans tous les cas fortement réduite. Les 3 lots constitués les premiers (15ème, 20ème et 25ème jour) présentent une croissance du même ordre, très lente. Les 2 lots constitués plus tard (30ème et 35ème jour) donnent de meilleurs résultats. Le lot 30/56, après un démarrage de même type que ceux des précédents, semble mieux réagir en fin d'expérience. Le lot 35/56 est le seul à présenter un point d'inflexion à la fin de la période d'emploi des *Artemia* lyophilisées, signe qu'elles devaient être assez bien appréciées. Comme dans le cas précédent, sa réaction s'améliore en fin d'expérience.

- La qualité de l'aliment composé :

Le lot 25/56, qui sert d'articulation à l'expérience, se retrouve dans son second volet, aux côtés de 3 autres lots expérimentaux (25/57, 25/58 et 25/59) et du témoin (25/AV). Leurs schémas d'alimentation sont présentés dans la figure 22.

Toutes les courbes de survie sont assez semblables (fig. 23) : en fin d'expérience, les taux de survie des lots expérimentaux sont élevés (82 à 94 %), et proches de celui du témoin.

Les courbes de croissance présentent par contre des différences nettes (fig. 24). Les poissons les plus lents du lot témoin achèvent l'expérience avec un poids 4 fois plus élevé que celui des poissons les plus rapides des lots expérimentaux. Une analyse de variance pratiquée sur les résultats de fin d'expérience ne montre aucun effet significatif des différentes formules de granulés testées.

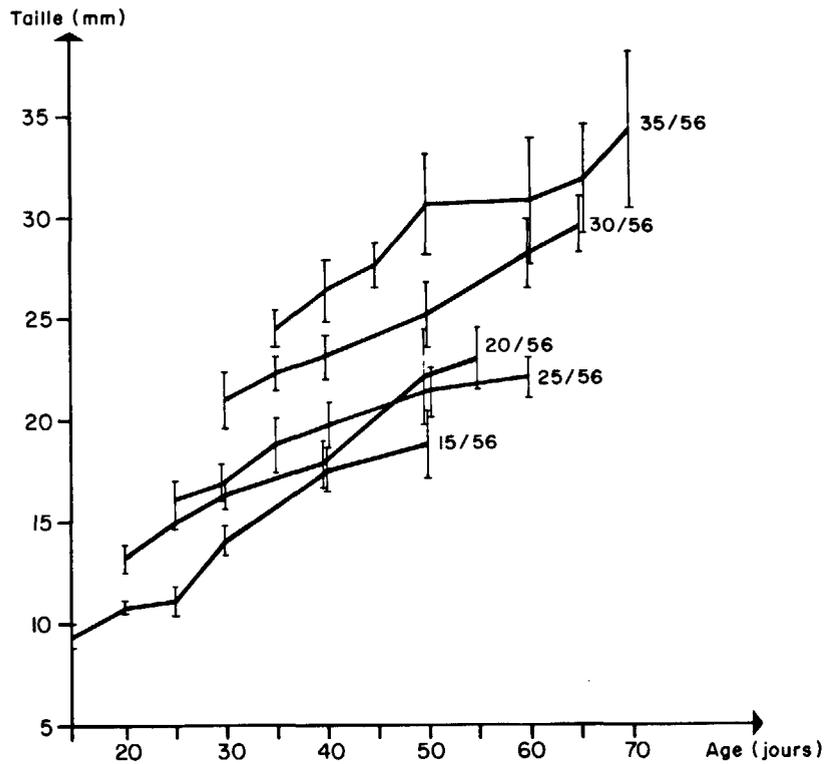
- Synthèse :

Une synthèse permet de mieux juger les observations qui découlent de chacun des 2 éléments de l'expérience. La série des tests qui sont lancés à l'âge de 25 jours fournit en effet une information utile sur le niveau de crédibilité des variations observées entre les lots qui sont constitués à des âges différents.

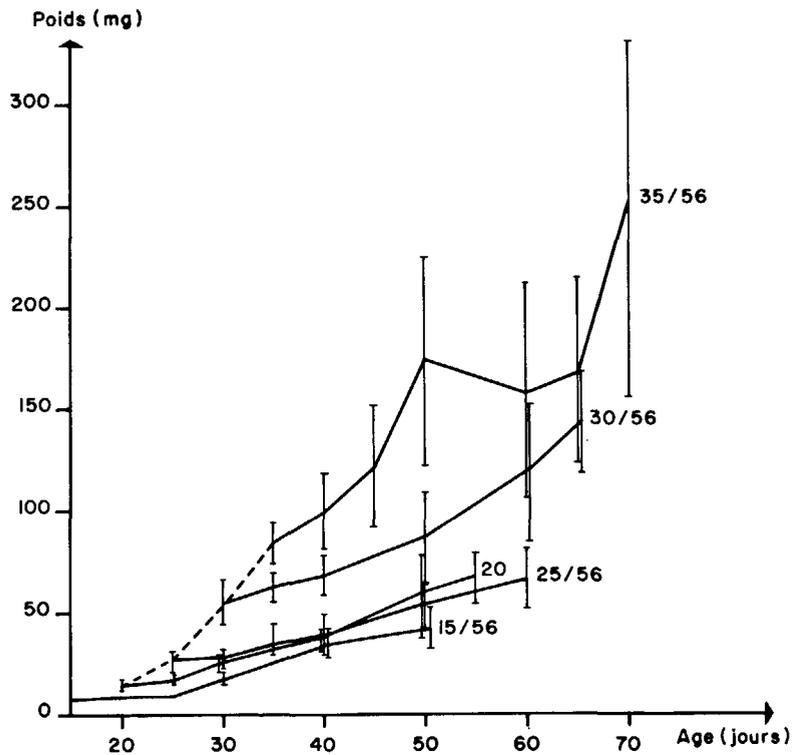
En premier lieu, et de toute évidence, l'arrêt des distribution de proies vivantes, et le passage à un granulé sec, même en employant des *Artemia* lyophilisées pendant une période transitoire, provoque un freinage considérable de la croissance. Il n'y a cependant jamais blocage total.

L'âge des poissons est un élément important. Il semble dangereux pour leur survie d'entamer le processus dès l'âge de 15 jours. Du point de vue de la croissance, il paraît utile d'attendre au moins le 30ème jour, sinon plus.

L'expérience ne permet aucune conclusion quant à un éventuel effet des taux protéique et lipidique des aliments composés sur la croissance des animaux. La formule 57, qui fournit le meilleur résultat, paraît, en attendant des informations plus précises, la plus recommandable. Mais surtout la faiblesse générale des résultats obtenus avec les granulés confirme l'intérêt d'une série d'expériences sur l'effet de divers appétants. En outre, dans la mesure où les *Artemia* lyophilisées sont mal acceptées par les animaux, il paraît utile de prévoir un retour à l'emploi d'*Artemia* congelées pendant la période de transition.



a. Taille (longueur totale)



b. Poids (poids humide de l'animal égoutté)

FIGURE 21 : Croissance de jeunes soles dans une expérience d'accoutumance à un même aliment composé (granulé sec n° 56), à des âges différents : moyennes et intervalles de confiance au seuil des 95 %, pour des échantillons de 10 individus, fixés au formol neutre à 5 %. (Voir le plan expérimental et les codes figure 18).

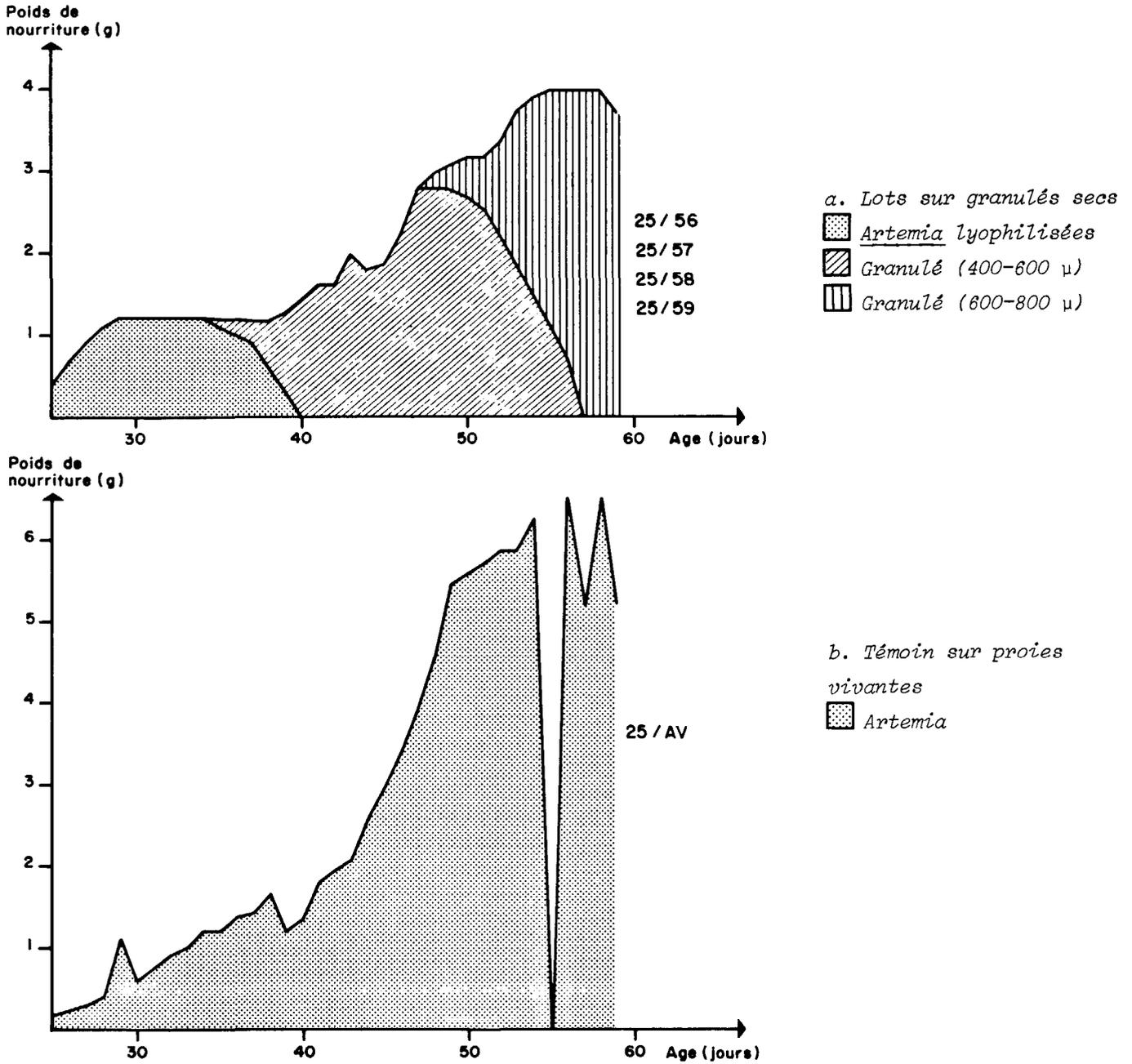


FIGURE 22 : Schémas alimentaires d'une expérience d'accoutumance de jeunes soles de 25 jours à des aliments composés, présentés sous forme de granulés secs, avec un témoin sur nourriture vivante. (Voir plan expérimental et détail des codes figure 18).

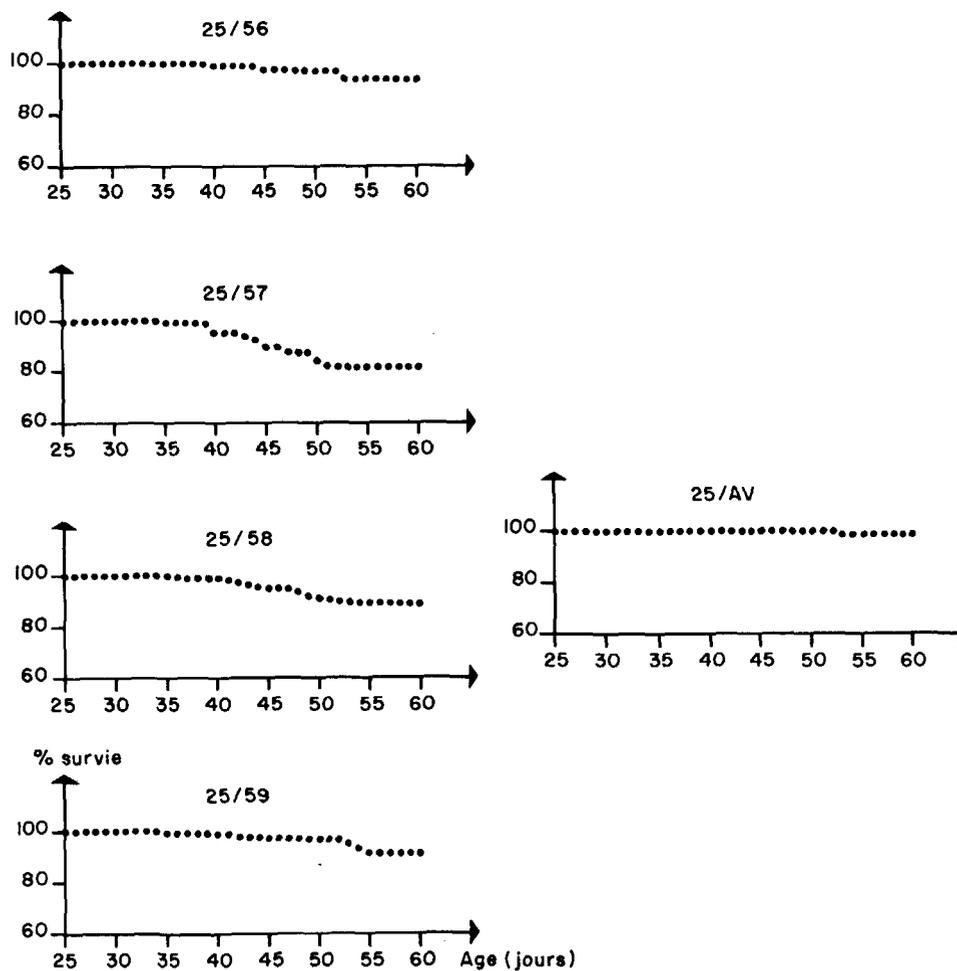
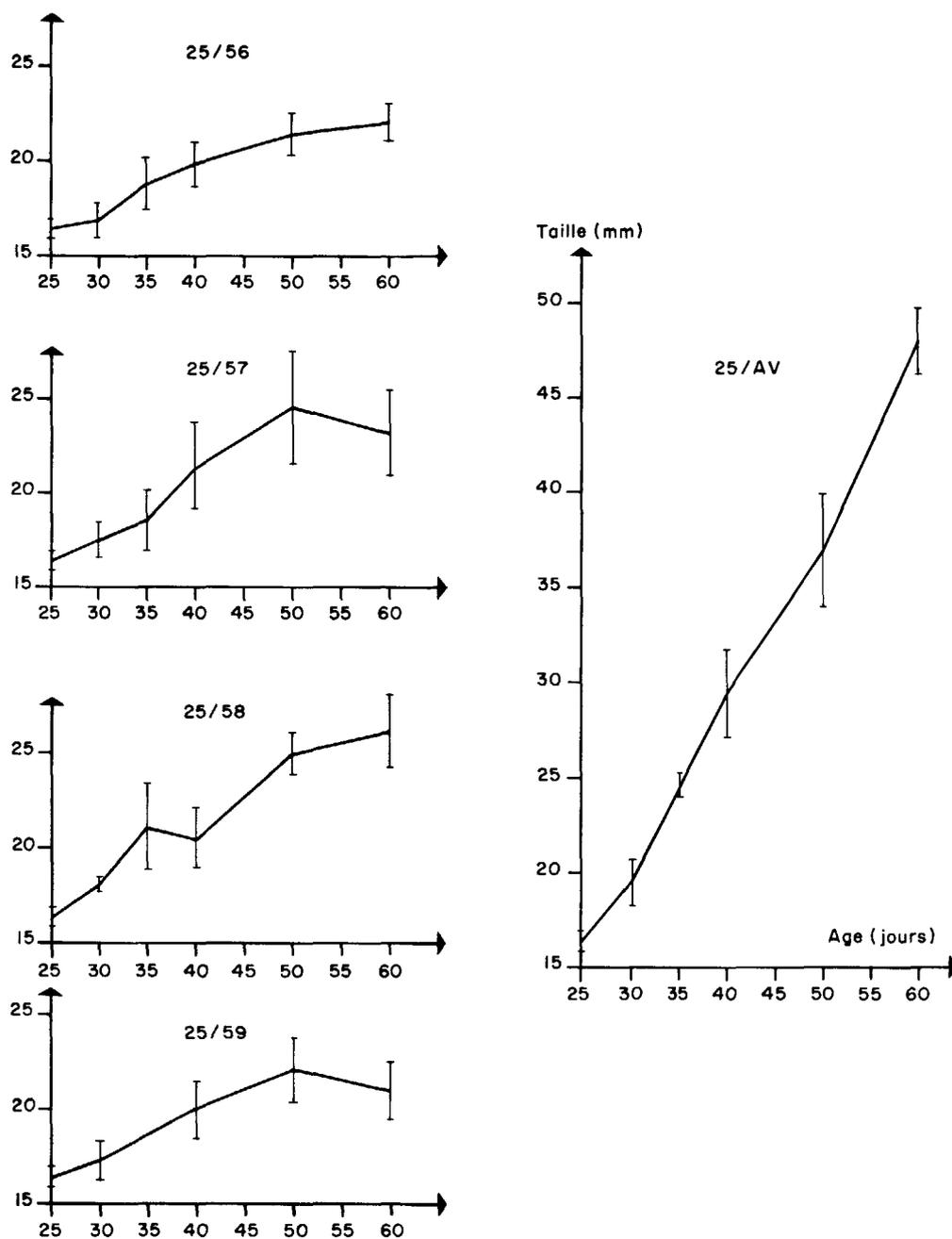
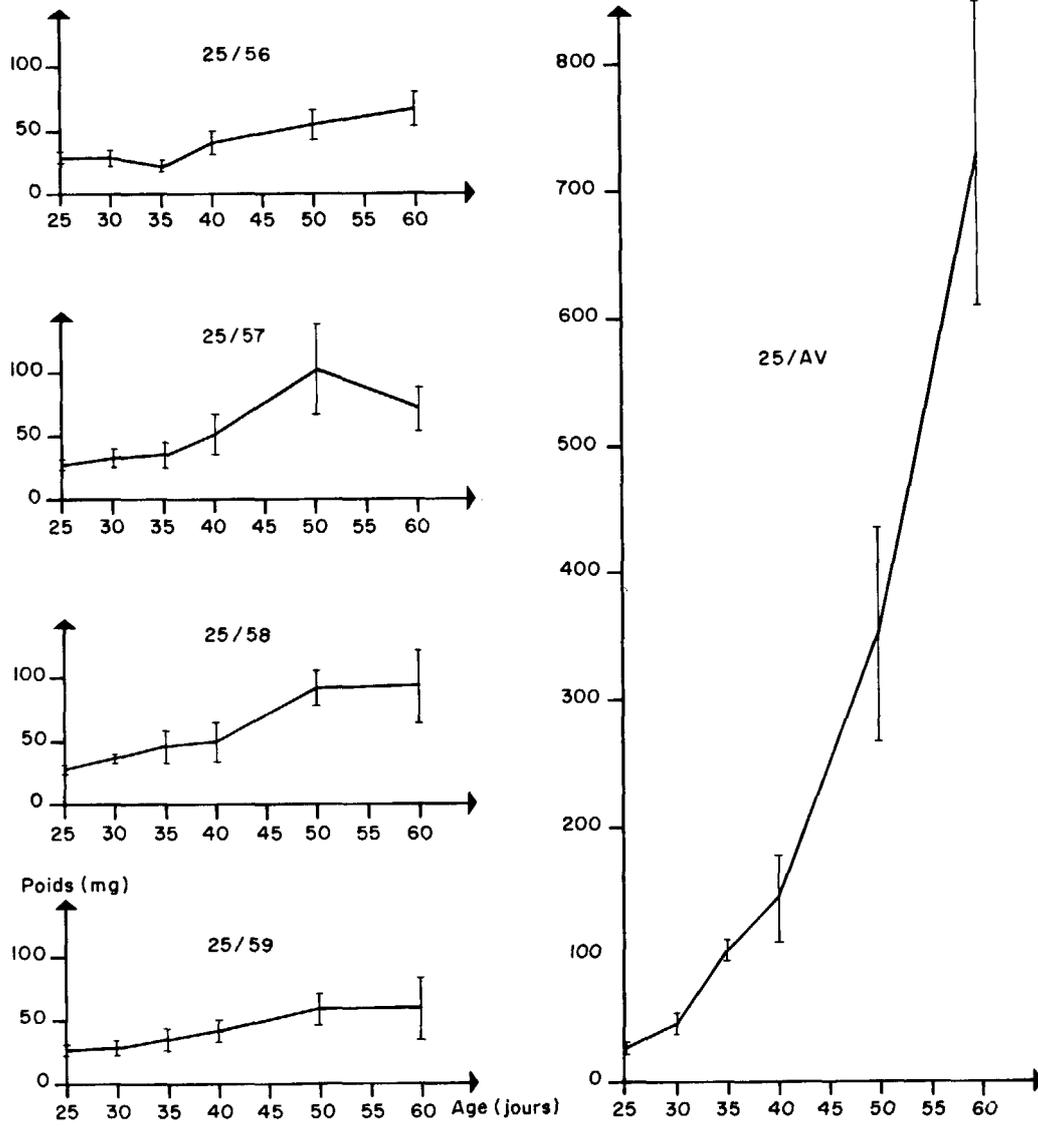


FIGURE 23 : Courbes de survie dans une expérience d'accoutumance de jeunes soles de 25 jours à des aliments composés présentés sous forme de granulés secs, avec un témoin sur proies vivantes (Voir plan expérimental et détail des codes figure 18).



a. Taille (longueur totale)

FIGURE 24 : Croissance de jeunes soles dans une expérience d'accoutumance à des aliments composés présentés sous forme de granulés secs : moyennes et intervalles de confiance au seuil des 95 %, pour des échantillons de 10 individus fixés au formol neutre à 5 %. (Voir plan expérimental et détail des codes figure 18).



b. Poids (poids humide de l'animal égoutté).

4.6.2.2. LE TAUX D'APPETENT DANS LE GRANULE DE TRANSITION.

Alors que la première expérience arrive à mi-chemin (les poissons sont âgés de 45 jours), il devient possible d'en lancer une seconde. Faute de l'analyse qui précède, elle est conçue avec l'aliment n° 56. Elle oppose des granulés réalisés à partir de la formule de base seule, ou complétés de 10 %, 30 % ou 50 % de farine d'*Artemia*.

L'expérience est réalisée dans 4 bacs de 60 l sans exhausteur central, avec des lots de 150 poissons de 25 jours, provenant de la ponte 6. Ces lots sont alimentés selon un même schéma (fig. 25) qui comprend des *Artemia* congelées, offertes en 4 repas quotidiens (9h, 14h, 17h et 21h), les jours 26 à 28, 3 repas (9h, 14h et 17h), les jours 29 à 31, 2 repas (9h et 17h), les jours 32 et 33, et 1 repas (9h), les jours 34 et 35. Comme précédemment, les *Artemia* lyophilisées et les granulés sont offerts en continu.

En matière de survie (fig. 26), les 2 groupes se distinguent nettement. Les aliments sans *Artemia* et avec 10 % d'*Artemia* n'induisent qu'une mortalité négligeable pendant les 25 premiers jours de l'expérience. Lorsqu'elle s'achève, les 2 lots se trouvent à des niveaux très proches (respectivement 60 et 62 % de survie), et une crise de mortalité nette est en cours. Les deux aliments à teneur élevée en farine d'*Artemia* provoquent une crise de mortalité plus précoce : elle commence après 16 à 17 jours et s'achève une dizaine de jours plus tard. A l'arrêt de l'expérience, les 2 lots sont parvenus à des plateaux de niveaux très voisins : 40 % de survie pour l'aliment à 30 % de farine d'*Artemia*, 42 % pour l'aliment à 50 % d'*Artemia*.

Les courbes de croissance (fig. 27) montrent un blocage net dès l'arrêt des distributions d'*Artemia* (35ème jour depuis l'éclosion). Le poids atteint à ce stade n'est dépassé en fin d'expérience que dans le lot sur aliment à 10 % de farine d'*Artemia*. Aucun des autres ne présente de signe clair d'une éventuelle reprise de croissance.

Ces résultats sont, dans l'ensemble, nettement plus mauvais que ceux de l'expérience précédente, où le lot constitué à l'âge de 25 jours, et accoutumé à l'aliment n° 56 sans farine d'*Artemia*, achève ses 35 jours de test avec 95 % de survie, et un poids moyen plus que doublé. Pourtant, les animaux sont très semblables au départ : ils pèsent en moyenne 27 mg dans la première expérience, 31 dans la seconde. Par contre, de l'une à l'autre, des *Artemia* congelées sont introduites dans les schémas alimentaires, les distributions d'*Artemia* sont réduites de 15 à 10 jours, le nombre de poissons initial est porté de 100 à 150, et les exhausteurs disparaissent. Il est donc difficile de déterminer la part qui revient aux poissons eux-mêmes, et celle qui relève de ces éléments, dans les différences constatées.

Sur l'ensemble de la survie et de la croissance, les moins mauvais résultats sont fournis par l'aliment à 10 % de farine d'*Artemia*, ce qui s'accorde avec des observations déjà faites chez le bar (BARAHONA-FERNANDES et coll., 1976), où il est apparu inutile d'employer un taux d'appétent plus élevé.

4.6.2.3. LA NATURE DE L'APPETENT DANS L'ALIMENT INERTE.

Une troisième expérience, qui porte sur la nature de l'appétent à incorporer dans le granulé de transition, est lancée avec des poissons de la ponte n° 17 alors que la seconde expérience arrive à son 25ème jour. Elle a fait l'objet d'une publication (GIRIN et coll., 1977).

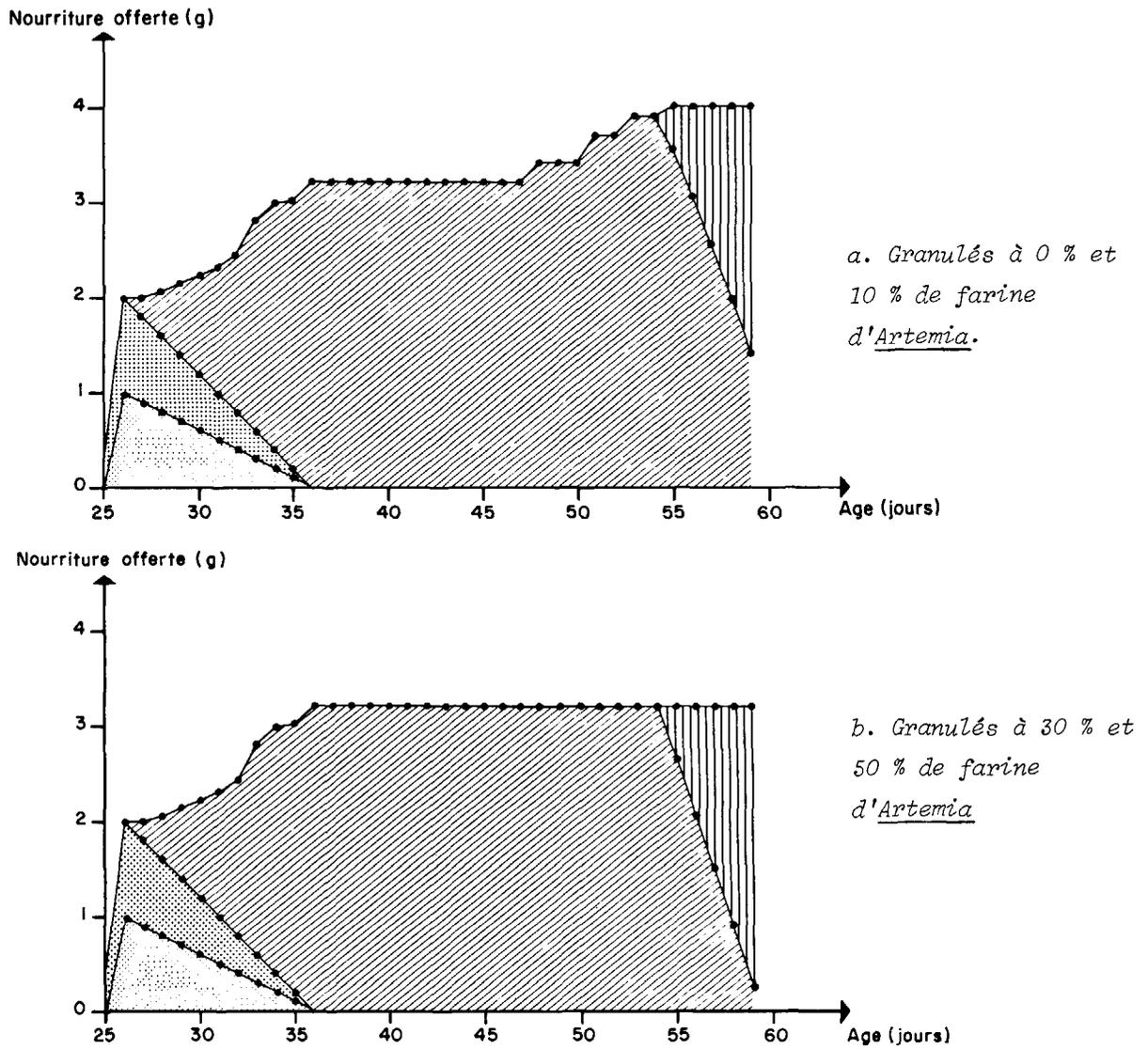


FIGURE 25 : Schémas alimentaires dans une expérience d'accoutumance de soles de 25 jours à un même granulé (formule n° 56), contenant diverses proportions de farine d'Artemia en guise d'attractant, en 1976.

Les différents éléments du régime n'ayant pas tous le même taux d'humidité (90 % pour les Artemia congelées, 7 % pour les granulés, et 0 % pour les Artemia lyophilisées), les quantités sont exprimées en poids sec.

-  Artemia congelées
-  Artemia lyophilisées
-  Granulés (400-600 μ)
-  Granulés (600-800 μ)

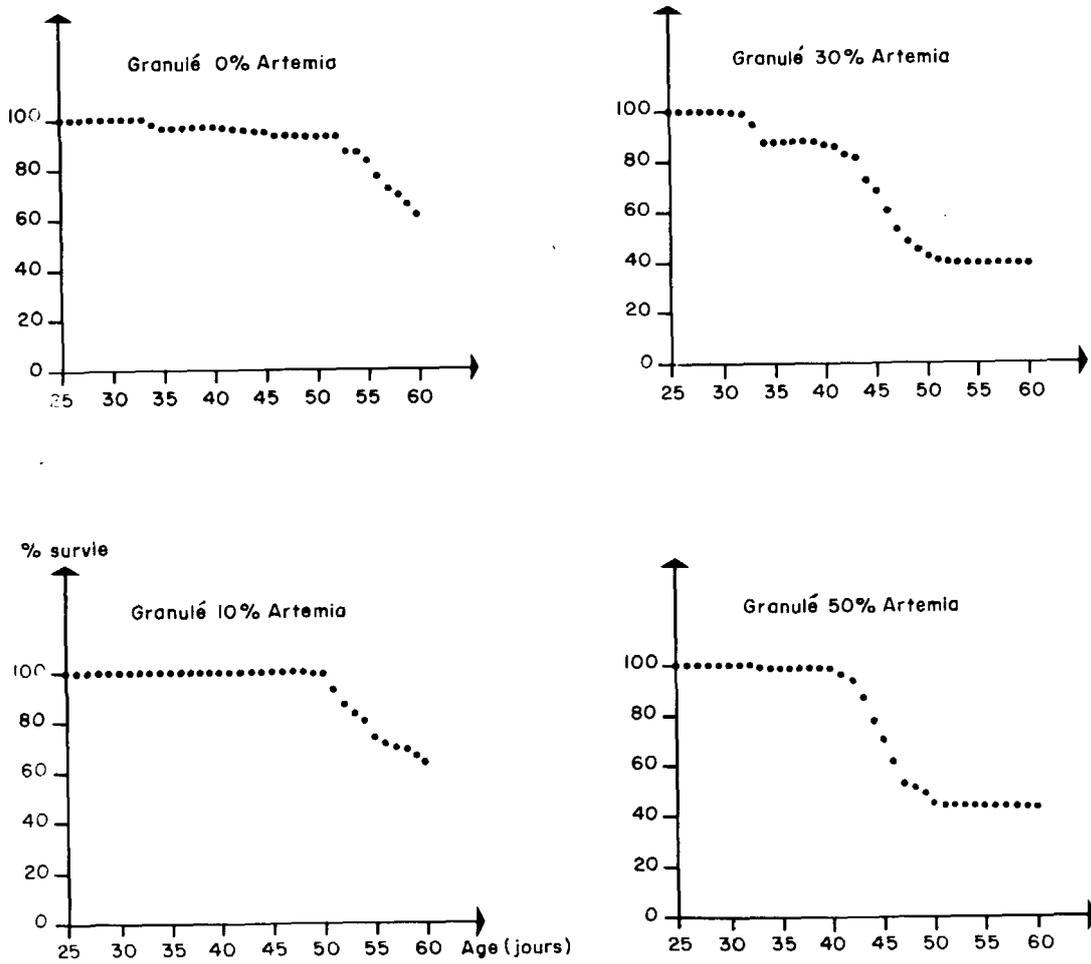


FIGURE 26 : Evolution des taux de survie dans une expérience d'accoutumance de soles de 25 jours à un même granulé (formule n° 56), contenant diverses proportions de farine d'Artemia en guise d'attractant (voir schémas alimentaires figure 25).

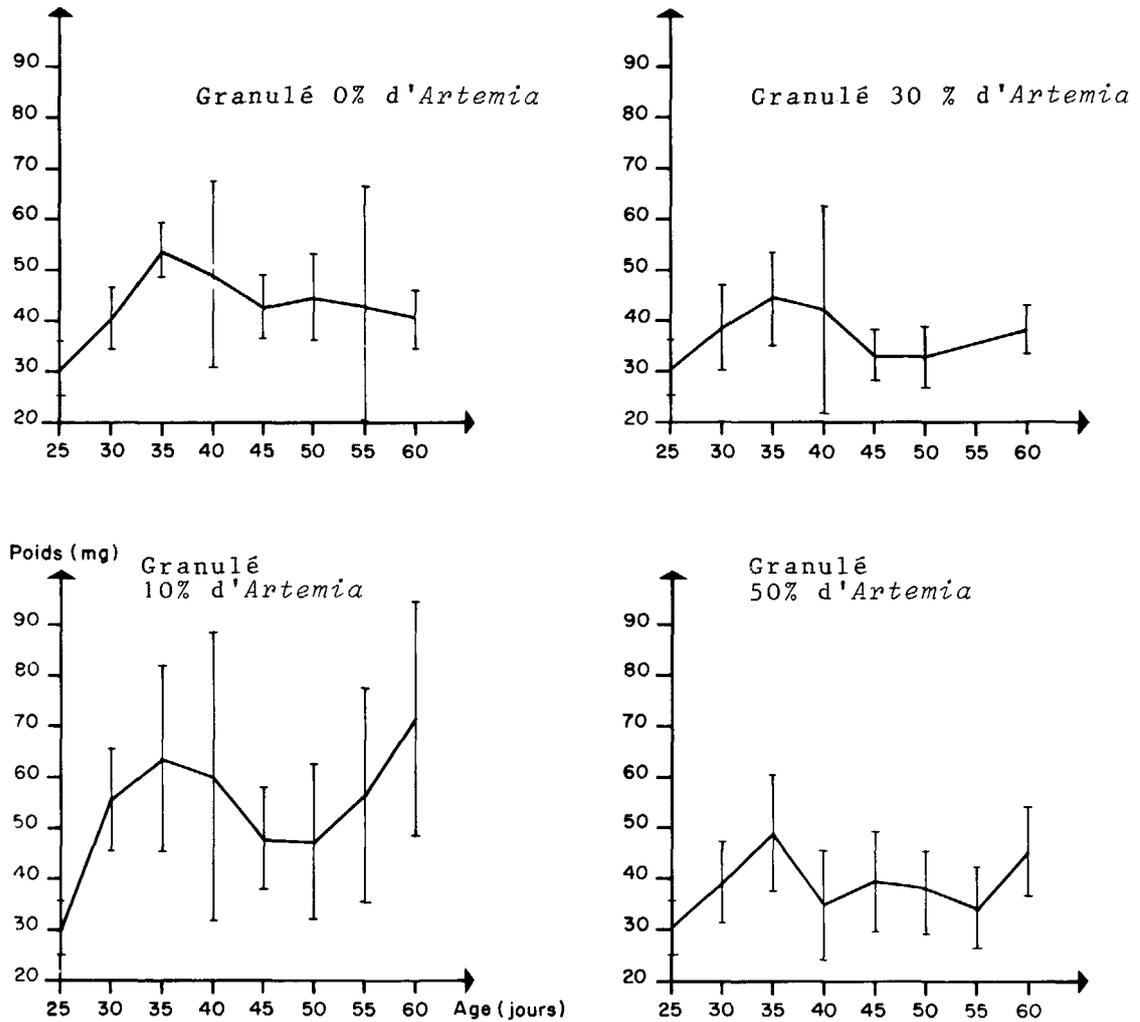


FIGURE 27 : Croissance pondérale de jeunes soles dans une expérience d'accoutumance à un même granulé (formule n° 56), contenant diverses proportions de farine d'*Artemia* en guise d'attractant : moyennes et intervalles de confiance au seuil des 95 % pour des échantillons de 10 individus, après fixation au formol neutre à 5 % (voir schémas alimentaires figure 25).

Au vu des éléments d'information disponibles alors, les lots sont constitués à l'âge de 30 jours, des *Artemia* congelées sont offertes en même temps que les *Artemia* lyophilisées, l'aliment sec retenu est le n° 57, le taux d'appétant dans le granulé de transition est fixé à 10 %, et les bacs sont équipés d'exhausteurs centraux.

En dehors de ces points, les conditions expérimentales et les méthodes de travail restent inchangées, mais les lots sont suivis cette fois pendant 2 mois, de façon à inclure dans l'étude, après l'accoutumance au granulé de transition avec appétant, le passage à la même formule, sans appétant particulier.

A titre comparatif, l'expérience comprend un lot nourri avec l'un des granulés sans zéine (formule n° 1) employés en 1976 (METAILLER et GIRIN, 1976). Il s'y ajoute un test de passage à une nourriture naturelle humide : de la chair de Mollusque Bivalve (*Laevicardium crassum*) hachée, avec, en transition, de l'Annélide Polychète (*Nephtys hombergii*) broyée.

Cela se traduit par une série expérimentale de 9 bacs, dans laquelle le premier et le dernier reçoivent le même traitement :

- Formule 57. Appétant : <i>Artemia</i>	code : 57 A
- Formule 57. Appétant : Krill	code : 57 K
- Formule 57. Appétant : Polychète	code : 57 P
- Formule 57. Appétant : Mollusque	code : 57 M
- Formule 57. Appétant : Concentré protéique de crevettes	code : 57 CPC
- Formule 57. Appétant : Farine de crevettes	code : 57 FC
- Formule 1A. Appétant : <i>Artemia</i>	code : 1 A
- Polychète et mollusque hachés congelés	code : PMC
- Formule 57. Appétant : <i>Artemia</i>	code : 57 A'

Les résultats obtenus au bout des 60 jours de l'expérience (les poissons sont alors âgés de 3 mois) se trouvent résumés dans la figure 28.

Les meilleurs lots fournissent des résultats qui dépassent nettement ceux de 1976, que ce soit en matière de croissance (jusqu'à 1,1 g de poids moyen à 3 mois) ou de survie (depuis l'éclosion 55 % avec de la chair de bucarde hachée, et 37 % avec le meilleur granulé sec).

L'analyse confirme que les difficultés rencontrées dans l'accoutumance des poissons à des aliments inertes tiennent essentiellement au fait que l'animal refuse de consommer les nourritures qui lui sont offertes.

Parmi les différents appétents testés à partir d'une même formule, le mollusque (surtout en taux de survie), et le polychète (surtout en croissance) fournissent de meilleurs résultats que toutes les farines à base de crustacés. Pour des productions importantes, le mollusque, facilement disponible en grandes quantités, et à un prix beaucoup plus faible que les polychètes ou les *Artemia*, est de loin l'appétant le plus intéressant.

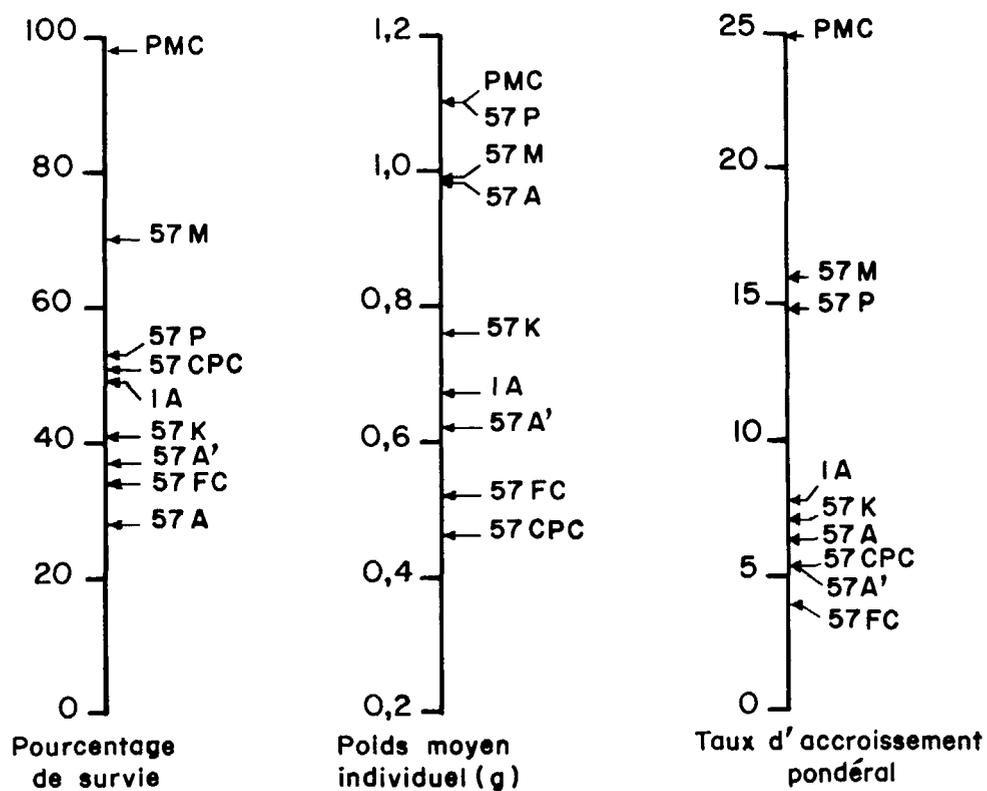


FIGURE 28 : Bilan à l'âge de 3 mois d'une expérience d'accoutumance à divers aliments inertes lancée sur des soles de 1 mois, en 1976 (d'après GIRIN et coll., 1977).

Le pourcentage de survie est calculé entre le début et la fin de l'expérience. Le poids moyen en fin d'expérience est mesuré sur un échantillon de 10 individus fixés au formol neutre à 5 %. Le taux de multiplication pondérale est calculé en multipliant le gain de poids moyen entre 1 et 3 mois par le pourcentage de survie pendant la même période. Les codes des lots sont détaillés dans le texte, à la page précédente.

Entre les 2 formules de base testées, 1 et 57, il n'est pas possible de mettre une différence nette en évidence. Cela conduit à préférer l'aliment qui contient de la zéine, du fait de sa meilleure tenue à l'eau.

Les aliments naturels humides (polychète et chair de mollusque hachés) dominent tous les granulés testés, surtout par le taux de survie. Quelle qu'en soit la raison, qui reste à déterminer, cela permet d'envisager une voie d'alimentation utilisant d'éventuelles ressources locales disponibles à bas prix. En outre, pour l'expérimentateur, cela résout le problème du témoin, toujours délicat à réaliser avec des aliments composés, dont certains détails de formulation peuvent être modifiés d'une année à l'autre.

4.6.3. ESSAIS DE PRODUCTION D'ANIMAUX DE 3 MOIS ACCOUTUMES A UN ALIMENT INERTE.

A côté des tests qui viennent d'être décrits, et sans disposer encore de leur analyse, des essais d'élevage en plus grandes dimensions sont lancés pour tenter de produire les animaux nécessaires à des expériences de nutrition ou de grossissement ultérieures.

Huit tentatives, très diverses, sont réalisées dans des bacs de 400 l et 2 000 l, avec des fonds de sable (tableau 12). Les charges au départ varient dans une gamme importante: de 360 à 2 280 poissons/m². Les nourritures offertes changent d'une expérience à l'autre, et même, dans la moitié des cas, en cours d'essai, selon l'information qui sort des expériences à petite échelle. Les âges d'abandon des proies vivantes s'échelonnent entre 26 jours (ponte 17), et 35 jours (pontes 1 et 2).

L'emploi systématique du fond de sable percolé résulte des déboires enregistrés les années précédentes avec des fonds nus. Un test comparatif limité est quand même réalisé sur la première ponte. Deux lots identiques de 620 poissons de 36 jours sont répartis dans deux bacs de 400 l (surface au fond : 1 m²). L'un porte un fond de sable percolé, l'autre est nu. Les animaux y sont maintenus jusqu'à l'âge de 54 jours. Ils sont alors rassemblés dans un même bac de 500 l à fond de sable percolé (1,7 m² de surface au fond), les poissons du bac nu présentant des signes d'agitation anormale, et des débuts de nécrose des extrémités. Pendant tout le test, la mortalité reste inférieure à 1 % dans les 2 bacs, mais la croissance est légèrement meilleure sur le fond de sable percolé : à l'âge de 50 jours, le poids moyen y est de 103 ± 24 mg contre 85 ± 12 mg dans le bac à fond nu (différence significative au seuil des 95 % selon l'analyse de variance).

D'une expérience à l'autre, les résultats obtenus varient considérablement : de moins de 6 % à 42 % de survie entre 1 et 3 mois, avec une moyenne à 18,7 %, soit, depuis l'éclosion, de 3 à 32 % avec une moyenne à 11,5 %. Le poids moyen à l'âge de 3 mois est aussi très variable : le moins bon résultat (210 mg) est obtenu avec l'aliment n° 51 (variante de l'aliment n° 1, avec incorporation de zéine), sur la ponte n° 10. Le meilleur (1,02 g) est obtenu sur les pontes n° 13 et 17, avec de la chair de mollusque congelée. La dispersion des poids à l'intérieur de chaque lot est très importante. Elle est d'autant plus élevée que le poids moyen final est plus bas : les extrêmes sont fournis par la ponte n° 10 (coefficient de variation : 117 %), et la ponte n° 13 (coefficient de variation : 48 %).

L'âge d'abandon des proies vivantes ne paraît pas être une cause essentielle de ces différences : l'expérience de la ponte 3, lancée à l'âge de 27 jours, donne par exemple

N° de ponte	Nombre de poissons de 1 mois	Charge à 1 mois (nombre /m ²)	Nourriture (1)	Nombre de poissons à 3 mois	Charge à 3 mois (nombre /m ²)	Poids moyen à 3 mois (g)	Survie entre 1 et 3 mois (%)	Survie de l'éclosion à 3 mois (%)
1 2	2 150	1 260	G 56	468	275	0,32±0,29	22 %	15 %
3	1 720	430	G 56 (+ 60) PMC (43 →)	720	180	0,44±0,17	42 %	32 %
5	1 500	880	G 56 (+ 53) G 57 (48 →)	516	303	0,12±0,15	34 %	20 %
6 7	3 700	2 180	G 56 (+ 48) PMC (40 →)	277	162	0,70±0,24	7,5 %	4,2 %
10	620	360	G 51	170	100	0,21±0,17	27 %	6,0 %
13(2)	3 440	860	G 1 (+ 48) PMC (41 →)	777	194	1,02±0,35	22 %	13 %
17	1 500	860	PMC	173	102	1,02±0,47	12 %	6,5 %
	2 800	700	G 1	160	40	0,52±0,28	5,7 %	3,2 %
Total	17 450	-	-	3 260	-	-	-	-
Moyennes pondérées	-	850	-	-	200	0,56	18,7 %	10,2 %

TABLEAU 12 : Bilan à l'âge de 3 mois des essais d'accoutumance de jeunes soles à divers aliments inertes réalisés en 1976.

Les poids sont des moyennes sur 10 individus fixés au formol neutre à 5 % (intervalles de confiance au seuil des 95 %).

(1) G = Granulé. Le nombre qui suit indique le numéro de la formule.

PMC = Succession de polychètes et de mollusques hachés congelés.

Les nombres entre parenthèses indiquent l'âge, en jours, de dernière (nombre précédé de →) ou de première distribution (nombre suivi de →) de l'aliment indiqué.

(2) En association avec des bars.

un meilleur résultat (42 % de survie entre 1 et 3 mois), que celle de la ponte 1 (22 % de survie entre 1 et 3 mois), lancée à l'âge de 36 jours.

Les résultats obtenus dans les 2 expériences de la ponte 17 peuvent être comparés avec ceux de deux lots des tests à petite échelle sur la nature de l'appétant (p. 106, tests 57 M et 1 A) réalisés avec des animaux de la même ponte : ils diffèrent d'un facteur 8 en faveur des tests à petite échelle, à cause d'une crise de mortalité importante, liée à des nécroses des extrémités, qui se manifeste dans les grands bacs entre les âges de 40 et 50 jours (GIRIN et coll., 1977). Ces nécroses ne sont pas un phénomène général en bacs de grandes dimensions : elles se rencontrent seulement dans les pontes 6/7, 13 et 17. Ce sont les pontes de milieu et de fin de saison dont les essais d'accoutumance à des aliments inertes sont entamés à une charge qui dépasse 500 individus de 1 mois/m². Ce fait, et les symptômes présentés par les animaux, peuvent faire penser à une maladie bactérienne similaire à celle que BARAHONA-FERNANDES (1977) a décrite chez le bar. Elle apparaîtrait en cours de saison, et ne toucherait pas les lots à faible charge.

L'hypothèse demande vérification. Si c'était le cas, l'antibiothérapie testée sur le bar pourrait être expérimentée sur les soles. L'emploi systématique d'exhausteurs, qui augmentent la vitesse de passage de l'eau à travers le sédiment, indépendamment du débit de renouvellement du bassin, pourrait aussi se révéler un moyen de prévention utile. En effet, si ces appareils sont présents dans les 2 tests à petite échelle les mieux réussis, ils sont absents dans les grands bacs à une exception près : celui qui sert à la ponte 13, jusqu'à l'âge de 70 jours (bac rectangulaire de 4 m x 1 m, avec 2 exhausteurs). Ce lot est d'ailleurs le seul à recevoir un traitement antibiotique dont l'effet n'est pas net (bain de 10 mg de furanace/l, pendant 20 mn, le 70ème jour). Malgré la présence de nécroses, et une crise de mortalité importante, il fournit un taux de survie honorable (22 % de 1 à 3 mois).

4.7. REMARQUES.

Comme les deux ans de travail sur le bar, les 4 années d'expérimentation sur la sole présentées ici s'achèvent sur une progression nette.

Les débuts sont difficiles. 1973 constitue une prise de contact, limitée par la faible quantité d'oeufs disponibles, qui vise seulement à reproduire les résultats de FLUCHTER (1965) et SHELBOURNE (1968). Avec 3 600 poissons qui arrivent à l'âge de 1 mois (60 % de survie depuis l'éclosion), l'élevage larvaire confirme l'impression de facilité laissée par la littérature. Mais le problème du sevrage montre toute sa difficulté. 1974 commence mal, avec encore moins d'oeufs que 1973. Cela laisse à peine plus de 700 poissons de 1 mois (60 % de survie depuis l'éclosion) pour aborder le sevrage. Aucune solution n'est trouvée, mais il y est gagné une meilleure connaissance des signes à surveiller dans le comportement de l'animal.

En 1975 la situation change complètement. Les pontes progressent, et les travaux réalisés sur le bar fournissent une nouvelle approche des problèmes liés au sevrage. Sur les 6 800 poissons qui dépassent l'âge de 1 mois (51 % de survie depuis l'éclosion), il en reste 400 à l'âge de 3 mois (4 % de survie depuis l'éclosion), qui se nourrissent bien de granulé sec. En 1976, avec 84 000 animaux qui dépassent l'âge de 1 mois (50 % de survie depuis l'éclosion), le matériel expérimental est devenu abondant. 65 000 d'entre eux peuvent être employés à une première approche de solutions de terrain, en vue d'élevages extensifs ou semi-extensifs. L'expérimentation sur le sevrage des autres en laboratoire fournit 3 250 poissons de 3 mois (10 % de survie depuis l'éclosion), qui se nourrissent bien de chair de mollusque, ou de granulé sec.

A ce stade, comme pour le bar, il n'y a plus de point de blocage majeur dans l'élevage de la sole. Le sevrage n'est plus qu'une simple difficulté sur laquelle les travaux se concentrent (KERR, 1976 ; GIRIN et coll., 1977 ; KINGWELL et coll., 1977 ; BROMLEY, sous-*presse*). Mais, dans le détail, la sole et le bar s'opposent bien plus qu'ils ne se ressemblent.

La ponte naturelle de la sole en captivité peut fournir sans problème des quantités d'oeufs importantes. Mais il paraît nécessaire, dans l'état actuel des connaissances, d'inclure des polychètes dans l'alimentation des reproducteurs. Et il semble plus prudent de prévoir 2 à 3 ans d'acclimatation à la captivité avant de baser un programme sur les produits de ces animaux.

A 18° C, avec une charge de 50-60 larves/l au départ, le premier mois de l'élevage n'implique normalement pas une perte supérieure à la moitié des animaux (moins du quart dans les meilleurs cas). Son facteur fondamental reste inconnu. Dans les conditions d'élevage employées, il semble préférable de ne pas dépasser 70 larves/l au départ. A l'âge de 1 mois, jusqu'à 5 000 animaux/m², aucun effet de la charge n'a été mis en évidence.

La morphogenèse est pratiquement achevée à l'âge de 15 jours (6 mg, en poids humide après fixation), mais le sevrage ne commence à être à peu près maîtrisé que vers l'âge de 1 mois (50 mg). Il y a encore, au niveau de ce problème, de grandes différences entre les résultats obtenus sur des lots de l'ordre de la centaine d'animaux, ou sur des lots plus importants. Dans les deux cas, les meilleurs résultats d'ensemble (survie et croissance réunies) sont obtenus avec des aliments naturels congelés (polychètes et chair de mollusque hachés), plutôt qu'avec des granulés secs. Mais il y a aussi de très importantes différences qui restent inexplicables, d'une expérience à l'autre, ou d'un lot à l'autre dans une même expérience.

La technique peut être améliorée. Si l'on considère les performances de croissance du poisson avec des proies vivantes, et les meilleurs résultats de sevrage à petite échelle, il est de toute évidence possible d'arriver à l'âge de 3 mois avec un taux de survie supérieur à 70 % depuis l'éclosion, et un poids moyen voisin de 2 g, en passant sur nourriture inerte à la fin de premier mois. La charge de réussir cela a été confiée à J. FUCHS.

L'espèce semble donc très prometteuse, d'autant plus que les anomalies morphologiques observées chez le bar, si elles n'ont pas encore été répertoriées et quantifiées exactement, ne touchent manifestement qu'une minorité d'animaux. Il y a, il est vrai, des anomalies de pigmentation, mais dans une proportion qui ne dépasse pas quelques pourcent.

5. LE TURBOT

5.1. HISTORIQUE.

Comme pour les autres espèces, les premiers travaux sur l'élevage larvaire du turbot remontent au début du siècle. DANNEVIG (1895) obtint des oeufs, sans tenter d'élevage. MALARD (1899), puis DANTAN (1905) tentèrent des élevages larvaires, sans succès. Puis, en 1908, ANTHONY (1910) réussit à mener des animaux jusqu'à l'âge de 23 jours, observant un début de migration de l'oeil droit.

Ces travaux restèrent oubliés pendant plus d'un demi-siècle, avant d'être repris en Grande-Bretagne. Une série d'essais lancés en 1968, permirent à THACKER (in JONES, 1972 a) d'obtenir une première métamorphose après 68 jours d'élevage, à 16° C, dans des "eaux vertes", avec un régime à base de *Brachionus* et d'*Artemia*. L'élevage larvaire paraissait nettement plus délicat que celui de la plie, ou de la sole. Mais les premiers essais de grossissement réalisés avec des juvéniles sauvages poussaient à l'optimisme : l'espèce présentait une grande robustesse, une croissance rapide, un bon rendement alimentaire, et tolérait des charges élevées (PURDOM et coll., 1972). A supposer que son élevage larvaire puisse être dominé, ces caractéristiques, et sa valeur marchande, en faisaient le poisson marin susceptible d'alimenter des fermes rentables le plus tôt (JONES, 1972 b).

L'optimisme des chercheurs anglais, malgré des résultats encore minces, fit du turbot l'un des deux premiers poissons abordés au Centre Océanologique de Bretagne. Le programme débuta sous de bons auspices. Dès la première année (1971) des oeufs fécondés furent obtenus à partir de reproducteurs sauvages. 300 larves furent mises en élevage dans un aquarium de 60 l, à la station de l'Ile Tudy. Mais, malgré des distributions de plancton naturel, aucune ne survécut plus de 9 jours après l'éclosion. Il fallait donc en déterminer les raisons, et trouver des solutions adéquates.

5.2. LES PONTES.

JONES (1972 a), qui a obtenu des oeufs par massage abdominal et fécondation artificielle, à partir de reproducteurs sauvages et captifs, a décrit avec précision le

développement embryonnaire du turbot. Nous ne reviendrons donc pas sur ce point.

La période de travail sur l'élevage larvaire du turbot, considérée dans cet ouvrage, s'étend de 1971 à 1975. Les pontes obtenues sont donc détaillées pour ces années seulement.

5.2.1. LES PONTES DE 1971.

La seule méthode employée en 1971 est le massage abdominal de reproducteurs fraîchement pêchés, à la station de terrain de l'Ile Tudy. La manipulation d'une vingtaine de femelles fournit 7 lots d'oeufs inutilisables entre le 4 et le 25 mai. Mais un lot obtenu le 6 mai (J.P. FLASSCH, comm. pers.), présente des oeufs viables, fécondés, qui donnent naissance à 300 larves 4 jours plus tard (incubation entre 16 et 18° C).

Les manipulations, pratiquées sur des poissons en mauvais état physiologique, ne permettent pas de tirer de conclusion précise sur l'intérêt de la méthode.

5.2.2. LES PONTES DE 1972.

Les tentatives de collecte d'oeufs à partir de poissons fraîchement capturés sont poursuivies en 1972 à l'Ile Tudy. Il s'y ajoute des essais sur des reproducteurs maintenus en captivité depuis l'année précédente dans des bacs de 20 m³, au COB. 15 lots d'oeufs, variant de 5 000 à 200 000, sont obtenus entre le 12 mai et le 5 juillet. Quatre séries de fécondations sont réussies :

- le 17 mai à l'Ile Tudy (il en sort 20 000 larves le 22).
- le 20 mai au COB (il en sort 8 000 larves le 24).
- le 4 juin à l'Ile Tudy (il en sort 30 000 larves le 8).
- le 5 juillet, de nouveau à l'Ile Tudy (il en sort 50 000 larves le 9).

Devant les difficultés rencontrées au COB, une dizaine de tentatives d'injection hormonale (gonadotrophine chorionique, à des doses de 500 et 1 000 unités internationales par kg) sont réalisées. Elles ne semblent pas être suivies d'effet. Il apparaît surtout que les manipulations, faites hebdomadairement à partir de la première semaine de mai, conduisent à un blocage de la maturation des femelles, et une atrésie ovulaire. Dans ce qui est obtenu, les oeufs surmatures à paroi fripée, déchirés, ou opaques, sont généralement en majorité.

Toujours au COB, deux pontes naturelles sont enregistrées les 10 et 18 mai. Elles ne contiennent aucun oeuf fécondé.

5.2.3. LES PONTES DE 1973.

En 1973, la station de l'Ile Tudy ne reçoit pas de femelle pêchée au voisinage de la maturité sexuelle, et toute la saison est basée sur la manipulation d'une quarantaine de poissons captifs, disponibles au COB, dans 3 bacs de 20 m³.

12 pontes naturelles sans fécondation sont enregistrées, entre le 15 avril et le 26 juin (températures variant de 12 à 16° C). Les manipulations hebdomadaires systématiques sont remplacées par des manipulations restreintes aux occupants d'un seul bac, dès qu'une ponte naturelle y a été observée. Cela permet de réussir 9 fécondations artificielles, dont 8 aboutissent à des éclosions (270 000 larves au total).

- Le 12 mai (il en sort 10 000 larves le 18).
- Le 19 mai (il en sort 8 000 larves le 24).
- Le 25 mai (il en sort 18 000 larves le 29).
- Le 31 mai (il en sort 180 000 larves de 4 juin).
- Le 6 juin (il en sort 45 000 larves le 10).
- Le 13 juin (il en sort 5 000 larves le 17).
- Le 21 juin (il en sort 2 000 larves le 25).
- Le 27 juin (il en sort 2 500 larves le 1er juillet).

Ces résultats sont en progression par rapport à ceux de 1972, par le nombre de fécondations réussies, le nombre de larves obtenues, la durée de la saison de ponte. Mais l'absence de toute fécondation naturelle alors qu'il vient d'en être obtenu au cours des mois précédents chez le bar et la sole, dans des bacs similaires, constitue un échec indéniable.

5.2.4. LES PONTES DE 1974.

En 1974, le transfert de 2 lots de 8 poissons dans les bacs de 40 m³ référencés B.D.T.40i et B.D.T.40e (voir p.15) fournit une solution au problème. 23 pontes naturelles y sont enregistrées les 1, 4, 6, 7, 14, 17, 20, 21, 22, 28, 29 et 30 mai ; 1, 9, 10, 13, 14, 24, 25 et 29 juin ; 1, 2 et 4 juillet. Toutes comprennent, en plus ou moins grande proportion, des oeufs fécondés. Leur mise en incubation permet d'obtenir 1 413 000 larves, dont 300 000 pour la seule ponte du 30 mai.

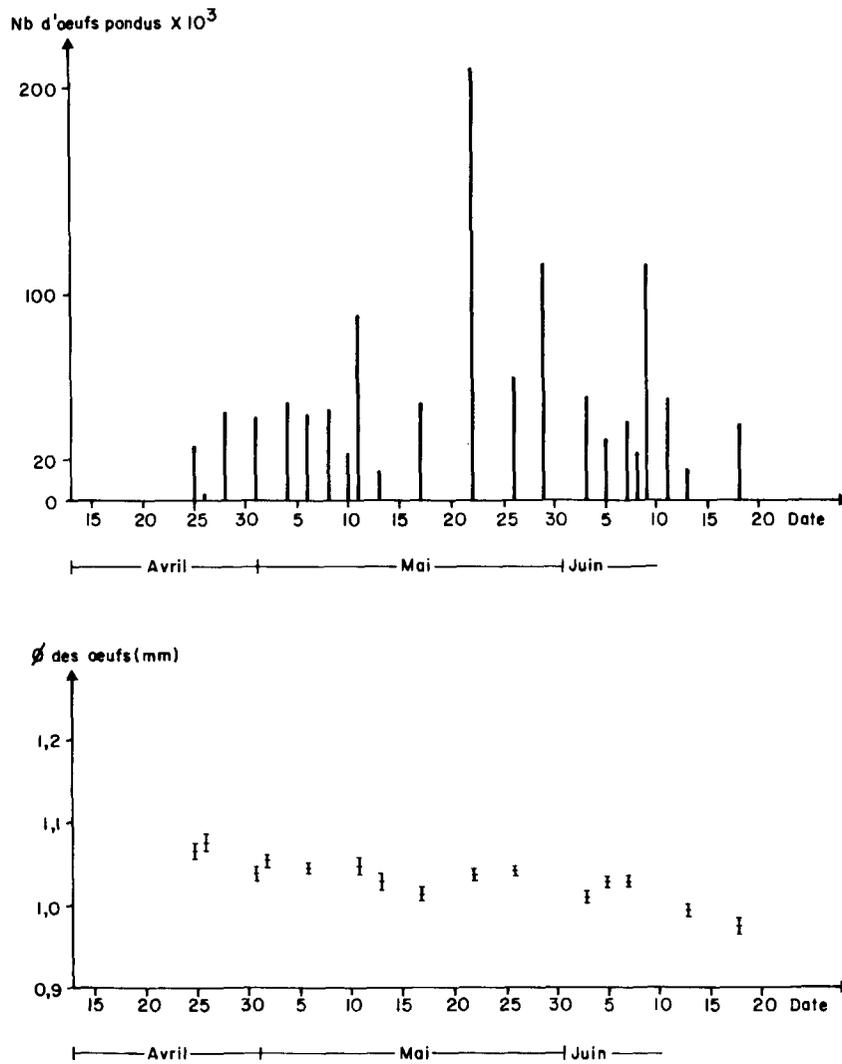
Les animaux restés en bacs de 20 m³ fournissent 10 pontes naturelles, qui, comme en 1973, ne sont pas fécondées. Une seule tentative de fécondation artificielle est réalisée à la suite d'une de ces pontes, le 14 mai. Elle fournit 120 000 larves.

5.2.5. LES PONTES DE 1975.

A partir de 1975, aucune tentative de fécondation artificielle n'est plus réalisée. Les pontes naturelles non fécondées des stocks de sécurité maintenus en bacs de 20 m³ ne sont plus répertoriées. Les pontes dans les bassins de 40 m³ sont par contre suivies de près : les quantités récoltées sont dénombrées, et des mesures de diamètre moyen sont faites systématiquement.

Le lot B.D.T.40i fournit 22 pontes, qui s'échelonnent du 25 avril au 17 juin (fig. 29 a) et totalisent 1 174 000 oeufs. Le lot B.D.T.40e fournit 30 pontes, qui s'échelonnent du 1er mai au 7 juillet (fig. 29 b) et totalisent 3 500 000 oeufs. Dans les deux cas, la diminution apparente du diamètre moyen des oeufs, au cours de la saison de ponte, n'est pas statistiquement significative.

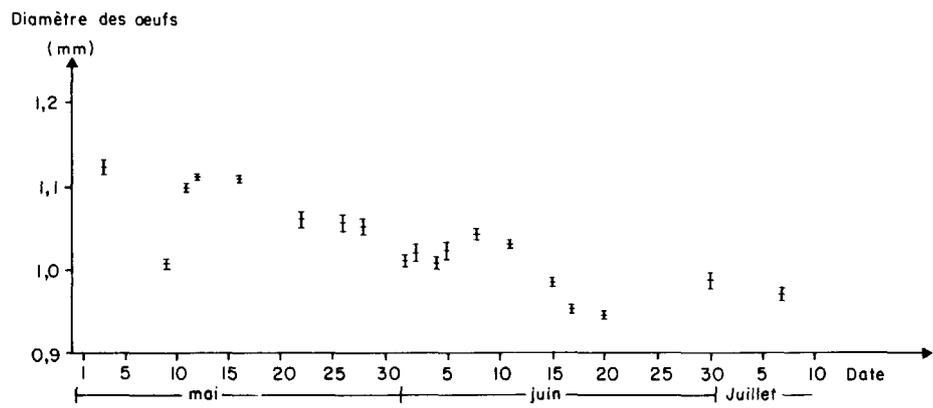
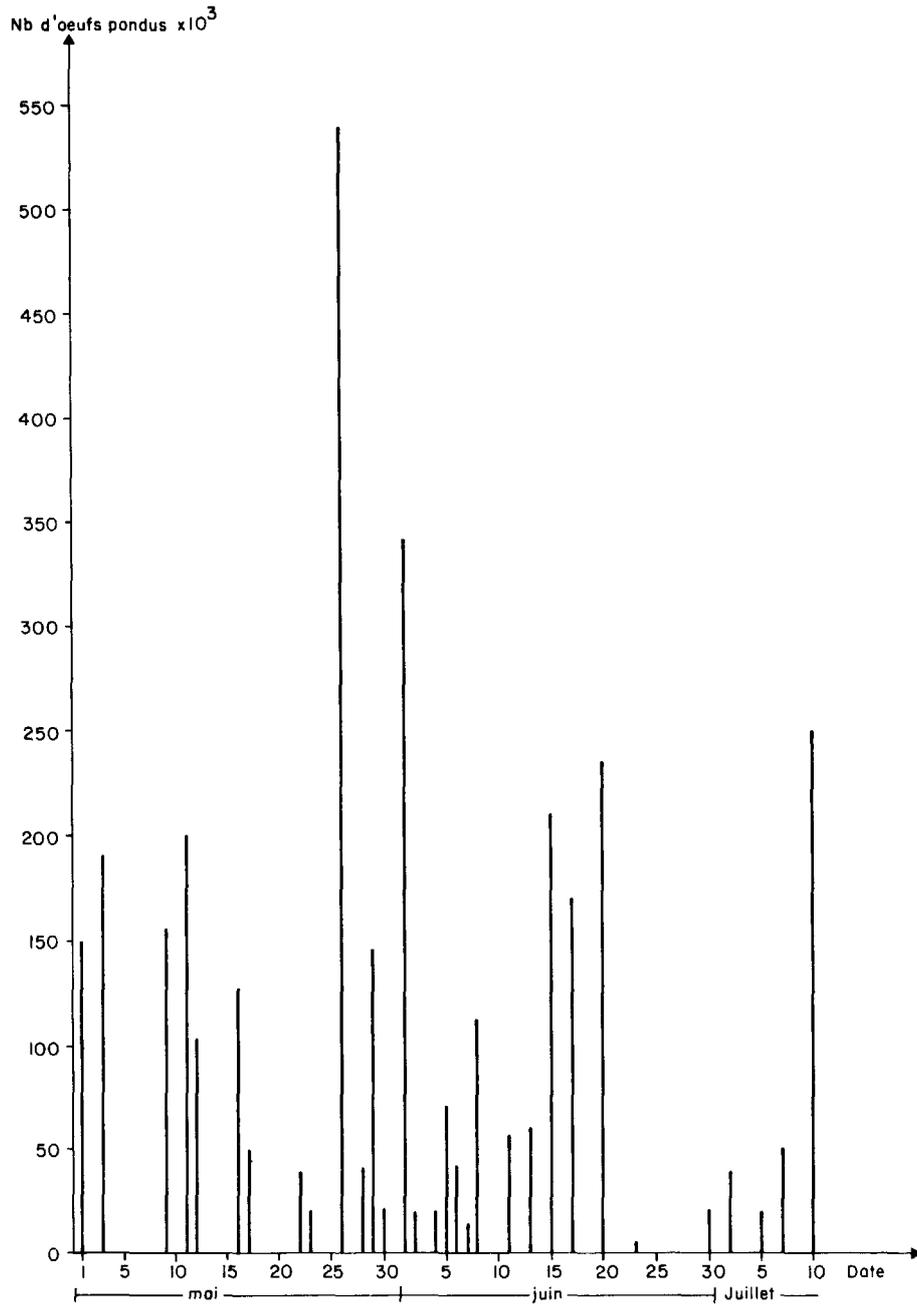
Ces résultats mettent en évidence une augmentation nette du nombre des pontes obtenues, par rapport à 1974. Il n'est cependant pas possible de préciser si cette augmentation se retrouve au niveau du total des oeufs récoltés, ou du nombre d'oeufs par ponte, faute de



a. Bassin de 40 m^3 , à l'intérieur

FIGURE 29 : Pontes naturelles de turbot en 1975.

Les caractéristiques des deux lots sont détaillées p. 15. Les diamètres sont des moyennes pour des échantillons de 20 œufs, encadrées de leur intervalle de confiance au seuil des 95 %.



b. Bassin de 40 m³, à l'extérieur.

mesures antérieures. La période de ponte, en considérant seulement le bac extérieur, puisque l'autre subit un cycle thermique et photopériodique modifié, est pratiquement identique d'une année à l'autre.

5.2.6. PONTES POSTERIEURES ET BILAN.

Les résultats globaux des pontes naturelles en captivité enregistrées au cours des saisons écoulées à la rédaction de ce texte sont rassemblés dans le tableau 13.

Le nombre des pontes, celui des oeufs, et leur taille moyenne varient de façon assez aléatoire, en opposition avec les résultats enregistrés sur la sole et le bar. C'est vraisemblablement une conséquence du fait que les mortalités signalées plus haut imposent des remplacements périodiques par des individus qui ne sont pas toujours du même sexe, ou de la même taille (lorsque ces remplacements sont possibles, ce qui n'est plus le cas en 1977). Il n'y a pas de diminution nette du diamètre des oeufs au cours de la saison de reproduction.

Le refus de fécondation naturelle dans les bacs de 20 m³ différencie nettement le turbot du bar et de la sole. JONES (1972 a) a rencontré le même problème dans un bac de 25 m³. Dans les bacs de 40 m³, les taux de fécondation sont variables, et, en moyenne, de l'ordre de 50 % seulement. ANTHONY (1910) a fait état d'oeufs "tous fécondés" dans son bassin de 300 m³. Il semble bien y avoir là un problème éthologique intéressant.

Dans les 2 modèles de bacs que nous avons employés, les poissons sont stockés à des charges du même ordre (2 à 3 kg/m³). Ils reçoivent la même nourriture, qui leur est offerte en même temps, et de la même façon. L'eau provient des mêmes tuyauteries, et son taux de renouvellement est du même ordre partout (10 à 12 % par heure). Le bac de 40 m³ extérieur est voisin des bacs de 20 m³, donc dans un environnement strictement identique, alors que le bac de 40 m³ intérieur est dans un environnement nettement différent (bruit, éclairage artificiel, fluctuations thermiques liées aux essais de l'appareillage de régulation). L'absence, ou la présence de fécondation, est donc sans aucun doute liée aux caractéristiques des bacs. Ils diffèrent malheureusement par plusieurs points. Les bacs de 20 m³, dont le fond offre aux poissons une surface ronde de 20 m², ont une profondeur d'eau de l'ordre de 1 m, et sont en polychlorure de vinyle noir. Les bacs de 40 m³, dont le fond offre aux poissons une surface rectangulaire de 24 m² (4 m x 6 m), recouverte de sable percolé, ont une profondeur d'eau de l'ordre de 1,6 m, et sont en polyester armé de couleur beige clair.

Quel que soit l'élément déterminant des pontes naturelles, ce n'est pas, en tout état de cause, la présence de la muraille recommandée par MALARD (in ANTHONY, 1910) pour que les femelles facilitent l'expulsion des oeufs en s'y frottant le ventre, puisque les bassins de 40 m³ n'en comportaient pas. Les pontes ont lieu en milieu de journée, et nous avons pu en observer à plusieurs reprises. Le femelle s'appuie effectivement de temps à autre sur le fond, mais elle peut parfaitement expulser ses oeufs en nageant.

	Année	Nombre de pontes observées	Période de ponte		Nombre d'oeufs récoltés	Nombre moyen d'oeufs par ponte	Diamètre moyen (mm)	Pourcentage de fécondation moyen	Pourcentage d'éclosion moyen
B.D.T.40i + B.D.T.40e	1974	23	1er mai	4 juil.	?	?	?	?	?
	1975	22	25 avril (23 mai)	17 juin	1 174 000	53 000	1,04	?	?
B.D.T.40i	1976	30	5 mars (28 mars)	26 avril	5 825 000	194 000	1,04	43	34
	1977	43	23 déc.76 (30 janv.)	28 fév.	3 037 000	71 000	1,12	47	16
B.D.T.40e	1975	30	1er mai (30 mai)	7 juil.	3 500 000	117 000	1,04		
	1976	16	23 avril (13 mai)	5 juin	4 210 000	263 000	1,08	67	61
	1977	-	Pas de ponte		-	-	-	-	-

TABEAU 13 : Bilan des pontes naturelles de turbots obtenues en captivité dans les lots :

- B.D.T.40i (Turbots en association avec des Bars et des Daurades, bac de 40 m³, à l'intérieur, photopériode et température contrôlées).
- B.D.T.40e (Turbots en association avec des Bars et des Daurades, bac de 40 m³, à l'extérieur).

Les caractéristiques de ces lots sont détaillées à la page 15. Dans la période de ponte, les dates entre parenthèses correspondent à des moyennes pondérées. Les pourcentages de fécondation sont calculés par rapport aux oeufs récoltés. En 1973, seules sont enregistrées les dates des pontes et les quantités de larves obtenues, sans distinction des lots.

Le fait que la fécondation artificielle soit réalisable assez facilement est un avantage par rapport à la sole, encore qu'il y ait une certaine ressemblance entre les deux espèces : un turbot mâle de 8 ou 10 kg ne fournit que quelques cm³ de sperme, parfois seulement après un massage prolongé. Mais la femelle en captivité réagit très mal aux manipulations (qui ne sont pas faciles, lorsque les animaux dépassent 5 kg), et il est difficile, comme le confirment les résultats de FLUCHTER (1972 b), d'obtenir ainsi des quantités importantes d'ovules de bonne qualité.

5.3. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1972.

Le développement larvaire du turbot a fait l'objet d'une description suffisamment précise pour qu'il soit superflu d'y revenir ici (JONES, 1972). Rappelons seulement qu'à 18° C, avec les techniques disponibles à partir de 1974, la résorption vitelline s'achève vers l'âge de 3 jours, la phase larvaire vers l'âge de 50 jours.

1972 est la première année d'expérimentation réelle sur des larves de poissons dans un laboratoire qui est progressivement livré pendant le premier semestre, avec tous les problèmes de rodage que cela implique.

Les installations d'élevage sont, au départ, restreintes à de simples aquariums posés sur des paillasse dans deux salles climatisées. L'eau de mer brute fournie par les tuyauteries est filtrée sur une toile calibrée de 20 µ avant d'être entreposée 24 h dans les salles. Le renouvellement dans les aquariums se fait par siphonnage et remplacement une fois par jour de la moitié du volume. Puis, pendant que la saison d'élevage du turbot s'avance, le premier circuit semi-fermé, simplifié du schéma de SHELBOURNE (1968) est mis en service. L'eau usée, et l'eau de renouvellement (10 % du volume total/h) se rejoignent dans une gouttière, qui conduit à deux filtres à sable, d'une capacité totale de 300 l. Une pompe, dont l'aspiration est placée à la base des filtres, la remonte dans le circuit de distribution, après passage dans un stérilisateur à ultra-violet.

En matière de nourriture, les premiers essais d'élevage de rotifères sont en cours, à partir de "blooms" phytoplanctoniques et des premiers produits de la salle de culture d'algues, en cours de montage. Les élevages de rotifères, avec des concentrations qui ne dépassent pas 20 individus/ml, ne suffisent pas à couvrir les besoins. L'approvisionnement en oeufs d'*Artemia* de San Francisco n'est pas encore au point, et l'on utilise des oeufs fournis par la Compagnie des Salins du Midi, dont les mauvais taux d'éclosion sont alors attribués à une technique d'incubation imparfaite. La séparation des nauplius fraîchement éclos et des coques vides fait appel aux vieilles méthodes phototactiques décrites par SHELBOURNE (1968), ce qui se traduit, vu l'étalement des éclosions dans la souche utilisée, par des pertes importantes.

Les larves arrivent en 4 lots, irrégulièrement espacés sur 7 semaines (22 et 24 mai, 8 juin et 9 juillet) en quantités largement au-dessus des possibilités de production de nourriture.

5.3.1. LES TROIS PREMIERES PONTES : ESSAIS PRELIMINAIRES.

Les caractéristiques essentielles des différentes tentatives d'élevage effectuées et leurs résultats sont rassemblés dans le tableau 14.

D'un lot à l'autre, les quantités de nourriture offertes varient en fonction des disponibilités, et de ce qui semble être mangé par les poissons. Différents essais d'éclairage (continu, discontinu, zénithal, latéral) sont réalisés successivement, souvent l'un après l'autre sur un même lot. Le renouvellement de l'eau, l'aération, sont choisis sur les mêmes bases.

Les deux élevages qui aboutissent à des métamorphoses complètes ont fait l'objet d'une publication (GIRIN, 1972). Tous deux sont réalisés dans des aquariums en altuglas de 60 l, avec plus d'un rotifère/ml au départ, éléments qui se retrouvent dans le seul autre lot où certains animaux dépassent l'âge de 15 jours. Les schémas alimentaires comprennent successivement des rotifères (jours 3 à 11), des *Artemia*, sous forme de nauplius, de metanauplius, et d'adultes (jours 7 à 85), et une pâte réalisée à partir d'*Artemia*, de chair de moule, et de fines d'aliment composé pour bars (à partir du jour 50). L'éclairage paraît jouer un rôle très important dans le comportement et l'aspect des poissons pendant la métamorphose, qui ne s'achève qu'un mois 1/2 après l'éclosion. Aucune analyse précise du phénomène ne peut cependant être réalisée : dans chaque bac, deux animaux seulement dépassent l'âge de 1 mois.

5.3.2. LA QUATRIEME PONTE : EFFETS DE LA CHARGE ET DE LA QUANTITE DE NOURRITURE SUR LA SURVIE.

Il apparaît donc que la base de toute progression passe par la maîtrise du premier mois de l'élevage. Une expérience sur l'effet que peuvent avoir la charge et la quantité de nourriture offerte pendant les premières semaines qui suivent l'éclosion est donc bâtie à partir de la 4ème ponte. Elle a fait l'objet d'une publication (GIRIN, 1974 a).

Sept lots de 1 000 et 2 000 oeufs embryonnés sont répartis dans des aquariums en altuglas de 60 l. Le choix d'oeufs, plutôt que des larves venant d'éclore employées dans les essais précédents, relève de l'hypothèse que l'embryon, à l'abri dans sa coque, doit moins souffrir du comptage que de la larve libre. L'expérience montre qu'il n'en est en fait rien, comme le confirmeront des études ultérieures (LEMERCIER et GIRIN, 1976).

Les lots reçoivent des quantités différentes de rotifères, qui varient au départ entre 1 et 5 par ml. Ils sont ensuite nourris quotidiennement sur la même base jusqu'à l'introduction de nauplius d'*Artemia* (jour 4 ou 5), dont les apports sont ajustés à la consommation.

Le meilleur résultat (19 % de survie le 20ème jour) est obtenu dans l'aquarium le moins chargé (13 larves/l au départ), avec une densité de proies modérée au moment du premier repas (3 rotifères/ml), mais l'apport quotidien moyen le plus élevé pendant les 10 premiers jours (160 rotifères par larve vivante et par jour). Le taux de survie, et les quantités de

Numéro de la ponte	Caractéristiques du bac	Nombre d'oeufs embryonnés ou de larves	Température de l'eau	Résultats et observations
1	Pa 60 l	350 larves	22/23°C	60 poissons transférés à 21 jours dans un bac identique à fond de sable. 1 métamorphose.
1	Pa 60 l	350 larves	15/17°C	Aucun survivant à 7 jours.
1	Pa 60 l	2 000 larves	18°C	Aucun survivant à 5 jours.
2	Cy 500 l	8 000 larves	18°C	Aucun survivant à 11 jours.
3	Pa 60 l	400 larves	18°C	27 poissons transférés à 19 jours dans un bac identique à fond de sable. Aucun survivant à 29 jours.
3	Pa 60 l	400 larves	18°C	Aucun survivant à 6 jours.
3	Pa 60 l	400 larves	23°C	Aucun survivant à 7 jours.
3	Pa 60 l	400 larves	18°C	Aucun survivant à 9 jours.
3	Pa 60 l et fond de sable	400 larves	18°C	1 métamorphose.
3	Pa 160 l	1 000 larves	18°C	Aucun survivant à 15 jours.
3	Cy 500 l	5 000 larves	23°C	Aucun survivant à 7 jours.
4	Pa 60 l	1 000 oeufs	19/21°C	63 poissons à 18 jours.
4	Pa 60 l	2 000 oeufs	19/21°C	98 poissons à 18 jours.
4	Pa 60 l	2 000 oeufs	19/21°C	25 poissons à 18 jours.
4	Pa 60 l	2 000 oeufs	19/21°C	170 poissons à 18 jours.
4	Pa 60 l	2 000 oeufs	19/21°C	68 poissons à 18 jours.
4	Pa 60 l	2 000 oeufs	19/21°C	62 poissons à 18 jours.
4	Pa 60 l	1 000 oeufs	19/21°C	97 poissons à 18 jours.
				Répartis dans 4 bacs identiques à fond de sable. Aucun survivant à 34 jours.

TABLEAU 14 : Bilan des expériences sur l'élevage larvaire du turbot réalisées en 1972.

Les bacs employés, parallépipédiques (Pa) ou cylindriques (Cy), ont leurs caractéristiques détaillées page 40.

nourriture employées sont largement supérieurs à ceux des expériences réalisées sur les 3 premières pontes. Les difficultés rencontrées précédemment semblent donc simplement liées à une sous estimation des besoins alimentaires des animaux.

Les 560 poissons qui sortent de l'expérience sont répartis dans 4 aquariums semblables aux précédents, mais équipés de fonds de sable percolé. Dans chaque bac, les plus petits animaux ont encore la pigmentation orangée de la jeune larve. Quelques uns, parmi les plus grands, commencent à présenter une coloration à peu près uniformément blanche, apparemment caractéristique de l'animal en bonne condition lors de la période de sub-surface qui précède la fin de la métamorphose. Mais la plupart sont presque totalement noirs. Pour analyser l'effet de l'éclairement sur ces variations de pigmentation, deux aquariums sont entourés de papier blanc, les deux autres de plastique noir. Dans chaque groupe, un aquarium reçoit un éclairage artificiel par le dessus, l'autre le même éclairage par une extrémité, pourvue d'une fenêtre de 10 x 10 cm (lampe à incandescence de 150 watts à 15 cm de la surface ou de la paroi). Les rares poissons clairs noircissent en quelques jours, et tous meurent avant d'avoir atteint l'âge de 35 jours.

5.4. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1973.

Sur le plan technique, il n'y a pas de modification fondamentale dans les installations de la saison précédente. Les récipients d'élevage sont toujours à fond plat, qu'il s'agisse d'aquariums en altuglas, ou de bacs en polyéthylène parallélipipédiques (120 l) ou cylindriques (250 et 500 l). L'alimentation en eau est fournie par le même circuit semi-fermé, l'éclairage par des lampes à incandescence. Mais les filtres de sortie copiés sur ceux de SHELBOURNE (1968) laissent progressivement la place aux filtres en forme d'anneaux.

Le rodage de la salle de culture d'algues est achevé (FLASSCH et NORMANT, 1974), et les méthodes d'élevage des rotifères sont au point (GIRIN et DEVAUCHELLE, 1974). La production de metanauplius d'*Artemia* calibrés, encore basée sur l'emploi d'algues vivantes, représente cependant une charge excessive, et constitue le principal facteur limitant de la dimension des élevages.

Avec 270 000 larves qui parviennent à l'éclosion, le matériel expérimental ne manque pas. Il est en outre assez bien réparti, en 8 pontes, étalées sur 6 semaines.

L'ensemble des expériences réalisées au cours de la saison a fait l'objet d'une publication (GIRIN, 1974 c), dont le tableau global de résultats est repris ici (tableau 15).

La survie 8 jours après l'éclosion, à la fin de la crise de première alimentation, est portée à près de 67 % dans la meilleure expérience. Il semble, dans cette période, que la présence de *Tisbe* dans les cultures de rotifères tende à réduire la survie, mais les résultats restent surtout très variables d'une expérience à l'autre, sans qu'il soit possible de fournir une explication claire. Les mortalités quasi-totales dans les 10 premiers jours sont cependant devenues exceptionnelles.

Pontes	Jour 1 Nombre de larves	Jours 15 à 18 (changement de bac)		Jour 90			
		Nombre de larves	Survie (%)	Nombre d'alevins	Survie (%)		
1	10 000	160	1,6	100	0,1		
2	8 000	492	6,1				
3	18 000	1471	8,2				
4	34 000	872	2,6				
5	25 000	3431	13,7				
6	2 000	25	1,2				
7	1 900	270	14,2			114	6,0
8	2 000	379	18,9			87	4,3
Total	101 900	7100	7,0 (33,4)	301	0,3 (6,0)		
Total 1972	17 600	616	3,5 (20,5)	2	0,01 (0,3)		

TABLEAU 15 : Bilan des essais d'élevage larvaire du turbot réalisés en 1973, à 18°C, et rappel des résultats de 1972 (d'après GIRIN, 1974).

L'âge est indiqué en jours depuis l'éclosion. Dans les totaux, les nombres entre parenthèses correspondent au meilleur résultat de la saison.

Entre le 15ème et le 18ème jour, c'est-à-dire après le passage à une alimentation exclusivement composée d'*Artemia*, et avant le transfert dans le bac à fond de sable où s'effectuera la métamorphose, la survie depuis l'éclosion est portée légèrement au-dessus de 33 % dans le meilleur cas. Les modalités du passage des rotifères aux *Artemia* sont très imparfaites : il est exceptionnel de perdre moins de la moitié des animaux pendant cette phase de l'élevage. Cela conduit à penser qu'une proie intermédiaire pourrait être la condition d'un meilleur résultat.

Quarante jours après l'éclosion, avant que ne commence le sevrage, la survie a pu être portée à près de 11 % dans le meilleur cas. Mais aucun élément précis ne permet de déterminer quel est le facteur essentiel d'une réussite entre 15-18 jours et cet âge. C'est une période pendant laquelle les animaux se concentrent au voisinage de la surface, généralement au point le plus éclairé, et semblent souvent incapables de bien contrôler leurs mouvements. Ils se heurtent les uns aux autres, ou contre les parois, et sont parfois littéralement collés à la surface par leur vessie natatoire hypertrophiée.

Trois mois après l'éclosion, la métamorphose et le sevrage achevés, la survie a pu être portée à 6 % dans le meilleur cas, mais la moyenne, pour l'ensemble de la saison, est bien plus basse (0,3 %). Le sevrage pendant la fin de la métamorphose, avec une succession d'*Artemia* congelées, et de pâte simplement réalisée à partir d'un aliment composé pour bars, ne semble pas poser de problème grave. Mais faute d'animaux en nombre suffisant, cette période ne fait pas l'objet d'une expérimentation vraiment structurée.

Sur le plan technique, les exigences de l'espèce en matière de charge et d'éclairage paraissent très différentes de celles du bar et de la sole. La larve de turbot, jusqu'à la fin de sa métamorphose, semble avoir besoin d'un éclairage important (plus de 5 000 lux) et de préférence continu. Des charges par litre supérieures à 40 individus en début d'élevage, 10 à l'âge de 2 semaines, 5 vers 1 mois, et 2 vers 1 mois 1/2 sont très mal tolérées.

5.5. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1974.

Dans les premiers mois de l'année, pendant les expériences sur le bar et la sole, les installations d'élevage se sont agrandies, avec la mise en service de deux nouveaux circuits d'eau filtrée et partiellement recyclée. Pour la première partie des élevages, les aquariums et bacs à fond plat ont presque totalement disparu au profit des bacs cylindroconiques testés sur le bar et la sole. Dans l'éclairage, les tubes fluorescents commencent à remplacer les lampes à incandescence.

En matière d'alimentation, les premiers élevages d'*Artemia* à partir de spirulines fournissent des metanauplius calibrés en quantités considérablement plus importantes qu'auparavant.

Avec 1 400 000 larves qui parviennent à l'éclosion, à partir de 23 pontes étalées sur un peu plus de 2 mois, le matériel expérimental disponible est encore plus abondant et mieux réparti dans la saison de ponte qu'en 1972 et 1973.

5.5.1. LES 3 A 4 PREMIERES SEMAINES DE L'ELEVAGE.

Le tableau 16 présente un bilan des expériences réalisées dans les bacs d'élevage larvaire pendant la période qui va de l'éclosion au transfert dans les bacs à fond de sable destinés à la métamorphose.

La première expérience (lot 2), avec 50 larves/l au départ, relève du type d'essai optimiste que l'on peut lancer en début de saison, et qui aboutit régulièrement à un échec.

La deuxième expérience (lots 5 a, b, c, d, e) revient à des charges plus modestes. D'un premier côté, elle vise à comparer l'effet de la forme des bacs d'élevage, pour une même capacité et une même charge en poissons, afin de déterminer, comme pour le bar et la sole, s'il est possible de supprimer sans dommage les bacs à fond plat au profit des bacs cylindro-coniques. D'un autre côté, deux lots plus importants, avec une charge plus élevée, ont pour objet la production d'un lot d'animaux destinés à une étude des conditions de la métamorphose. Les schémas alimentaires sont une synthèse de ceux des pontes 7 et 8 de 1973, avec l'introduction d'une quantité importante de rotifères 2 jours après l'éclosion (200 par larve mise en élevage), puis un complément quotidien faible et constant (70 par larve mise en élevage) jusqu'au 8ème jour. Les nauplius d'*Artemia* sont introduits à partir du 7ème jour (sur la base de 20 par larve mise en élevage), et les compléments quotidiens sont ajustés en fonction de la consommation.

Les résultats des deux lots identiques en bacs cylindro-coniques de 60 l (3,9 et 17,1 % de survie à 23 jours) encadrent parfaitement celui de l'aquarium de même volume à fond plat (9,6 % de survie au même âge), il paraît donc peu gênant, pour la suite des expériences, de préférer des bacs cylindro-coniques, à cause de leurs avantages en matière d'entretien et de récupération des animaux morts. Les deux essais de production en bacs de 150 l montrent surtout, une fois de plus, un effet net de la charge : avec des charges doublées, ils fournissent des taux de survie (4,4 et 5,5 % à 23 jours) en moyenne deux fois moindres que les bacs de 60 l.

La troisième expérience (lots 6 a, b, c, d, e) porte sur l'importance de la dimension du bac d'élevage (60, 150 et 450 l) et, une fois encore, sur celle de la charge, dans les deux dimensions extrêmes (17 et 34 larves/l).

Les schémas alimentaires sont légèrement modifiés, avec une suppression du recouvrement entre les distributions de rotifères et d'*Artemia*, sur le modèle de la dernière expérience de 1973. Cela n'empêche pas les deux proies de coexister quelque temps dans les bacs, puisque la maille du filtre de sortie n'est portée de 45 à 180 μ que 5 jours après l'arrêt des distributions de rotifères. Si tous les bacs reçoivent au total la même quantité de rotifères par larve mise en élevage, la répartition dans le temps des quantités offertes diffère entre les deux charges, pour que la concentration des proies disponibles au début de l'alimentation soit toujours la même (fig. 30).

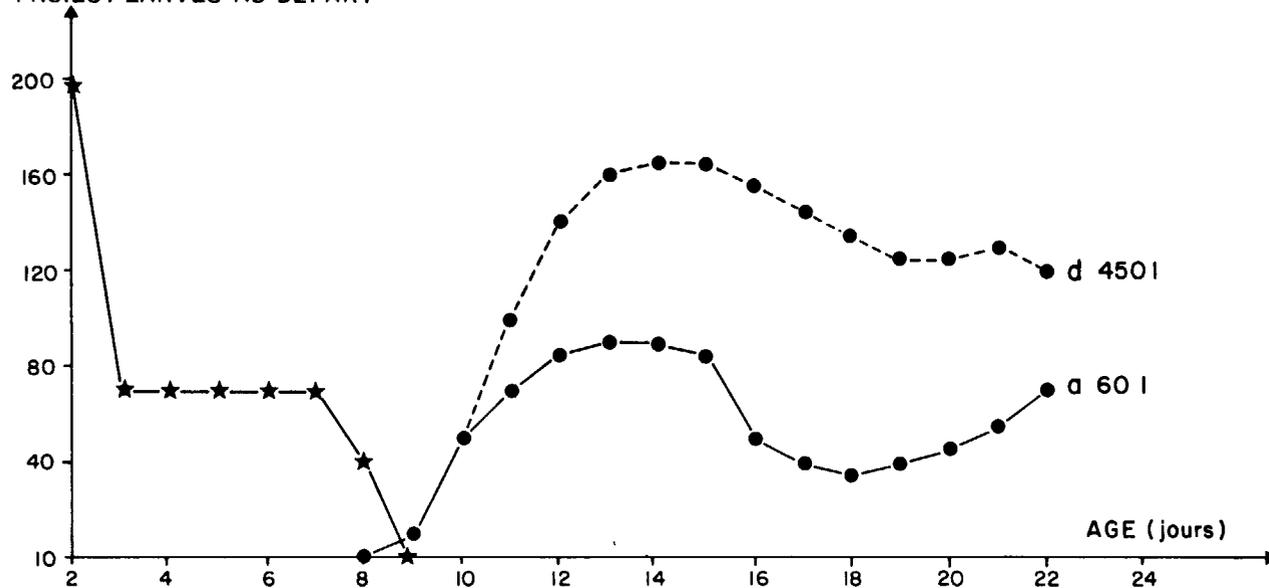
Avec 8,7 % (60 l), 2,4 % (150 l), et 10,3 % (450 l) des larves mises en élevage qui peuvent être transférées dans les bacs de métamorphose, il est préférable de mettre le résultat du bac de 150 l sur le compte d'un incident indéterminé, et de ne tirer aucune conclusion quant à l'effet de la dimension de l'élevage sur la survie. En bacs de 60 l, une division de la charge par 2 ne change pas grand chose au résultat (11,3 % contre 8,7 % de survie). La différence est par contre nette en bacs de 450 l (28,9 % contre 10,3 %), ajoutant un élément de plus aux présomptions tirées des expériences antérieures.

Référence	Mise en élevage (jour 0 ou 1)			Transfert en bac à fond de sable			
	Nombre de larves	Type du bac et capacité (1)	Charge (larves/l)	Age (jours)	Nombre de larves	Survie (%)	Charge/l avant transfert
2	2 700 (+220 soles)	Pa 60	49	22	2	0,1	0,03
5 a	1 000	Pa 60	17	23	96	9,6	1,60
b	1 000	Co 60	17	23	171	17,1	2,85
c	1 000	Co 60	17	23	39	3,9	0,65
d	5 000	Co 150	33	23	275	5,5	1,83
e	5 000	Co 150	33	23	218	4,4	1,45
6 a	1 000	Co 60	17	22 - 24	113	11,3	1,88
b	2 000	Co 60	33	22 - 24	174	8,7	2,90
c	5 000	Co 150	33	22 - 29	121	2,4	0,81
d	8 000	Co 450	18	22 - 39	2 316	28,9	5,15
e	16 000	Co 450	36	22 - 38	1 641	10,3	3,65
7	5 000	Co 150	33	Aucun survivant à l'âge de 11 jours			
11	5 000	Co 150	33	Aucun survivant à l'âge de 17 jours			
	12 000	Co 450	27	Aucun survivant à l'âge de 15 jours			
15	2 500	Co 150	17	25	} 94	0,9	0,16
16	8 000	Co 450	18	23			
18	8 000	Co 450	18	38	83	1,0	0,18
19 a	8 000	Co 450	18	34	44	0,5	0,10
b	8 000	Co 450	18	34	40	0,5	0,09
22	8 000	Co 450	18	30	23	0,3	0,05
Totaux	112 200	-	-	-	5 450	-	-
Moyennes	-	346	26	28	-	4,9	1,46

TABLEAU 16 : Bilan des expériences réalisées en 1974 sur le début de l'élevage larvaire du turbot, à 18° C.

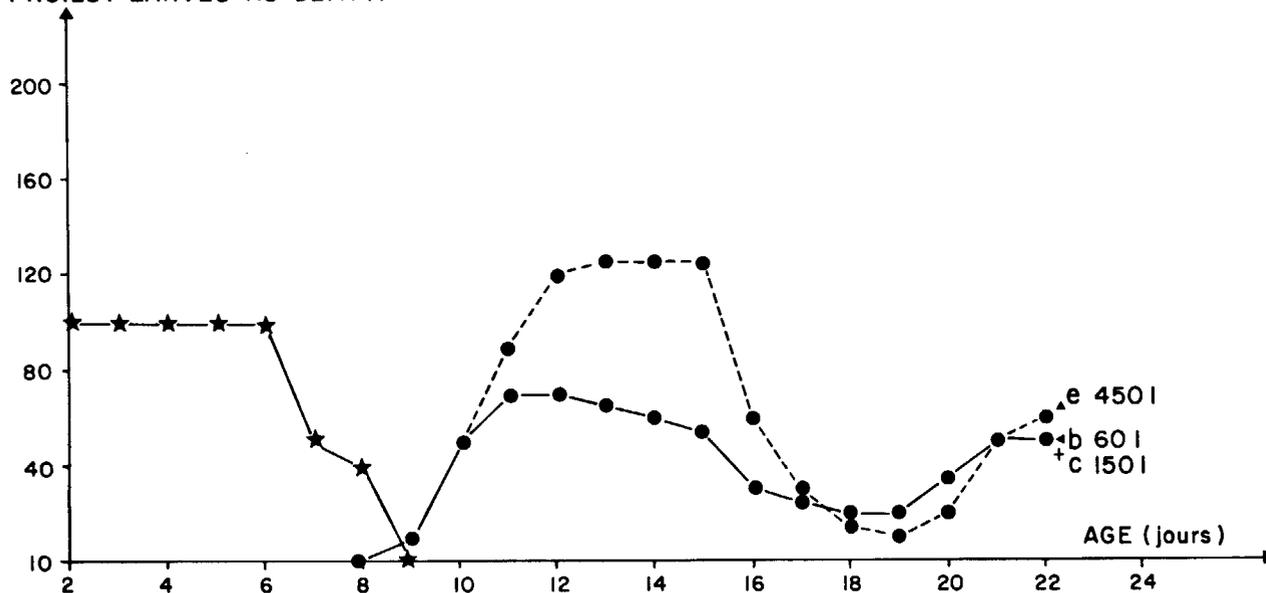
La référence de chaque lot précise le numéro de la ponte. L'âge est donné en jours depuis l'éclosion. Les caractéristiques des bacs employés, parallépipédiques (Pa) ou cylindro-coniques (Co) sont détaillées pages 40 et 41.

PROIES / LARVES AU DEPART



a. Lots a (bac de 60 l) et d (bac de 450 l) : élevages lancés avec 17 larves/l.

PROIES / LARVES AU DEPART



b. Lots c (bac de 150 l), d (bac de 60 l) et e (bac de 450 l) : élevages lancés avec 34 larves/l.

FIGURE 30 : Schémas d'alimentation de 5 lots de turbots, de la naissance à l'âge de 22 jours, dans une expérience de 1974.

Les animaux reçoivent un apport de nourriture quotidien. Le graphique indique la dimension de cet apport, rapporté à une larve mise en élevage.

★ Rotifères

● Artemia

Les poissons produits dans ces deux derniers bacs servent à tester les possibilités d'un transfert tardif et progressif dans les bacs de métamorphose. En effet, dès la 3ème semaine, les différences dans un même lot peuvent être considérables (de 1 à 4 en poids). Si les premiers poissons blancs, à vessie natatoire hypertrophiée, apparaissent vers le 20ème jour, les plus tardifs n'arrivent à ce stade que 15 à 20 jours plus tard. Dans cette période, des captures en surface, avec un bêcheur, rapportent presque exclusivement des individus en état avancé. Il est donc facile d'écramer la tête de population tous les 2 ou 3 jours, pour laisser aux autres poissons la place d'arriver à ce stade dans les bacs d'élevage larvaire, au lieu de sacrifier systématiquement la queue de population dans un déménagement prématuré. Le test se montre positif.

Les deux expériences qui suivent (lots 7 et 11) sont faussées par des incidents dans la production des rotifères, qui ramènent aux quantités trop faibles des essais de 1972. Aucun poisson n'y survit plus de 17 jours. Mais, malgré une production en rotifères suffisante, tous les essais ultérieurs (15 à 22), dont les schémas alimentaires sont calqués sur celui du lot 6 d, pour tenter d'en reproduire les résultats, sont des échecs presque complets. La seule hypothèse qui peut être émise pour expliquer un tel insuccès est le fait qu'ils reçoivent moins de soins que les lots précédents (nettoyage périodique des parois, ajustage de la dose de nourriture, réglage des débits d'eau et d'air) du fait du travail requis pour tenter d'obtenir la métamorphose des animaux produits dans les premières expériences.

A cause de cela, si la quantité des larves mises en élevage est légèrement supérieure à celle de 1973, il survit nettement moins d'animaux au moment du transfert dans les bacs de métamorphose. Mais la comparaison est faussée par le fait que ce transfert est effectué en moyenne 11 à 12 jours plus tard. Une comparaison faite à âge égal, le 28ème jour, donnerait environ 3 900 survivants en 1973 soit un taux de survie de 3,8 % depuis l'éclosion, inférieur aux 4,8 % de 1974. Il est cependant difficile de parler de progrès avec un niveau général aussi bas.

5.5.2. LE CHANGEMENT DE BAC, LA FIN DE LA METAMORPHOSE, ET LE SEVRAGE.

Les résultats obtenus 50, 70, 90 et 110 jours après l'éclosion, parmi les différents lots de poissons qui sont transférés dans les bacs à fond de sable employés pour la fin de la métamorphose et le sevrage, sont rassemblés dans le tableau 17.

Il sort de ces essais un peu plus de 600 poissons prêts à subir des expériences de nutrition ou de grossissement, soit deux fois plus qu'en 1973, avec un taux de survie moyen un peu meilleur (0,5 %). Cette progression est surtout la conséquence d'un agrandissement des installations (avec l'aménagement, en cours de saison, de trois bacs de 2 m³), et d'un sevrage plus tardif. Il n'y a donc pas de progression technique.

Une fois de plus, l'espèce montre sa faible tolérance à des charges élevées avant l'achèvement de la métamorphose. Des 800 à 900 poissons rassemblés dans chacun des 6 bacs de 500 l disponibles en début de saison, il survit en moyenne moins du cinquième à l'âge de 50 jours. A côté de cela, les 80% de survie enregistrés pendant la même période dans le dernier lot (pontes 15 à 23) à une charge trois fois plus faible, confirment nettement les observations de 1973, où les deux seuls résultats honorables ont été obtenus dans des conditions similaires.

Référence du lot	Age moyen : 28 jours. Transfert dans les bacs de métamorphose		Age moyen : 50 jours. Crise de mortalité liée au changement de bac achevée			Age moyen : 70 jours. Fin de l'alimentation avec des proies vivantes			Age moyen : 90 jours. Poissons métamorphosés nourris d'une pâte contenant 10 % d' <i>Artemia</i>			Age moyen : 110 jours. Poissons métamorphosés nourris d'une pâte sans <i>Artemia</i>			
	Nombre	Charge /m ²	Nombre	Charge /m ²	% de survie depuis le transfert	Nombre	Charge /m ²	% de survie depuis le transfert	Nombre	Charge /m ²	% de survie depuis le transfert	Nombre	Charge /m ²	% de survie depuis le transfert	% de survie depuis l'éclosion
5	799	770	62	60	8 %	50	50	6 %	103	25	11 %	66	15	8,5 %	1,0 %
6 m	860	830	114	110	13 %	49	50	6 %							
n	860	830	207	200	24 %	121	115	14 %	454	115	17 %	373	90		
p	860	830	145	140	17 %										
q	860	830	119	115	14 %										
r	925	890	219	210	24 %				194	50	68 %	173	45	60 %	0,4 %
15/23	286	275	233	225	81 %	230	220	80 %							
Totaux	5 450	-	1 099	-	-	904	-	-	742	-	-	612	-	-	-
Moyennes	-	750	-	150	20 %	-	110	17 %	-	80	14 %	-	50	11 %	0,7 %

TABLEAU 17 : Bilan des expériences réalisées en 1974 sur la fin de l'élevage larvaire et le sevrage du turbot, à 18° C, en bacs à fond de sable percolé.

La référence des lots précise le numéro de la ponte d'origine.

Si l'on tient compte des expériences sur le début de l'élevage larvaire qui ont avorté avant le transfert dans les bacs à fond de sable, le pourcentage de survie final tombe à 0,5 %.

Dans les essais réalisés sur la ponte 6, les lots m, n, p, q, r, sont, pour l'essentiel, constitués successivement, au fur et à mesure que les larves sont retirées de leurs bacs d'élevage larvaire, entre le 22ème et le 38ème jour. Encore que les résultats d'ensemble soient d'un niveau assez bas, il en ressort l'idée que la queue de population est tout aussi apte à survivre que la tête.

Malgré le progrès apparent que représentent les 600 poissons produits, l'année 1974 n'apporte donc pas de résultats scientifiques vraiment nouveaux. Les 29 % de survie du lot 6 d pendant le premier mois de l'élevage, à partir de 8 000 larves placées dans un bac de 450 l, confirment bien les résultats obtenus à plus petite échelle en fin de saison l'année précédente. Mais c'est un résultat isolé, dont les raisons ne sont pas connues avec précision, et que 5 tentatives ultérieures ne permettent pas de reproduire. En fait, les deux critères expérimentaux essentiels qui ressortent des expériences de 1973 et 1974 sont le passage du bac d'élevage larvaire au bac de métamorphose au-delà du 20ème jour, et le respect, dans ce dernier cas, d'une charge qui ne dépasse pas 300 individus au m² pendant la période de vie en subsurface (25 au 50ème jour). Le dernier point est un handicap grave à des productions importantes.

La croissance de l'animal est pourtant intéressante : les survivants pèsent en moyenne 2,6 g à l'âge de 4 mois.

5.6. L'ELEVAGE LARVAIRE EN 1975.

Dans les mois précédant les premières pontes de turbots, les nouveautés techniques et méthodologiques de l'année ont pu être bien rodées sur les deux autres espèces. Il s'agit principalement des nouveaux circuits, de l'approvisionnement en *Artemia* vivantes calibrées (de 2, 4 et 6 jours), des distributeurs de nourriture congelée, des abaques de réglage des débits d'eau, et de la prise d'échantillons tous les 5 jours pour le suivi de la croissance.

Mais ces améliorations, et le perfectionnement des connaissances, se traduisent aussi par le fait que lorsque les premiers turbots arrivent, contrairement aux années précédentes, la place manque. Si les cuves cylindro-coniques d'élevage larvaire commencent à se vider, les bacs sub-carrés de métamorphose et de sevrage sont pratiquement tous occupés par des lots de bars et de soles en expérience. Il n'est plus possible de consacrer au turbot l'espace et les soins particuliers dont il a pu bénéficier antérieurement.

Avec 52 pontes, et près de 4 700 000 oeufs récupérés, sur une période de 2 mois, le matériel expérimental est encore plus abondant en 1975 que les années précédentes.

5.6.1. LES 3 A 4 PREMIERES SEMAINES DE L'ELEVAGE.

La charge et le schéma alimentaire du meilleur lot de 1974 (lot 6 d) servent de base aux expériences. Il s'y ajoute une hypothèse, tirée de l'impression générale de fragilité que donne l'espèce, et de discussions avec d'autres expérimentateurs : les animaux supportent peut-être mal les chocs contre les bulles d'aération des bacs. Le tableau 18 présente un bilan d'ensemble des expériences de la saison.

La première expérience (ponte 5), qui porte sur des larves issues des reproducteurs forcés à pondre en avance par des modifications des cycles photopériodiques et thermiques de leur bassin, vise surtout à déterminer si ces animaux sont viables. Les résultats obtenus, 12 et 13,7 % de survie au moment du changement de bac, entre 28 et 30 jours, sont positifs : ils dépassent largement les meilleurs résultats de 1974 dans des bacs de la même dimension (150 l).

Les larves issues des reproducteurs en conditions naturelles devraient donner des résultats au moins équivalents. C'est ce que visent à déterminer les deux expériences suivantes (pontes 16 et 17), avec une analyse de l'effet de la dimension du bac, à charge identique. Pour des raisons inconnues, les résultats sont très mauvais (moins de 4 % de survie à 20 - 22 jours), sauf dans un lot, où ils se rapprochent de ceux de la première expérience (lot 17 c, en bac de 150 l : 13 % de survie au changement de bac, réalisé les 24 et 25èmes jours).

L'expérience suivante (ponte 22) comporte un test à charge réduite de moitié (10 larves/l au départ). Les niveaux de survie restent toujours inférieurs à 4 %. Il en est de même dans les essais en bacs de 450 l réalisés sur les trois pontes suivantes (27, 31 et 32).

Une expérience sur l'importance de l'aération est alors mise en place avec des larves de la ponte 40. Dans une série de bacs de 150 l, un lot reçoit une aération normale (40a), soit environ 0,81/h. Deux autres ont leur niveau d'aération réduit de moitié, respectivement les jours 8 (40b) et 12 (40c). Deux autres ont leur aération stoppée les mêmes jours (40d et 40e). Un dernier lot, plus important (40f), reproduit les conditions du premier. L'expérience est arrêtée, suivant les bacs, le 15ème ou le 18ème jour, avec des résultats qui n'atteignent même pas 6 % de survie dans le meilleur cas.

Elle est rigoureusement reproduite sur la ponte 44, à l'exception du lot en bac de 450 l. Les résultats sont cette fois nettement meilleurs. Mais, avec 21 % de survie en conditions normales, 11 et 10 % à aération réduite, 6 et 16 % avec l'aération supprimée, il est difficile d'en tirer une information concluante. Tout au plus peut-on penser que le niveau d'aération habituel est peut-être finalement le meilleur.

Une dernière expérience (ponte 46), qui porte sur l'intensité de l'illumination, pour des conditions d'aération normales, avorte avec une mortalité très importante entre le 8ème et le 10ème jour sans fournir d'informations utiles. Les trois dernières tentatives de production d'animaux (pontes 50, 51 et 53) ne permettent même pas d'arriver au changement de bac avec 1 % de survie.

Du fait de ces divers échecs, les résultats obtenus sont, dans l'ensemble, moins bons qu'en 1974. Si la quantité de poissons transférés dans les bacs de métamorphose est du même ordre (5 400 individus), c'est plus tôt (en moyenne le 19ème jour, contre le 28ème), et avec un taux de survie moyen plus bas (3,8 % contre 4,9 % depuis la mise en élevage).

Référence	Mise en élevage (jour 0 ou 1)		Transfert en bac à fond de sable			
	Nombre de larves	Capacité du bac (l)	Age (jours)	Nombre de larves	Survie (%)	Charge/l avant transfert
5 a	3 000	150	28 - 30	360	12,0 %	2,40
b	3 000	150	28 - 30	412	13,7 %	2,75
16 a	3 000	150	} 24	381	3,2 %	0,85
b	9 000	450				
17 a	3 000	150	} 22	390	3,2 %	0,87
b	9 000	450				
c	3 000	150	24 - 25	400	13,3 %	2,67
22 a	3 000	150	20	35	1,2 %	0,23
b	1 500	150	20	59	3,9 %	0,39
27	9 000	450	21	17	0,2 %	0,04
31	9 000	450	19	372	4,1 %	0,83
32	9 000	450	18	156	1,7 %	0,35
40 a	3 000	150	17	116	3,9 %	0,77
b	3 000	150	17	177	5,9 %	1,18
c	3 000	150	17	175	5,8 %	1,17
d	3 000	150	15	23	0,8 %	0,15
e	3 000	150	15	47	1,6 %	0,31
f	9 000	450	15	3	<0,1 %	0,01
44 a	3 000	150	19	616	20,5 %	4,11
b	3 000	150	19	333	11,1 %	2,22
c	3 000	150	19	312	10,4 %	2,08
d	3 000	150	19	179	6,0 %	1,19
e	3 000	150	19	482	16,1 %	3,21
46 a	3 000	150	} 18	113	0,9 %	0,75
b	3 000	150				
c	3 000	150	} 18	100	1,1 %	0,22
d	3 000	150				
e	9 000	450				
50	3 000	150	} 15 - 21	121	0,7 %	0,81
51 a	3 000	150				
b	3 000	150				
53	9 000	450				
Totaux	142 500	-	-	5 379	-	-
Moyennes	-	225	19	-	3,8 %	0,94

TABLEAU 18 : Bilan des expériences réalisées en 1975 sur le début de l'élevage larvaire du turbot, à 18° C.

La référence de chaque lot précise le numéro de la ponte. La charge en début d'élevage est toujours de 20 larves/l, sauf dans le lot 22 b, où elle est réduite de moitié. L'âge est indiqué en jours depuis l'éclosion.

Les oeufs employés proviennent du bassin intérieur (B.D.T.48i) pour la ponte 5, du bassin extérieur (B.D.T.48e) dans tous les autres cas. Les caractéristiques de ces bassins sont détaillées page 15.

5.6.2. LA FIN DE LA METAMORPHOSE ET LE SEVRAGE.

Les expériences en cours sur le bar et la sole restreignent la quantité de soins qui peuvent être apportés aux turbots, empêchent de rester en-deçà de la limite des 300 individus/m² entre le 25ème et le 50ème jour, et imposent un sevrage entre le 40ème et le 50ème jour. Il en résulte des mortalités considérables entre les âges de 1 et 2 mois, qui ramènent le total des survivants à 200 individus à 2 mois, et 18 à 3 mois.

Cette quatrième saison d'expérimentation sur l'élevage larvaire du turbot est donc un échec net : non seulement elle n'apporte pas d'information scientifique nouvelle, mais en outre la quantité d'animaux produits retombe au-dessous de celle de 1973. C'est le résultat logique d'un programme préparé et réalisé avec un soin insuffisant, du fait d'une certaine priorité donnée aux deux autres espèces, qui pondent plus tôt, et dont l'élevage est mieux maîtrisé.

5.7. REMARQUES.

Commencées sur des bases beaucoup moins solides que l'expérimentation sur la sole et le bar, les 4 années de travail sur l'élevage larvaire du turbot décrites ici s'achèvent sur des résultats encore loin de pousser à l'optimisme. Il y a eu des progrès. Nous avons tiré des expériences près d'un millier de poissons métamorphosés et sevrés. Mais il y a eu des échecs, et bien des problèmes restent entiers. C'est d'autant plus inquiétant que les deux autres laboratoires avec lesquels nous avons été les premiers à obtenir des métamorphoses complètes, Lowestoft et Port Erin, en Grande-Bretagne, ont eu les mêmes difficultés.

Pourtant, en 1972, les premiers résultats sont encourageants, si l'on considère la rusticité des techniques employées. Une quarantaine de poissons arrivent à l'âge de 1 mois (2°/∞ de survie depuis l'éclosion), 2 à l'âge de 3 mois (0,1°/∞ de survie depuis l'éclosion). C'est peu, mais cela démontre, avec la centaine de juvéniles obtenus simultanément en Grande-Bretagne (JONES, 1972 c) qu'aucun obstacle biologique fondamental n'interdit d'obtenir la métamorphose de l'espèce en laboratoire. En 1973, la technique s'affine, et la taille des expériences augmente. Il arrive 800 poissons à l'âge de 1 mois (8°/∞ de survie depuis l'éclosion), 300 à l'âge de 3 mois (3°/∞ de survie). Mais surtout, le taux de survie à ce dernier stade est porté jusqu'à 6 % dans le meilleur lot. Avec un peu plus d'un millier de juvéniles produits, les mêmes niveaux de survie se retrouvent simultanément en Grande-Bretagne (ALDERSON et BROMLEY, 1973 ; JONES et coll., 1974).

En 1974, il y a une nette amélioration dans le premier mois de l'élevage, en début de saison (dans un lot, le quart des larves mises en élevage survivent à cette période). Mais le progrès n'est pas confirmé en fin de saison, et les difficultés liées à la fin de la métamorphose ne trouvent pas de solution nouvelle. Au total, 4 500 poissons arrivent à l'âge de 1 mois (4 % de survie depuis l'éclosion), et 600 à l'âge de 3 mois (5°/∞ de survie depuis l'éclosion). Et c'est ensuite la régression de 1975. En Grande-Bretagne, le laboratoire de Port Erin bute autour du seuil du millier de juvéniles, celui de Lowestoft a abandonné son programme en 1974.

Il n'y a pas un point de blocage net, dont l'élimination assurerait le succès de l'élevage : de la ponte au sevrage, aucune phase n'est vraiment dominée.

Il y a des pontes et des fécondations naturelles dans les bacs de 40 m³, mais les taux de fécondation dépassent rarement 50 % des oeufs collectés.

S'il a été possible une fois de restreindre les pertes aux 3/4 des animaux pendant le premier mois de l'élevage, il a fallu pour cela limiter la charge au départ à 18 larves/l, le tiers de ce qui est couramment employé pour les autres espèces. Et bien souvent, dans les mêmes conditions, la mortalité a dépassé 90 %.

A 18° C, la morphogénèse s'achève vers l'âge de 50 jours. Entre l'âge de 1 mois et ce stade, le poisson, collé à la surface par sa vessie natatoire, présente des alternances d'activité intense et d'immobilité presque complète. Dans les phases d'activité, la nage paraît assez erratique, et les heurts entre animaux, ou contre les parois, sont nombreux. L'animal semble très sensible à son environnement, et à la présence d'autres individus. Toute irrégularité dans l'alimentation, toute diminution de l'éclairage, toute augmentation de la charge au-dessus de 300 poissons par m², provoquent des mortalités importantes. Mais bien d'autres éléments encore indéterminés semblent intervenir, et si cette phase a pu parfois être traversée avec moins de 50 % de mortalité, il a été plus fréquent d'y voir ce taux dépasser 90 %.

Le sevrage ne paraît pas poser de problèmes très sérieux. Le poisson vient bien prendre un aliment inerte humide en pleine eau. Mais la faiblesse numérique et l'hétérogénéité des lots arrivés à ce stade n'ont pas encore permis de faire plus qu'effleurer le sujet.

Dans de telles conditions, il est difficile de dire si les performances de croissance enregistrées à l'âge de 3 mois (jusqu'à 1,8 g de moyenne à 18° C) traduisent bien ou mal les capacités intrinsèques de l'espèce. De même qu'aucun élément ne permet de préjuger de l'origine génétique ou somatique des nombreuses anomalies pigmentaires et morphologiques des animaux. Elles n'ont, pas plus que chez les autres espèces, fait l'objet d'une étude précise. Mais les anomalies morphologiques, surtout les déformations de l'opercule ou de la mâchoire, sont au moins aussi nombreuses que chez le bar, et les animaux sans anomalie pigmentaire sont rares.

Cela ne veut pas dire que les problèmes soient insurmontables, mais peut-être simplement qu'il fallait les reprendre d'un oeil neuf : ce sont d'autres chercheurs (KINGWELL et coll., 1977 ; MACE, comm. pers. ; PERSON-LE RUYET, comm. pers.), dans des laboratoires différents en Grande-Bretagne, dans le même laboratoire en France, qui ont réussi à mener une vingtaine de milliers de turbots au-delà de la métamorphose et de sevrage en 1977.

TROISIEME PARTIE

DISCUSSION

6. L'ANIMAL

L'animal en élevage, que ce soit le reproducteur, l'embryon, la larve, ou le juvénile, se trouve dans des conditions souvent très différentes de celles qu'il aurait trouvées dans la nature. Il y réagit plus ou moins bien, et une analyse complète de cette réaction suppose des comparaisons non seulement entre expériences, mais aussi avec ce qui se passe dans la nature.

Mais la référence à la nature est en règle générale difficile à réaliser. Il est par exemple admis que le taux de mortalité quotidien des oeufs pélagiques dépasse souvent 30 % (JONES et HALL, 1974). RILEY (1974) estime que le taux d'éclosion des oeufs de sole sur la côte orientale de l'Angleterre est généralement inférieur à 3 %. Mais ces estimations comptabilisent sans distinction la mortalité naturelle, la mortalité induite par la technique de collecte (SOUTHWARD et DEMIR, 1974), et la mortalité par prédation. Or, les rares observations faites autrement que par la pêche au filet, comme celles de HEMPEL et HEMPEL (1971) tendent à montrer qu'il y a peu d'oeufs morts dans le plancton, tandis que la prédation est rarement nette (BAKKE et BJØRKE, 1971). Tout cela fournit assez peu de bases de comparaison avec les résultats obtenus en incubateurs. Au contraire, l'extrapolation des données du laboratoire est une pratique courante dans l'analyse des observations en milieu naturel (THEILACKER et LASKER, 1974 ; BARNABE, 1976 a).

Nous avons donc recherché la référence à la nature, mais limité son usage aux points où elle était suffisamment précise pour apporter une information utile.

6.1. LA PONTE, LA FECONDATION, ET LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE.

Certains des lots de reproducteurs employés ici se sont trouvés engagés dans une expérience de décalage des pontes par modification des cycles photopériodique et thermique naturels de la région, dont les premiers résultats ont fait l'objet d'une publication (GIRIN et DEVAUCHELLE, sous-presse). Obtenir des pontes en dehors de la saison normale est d'un intérêt évident, et le sujet, qui a récemment fait l'objet d'une bibliographie détaillée

(HTUN-HAN, 1977), est riche de perspectives nouvelles. Mais les pontes hors-saison n'interviennent que très peu dans les expériences d'élevage larvaire décrites ici. Nous n'aborderons donc pas la question, signalant simplement qu'il est manifestement possible de faire pondre des bars ou des turbots à n'importe quelle époque de l'année, avec un appareillage adéquat, et un peu de patience.

6.1.1. PONTE ET FECONDAION NATURELLES EN CAPTIVITE.

Nous l'avons dit dans le chapitre 1, il n'est pas indispensable de maîtriser la maturation sexuelle, la ponte, et la fécondation naturelles en captivité pour obtenir des quantités importantes d'oeufs viables. Les injections hormonales et la fécondation artificielle permettent d'employer des reproducteurs sauvages fraîchement pêchés, dans la mesure des possibilités d'approvisionnement. BARNABE (1976 a) cependant, après avoir largement fait appel à cette pratique chez le bar, recommande l'emploi de reproducteurs captifs, transférés au moment voulu, après une injection hormonale, dans des bacs de petites dimensions, où la ponte et la fécondation se font naturellement. Cela permet de choisir les reproducteurs que l'on souhaite accoupler, mais l'injection peut influencer sur la qualité des ovules. LASKER (1974) va beaucoup plus loin chez l'anchois (*Engraulis mordax*), en obtenant de petites quantités d'oeufs à longueur d'année avec des pontes entièrement naturelles, et des quantités plus importantes à volonté avec des injections hormonales de femelles choisies.

6.1.1.1. LES FACTEURS NON ALIMENTAIRES.

Si l'on considère un bassin de ponte soumis aux cycles photopériodique et thermique naturels de la région, il semble que le principal facteur d'un comportement sexuel normal soit l'espace disponible, si l'expérimentateur sait éviter des manipulations excessives.

Eviter les manipulations est une simple question de bon sens. Même chez des poissons peu actifs, comme la sole ou le turbot, il est facile de se rendre compte que la pêche, l'émersion, le cathétérisme, le massage abdominal, sont des manipulations traumatisantes. La résorption presque systématique des ovocytes après deux ou trois opérations de ce genre, que nous avons observée chez le turbot, en est une bonne illustration. Il y a ainsi tout lieu de penser que la faiblesse des pontes naturelles enregistrées par BARNABE (1976 a) chez des bars maintenus dans un bassin de 70 m³ est simplement liée aux manipulations.

BUTLER (1895) a observé des pontes naturelles de soles en captivité dans un aquarium de 300 l. FLUCHTER (1965) en a obtenu dans un bassin de 4 m³ (1 m de profondeur) avec des animaux fraîchement pêchés. Avec une alimentation adéquate, FLUCHTER et TROMMSDORF (1974) ont obtenu des pontes de reproducteurs captifs depuis 3 ans, dans des bacs de 145 l à 4 m³. La sole, poisson peu actif et de petite taille, se reproduit donc sans problème apparent dans des volumes assez faibles. L'emploi de bacs de 16 m³, comme le nôtre (0,8 m de profondeur) ou celui de SHELBORNE (1968), sans double-fond de sable, et plus profond (1,22 m) fournit donc une marge de sécurité importante.

Chez le bar, poisson plus actif, et un peu plus grand (les reproducteurs varient habituellement entre 0,5 et 3 kg), les résultats obtenus en volume de 20 m^3 (1 m de profondeur), sont bons, et l'emploi de volumes plus importants semble superflu (DEVAUCHELLE, 1976 ; BARNABE, 1976 a).

Chez le turbot, peu actif, mais plus grand (les reproducteurs varient habituellement entre 2 et 10 kg), nos expériences, comme celles de JONES (1972 a) montrent que si la maturation et la ponte sont possibles dans un volume de 20 m^3 , la fécondation exige plus de 25 m^3 . Et, si l'on en juge par les observations d'ANTHONY (1910), le taux de fécondation est peut être inférieur à la normale dans nos bacs de 40 m^3 , sans qu'il soit possible de préciser quel est, dans ce phénomène, l'importance relative de la profondeur et de la surface disponibles (voir p. 118).

Il y a donc des variations d'une espèce à l'autre, et chez une même espèce, la maturation sexuelle, la ponte, et la fécondation n'ont pas nécessairement les mêmes exigences vis-à-vis du volume. Ces éléments ne sont évidemment pas spécifiques aux poissons (LAUBIER et LAUBIER-BONICHON, 1977).

En restreignant l'analyse aux poissons marins à oeufs pélagiques, les données que nous venons de citer, et quelques autres exemples, comme ceux de l'anchois, *Engraulis mordax* (LEONG, 1971), du rouget-barbet (MENU et GIRIN, sous-presse), de la daurade dorée (GIRIN et DEVAUCHELLE, sous-presse), ou de la daurade royale (NOGUCHI, 1968), permettent cependant d'émettre une recommandation simple : si l'on offre aux reproducteurs un espace égal à 10 m^3 par kg de poids du plus gros d'entre eux, il y a toutes chances pour que la reproduction naturelle se déroule normalement.

En dehors des manipulations et de l'espace, des facteurs tels que le bruit, les vibrations, la qualité de l'eau, la charge, ou la durée de l'acclimatation sont susceptibles d'influencer la reproduction en captivité. BARNABE (1976 a) a discuté certains de ces points en détail, sans mettre d'effet précis en évidence, chez le bar. Nous n'avons pas réalisé non plus d'expérience démonstrative dans ce domaine. Il est simplement possible de noter que des animaux en captivité depuis un an, avec une charge qui ne dépasse pas 3 kg/m^3 , et une eau non filtrée, renouvelée en continu au taux de 10 % par heure, se trouvent dans des conditions qui ne sont pas limitantes pour la reproduction. Il peut y avoir des pontes sous un délai inférieur à 1 an, mais, sans revenir sur l'acclimatation de plusieurs années jugée nécessaire par FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1897 a) dans le cas du turbot, il semble qu'un délai d'un an soit en règle générale nécessaire pour obtenir des pontes de bonne qualité.

6.1.1.2. LA NOURRITURE.

Dans le milieu naturel, la fréquence des repas d'un poisson, la qualité et la quantité de la nourriture qu'il absorbe, sont étroitement liées à ses capacités de prédation et aux disponibilités. Sur le plan qualitatif, les informations sont assez complètes. Le bar

adulte est essentiellement un consommateur de crustacés et de poissons (BOULINEAU, 1969 a ; BARNABE, 1976 a), le turbot adulte un consommateur de poisson (DENIEL, 1973 ; JONES, 1972 b), et la sole adulte un consommateur de polychètes et de mollusques (JONES, 1972 b).

Nos pontes naturelles de bars ont été obtenues à partir de reproducteurs nourris exclusivement de morceaux de poissons (BOULINEAU, 1974), ou d'aliment composé (granulé sec) expérimental. BARNABE (1976 a) a préféré combiner poissons et crabes, avec en complément des granulés commerciaux dans les périodes où l'approvisionnement en poissons était aléatoire. Le poisson seul est de toute évidence une nourriture suffisante, encore qu'il reste à déterminer si un emploi exclusif de poissons gras (maquereau, sardine), donnerait des résultats différents d'un emploi exclusif de poissons maigres (gadidés). Pour des raisons qui restent à déterminer, l'aliment composé que nous avons utilisé a conduit les poissons à produire des oeufs un peu plus petits que la normale (les résultats de 1978 confirment que cet effet est bien lié à la nourriture, et non aux modifications de l'environnement). Une expérience comparative a été mise en place pour analyser ce phénomène. En attendant ses résultats, il peut être préférable d'éviter l'aliment composé chez les reproducteurs.

Chez le turbot, nous n'avons employé, comme les autres expérimentateurs (MALARD, 1899 ; ANTHONY, 1910 ; JONES, 1972 a), que des morceaux de poisson, sans rencontrer de difficulté particulière. Comme chez le bar, il n'y a eu aucune comparaison de différents types de poissons.

Chez la sole, à la suite de la démonstration de FLUCHTER et TROMSDORF (1974), sur l'importance dans la vitellogenèse de divers acides aminés susceptibles d'être apportés par la caséine (valine, proline, leucine, isoleucine), il est devenu classique de compléter l'alimentation des reproducteurs, toujours à base de mollusques (le poisson et les crustacés sont mal acceptés), d'un peu de polychètes (ALDERSON, comm. pers. ; RAMOS, 1978).

Comme pour les problèmes non alimentaires, il y a donc quelques éléments d'information sur la relation entre l'alimentation du reproducteur et ses performances sexuelles, mais elles sont encore très fragmentaires, faute de provenir d'expériences comparatives précises.

6.1.2. LES CARACTERISTIQUES DE LA PONTE.

6.1.2.1. EPOQUE ET DUREE DE LA SAISON DE PONTE.

En région tempérée, la ponte de la plupart des poissons est annuelle, et s'étale généralement sur une période qui ne dépasse pas trois mois dans un même lieu. Chez les animaux qui fraient au printemps, la saison de ponte est d'autant plus tardive que la latitude augmente. Chez ces espèces, BLAXTER (1970), synthétisant les observations de divers auteurs, estime que la photopériode joue un rôle dominant dans la maturation sexuelle, tandis que la température joue un rôle régulateur à court terme au niveau de l'ovulation, l'inhibant lorsqu'elle est trop basse.

En ne considérant toujours que les lots en conditions naturelles, et après la première saison, pour éviter des artefacts liés à l'acclimatation des animaux à la captivité, les pontes de bar se centrent assez précisément autour du 15 avril, et s'étalent sur environ deux mois. L'étalement est un peu plus grand dans le bassin de 40 m³ que dans le bassin de 20 m³, ce qui peut être dû à une différence d'inertie thermique. La ponte se déroule en effet à des températures qui varient entre 10 et 13° C, et tend à être bloquée en cas de températures nocturnes inférieures à 9° C (c'est le cas en 1975 dans le bassin de 20 m³, pendant 3 semaines). Ces données s'accordent bien avec celles de la littérature pour la ponte en milieu naturel, plus précoce en Méditerranée (BARNABE, 1976), au même moment dans la région (BOULINEAU, 1969), plus tardive en Irlande (KENNEDY et FITZMAURICE, 1968). A Concarneau, au début du siècle, les pontes qu'obtenaient FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905) dans leur bassin alimenté par la marée étaient un peu plus précoces.

Chez la sole, les pontes se sont aussi centrées chaque année autour du 15 avril, mais il a fallu attendre 1977 pour retrouver l'étalement supérieur à 2 mois obtenu avec les animaux fraîchement pêchés de 1973. En baie de Concarneau, FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905) ont récolté des oeufs de sole essentiellement de fin février à mars, et en ont trouvé occasionnellement de fin janvier à avril. A partir de ces données, et de pêches de juvéniles, ils ont estimé l'étalement de la ponte à 5 mois au moins, de janvier à mai. Mais les 10 auteurs dont ils citent les observations, de la Méditerranée (ponte centrée sur février) à la Mer du Nord (ponte centrée sur mai) n'observent pas des étalements supérieurs à 4 mois. LAHAYE (1972), à partir de coupes histologiques des gonades, a placé la ponte de l'espèce de fin octobre à avril, en Bretagne. La période de ponte en bassin, dans nos conditions, comme dans celles de BUTLER (1895), SHELBORNE (1968), ou FLUCHTER et TROMMSDORF (1974), dépassant difficilement deux mois, tend donc à être nettement moins étalée que dans la nature.

Chez le turbot, nos résultats sont trop fragmentaires avec l'absence de pontes de 1977, pour permettre autre chose que de centrer la saison de ponte autour de la mi-mai, avec un étalement de l'ordre de 2 mois (température de l'eau : 12 à 16° C). C'est légèrement plus tôt qu'à Lowestoft, en Grande-Bretagne (JONES, 1972 a) et qu'à Heligoland, en Allemagne (FLUCHTER, 1972). Pour la Bretagne, en conditions naturelles, LAHAYE (1972) a placé la ponte de fin mai à mi-juillet, à partir de coupes histologiques des gonades.

Il n'est pas surprenant que la période de ponte d'un lot de poissons isolés dans un bassin soit plus courte que la période de ponte de l'espèce dans le milieu naturel de la région, où les animaux sont susceptibles de trouver des conditions variées d'un lieu à un autre. Il semble cependant que la période de ponte de la sole en milieu naturel ait parfois été un peu exagérée : il n'y a pas de preuve directe qu'elle dépasse 4 mois en un lieu donné. En comparant les espèces, il est intéressant de remarquer que, dans des conditions identiques, celles où les ovules de chaque femelle mûrent de façon asynchrone (sole et turbot), n'ont pas une période de ponte plus étalée que celle où les ovules de chaque femelle mûrent de façon synchrone (bar). Dans le second cas, des variations plus grandes entre individus doivent compenser l'absence de variations chez un même individu. Le point serait cependant à contrôler avec précision à partir de lots de reproducteurs de même dimension.

La ponte elle-même est précédée d'un comportement sexuel assez similaire chez les trois espèces : une femelle nage régulièrement, en général à mi-profondeur, faisant le tour du bassin, suivie d'un mâle à une ou deux têtes de distance, légèrement au-dessous (bar), ou légèrement au-dessus (turbot et sole). Ils sont souvent accompagnés de façon plus ou moins régulière par un ou plusieurs autres poissons. La ponte du bar a lieu presque systématiquement vers l'aube, quelquefois au crépuscule du soir. La ponte de la sole, qui a été décrite en détail par BUTLER (1895), a lieu en début de nuit. Celle du turbot, dans laquelle nous n'avons pas observé que la femelle recherche une aspérité pour se presser le ventre dessus (voir p. 118), comme l'a fait ANTHONY (1910), a lieu en fin de matinée ou en début d'après-midi. Tenant compte de l'éthologie des animaux indépendamment de la reproduction, il semble que l'heure de la ponte corresponde, et ce n'est pas surprenant, au moment de la journée où ils sont normalement le plus actifs. Le cas de la sole est particulièrement net à cet égard si l'on en juge par l'analyse de son rythme d'activité réalisée par KRUK (1963).

6.1.2.2. NOMBRE ET DIMENSION DES PONTES ET DES OEUFS.

Il y a plusieurs critères de référence des performances de ponte d'une espèce. La fécondité, estimée à partir du nombre des ovules portés par la femelle, fournit la limite supérieure des possibilités de l'animal sur l'ensemble d'une saison de reproduction. La quantité d'ovules extraits d'une femelle par pression abdominale, éventuellement après injection hormonale, en une ou plusieurs opérations, donne théoriquement une vision exacte de ce que l'animal est susceptible de fournir. Elle est en pratique très liée au niveau de dextérité du manipulateur. Les quantités d'oeufs recueillies à la surface du bassin, après des pontes naturelles, ne présentent ni du nombre des femelles qui ont pondu, ni de la proportion des oeufs qui ont pu couler au fond (KITAKA, 1977). Dans ces conditions, la mesure des performances exactes d'un individu supposerait des isolements de couples dans des bassins aménagés de façon à permettre une récupération totale des oeufs démersaux éventuels, aussi bien que des oeufs pélagiques.

En matière de nombre de pontes, les valeurs les plus élevées que nous ayons enregistrées sont de 8,6 par femelle chez le turbot (bassin intérieur en 1977), 1,6 environ par femelle chez la sole (en 1977), et 1,5 par femelle chez le bar (bac de 20 m³ en 1977). Ces valeurs sont des limites inférieures, dans la mesure où elles supposent que toutes les femelles ont pondu. Les résultats obtenus chez le turbot confirment bien le caractère séquentiel de la ponte chez cette espèce sans permettre toutefois de préciser si l'étalement des pontes chez un même individu est faible, comme le suppose LAHAYE (1972), ou important. Les résultats obtenus chez la sole semblent a priori en contradiction avec les données de l'histologie des gonades chez l'animal sauvage (LAHAYE, 1972), qui laissent supposer une ponte séquentielle très étalée. Il est possible qu'une part importante des femelles n'ait pas pondu dans nos expériences, ou, peut-être, ce qui s'accorderait bien avec les observations de BUTLER (1895), que chaque collecte d'oeufs correspondait à un mélange des produits de plusieurs femelles. Chez le bar, les résultats démontrent que si la maturation ovarienne est assez synchrone chez un même individu, la ponte ne se fait pas en une seule fois. Cela peut expliquer la proportion souvent élevée des oeufs non viables dans le produit d'une fécondation artificielle.

En recherchant la valeur la plus élevée, entre les lots et les années de collecte, pour l'ensemble d'une saison, nous pouvons fournir une estimation de 190 000 oeufs/kg de femelle chez le turbot (bac intérieur, en 1976, pour 5 femelles totalisant 30 kg), 150 000 oeufs par kg de femelle chez le bar (bac de 20 m³ en 1976, pour 17 femelles totalisant 52,7 kg), et 90 000 oeufs par kg de femelle chez la sole (pontes de 1977, pour 13 femelles totalisant 9 kg).

Chez le turbot, JONES (1972 b) estime la fécondité de l'espèce à 1 078 000 oeufs/kg/an. Nous n'avons pas connaissance d'estimations de fécondité chez le bar. ALESSIO (1973), avec des injections hormonales, obtient jusqu'à 240 000 oeufs/kg de femelle, dont 200 000 fécondables, et 110 000 qui parviennent au stade embryonné. BARNABE (1976), trois ans plus tard, avec une technique plus approfondie, obtient en moyenne 240 000 oeufs/kg de femelle, dont 120 000 viables. Chez la sole, JONES (1972 b) estime la fécondité à 728 000 oeufs/kg/an, tandis que BLAXTER (1970) donne 150 000 oeufs/femelle/an sans indication de poids.

Il y a donc une différence considérable entre les données de la fécondité et ce qu'il est réellement possible d'obtenir d'un poisson. L'injection hormonale et la pression abdominale permettent d'obtenir plus d'oeufs par kg de femelle que la ponte naturelle, mais l'on retrouve des valeurs similaires au niveau de ceux qui sont viables. BARNABE (1976), indique qu'une grande partie des ovocytes, et même la totalité chez certains individus, sont résorbés sans être pondus au cours de la saison de reproduction du bar en conditions naturelles. Nous avons tenté de collecter des oeufs démersaux éventuels au fond des bacs de ponte à plusieurs reprises, sans jamais en trouver plus de quelques milliers. Par contre, il est évident à l'observation, particulièrement chez la sole, que les ovaires sont encore partiellement dilatés lorsque la saison de ponte s'achève. Il faudrait, pour estimer précisément les proportions respectives des ovules qui sont émis naturellement, de ceux qui sont susceptibles d'être extraits en plus par pression abdominale, et de ceux qui sont inévitablement retenus par la femelle, faire subir une série de manipulations à un lot de reproducteurs en fin de saison de ponte, et les sacrifier ensuite.

En matière de taille des oeufs, nous observons des gammes de diamètres moyens qui vont de 1,34 à 1,50 mm chez la sole, 1,19 à 1,32 mm chez le bar (tombant jusqu'à 1,07 mm si l'on considère les reproducteurs consommant du granulé), et 0,95 à 1,25 mm chez le turbot, sur les différentes pontes inventoriées.

Chez la sole, les valeurs signalées dans la littérature vont de 0,7 mm (SAN FELIU et coll., 1976) à 1,50 mm (nos résultats), pour des oeufs pondus en laboratoire, tandis qu'il a été enregistré jusqu'à 1,60 mm pour des oeufs collectés dans la nature (FABRE-DOMERGUE et BIETRIX, 1905). Chez le bar, les valeurs signalées vont de 0,99 mm (BOULINEAU, 1974) à 1,32 mm (nos résultats), pour les pontes en laboratoire, tandis qu'il a été enregistré jusqu'à 1,51 mm dans la nature (JACKMAN, 1954). Chez le turbot, les valeurs signalées vont de 0,90 mm (FLUCHTER, 1972 ; JONES, 1972) à 1,26 mm (nos résultats), pour les pontes en laboratoire, cette dernière valeur ne semblant pas avoir été dépassée dans la nature. Chez les trois espèces, les

plus faibles valeurs signalées correspondent à des ovulations induites par injection hormonale, et des fécondations artificielles. Il s'agit très vraisemblablement d'interventions prématurées. Par rapport aux résultats de la ponte induite, ceux de la ponte naturelle en captivité présentent une dispersion relativement faible, et se concentrent dans la gamme supérieure des valeurs signalées. C'est normal, la ponte naturelle n'ayant aucune raison d'intervenir avant maturation complète. En outre, si l'on admet, comme BLAXTER (1970) ou BARNABE (1976 a), que la taille des oeufs augmente avec la latitude dans une espèce donnée, il est normal, indépendamment de la méthode employée, que nous obtenions en Bretagne des oeufs plus gros qu'en Méditerranée. Il reste cependant à déterminer si, indépendamment de tout biais introduit par l'alimentation, ou la méthode d'induction de la ponte, la taille de l'oeuf est un élément d'ordre plus génétique (origine du reproducteur) que somatique (lieu de stabulation).

Nous avons observé, surtout chez le bar, des exemples de diminution significative de la taille moyenne des oeufs au cours de la saison de ponte (DEVAUCHELLE, 1976), et d'oeufs plus gros chez des reproducteurs plus âgés. L'augmentation de la taille de l'oeuf avec celle du reproducteur, et sa diminution au fur et à mesure du déroulement de la saison de ponte, ont été observées dans la nature chez des espèces aussi différentes que la plie (SIMPSON, 1959), le hareng (HEMPEL et BLAXTER, 1967), ou la truite arc-en-ciel (GALL, 1974). Cependant, si ces règles s'appliquaient rigoureusement au bar, nous aurions dû observer une dérive progressive dans la période de ponte d'un même lot d'une année à l'autre, accompagnée d'une augmentation de la taille moyenne des oeufs. Il n'en a rien été.

6.1.3. INCUBATION ET ECLUSION.

La qualité d'une ponte naturelle en bassin se juge en premier lieu à la proportion d'oeufs bien transparents, à coque lisse, qui flottent, sont fécondés, et dont la segmentation débute normalement. Ce sont les oeufs que nous considérons comme viables, donnant au terme un sens plus restrictif que BARNABE (1976 a), qui considère comme viable tout gamète susceptible de conduire à une descendance normale. La proportion de ces oeufs n'a été mesurée systématiquement qu'à partir de 1976 (DEVAUCHELLE, 1976). Pour 1976 et 1977, les taux d'éclosion moyens depuis la récolte s'établissent à 56 % chez le bar (62 % des oeufs viables), 70 % chez la sole (83 % des oeufs viables), et 61 % chez le turbot (91 % des oeufs viables), si l'on ne tient compte que des pontes en environnement naturel. Ils sont plus faibles, surtout chez le turbot, pour les pontes en environnement artificiel.

Comparés aux taux d'éclosion estimés dans la nature, dont nous avons parlé en début de chapitre, ces résultats sont remarquables, mais les mesures faites en milieu naturel sont très sujettes à caution. La comparaison avec des résultats moyens de pontes obtenues dans d'autres conditions est délicate, les auteurs fournissant généralement des résultats isolés, où le taux d'éclosion peut être rapporté au nombre des ovules extraits, au nombre des oeufs normalement fécondés, au nombre des oeufs flottants, ou au nombre des oeufs embryonnés. Nous nous contenterons donc d'indiquer les meilleurs résultats signalés, pour montrer que les taux d'éclosion peuvent arriver à des valeurs très élevées : 86 % chez le bar (DEVAUCHELLE,

1976), 95 % chez la sole (SHELBOURNE, 1968), 89 % chez le turbot (nos résultats), dans tous les cas par rapport aux oeufs collectés en sortie de bassin dans les 12 heures suivant une ponte naturelle.

Il ne semble pas y avoir actuellement d'élément précis qui permette d'estimer a priori quelle proportion des oeufs reconnus viables parviendront à l'éclosion. ALESSIO et coll. (1973), mesurant systématiquement les pourcentages de fécondation, d'arrivée au stade embryonné, et d'éclosion, chez des oeufs de bar obtenus par ponte induite, ont mis en évidence des variations d'un lot à l'autre supérieures à un facteur 10. Considérant le caractère aléatoire du phénomène, ALESSIO (1976) a ultérieurement recommandé l'emploi d'incubateurs permettant d'éliminer jusqu'à 2 fois par jour les oeufs qui avortent au cours de l'embryogénèse. C'est une précaution raisonnable, habituelle en salmoniculture.

Nous n'avons pas observé de variations aussi importantes dans les pontes en environnement naturel. Par contre, dans le bassin en environnement artificiel, il est arrivé, aussi bien chez les bars que les turbots, que des oeufs apparemment viables, pélagiques au moment de la récolte, deviennent benthiques ultérieurement sans d'ailleurs avorter systématiquement. Or, POMMERANZ (1974) a mis en évidence d'importantes variations dans la résistance de l'oeuf de plie aux chocs mécaniques pendant l'incubation : elle est faible dans les heures qui suivent la fécondation, élevée ensuite, puis diminue de nouveau juste avant l'éclosion. Nous avons retrouvé ces phénomènes chez le turbot et le bar dans des expériences de transport et de manipulations thermiques (LEMERCIER, 1975 ; LEMERCIER et GIRIN, 1976), comme PARIS et coll. (1977) dans une étude de l'effet des chocs thermiques sur le développement embryonnaire du bar. Il est donc possible que les méthodes de récolte et d'incubation que nous avons employées soient trop brutales pour certains oeufs particulièrement fragiles.

Analyser le problème de façon précise supposerait une comparaison systématique d'incubations réalisées en conditions bien standardisées, à partir d'oeufs collectés directement dans le bassin de ponte. L'expérience montre que ce type de contrôle est malheureusement délicat à réaliser (DEVAUCHELLE, comm. pers.).

6.2. LA LARVE ET LE JUVENILE : SURVIE ET CROISSANCE.

6.2.1. LA SURVIE.

Dans son acception originale, le concept de "période critique", appliqué à des poissons (FABRE-DOMERGUE et BIETRIX, 1897 b) concernait la mortalité importante rencontrée à la fin de la résorption vitelline dans les tentatives d'élevage en laboratoire. Le concept a ensuite évolué vers un sens plus large, aussi bien en élevage que dans la nature. En élevage, il est généralement appliqué à toutes les phases de mortalité importante (GIRIN, 1974 c ; BARNABE, 1976 a) qu'elles semblent liées à l'animal lui-même, ou à la technique employée. Dans la nature, les difficultés de l'échantillonnage n'ont jamais permis de vérifier objectivement le bien-fondé de la théorie de HJORT (1926), qui place la période la plus critique

(en admettant donc plusieurs dans la vie de l'animal) "dans les tous premiers stades du développement de la larve et de l'alevin". Analysant la question, MAY (1974) a proposé, plutôt que de rechercher s'il existe réellement une période critique dans la nature, d'essayer de déterminer comment les caractéristiques de reproduction et de développement larvaire d'une espèce déterminée reflètent son adaptation générale à l'environnement.

Après plusieurs années d'expériences sur des espèces différentes, et avec des méthodes qui ont largement évolué, admettre l'existence d'une période critique, avec l'idée d'inéluctable généralement attachée au concept, nous semble être une solution de facilité pour l'expérimentateur. Le début de l'alimentation, la fin de la métamorphose, le sevrage, peuvent effectivement amener des mortalités élevées chez une espèce déterminée, mais les mêmes stades peuvent être traversés par une autre sans difficulté majeure. En général, une recherche approfondie finit par mettre en évidence un simple problème d'adéquation de la technique d'élevage à l'espèce. L'idée n'est pas originale : si l'animal doit être adapté à son environnement dans la nature, en élevage, c'est à l'expérimentateur d'adapter la technique à ses besoins.

Nous préférerons donc, dans le texte qui suit, au lieu de décrire de nouvelles "périodes critiques", dire simplement que certaines phases de l'élevage sont plus ou moins délicates, et plus ou moins bien maîtrisées. Le niveau de cette maîtrise est illustré dans la figure 31, en valeurs moyenne et maximale, pour les années qui ont fourni les meilleurs résultats d'ensemble.

Chez le bar, la courbe moyenne présente trois ruptures de pente : entre 0 et 10 jours, entre 20 et 30 jours, et entre 50 et 60 jours. La première rupture de pente correspond aux deux premières "périodes critiques" de BARNABE (1976 a) : la somme des malformations létales et des problèmes de transition de la consommation des réserves à une alimentation externe. Cette mortalité n'est pas inéluctable : elle est négligeable dans la courbe maximale. Elle se manifeste de façon assez aléatoire, même avec des schémas alimentaires et des environnements physico-chimiques très semblables. Plus que dans les conditions de l'élevage lui-même, il nous semble, en accord avec BARNABE (1976 a), que son explication devrait se trouver dans l'histoire antérieure de la larve (comptages et manipulations à la mise en élevage), de l'embryon (conditions de l'incubation), ou peut-être même du reproducteur (ovogénèse). Mais cela reste à démontrer.

La 2ème rupture de pente, entre 20 et 30 jours, correspond à la 3ème période critique de BARNABE (1976 a) : les larves présentent alors une vessie natatoire assez développée, nagent de préférence au voisinage de la surface, et sont très sensibles à une éventuelle sursaturation gazeuse, susceptible de faire apparaître en quelques heures les symptômes connus sous le nom de "maladie de la bulle de gaz" (HOUDE, 1973 ; BARNABE, 1976 a). C'est la période où la muqueuse stomacale achève sa différenciation (VU, 1976). A ce stade, il est fréquent d'observer des animaux très maigres, aux yeux brillants et dilatés, souvent avec une coque d'*Artemia* apparemment bloquée au niveau de l'anus : ce sont la maladie de la "tête dorée" et l'"obstruction du tube digestif" décrites en détail par BARNABE.

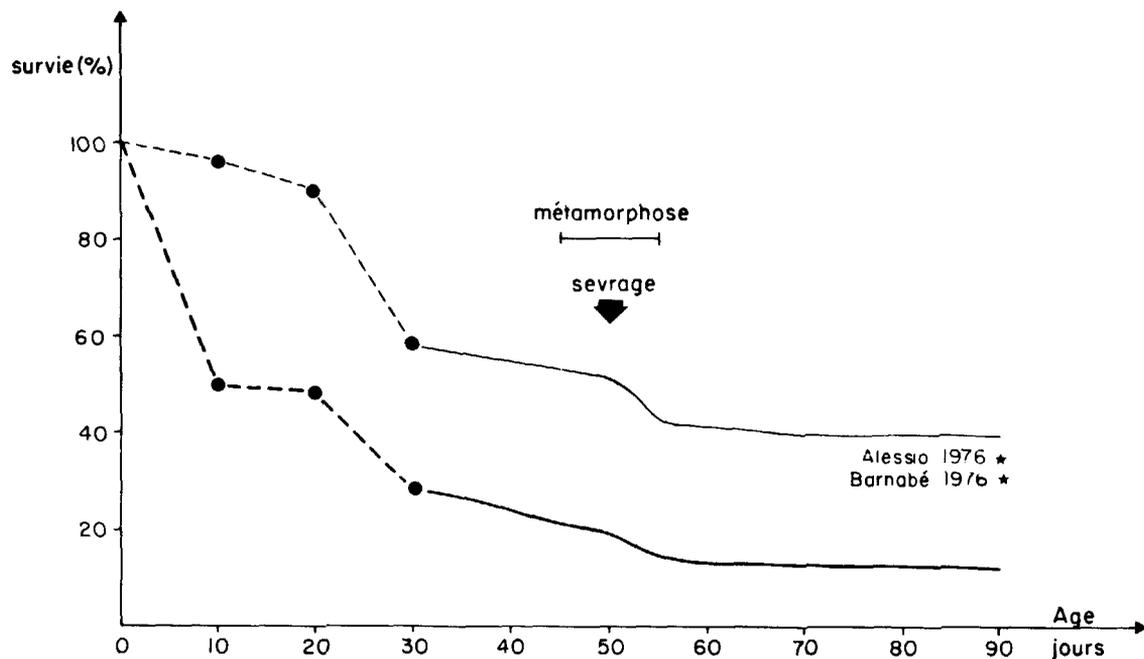
(1976 a). Cet ensemble de symptômes est généralement associé dans la littérature japonaise sur la dorade royale (KITAKA, 1977) à des carences alimentaires liées à l'emploi des nauplius d'*Artemia* comme nourriture de base. Il est exact que les bars sont nourris presque exclusivement de nauplius d'*Artemia* pendant cette période dans nos élevages. Mais BARNABE (1976 a) a rencontré les mêmes difficultés avec des schémas alimentaires faisant une large place aux copépodes. Le problème est donc peut-être tout aussi technique qu'alimentaire. Chez le mullet (*Mugil cephalus*), NASH et coll. (1977), confrontés à des problèmes similaires, les ont résolus en augmentant l'aération et le brassage de l'eau. Quels qu'en soient les facteurs essentiels, il est de toutes façons certain que cette phase de l'élevage du bar est mal maîtrisée.

La troisième rupture de pente, entre 50 et 60 jours, est en fait un artefact lié au sevrage, imposé à 50 jours, avec un transfert du bac d'élevage larvaire au bac de pré-grossissement. Le problème est strictement technique : un sevrage plus précoce reproduit la même rupture de pente plus tôt (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1977). Avec des aliments de transition adéquats, la mortalité qui apparaît pendant cette période est surtout liée au transfert des animaux, souvent aggravé par un dénombrement. Séparer le transfert et le sevrage permettrait peut-être d'arriver à une survie finale plus élevée. Il faudrait alors réaliser le sevrage dans le bac d'élevage larvaire, et le transfert aussi tard que possible. L'expérience a été tentée récemment (BARAHONA-FERNANDES, comm. pers.), avec succès, mais des problèmes techniques délicats devront être résolus si l'on veut la rendre applicable à grande échelle (colmatage des filtres de sortie, encrassement des parois).

Si les solutions ne sont pas toujours encore évidentes, les points faibles de l'élevage larvaire du bar sont donc assez bien caractérisés. Nos éléments s'accordent assez bien avec ceux de BARNABE (1976 a), et les taux de survie moyen et maximum obtenus à l'âge de 3 mois encadrent les meilleures valeurs signalées par d'autres auteurs (ALESSIO, 1976 ; BARNABE, 1976 a).

Chez la sole, les courbes de survie ne présentent que deux ruptures de pente : dans les 10 premiers jours, puis entre 40 et 80 jours pour la courbe moyenne, 60 et 90 jours pour la courbe maximale. Comme chez le bar, la première rupture de pente correspond à la mortalité pendant la résorption vitelline et lors de la transition vers une alimentation externe. En fait, sauf cas très exceptionnels, les pertes se concentrent essentiellement dans les 48 heures qui suivent l'éclosion, et sont aussi très vraisemblablement liées à l'histoire de l'animal antérieure à son arrivée dans le bac d'élevage. Mais, contrairement à ce qui se passe chez le bar, la rupture de pente se retrouve, bien qu'atténuée, sur la courbe des valeurs maximales. Elle n'existe par contre pas dans certaines expériences de FLUCHTER (1965) et de SHELBORNE (1968) qui obtiennent jusqu'à 85 % de survie après la métamorphose, sur quelques centaines d'animaux.

Il n'y a pas de mortalité particulière pendant la très courte période de sub-sur-face qui précède la métamorphose (10ème au 15ème jour), où nous n'avons jamais observé l'une ou l'autre des affections signalées chez le bar, ni pendant la métamorphose elle-même.

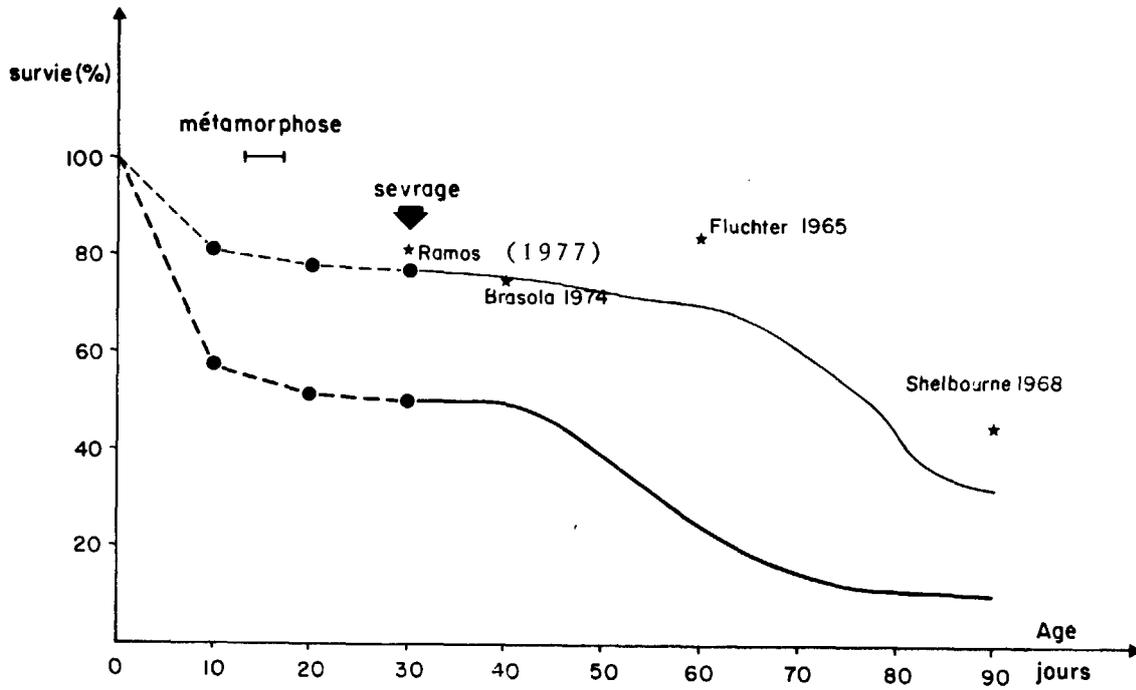


a. Bar en 1975.

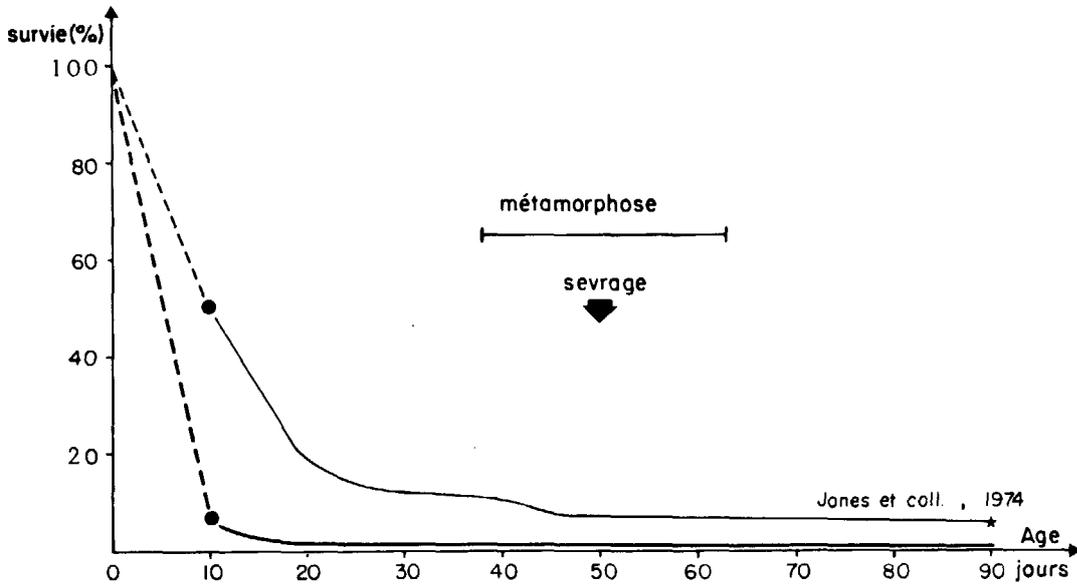
FIGURE 31 : Evolution du taux de survie depuis l'éclosion, chez le bar, la sole et le turbot, à 18°C, pendant les 3 premiers mois de l'élevage.

Les données présentées sont empruntées à l'année qui a fourni le meilleur résultat à l'âge de 3 mois. Les courbes sont tracées à partir d'estimations faites à intervalles de 10 jours au début de l'élevage, à partir des décomptes quotidiens de mortalité ensuite. Dans chaque graphique, la courbe inférieure correspond à la moyenne de l'ensemble des lots expérimentaux de la saison. La courbe supérieure relie les meilleurs taux obtenus. Les expériences portant sur moins de 200 animaux n'ont pas été prises en considération.

Les valeurs indiquées pour d'autres auteurs correspondent aux meilleurs résultats signalés.



b. Sole en 1976.



c. Turbot en 1973.

La deuxième rupture de pente est liée au sevrage, imposé à l'âge de 30 jours. A l'opposé de ce qui se passe chez le bar, la mortalité est très progressive, et ne commence qu'après une latence de l'ordre de 2 semaines. Elle est aussi beaucoup plus sévère. En moyenne, les 4/5èmes des animaux disparaissent alors. De ce fait, avec un taux de survie moyen à la métamorphose au moins deux fois plus élevé que chez le bar, le taux de survie après sevrage se retrouve à un niveau très voisin. Il est cependant très vraisemblablement possible d'arriver à mieux : une expérience à trop petite échelle pour être présentée sur la figure 31, mais décrite dans ce volume (voir p. 106) a montré qu'il est possible de traverser le sevrage avec des pertes négligeables, et d'arriver à l'âge de 6 mois avec un taux de survie correspondant à 55 % depuis l'éclosion.

Comme chez le bar, les phases délicates de l'élevage larvaire de la sole sont bien caractérisées. S'il n'y a pas encore de solution évidente pour éviter la crise de mortalité des premiers jours, il y a maintenant toutes les bases nécessaires pour démontrer sur des lots importants qu'il est possible de réaliser le sevrage avec une mortalité négligeable. Cela laisse envisager la possibilité de hisser à court terme l'élevage larvaire de la sole au niveau de celui des salmonidés, où les seules causes de mortalité importante qui subsistent sont d'ordre accidentel ou pathologique.

La situation du turbot est totalement différente. Il a fallu recourir à l'emploi de données datant de 1973 pour pouvoir présenter une courbe de survie maximale qui soit encore au-dessus de 5 % après 3 mois. Nous avons distingué antérieurement (GIRIN, 1974 c) une succession de trois périodes critiques : au début de l'alimentation (3ème au 7ème jour), au changement de proie (10ème au 15ème jour, passage des rotifères aux *Artemia*), et au changement de bac (18ème au 40ème jour). Les expériences des années suivantes porteraient plutôt à conclure qu'aucune période des trois premières semaines de l'élevage n'est réellement bien maîtrisée. Les résultats obtenus à cet âge sont encore beaucoup trop aléatoires et il n'a pas été possible de construire des expériences assez structurées pour analyser correctement les besoins de l'animal au-delà.

Il est cependant possible d'en tirer quelques observations d'ordre général. Dans les premiers jours de l'élevage, comme chez le bar et la sole, des mortalités qui ne sont apparemment pas liées aux conditions d'élevage peuvent éliminer jusqu'à 50 % des larves. Il y a ensuite souvent un palier de quelques jours, puis, tandis que certains animaux passent du jaune-orangé au blanchâtre, d'autres deviennent franchement noirs. Il s'ensuit en quelques jours une mortalité d'autant plus importante que la proportion des animaux noirs est plus élevée, qui touche des animaux à l'estomac généralement plein de nourriture. Vers la troisième semaine, la vessie natatoire s'est considérablement dilatée, les poissons sont pratiquement collés en surface, et une légère sursaturation gazeuse (110 %) suffit à provoquer une mortalité catastrophique en quelques heures. Vers la 6ème semaine, lorsque les animaux commencent à devenir partiellement benthiques, les problèmes techniques de l'approvisionnement en proies vivantes font leur apparition, et le sevrage devient inévitable dès qu'il y a plus de quelques centaines de poissons, d'où de nouvelles mortalités. Le 3ème mois s'achève avec

moins de 1 % de survie, sauf dans quelques cas exceptionnels où, sans bien savoir pourquoi, il a été obtenu jusqu'à 5 ou 6 % de survie (JONES et coll., 1974 ; GIRIN, 1974).

Il y a donc des variantes importantes d'une espèce à l'autre. Mais elles laissent quand même apparaître quelques traits généraux, communs non seulement aux trois espèces étudiées ici, mais aussi à la plie (SHELBOURNE, 1968), au mullet (LIAO, 1975 ; NASH et KUO, 1975), à la dorade dorée (ALESSIO, 1975), à la dorade royale (YAMAGUCHI, 1971), et vraisemblablement à la plupart des poissons marins à oeufs pélagiques de petite taille.

Le premier de ces traits est une mortalité plus ou moins forte pendant la résorption vitelline, vraisemblablement liée à l'histoire de l'animal avant l'éclosion, qui se retrouve de façon très générale, et particulièrement dans le cas d'ovulations induites par injections hormonales, où les risques de ponte prématurée sont élevés. Le second trait correspond à une phase de sensibilité générale à l'environnement, dans la période où les animaux présentent une vessie natatoire dilatée, d'autant plus intense que cette période est plus longue : à peu près inexistante chez la sole ou la plie, cette phase est bien nette chez le bar, la dorade, ou le mullet, encore plus chez le turbot. Les mortalités actuelles ne sont donc pas inéluctables. Elles seront plus ou moins difficiles à réduire suivant l'espèce, mais ce ne sont somme toute que de simples problèmes techniques d'élevage, comme les changements de bac, les passages d'une proie à une autre, ou le sevrage.

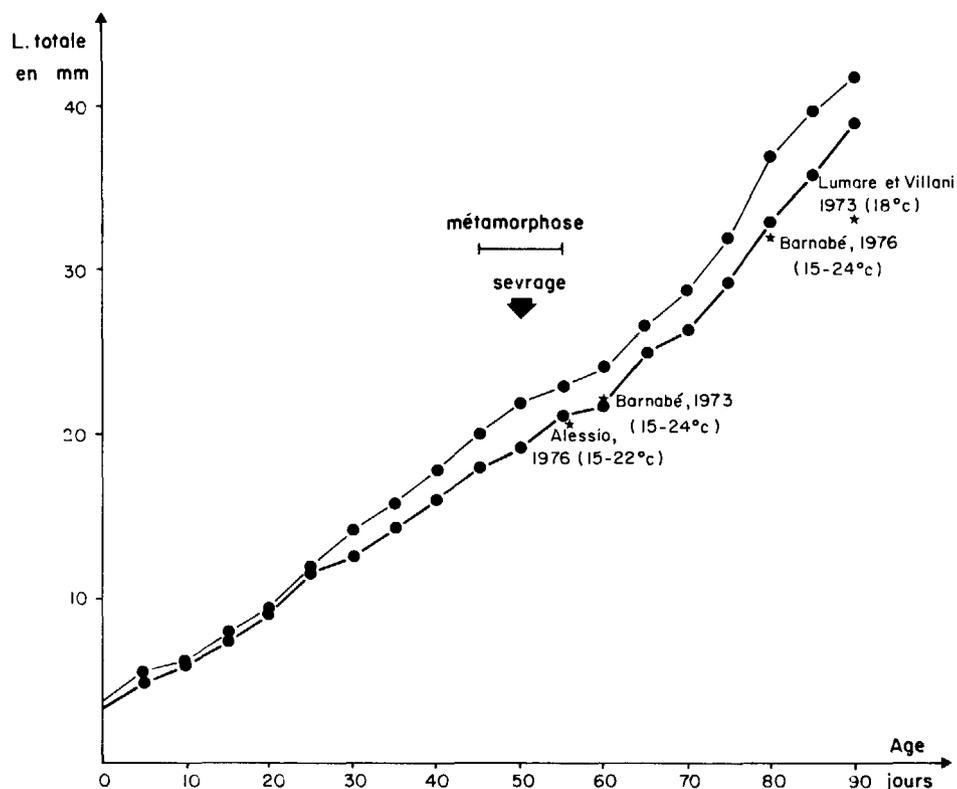
6.2.2. LA CROISSANCE.

Il existe des études détaillées de l'évolution du poids au cours de la morphogénèse chez certains poissons d'eau douce (PENAZ et coll., 1976). Il existe des études similaires au cours de l'embryogénèse et lors de la résorption vitelline chez certaines espèces marines (LASKER, 1962 ; BLAXTER et HEMPEL, 1963 ; IRVIN, 1974). Mais, en dehors de rares exceptions (SHELBOURNE, 1969), les travaux sur la vie larvaire des poissons marins, font généralement appel à la taille seule comme référence de la croissance. C'est regrettable, car la taille est un élément d'information souvent insuffisant pour une bonne interprétation des phénomènes observés. Nous avons donc présenté des courbes de taille et de poids, même si la discussion était nécessairement limitée pour les secondes, faute de données comparatives dans la littérature.

6.2.2.1. LA TAILLE.

Comme les courbes de survie, les courbes de croissance, qu'il s'agisse de la moyenne générale pour l'ensemble d'une saison, ou de la moyenne dans les meilleurs lots, diffèrent nettement d'une espèce à l'autre (figure 32).

Chez le bar, la courbe des moyennes générales est très légèrement exponentielle, avec des résultats proches de ceux de BARNABE et RENE (1972), BARNABE (1976 a) et ALESSIO (1976), un peu supérieurs à ceux de LUMARE et VILLANI (1973 b). La courbe des meilleures moyennes est très semblable, encore qu'un peu moins régulière, et s'en écarte peu. Dans les deux cas, le sevrage à la métamorphose introduit un léger freinage de la croissance, qui



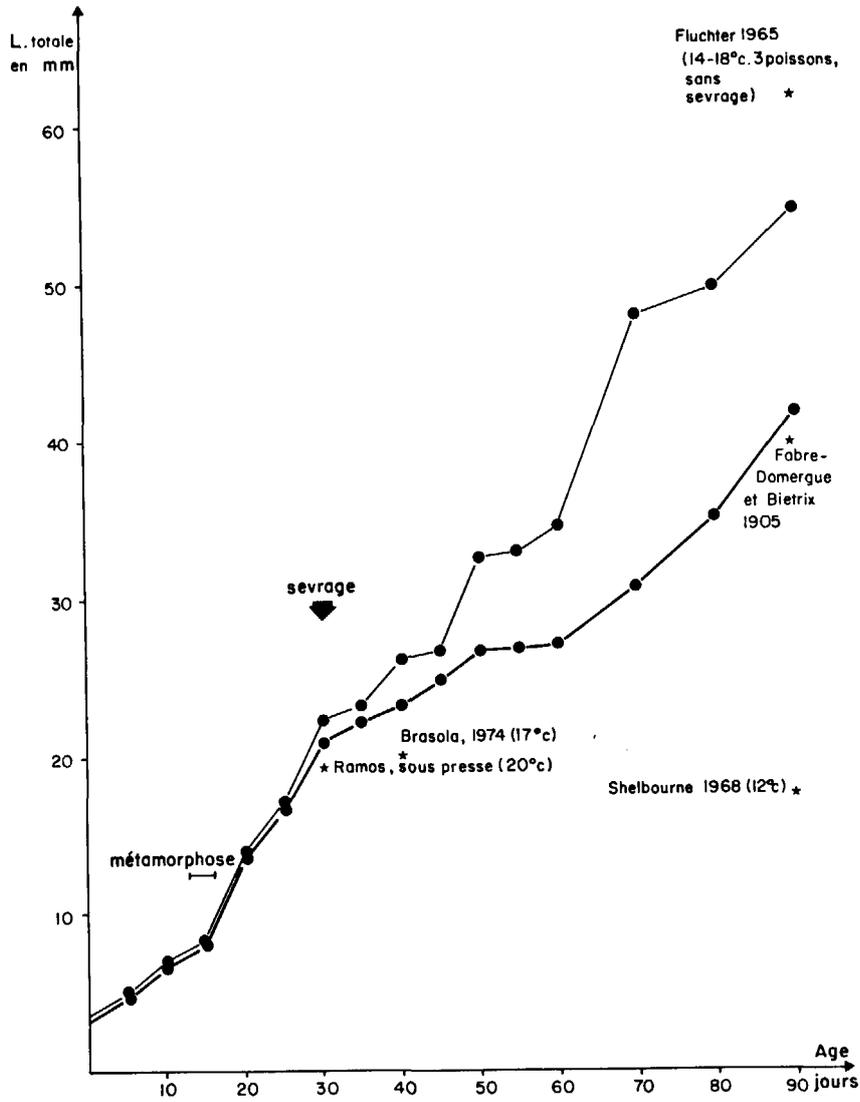
a. Bar, en 1975.

FIGURE 32 : Croissance du bar, de la sole et du turbot, à 18° C, pendant les trois premiers mois de l'élevage : taille.

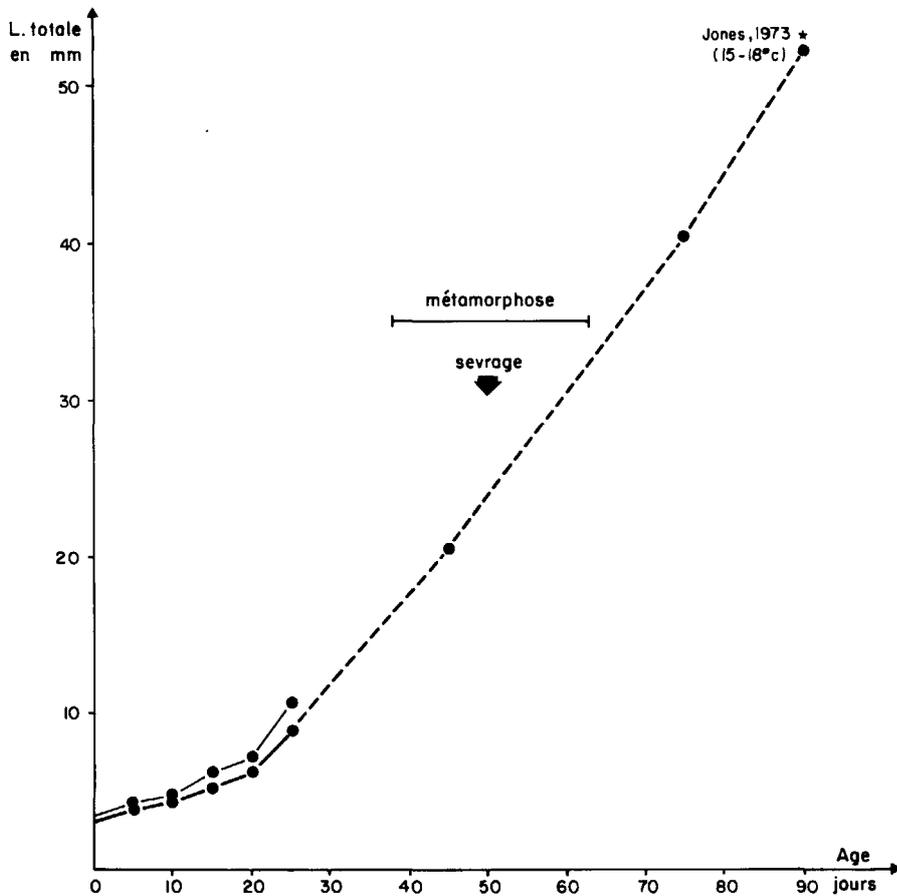
Les courbes sont tracées à partir des mesures de longueur totale faites dans chaque lot expérimental, sur des échantillons de 10 individus fixés au formol neutre à 5 %, autant que possible à intervalles de 5 jours pendant les 2 premiers mois, de 10 jours ensuite.

Dans chaque graphique, la courbe inférieure relie les moyennes générales de ces échantillons, pour l'ensemble de la saison considérée. La courbe supérieure relie les moyennes des meilleurs résultats.

Les valeurs indiquées pour d'autres auteurs correspondent aux meilleurs résultats signalés.



b. Sole, en 1976.



c. Turbot, en 1973.

est rattrapé ensuite. Considérant la grande variété des techniques employées d'un auteur à l'autre, et le nombre des expériences sur lesquelles s'appuient les différentes données disponibles, il est vraisemblable que les courbes présentées ici reflètent assez bien les performances normales de l'espèce. Il y a donc assez peu de chances de les voir modifier nettement dans l'avenir.

L'image présentée par la sole est très différente. Il y a d'abord une rupture de pente nette au moment de la métamorphose, le juvénile grandissant plus vite que la larve. Le sevrage se traduit ensuite par une seconde rupture de pente, et la croissance se poursuit plus lentement. La courbe des moyennes générales, assez régulière, semble amorcer un léger redressement vers la fin du 3ème mois. La courbe des meilleures moyennes, très irrégulière, s'en écarte deux à trois fois plus que chez le bar. FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905), puis BRASOLA (1974) et RAMOS (1977), tous trois sans réaliser de sevrage, ont obtenu des résultats assez semblables aux nôtres. SHELBOURNE (1968), travaillant à 12° C seulement, a enregistré des croissances nettement plus faibles. Mais FLUCHTER (1965), sur trois poissons non sevrés, a obtenu une courbe de croissance assez rectiligne après le premier mois, qui poursuit parfaitement celle que nous observons pendant la seconde quinzaine de vie de l'animal. Il est donc vraisemblable que nos courbes présentent une image assez exacte des possibilités de la sole pendant le premier mois qui suit l'éclosion, mais nettement sous estimée ensuite. Les 6 cm de moyenne à l'âge de trois mois obtenus par FLUCHTER (1965) peuvent être considérés comme un objectif raisonnable, même avec des lots importants de poissons non sélectionnés.

Chez le turbot, les données précises dont nous disposons, qui ne dépassent pas le 25ème jour, sont trop restreintes pour permettre la moindre conclusion. Les quelques mesures de taille réalisées à l'âge de 3 mois donnent des valeurs comprises entre 48 et 56 mm, ce qui est assez voisin des 53 mm de moyenne obtenus par JONES (1973 b) dans une expérience réalisée entre 15 et 18° C. Mais aucun élément ne permet de préciser si ces valeurs correspondent à des performances normales ou non pour l'espèce.

Ces différentes données tendent à présenter le bar comme une espèce dont la croissance, avant comme après le sevrage, est assez bien dominée. Dans un lot, les animaux qui n'acceptent pas le sevrage meurent en quelques jours, ceux qui l'acceptent le font totalement, grandissant au mieux de leurs possibilités et de la valeur nutritive de l'aliment. La sole a des réactions plus complexes. Il semble que chaque poisson réagisse au sevrage de façon individuelle, refuse de s'alimenter pendant plus ou moins longtemps, puis ne s'alimente pas nécessairement au maximum de ses capacités. Ceux qui attendent trop longtemps, ou mangent trop peu, meurent les uns après les autres, au plus tôt 2 semaines, et au plus tard 2 mois après l'arrêt des distributions de proies vivantes. Ces différences sont de toute évidence liées au comportement alimentaire de deux espèces. Les bars viennent en surface, en groupe, gober les aliments qui leur sont offerts, à partir du moment où ils y sont habitués. Les soles mangent sur le fond, ne s'approchent de la nourriture que lentement, même si elles y sont bien habituées, et semblent d'abord la goûter, avant d'en ingérer éventuellement.

Si l'on ne tient compte que du résultat obtenu à l'âge de 3 mois, dans les conditions de nos expériences, à 18° C, la vitesse de croissance du turbot est supérieure à celles du bar et de la sole, qui présentent des performances moyennes assez voisines. Mais des progrès dans les techniques de sevrage devraient permettre à la sole de rejoindre, sinon de dépasser le turbot.

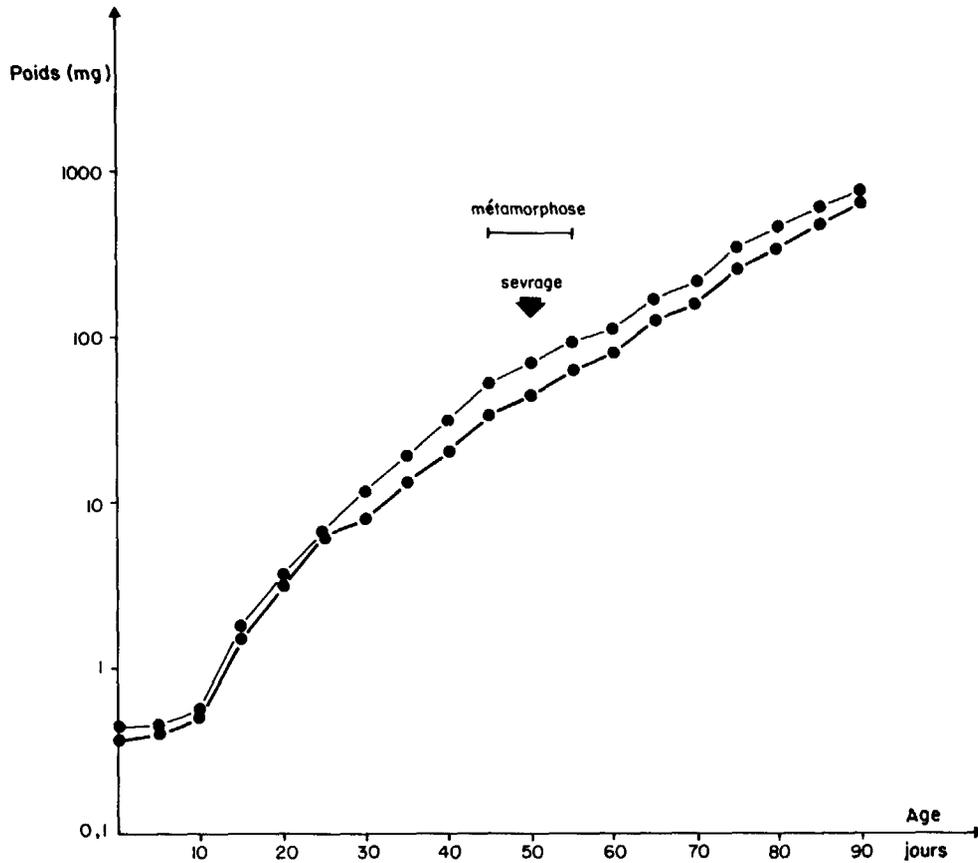
Cette hiérarchie des espèces à température identique ne préjuge en rien de celle qui pourrait s'établir si chacune était élevée à sa température optimale. En effet, si 18° C est nettement supérieur aux températures que les larves trouvent normalement dans la nature (surtout pour la sole et le bar, qui pondent plus tôt que le turbot), cette valeur n'est pas un maximum. Chez la sole, par exemple, IRVIN (1974) a montré qu'il pouvait être employé jusqu'à 18° C pendant l'incubation, 24° C au début de l'alimentation, et 28° C à la métamorphose, tandis que FONDS et SAKSENA (1977) ont montré que la courbe de consommation de nourriture de l'animal de 10 g passe par un maximum à 26° C.

La relation exacte entre la vitesse de croissance et la température pendant les trois premiers mois reste à déterminer chez les trois espèces. Quelle qu'elle soit, il est cependant très vraisemblable qu'aucune n'est capable d'un début de croissance aussi rapide que la sériole (*Seriola quinqueradiata*), susceptible de mesurer 160 mm à l'âge de 3 mois, à 22° C (CUEFF, 1973). La sole et le turbot, en conditions optimales, devraient pouvoir atteindre 60 mm à l'âge de 3 mois. Un tel résultat les placerait à un niveau proche du mullet (*Mugil cephalus*), qui atteint 75 mm au même âge à 22° C (LIAO, 1975) ou de la dorade royale (*Chrysophrys major*) qui atteint 70 mm au même âge vers 20° C (YAMAGUCHI, 1971). Le bar, qui semble difficilement capable de dépasser de beaucoup 40 mm à l'âge de 3 mois, se situerait à un niveau similaire à celui de la dorade dorée (GORDIN, comm. pers.).

6.2.2.2. LE POIDS : EVOLUTION ET DISPERSION.

Les courbes de poids de la figure 33 sont tracées sur les mêmes bases que les courbes de taille de la figure 32. Nous l'avons déjà signalé plus haut, l'effet sur le poids frais de la fixation au formol à 5 % n'est pas négligeable (LOCKWOOD et DALY, 1975) : les valeurs indiquées sont inférieures en moyenne de 20 % à ce qui serait fourni par une mesure sur le vivant.

L'inévitable présentation en échelle semi-logarithmique provoque un écrasement des courbes dans leur partie supérieure. Les observations déjà faites sur la taille s'y retrouvent cependant bien : bon parallélisme des courbes de moyenne générale et des meilleures moyennes chez le bar, irrégularité de la courbe des meilleures moyennes, qui s'écarte nettement de l'autre, après le sevrage, chez la sole. Elles mettent en outre nettement en évidence la période de consommation des réserves vitellines, plus longue chez le bar que chez les deux autres espèces.

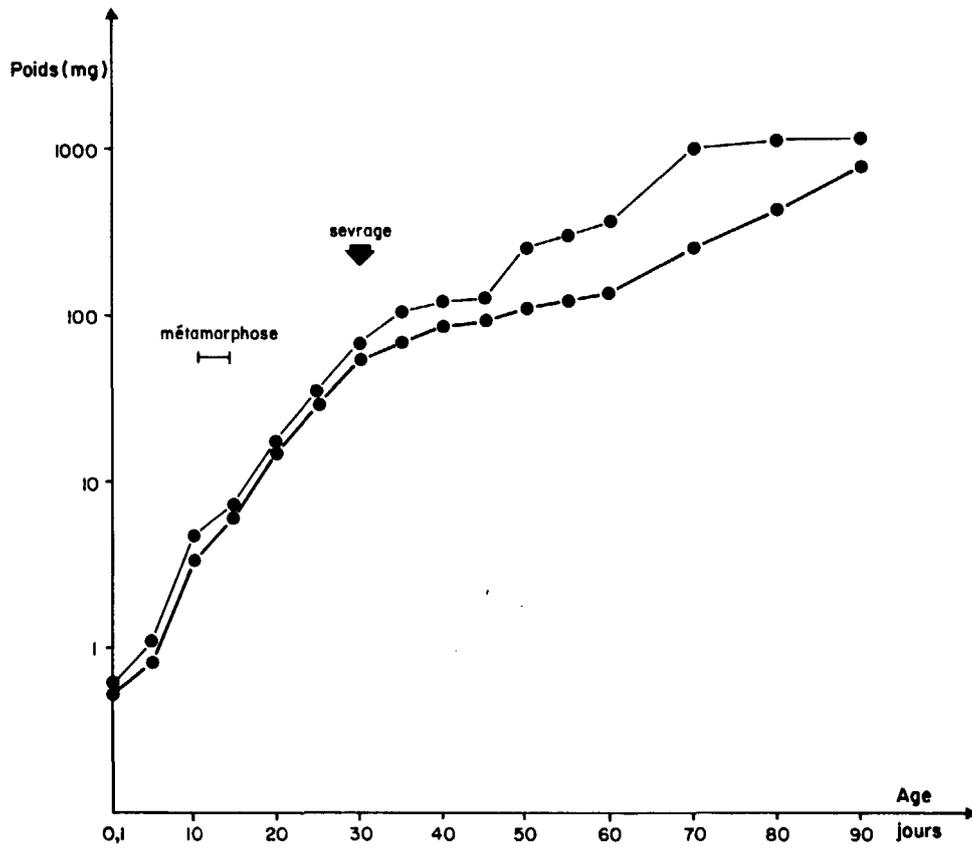


a. Bar, en 1975.

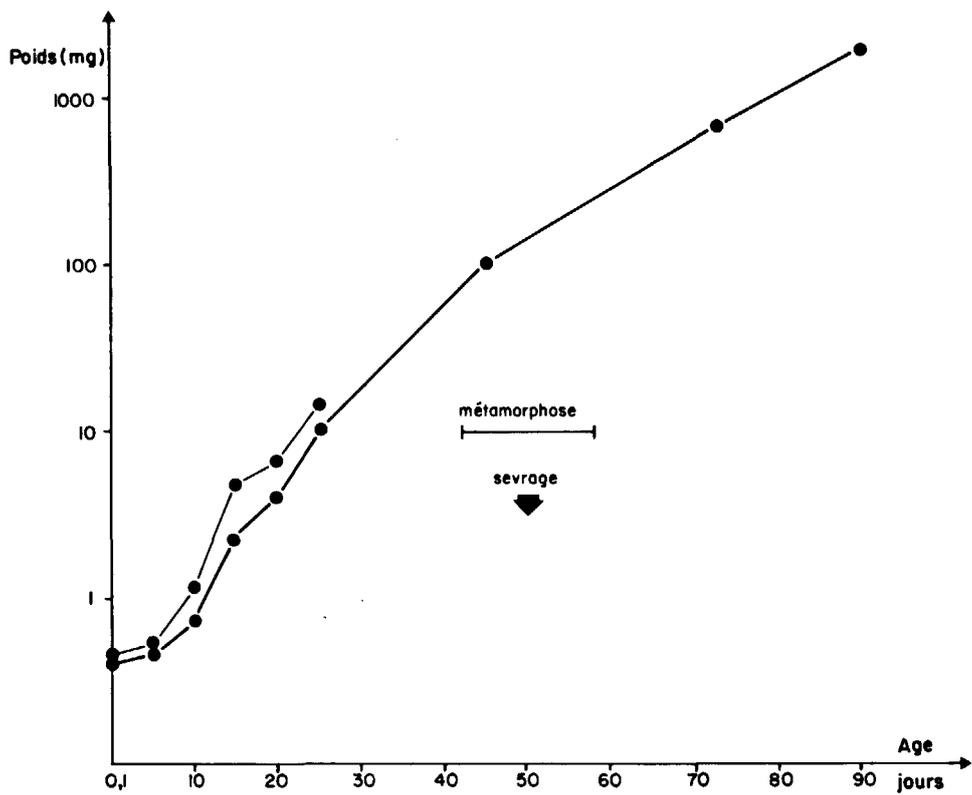
FIGURE 33 : Croissance du bar, de la sole et du turbot, à 18° C, pendant les 3 premiers mois de l'élevage : poids humide.

Les courbes sont tracées à partir des mesures de poids humide de l'animal égoutté faites dans chaque lot expérimental, sur des échantillons de 10 individus fixés au formol neutre à 5 %, autant que possible à intervalles de 5 jours pendant les 2 premiers mois, de 10 jours ensuite.

Dans chaque graphique, la courbe inférieure relie les moyennes générales de ces échantillons, pour l'ensemble de la saison considérée. La courbe supérieure relie les moyennes des meilleurs échantillons.



b. Sole, en 1976.



c. Turbot, en 1973.

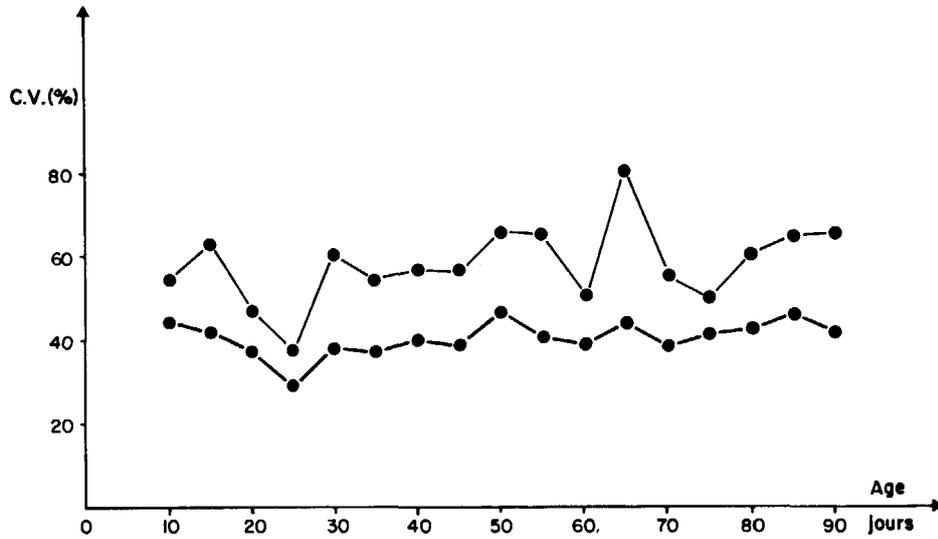
Le poids est une donnée beaucoup plus démonstrative que la taille, dans l'établissement d'une hiérarchie des vitesses de croissance entre les espèces. Chez le turbot, le poids de naissance (0,24 mg) se trouve multiplié par 5 000 à l'âge de 3 mois. Chez la sole, le poids de naissance, plus élevé (0,52 mg) n'est multiplié que par 1 400 en moyenne, mais par 2 100 dans la meilleure expérience, et la reproduction des résultats de FLUCHTER (1965), 2,5 g à 3 mois, donnerait un taux de multiplication de l'ordre de 4 800. Chez le bar, le poids de naissance (0,36 mg) est multiplié par 1 700 en moyenne, par 2 100 au mieux. La hiérarchie est nette : en valeurs moyennes, le turbot présente un rythme de croissance pondérale trois fois plus élevé que les deux autres espèces, la sole paraissant capable, dans de bonnes conditions, d'arriver à un niveau similaire. Dans l'ensemble, ces rythmes de croissance, comme chez toutes les larves, sont considérables par rapport à ceux des juvéniles et des adultes : pour multiplier simplement par 1 000 le poids atteint à 3 mois, il faudra au moins 30 mois, chez n'importe laquelle des trois espèces considérées.

SHELBOURNE (1969) a distingué chez la plie une phase de diminution de poids (pendant la résorption vitelline), une phase de croissance exponentielle (avant la métamorphose), et une phase de croissance linéaire. Nos courbes ne contredisent pas cette hypothèse, mais affirmer qu'elles la confirment serait pousser l'analyse un peu loin.

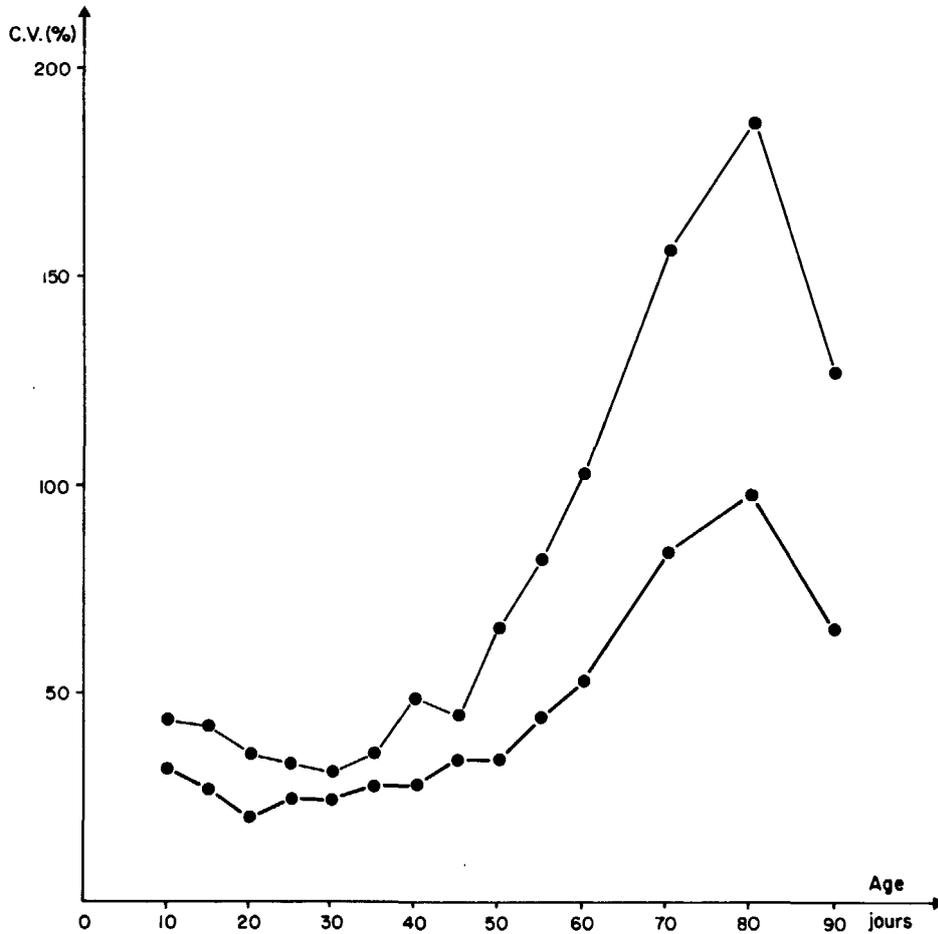
Indépendamment de la croissance elle-même, la dispersion des poids dans un même lot est un élément important pour l'expérimentateur conduit à des calibrages d'autant plus fréquents qu'elle est plus importante, afin d'éviter des phénomènes de dominance, et, à la limite, de cannibalisme. La figure 34 indique les valeurs moyennes et les valeurs les plus élevées des coefficients de variation des poids de lots n'ayant subi aucun tri pendant les 3 premiers mois de l'élevage. Elle ne concerne que le bar et la sole, faute de données en nombre suffisant chez le turbot. Un éventuel effet de dominance, comme chez la truite (BROWN, 1946) devrait se traduire par une augmentation des coefficients de variation avec le temps. Ce n'est pas le cas chez le bar, où la courbe des moyennes reste très stable aux environs de 40 %, tandis que celle des valeurs les plus élevées présente des fluctuations assez aléatoires. Par contre, chez la sole, aussi bien les moyennes que les valeurs les plus élevées augmentent considérablement après le sevrage, jusqu'à l'âge de 80 jours, pour amorcer un début de descente ensuite.

Dans le cas du bar, l'interprétation la plus simple consiste à admettre que le niveau d'agressivité de l'animal se trouve au-dessus du seuil qui induirait un effet de dominance. C'est très vraisemblable : nous avons pu observer, en rassemblant des bars et des saumons (*Oncorhynchus kisutch*) de quelques centaines de grammes dans un même bassin, entre 15 et 18° C, que les saumons se jettent sur la nourriture avec beaucoup plus de voracité que les bars. Mais des bars maintenus à 25° C présentent un niveau d'activité très semblable à celui du saumon, se rassemblant en essaims compacts sous les distributeurs de nourriture, et il serait intéressant de voir si un effet de dominance apparaîtrait ou non à une telle température.

Chez la sole, un éventuel effet de dominance paraît hautement improbable. En phase de sevrage, tous les poissons ont largement la possibilité de se nourrir à satiété. Mais, alors que certains acceptent assez vite l'aliment offert, d'autres continuent à le refuser pendant des semaines. Nous avons pu remarquer, dans une publication antérieure



a. Bar, en 1975.



b. Sole, en 1976.

FIGURE 34 : Coefficient de variation des poids chez le bar et la sole, à 18°C, pendant les 3 premiers mois de l'élevage.

Les coefficients de variation sont ceux des échantillons employés à l'établissement de la figure 33.

Dans chaque graphique, la courbe inférieure relie les moyennes générales des coefficients pour l'ensemble de la saison considérée. La courbe supérieure relie les valeurs maximales enregistrées.

(GIRIN et coll., 1977) qu'à âge égal, un lot de soles est d'autant plus hétérogène que son taux de survie et sa croissance moyenne pendant le sevrage ont été plus faibles. Bien loin de traduire une dominance, l'augmentation générale de la dispersion des poids après le sevrage est donc beaucoup plus un reflet de l'individualisme de l'espèce. Sa régression à 90 jours reflète simplement la disparition des animaux qui n'ont pas accepté le sevrage.

6.2.2.3. RELATION ENTRE LA TAILLE ET LE POIDS : LE COEFFICIENT DE CONDITION.

Le coefficient de condition k , rapport de 100 fois le poids au cube de la longueur, en unités homogènes, est un indice simple et commode de l'état de maigreur ou d'adiposité plus ou moins accentué des animaux. En règle générale, le coefficient de condition de l'animal en élevage, nourri plus ou moins à satiété et confiné dans un espace restreint, est plus élevé que le coefficient de condition de l'animal sauvage. Il y a cependant des exceptions : BALBONTIN et coll. (1973) ont ainsi observé, en comparant de jeunes hareng sauvages avec des animaux d'élevage de même taille, que les seconds étaient plus légers, plus riches en graisses, et plus pauvres en cendres. Ils en ont tiré l'hypothèse qu'un excès de nourriture provoquait une réduction de l'activité et du stimulus de croissance chez l'animal en élevage.

La figure 35 donne les moyennes générales des coefficients de condition pour l'ensemble d'une saison d'élevage, et les moyennes les plus élevées, à partir des mesures de taille et de poids sur individus formolés qui ont servi à construire les figures 32 et 33.

Chez le bar, le coefficient, voisin de 1 au départ, diminue pendant la résorption vitelline, jusqu'à un minimum de l'ordre de 0,3 vers l'âge de 10 jours, remonte jusqu'à 20 jours, puis, après un léger décrochement autour du 25ème jour, augmente ensuite régulièrement pour revenir aux environs de 1 à l'âge de 3 mois.

BARNABE (1976 a) trouve des valeurs très légèrement supérieures à 1 chez des animaux sauvages de 10 cm ou plus. STIRLING (1977) obtient des valeurs de 1,1 à 1,5 en élevage. Nos animaux de 3 mois présentent donc un coefficient de condition très proche de celui du jeune immature sauvage, un peu plus bas que celui de l'animal d'élevage. Nous n'avons pas d'élément pour déterminer si l'évolution au terme de laquelle ils y arrivent est normale ou non. Comme nous ne pouvons pas distinguer si la chute qui intervient entre le 20ème et le 30ème jour, dans la phase la plus délicate de l'élevage, caractérise l'espèce, ou la technique employée.

Le coefficient de condition de la sole part d'un niveau plus élevé (1,4) et diminue normalement au cours de la résorption vitelline. Il passe ensuite par un deuxième pic (1,2) entre 10 et 15 jours, pendant la phase de sub-surface qui précède la métamorphose. Retombé brutalement vers 0,6 après la métamorphose, il tend ensuite à se stabiliser légèrement au-dessus de 1, comme chez le bar. Nous avons enregistré des valeurs voisines de 1,1 chez des animaux de quelques grammes lâchés dans un étang à marée aux environs de 50 mg.

La baisse du coefficient de condition pendant la résorption vitelline, puis sa remontée lorsque l'animal arrive à la phase de vie en sub-surface, se retrouvent chez le turbot, mais les données ultérieures sont trop imprécises pour permettre une analyse plus approfondie. On notera simplement que la valeur de 1,0 enregistrée à l'âge de 3 mois est encore nettement inférieure à ce qui peut être calculé (1,5 environ) à partir des relations taille-poids établies par DENIEL (1973) sur des jeunes immatures sauvages et d'élevage.

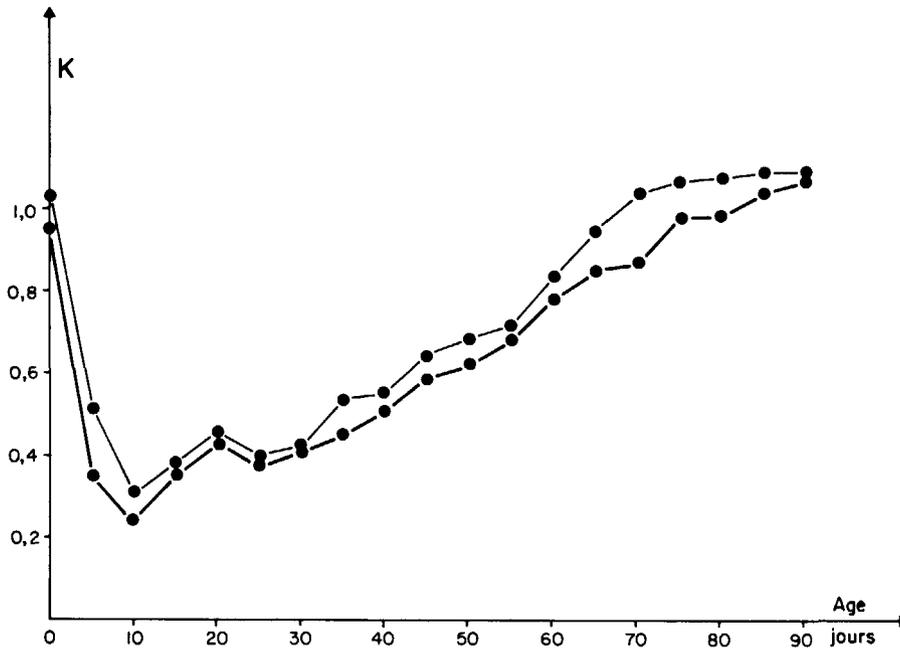
Il semble donc, si les niveaux atteints par les courbes sont assez différents, que l'évolution du coefficient de condition soit similaire d'une espèce à l'autre pendant les trois premiers mois, avec une baisse pendant la résorption vitelline, un pic avant la métamorphose, une deuxième baisse, et une remontée au cours du 3ème mois vers le niveau stable habituel au jeune immature.

BARNABE (1976 a), constatant les limites du coefficient de condition, a employé un coefficient "composite", rapport du coefficient calculé chez un animal donné, à la valeur théorique qu'il devrait avoir selon les courbes moyennes de croissance en poids et en taille de l'espèce. Nous manquons de données comparatives pour faire un tel calcul. Pourtant, il arrive que les courbes des meilleures moyennes s'écartent sensiblement des moyennes générales dans nos résultats. Il est vraisemblable qu'un suivi précis de l'évolution du coefficient de condition en cours d'élevage, en particulier lors d'une opération de sevrage, pourrait fournir des informations très révélatrices de la réaction des poissons au traitement. C'est un type d'analyse à passer dans l'usage courant.

6.3. CONCLUSION.

Les différentes données discutées dans ce chapitre ne sont qu'une forme un peu plus élaborée de celles qui ont servi à rédiger les remarques clôturant les trois chapitres de résultats. Elles n'apportent donc aucun élément particulièrement nouveau. Mais la juxtaposition des trois espèces permet de mieux mettre en évidence leurs points communs et les différences qui les séparent.

La sole présente un assortiment de caractéristiques intéressantes. Dans les conditions de nos élevages, et en accord avec les données de la littérature, c'est, des trois espèces étudiées, celle qui accepte de se reproduire dans le volume le plus faible, fournit les oeufs les plus gros, métamorphose le plus vite, avec le taux de survie le plus élevé, et fournit les résultats les plus prometteurs en matière de survie à l'âge de 3 mois. Ne présentant ni rayon dur à la nageoire dorsale, ni aspérité à l'opercule, comme le bar, et tolérant mieux l'émersion que le turbot, c'est en outre la plus facile à manipuler. Devant un tel assortiment de qualités pour l'élevage, il est surprenant que l'espèce ait été quelque peu délaissée simplement parce qu'elle posait des problèmes d'alimentation, assez similaires, d'ailleurs à ceux des crevettes pénelides. Peut-être parce qu'en matière de poissons l'exemple des salmonidés reste toujours trop présent à la mémoire des expérimentateurs, les retenant

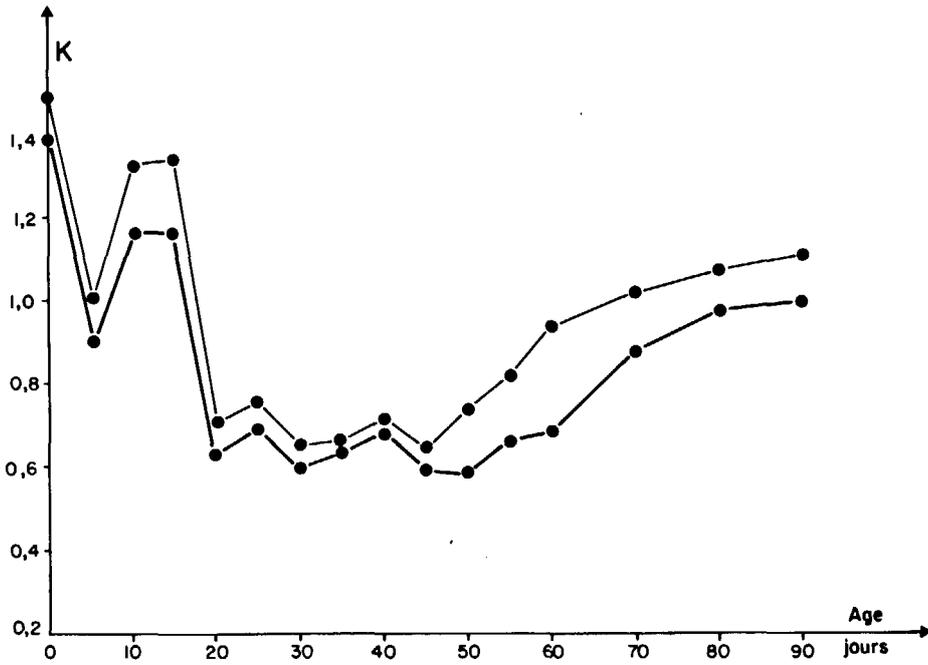


a. Bar, en 1975.

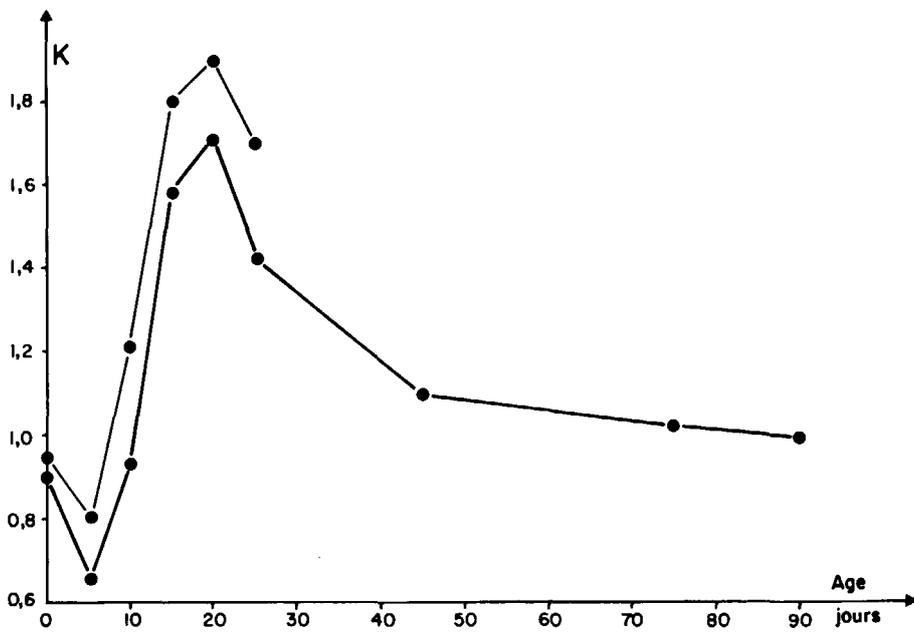
FIGURE 35 : Evolution du coefficient de condition (K) du bar, de la sole et du turbot, à 18° C, pendant les 3 premiers mois de l'élevage.

Les courbes sont tracées à partir des mesures qui ont servi à construire les figures 32 (taille) et 33 (poids).

Dans chaque graphique, la courbe inférieure relie les moyennes générales des échantillons de l'année considérée. La courbe supérieure relie les moyennes par échantillon les plus élevées qui ont été enregistrées.



b. Sole, en 1976.



c. Turbot, en 1976.

de rechercher des solutions nouvelles : très récemment, c'est autour d'un granulé pour saumons que BROMLEY (1977) a centré une série d'expériences sur le sevrage de la sole.

Le bar se présente comme une espèce dont les caractéristiques biologiques ne sont ni particulièrement favorables, ni particulièrement défavorables à l'élevage. Les besoins pour la reproduction, la taille des oeufs, sont moyens. La métamorphose est assez lente, et le début de la croissance médiocre, mais l'animal supporte bien le sevrage, et fournit assez facilement des taux de survie honorables. En dehors de la nécessité des proies vivantes au début, son élevage ne demande aucune innovation importante par rapport aux techniques mises au point pour les salmonidés. C'est peut-être ce qui explique pourquoi il a progressé relativement vite. L'espèce se présente d'ailleurs de manière générale comme assez complémentaire des salmonidés, bien adaptée à des élevages en eau saumâtre entre 20 et 30° C. C'est un profil assez voisin de celui du bar rayé américain, *Roccus saxatilis*, hormis le fait que cette espèce pond en eau douce (RANEY et coll., 1952).

Le turbot demande le volume le plus élevé pour se reproduire, fournit les oeufs les plus petits, métamorphose lentement, et fournit les plus mauvais taux de survie à la métamorphose. Pourtant, c'est lui qui l'emporte en matière de croissance. En théorie, sa situation de poisson plat capable de se nourrir en pleine eau, ce qui implique des dépenses énergétiques réduites et peu de problèmes d'alimentation, place son élevage en tête au niveau des perspectives de rentabilité (JONES, 1972 b). Mais il sera difficile d'en envisager une analyse expérimentale approfondie tant que l'élevage larvaire restera aussi mal maîtrisé.

Il est évident que les différentes qualités et défauts des animaux vis-à-vis de l'élevage n'ont pas nécessairement la même implication dans la nature. Ainsi, les volumes disponibles ne sont jamais limitants pour la reproduction, et les problèmes d'alimentation ne sont pas directement transposables. MAY (1974), dans l'intéressante revue sur la mortalité larvaire chez les poissons marins dont nous avons fait état au début de ce chapitre, a analysé de façon très complète l'ensemble de l'information disponible sur le sujet. Pourtant, il n'a pas fait état d'un point qui nous semble fondamental : la durée de la vie larvaire. En élevage, la larve pose toujours plus de problèmes que le juvénile, et une vie larvaire courte est une caractéristique intéressante. Dans la nature, il y a tout lieu de penser que la pression de prédation est beaucoup plus forte sur la larve, qui s'agite en pleine eau, que sur l'oeuf, sans mouvement propre, et le juvénile, plus ou moins mimétique. Une vie larvaire courte doit donc aussi être une caractéristique intéressante dans la nature. Tenant compte du fait que les deux espèces pondent à peu près dans les mêmes endroits, à la même époque de l'année, une analyse comparée, sous cet angle, des populations naturelles de bars et de soles serait certainement très intéressante.

7. LA TECHNIQUE

Lorsque l'on aborde le problème de la technique d'élevage elle-même, la référence à la nature s'estompe considérablement. Cela ne veut pas dire qu'il devient possible de négliger les éléments du chapitre précédent. Une technique n'est valable que strictement adaptée à l'espèce. Mais l'objectif n'est plus le même. Il ne s'agit plus de déterminer de quelles performances de ponte, de survie, ou de croissance l'animal est capable, mais de trouver dans quelles limites il peut se plier aux intérêts techniques de l'éleveur. Celui-ci recherche, en jouant sur la nourriture, l'environnement, le milieu, à mettre au point des méthodes d'élevage plus sûres, plus commodes, et (mais cela dépasse le strict cadre scientifique) moins onéreuses. Les conditions de stabulation compatibles avec la reproduction en captivité, analysées dans le chapitre précédent pour la commodité de l'exposé, relèvent en fait de ce domaine.

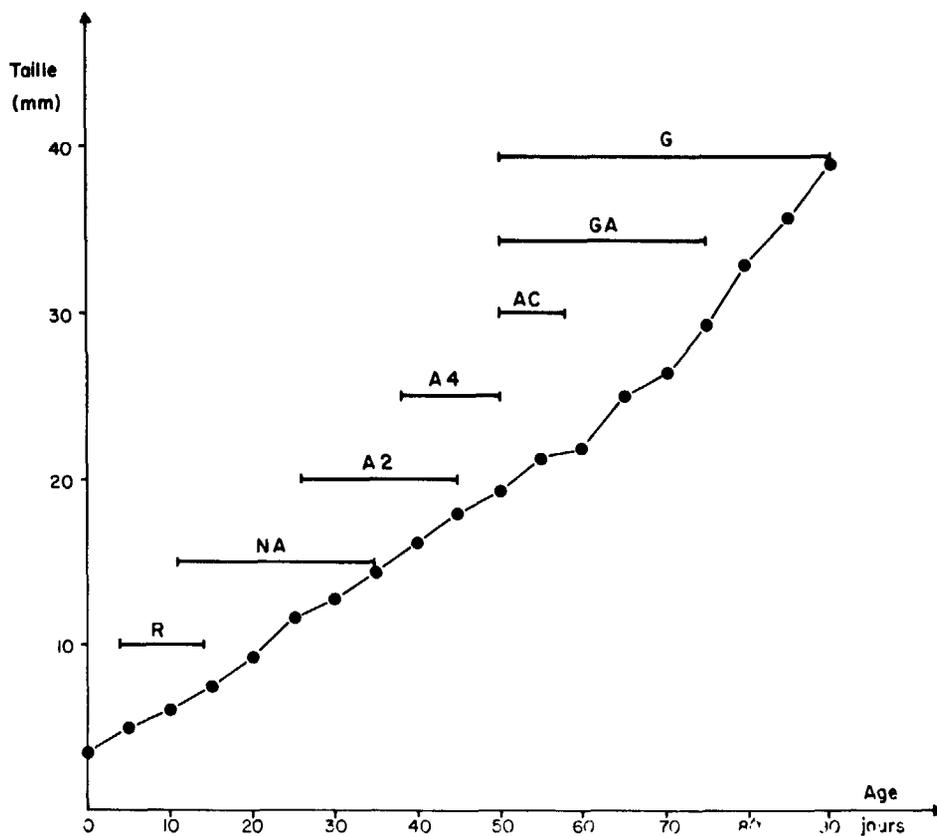
Tenant compte de la faiblesse des connaissances actuelles, ce chapitre, bien plus encore que le précédent, est nécessairement très incomplet. De nombreux points fondamentaux, comme la pathologie de l'élevage, n'y sont même pas abordés. Les quelques éléments qui s'y trouvent, concernant l'alimentation, le milieu (l'eau) et l'environnement (bacs, éclairage, aération) ne sont en aucun cas définitifs. C'est un simple panorama, à un moment donné, et dans un cadre donné, de ce qui paraît connu, et de ce qui ne l'est de toute évidence pas.

7.1. NOURRITURE ET RENDEMENT ALIMENTAIRE.

7.1.1. ASPECT QUALITATIF : LA SEQUENCE ALIMENTAIRE.

La figure 36 présente pour chacune des trois espèces les séquences alimentaires qui ont donné les meilleurs résultats au cours des saisons d'expérimentation déjà retenues dans les synthèses du chapitre précédent. Ces séquences sont placées en regard des courbes de croissance moyennes de la figure 32, suivant la présentation en usage dans la littérature.

La figure indique les périodes où il y a apport de l'aliment considéré. En cas de distributions excessives d'une proie vivante pendant les derniers jours de son emploi, il peut s'en retrouver dans le bac, qui n'ont pas encore été consommées, dans les 48 heures qui



a. Bar, en 1975.

FIGURE 36 : Schémas alimentaires employés pendant les 3 premiers mois de l'élevage, chez le bar, la sole et le turbot, à 18° C.

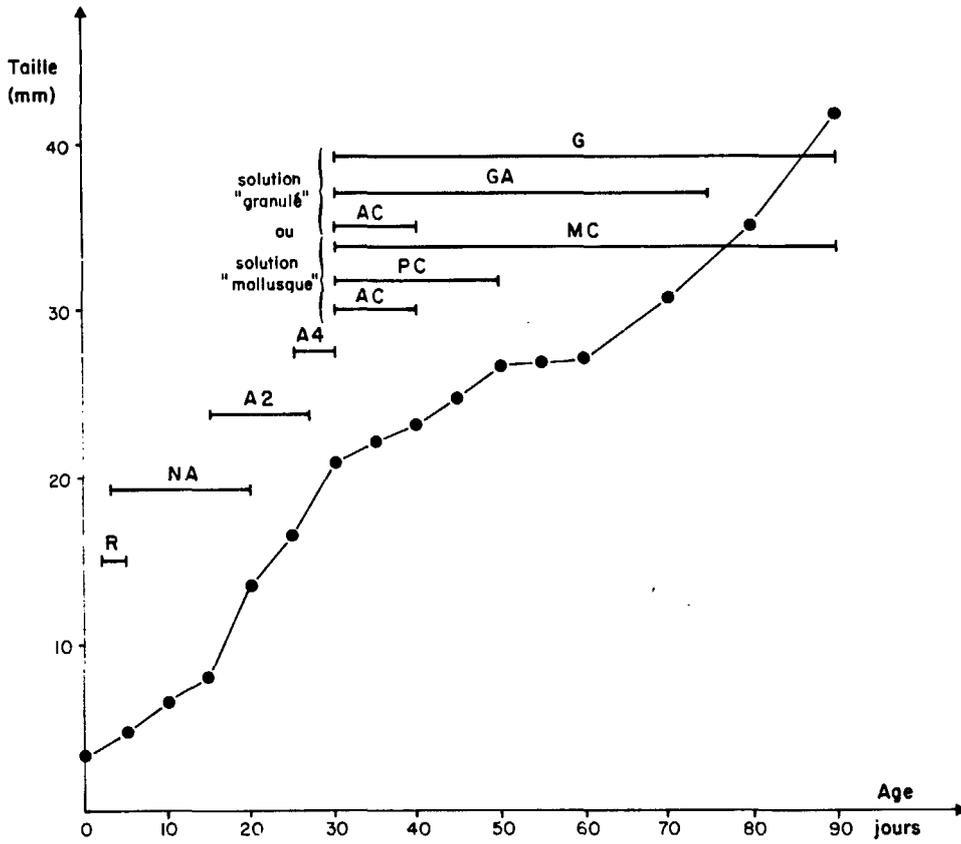
Pour les proies vivantes, ces schémas sont ceux qui ont semblé les plus recommandables. Des problèmes d'approvisionnement en métanauplius d'Artemia ont souvent imposé des remplacements d'une catégorie de taille par une autre.

Proies vivantes

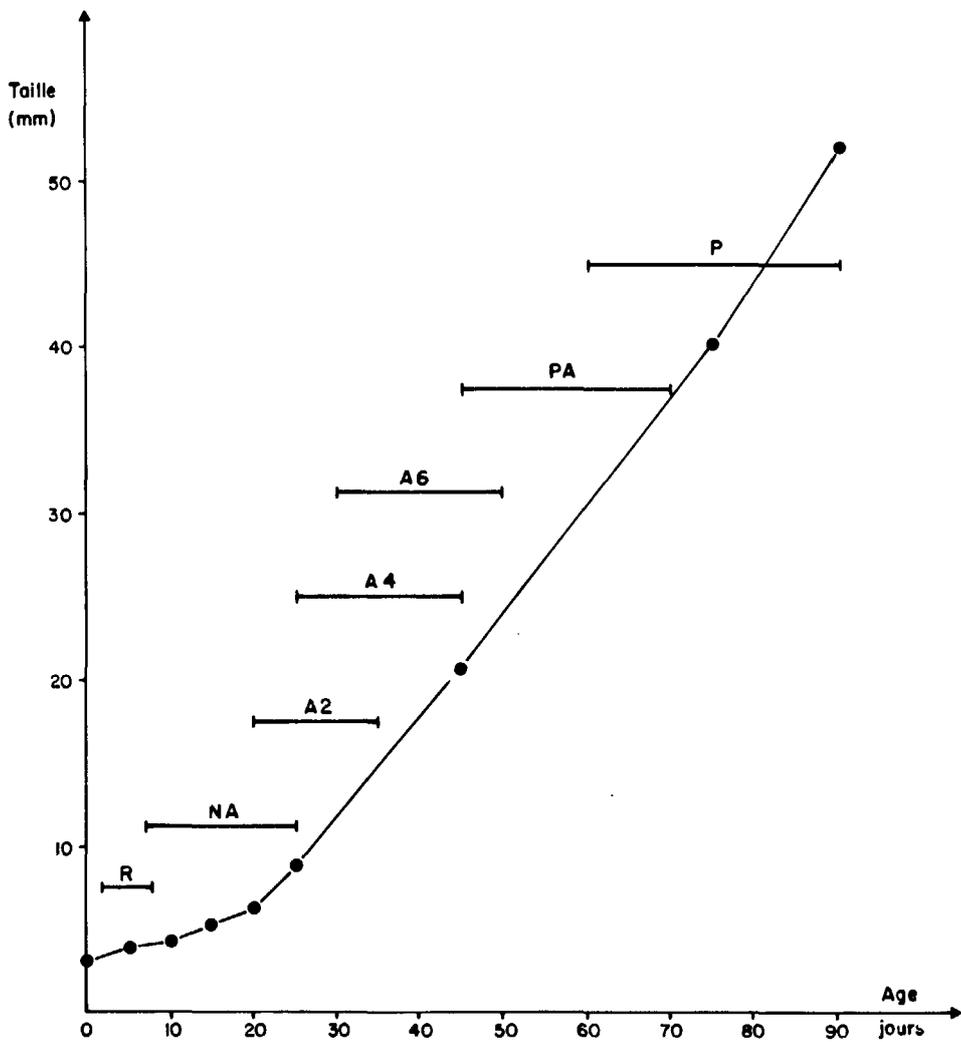
- R : Rotifères
 NA : Nauplius d'Artemia
 A2 : Artemia de 2 jours (0,9-1 mm)
 A4 : Artemia de 4 jours (1,5-2 mm)
 A6 : Artemia de 6 jours (3-4 mm)

Aliments inertes

- AC : Artemia congelées
 PC : Polychètes broyées congelées
 MC : Chair de mollusque hachée congelée
 GA : Granulé sec avec attractant naturel
 G : Granulé sec
 PA : Pâte avec incorporation d'Artemia
 P : Pâte réalisée à partir d'un granulé sec broyé



b. Sole, en 1976.



c. Turbot en 1973-1974.

suivent. Mais il s'agit toujours, dans la mesure où les doses sont réduites progressivement vers la fin de la période de distribution, de quantités minimales, incapables de jouer un rôle important dans l'alimentation des animaux.

Les apports d'algues (*Tetraselmis suecica*), destinés plus aux rotifères qu'aux poissons eux-mêmes, n'ont pas été indiqués. La dose par distribution a été fixée à 10^7 *Tetraselmis*/l en 1972, avec un apport quotidien pendant les 15 premiers jours. Tenant compte du fait que les algues ne sont pas retenues par les filtres de sortie dès la mise en circulation des bacs, les distributions ont ensuite été réduites en nombre, pour arriver en 1976 à une seule dose, la veille de la première distribution de rotifères, sans que cela semble affecter les poissons.

7.1.1.1. LES PROIES VIVANTES.

Chez les trois espèces, les distributions de nourriture commencent par des rotifères seuls, 2 jours après l'éclosion (sole et turbot) ou 4 (bar). Un peu plus tard, le 3ème jour chez la sole, le 7ème chez le turbot, le 11ème seulement chez le bar, des nauplius d'*Artemia* viennent s'ajouter aux rotifères, puis les remplacer totalement. Le même schéma se retrouve ensuite avec la transition des nauplius d'*Artemia* aux *Artemia* de 2 jours (0,9 à 1 mm), puis aux *Artemia* de 4 jours (1,5 à 2 mm), et, chez le turbot, de 6 jours (3 à 4 mm). Il n'y a donc jamais plus de 2 proies différentes distribuées en même temps, parfois une seule. La longueur moyenne des individus ne dépasse jamais 7 mm (bar) lorsqu'ils reçoivent des rotifères, 14 mm (bar) lorsqu'ils reçoivent des nauplius d'*Artemia*, 18 mm (bar) lorsqu'ils reçoivent des *Artemia* de 2 jours, 21 mm (sole et turbot) lorsqu'ils reçoivent des *Artemia* de 4 jours, 24 mm (turbot) lorsqu'ils reçoivent des *Artemia* de 6 jours.

Pour le bar, ces schémas sont plus simples que ceux de LUMARE et VILLANI (1973b), BARNABE (1976a), ou ALESSIO (1976), qui font toujours appel à un organisme supplémentaire au moins, larves de moules ou copépodes pêchés (nous avons cependant un léger apport de *Uisbe*, avec les rotifères, mais c'est un sous-produit de leur élevage). Aucune expérience déterminante ne montre l'intérêt d'une complication du schéma alimentaire au-delà du simple ensemble rotifères + *Artemia*.

Pour la sole, FLUCHTER (1965) et SHELBORNE (1968) se sont contentés, avec succès, d'employer des *Artemia*. Nos schémas, comme ceux de RAMOS (1977), sont plus compliqués, puisqu'ils font appel aussi à des rotifères, mais restent plus simples que ceux de FLUCHTER (1974) et BRASOLA (1974), qui font appel en outre à des Ciliés, des Flagellés, des Péridiniens, ou des Copépodes. L'unique base sur laquelle nous nous sommes appuyés pour employer systématiquement des rotifères en début d'élevage est une expérience de 1974 (GIRIN, 1974b), qui demanderait à être reprise. Il n'y a aucune évidence d'une amélioration des résultats liée à des schémas alimentaires comportant 3 proies différentes ou plus.

Chez le turbot, JONES et coll. (1974) se sont aussi limités à la succession rotifères-*Artemia*. HOWELL (comm. pers.) et nous-même avons tenté, dans des travaux non publiés, d'ajouter aux schémas des larves de mollusques et des copépodes, sans jamais obtenir de résultats intéressants.

Le type de proie employé à un moment donné correspond en fait à une recherche de la taille optimale pour le poisson, fonction de la taille de sa bouche. D'un point de vue énergétique, il est évident que l'emploi d'une proie aussi proche que possible de la taille maximale correspond à la solution la plus rationnelle. Plus les proies sont petites, plus elles doivent être consommées en grand nombre : ALESSIO (1975) a ainsi analysé avec précision la quantité de proies de différents types qu'une larve de daurade de taille déterminée peut ingérer en 24 heures.

Si l'on considère la taille maximum à laquelle l'animal reçoit une proie déterminée, les schémas que nous proposons correspondent à une recherche assez stricte de la dimension optimale : il est fréquent que ces proies soient offertes à des poissons plus âgés dans les travaux des auteurs cités. La sole semble très tolérante vis-à-vis de la taille des proies : il ne semble pas qu'un remplacement de la proie de taille optimale par une proie située 2 niveaux au-dessous, dans les catégories que nous avons employées, produise un effet sensible chez le poisson. Le bar semble moins tolérant : un remplacement par la catégorie inférieure ne pose pas de problème, mais sauter une catégorie introduit vite des mortalités importantes. Le turbot semble très sensible, et chaque fois qu'il s'est trouvé nécessaire de remplacer tout ou partie de la ration prévue par une proie de la catégorie inférieure, nous avons pu constater que les animaux mangeaient beaucoup moins bien, semblant mal voir une proie trop petite. Il s'agit cependant d'observations dispersées, qui demandent à être confirmées expérimentalement.

7.1.1.2. LE SEVRAGE

Le sevrage commence dans tous les cas autour de 20 mm. Mais d'une espèce à l'autre, la situation est très différente.

Chez le bar, nous n'avons étudié qu'un schéma, conduisant à un granulé sec, avec l'aide d'*Artemia* congelées et de granulés contenant de la farine d'*Artemia* en guise d'attractant pendant une phase transitoire. La transition vers une alimentation inerte est d'autant plus brutale que les animaux subissent simultanément un changement de bac. Elle est cependant assez bien tolérée, puisque les meilleurs taux de survie obtenus ainsi à l'âge de 3 mois n'ont pas été dépassés avec d'autres techniques. Mais tous nos résultats sont liés à cette situation particulière, et il faut se référer aux travaux de BARNABE (1976a) pour trouver un témoin sur nourriture naturelle, qui fournit d'ailleurs des résultats très similaires aux nôtres.

Chez la sole, il y a aussi une transition brutale de l'alimentation vivante à l'alimentation inerte, mais qui n'implique pas nécessairement un changement de bac en même temps. Il y a ensuite deux orientations possibles, soit vers une alimentation inerte

naturelle, soit vers une alimentation composée, toutes deux faisant appel en phase transitoire à des apports d'*Artemia* congelées. Nous avons vu (voir p. 91 à 110) qu'au niveau actuel de la technique, la voie de l'alimentation inerte naturelle fournit de meilleurs résultats mais l'expérimentation à petite échelle a montré que l'emploi de mollusques ou de polychètes comme attractants dans le granulé de transition devrait permettre d'arriver assez vite à de bons résultats avec un aliment composé. Il serait donc erroné de vouloir tirer des lois générales des résultats actuels, susceptibles d'être modifiés à court terme, sauf peut-être que les crustacés ne sont pas un très bon attractant alimentaire pour la jeune sole.

Chez le turbot, il n'y a aucune transition brutale. Des *Artemia* de 6 jours vivantes, l'on passe progressivement à des *Artemia* congelées, puis enrobées de farine, pour arriver à une pâte sans *Artemia*. C'est un schéma très lourd, qui demande beaucoup de temps à l'expérimentateur, et ne peut être appliqué efficacement qu'à quelques centaines d'animaux en même temps, la réussite résidant dans le temps passé aux distributions de nourriture à la spatule ou à la seringue, devant la bouche même des animaux. JONES et coll. (1974) ont employé des pâtes à base de chair de poisson avec des résultats similaires, mais nous n'avons ni les uns ni les autres exploré la voie des granulés secs, qui n'a aucune raison d'être éliminée a priori, si l'on se base sur les essais réalisés par BROMLEY (1974) avec des animaux de quelques grammes.

7.1.1.3. PERSPECTIVES ET PROBLEMES.

Nous avons détaillé ailleurs (GIRIN et PERSON-LE RUYET, 1977), les problèmes que pose l'emploi de proies vivantes, et l'intérêt d'un sevrage précoce, susceptible d'éviter la production de metanauplius d'*Artemia* dans un premier temps, l'emploi de nauplius ensuite, et peut-être, à terme, les élevages de rotifères. Il n'en reste pas moins que ces deux proies sont encore aujourd'hui des éléments indispensables, quelle que soit l'espèce considérée. Nous les avons choisies, après bien d'autres auteurs, pour leur commodité et leur disponibilité. Pourtant, si *Brachionus* semble avoir fait en sa faveur l'unanimité des expérimentateurs qui l'on utilisé, ce n'est pas toujours le cas d'*Artemia*. Il y a eu d'abord les problèmes de pesticides liés à l'emploi de certaines souches d'oeufs de durée (WICKINS, 1970), puis des remarques d'auteurs japonais, comme récemment KITAKA (1977), obtenant chez la dorade royale des taux de survie plus élevés avec des copépodes qu'avec des *Artemia*, et doutant des qualités nutritionnelles du branchiopode. Tout récemment FUJITA (sous-presse) a mis en évidence d'importantes différences au niveau des acides gras poly-unsaturés, entre le nauplius d'*Artemia* d'un côté, la larve de dorade et diverses espèces de copépodes d'un autre côté. Nous n'avons aucun élément expérimental ou bibliographique précis pour juger de la valeur nutritive des *Artemia* (qu'il s'agisse des nauplius ou des metanauplius) par rapport aux besoins éventuels de la sole, du bar, ou du turbot. Ils doivent cependant être relativement bien couverts dans le cas des deux premières espèces, si l'on en juge par les taux de survie obtenus. Chez le turbot, dans la phase d'alimentation sur les nauplius d'*Artemia* et *Artemia* de 1 mm, il nous est arrivé à plusieurs reprises de retirer d'une expérience avec différents

niveaux d'alimentation l'impression qu'un excès d'*Artemia* pouvait provoquer la mort. C'est un phénomène que MAY et coll. (1974) ont observé chez *Siganus canaliculatus*, sans réussir à l'expliquer.

7.1.2. ASPECT QUANTITATIF : QUANTITE DE NOURRITURE ET RENDEMENT ALIMENTAIRE.

7.1.2.1. RATION QUOTIDIENNE ET CONCENTRATION DES PROIES.

En élevage larvaire, lorsqu'il est fait appel à des proies vivantes, la notion de ration quotidienne est généralement négligée au profit de la concentration des proies dans le volume d'élevage. Nous avons dit plus haut (voir p. 49) notre opinion sur l'imprécision de cette notion, et les problèmes liés au dénombrement des proies présentes à un instant donné dans un bac d'élevage.

Rappelons, avec MAY (1974), HOUDE (1976) et LASKER (1976) que les concentrations de proies employées dans les élevages larvaires de poissons (de quelques organismes à quelques dizaines d'organismes par ml) n'ont pas de commune mesure avec les concentrations naturelles, qui ne dépassent que très exceptionnellement 0,1 individu/ml (HUNTER et THOMAS, 1974). La larve en élevage se trouve normalement dans des conditions très éloignées de celles qui pourraient la conduire à mourir de faim dans la nature. Cela n'empêche pas la quantité de proies disponibles d'avoir de l'effet sur la croissance ou sur les taux de survie : nous l'avons constaté chez le bar (voir p. 62), comme RILEY (1966) chez la plie ou ROSENTHAL et HEMPEL (1970) chez le hareng. Mais des variations de concentration d'un facteur 10 d'un jour à l'autre n'empêchent nullement les animaux de présenter des courbes de croissance et de survie proches de l'optimum connu (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1977). Le lecteur intéressé trouvera dans ce dernier article une étude plus détaillée de la question, avec des pourcentages de consommation quotidienne, et des équivalences entre la quantité de nourriture distribuée, et la concentration des proies. Nous indiquerons simplement que les expériences décrites ici ont été pour la plupart réalisées dans des gammes de concentration allant de 2 à 20 proies/ml aussitôt après une distribution de nourriture, 0 à 5 proies/ml juste avant la distribution suivante. Les premières valeurs peuvent être considérées comme assez élevées. Cela tient simplement au fait que le travail a été réalisé avec des concentrations de poissons élevées.

7.1.2.2. TAUX DE CONVERSION.

L'essentiel est en fait, en élevage larvaire comme ailleurs, l'efficacité de la transformation de l'aliment en chair de poisson. Il y a différents niveaux de précision dans ce type de calcul. Le taux de conversion, rapport de la nourriture utilisée au gain de poids des animaux (l'inverse du rendement alimentaire) peut être calculé de différentes manières. Au niveau du poids de nourriture, il peut être tenu compte de la quantité distribuée, ou de la quantité effectivement consommée. Au niveau du calcul du gain de poids, il peut n'être tenu compte que des animaux vivants en début et en fin d'expérience, ou aussi des gains de poids individuels de tous ceux qui ont pu mourir en cours d'expérience. La première valeur, nourriture distribuée/gain de poids dû aux survivants uniquement (taux de conversion brut),

intéresse plus particulièrement l'éleveur. La seconde valeur, nourriture ingérée/gain de poids dû aux survivants et aux animaux morts en cours d'expérience (taux de conversion net) intéresse plus particulièrement le scientifique.

Tenant compte de l'importance des marges d'erreurs de ce type de calcul en élevage larvaire du fait des imprécisions sur le nombre des proies, et surtout des poissons (voir p. 49), nous nous sommes limités, dans cette première approche, au taux de conversion brut. Le tableau 19 présente des taux de conversion exprimés en rapport poids sec/ poids sec, qui ont été calculés sur les 5 meilleures expériences des différentes saisons d'élevage considérées dans tous les calculs de moyennes. Rappelons que chez un poïkilotherme, il est possible d'attendre, dans de bonnes conditions, un rendement alimentaire de 20 %, soit un taux de conversion de 5, en rapport poids sec/poids sec (HASTINGS, 1976).

Dans la phase d'élevage sur proies vivantes, où il n'y a normalement peu ou pas de pertes de nourriture, les variations des taux de conversion sont surtout liées à la mortalité. Chez la sole, qui présente la mortalité la plus faible, concentrée en outre pendant la période de résorption vitelline, le taux de conversion obtenu, 6, est très intéressant. Il est moins bon chez le bar, mais surtout très mauvais chez le turbot : parce qu'il faut mettre 20 larves de turbot en élevage, là où il suffit de 2 larves de sole, pour produire un animal de 50 mg obtenir le même résultat chez les deux espèces coûte presque 5 fois plus de nourriture chez la première. SHELBORNE (1968), a obtenu pendant la même période un taux de conversion égal à 13 (poids frais/poids frais) chez la sole avec une survie moyenne de 43 %. Comme l'auteur l'envisage lui-même, ces animaux devaient être suralimentés.

Pendant le sevrage et la phase de prégrossissement qui suit, les différences ne sont pas seulement liées aux différences de taux de mortalité. Les résultats obtenus chez la sole dans le cas de la nourriture naturelle, le bar et le turbot, sont assez comparables, et d'un niveau raisonnable si l'on considère l'importance des changements de régime que doit accepter alors le poisson. Mais le sevrage de la sole sur granulé fournit des résultats désastreux : il y a distribution d'un excès de nourriture tel que la part non consommée dépasse largement celle qui est consommée. Cet excès, source de pollution pour le bac, est-il nécessaire pour obtenir une bonne croissance, ou traduit-il simplement l'imperfection d'une technique en cours de mise au point ? Cela reste à démontrer. Mais dans l'état actuel de la technique, la production d'une sole consommant bien du granulé, à partir de l'animal non sevré, demande 4 fois plus de poissons et 7 fois plus de nourriture, que celle d'un bar de mêmes caractéristiques.

Après le sevrage, le turbot présente un taux de conversion très intéressant, sans égaler cependant les remarquables résultats de PURDOM et coll. (1972), qui ont obtenu un rendement alimentaire de 30 % (poids frais/poids frais) chez des animaux nourris de chair de poisson. Le bar fournit des résultats un peu moins bons, en rapport avec son niveau d'activité plus élevé. Ils devraient pouvoir être légèrement améliorés : STIRLING (1977) a obtenu chez des jeunes de première année nourris de chair de poisson des rendements alimentaires

Espèce	Stade du développement	Gamme de poids	Nourriture de base	% de survie moyen pendant la période considérée	Taux de conversion brut (poids sec/poids sec)
BAR	Larve	< 50 mg	proies vivantes	35	11
	Juvénile	50 mg - 1 g	granulé sec	60	8,5
	Jeune	> 1 g	granulé sec	100	7,5
SOLE	Larve et Juvénile	< 50 mg	proies vivantes	50	6
	Juvénile	50 mg - 1 g	aliment naturel congelé	25	12
	Juvénile	50 mg - 1 g	granulé sec	15	60
	Jeune	> 1 g	granulé sec	100	9
TURBOT	Larve	< 50 mg	proies vivantes	5	24
	Larve et Juvénile	50 mg - 1 g	aliment composé en pâte	40	15
	Jeune	> 1 g	aliment composé en pâte	100	5,5

TABLEAU 19 : Taux de conversion moyens enregistrés chez le bar, la sole et le turbot, sur proies vivantes (poissons de moins de 50 mg), pendant les semaines qui suivent le sevrage (poissons de 50 mg à 1 g), et chez des animaux bien habitués à l'aliment inerte (poissons de plus de 1 g).

Les taux de survie et les taux de conversion indiqués sont basés sur les 5 meilleures expériences de 1975 pour le bar, de 1976 pour la sole, et de 1973 et 1974 pour le turbot.

compris entre 19 et 24 % (poids frais/poids frais). La sole, peu active, comme le turbot, devrait présenter un taux de conversion du même ordre. Il est vraisemblable que la valeur observée, plus élevée que chez le bar, traduit encore une importante perte de nourriture.

De cet ensemble de données, le bar ressort une fois de plus comme une espèce qui, sans donner de résultat particulièrement remarquable, ne pose pas non plus de problème très sérieux. Les taux de conversion présentés ici peuvent certainement être améliorés, avec une augmentation de la survie larvaire, et un perfectionnement des techniques de sevrage. Mais ils sont suffisamment proches de l'optimum prévisible (de l'ordre de 5) pour qu'il n'y ait pas à attendre de bouleversement des données dans les années à venir. Par contre, le sevrage chez la sole, l'élevage larvaire chez le turbot, s'assortissent encore de taux de conversion tout à fait anormaux. Chez la sole, le problème est bien cerné : il relève d'une amélioration de la stabilité des aliments composés, et, quelque soit l'aliment, d'une analyse plus approfondie de la ration journalière optimale. Chez le turbot, la question est plus délicate : elle s'inscrit dans le cadre général des problèmes non résolus de l'élevage larvaire.

7.2. FACTEURS NON ALIMENTAIRES.

7.2.1. LE MILIEU : CHARGE ET RENOUVELLEMENT DE L'EAU.

7.2.1.1. COMPORTEMENT ET LIMITES PHYSIOLOGIQUES.

La charge d'un élevage peut s'exprimer en nombre d'individus, ou en poids, rapporté soit à la masse d'eau disponible dans le bassin, soit au débit qui le traverse. C'est un élément important de l'aptitude d'une espèce à l'élevage. Dans des conditions données, ses limites peuvent être d'ordre comportemental (agressivité) ou physiologique (seuils de tolérance à des gaz dissous ou à des déchets métaboliques). Ces seuils impliquent des contraintes techniques portant sur la nature de l'élevage (individuel ou communautaire) et la qualité de l'eau (débits disponibles, capacité d'épuration des circuits en cas de recyclage).

Un niveau d'agressivité tel qu'il conduise au cannibalisme rend l'animal impropre à l'élevage en communauté : c'est le problème fondamental de l'élevage du homard (CARLBERG et coll., 1977). Chez la sériole, poisson à croissance rapide, le danger de cannibalisme impose des calibrages fréquents, pour éviter des écarts de taille importants dans un même lot (CUEFF, 1973). Ces problèmes ne se retrouvent pas chez les espèces étudiées ici. Il nous est arrivé d'avoir dans le même bac des bars du même âge dont les poids variaient d'un facteur 4, des turbots dont les poids variaient d'un facteur 6, et des soles dont les poids variaient d'un facteur 10. Dans ces conditions, il y a eu quelques rares actes de cannibalisme chez le bar et le turbot, toujours en période de sevrage, il n'y en a jamais eu chez la sole. Les morsures de nageoires, soigneusement étudiées chez la plie par SHELBOURNE (1968) peuvent être fréquentes. Mais elles n'ont atteint un niveau susceptible d'entraîner la mort que chez le turbot, où les 2 ou 3 plus petits individus de chaque lot sont systématiquement attaqués par les autres pendant le sevrage, dès qu'ils cherchent à s'approcher de la nourriture.

En dehors de tout problème comportemental, la tolérance de l'animal à une sous-oxygénation de l'eau ou à un niveau élevé de déchets métaboliques sont des caractéristiques intéressantes pour l'élevage. Chez les trois espèces, à 18°C, nous n'avons jamais enregistré de taux d'oxygène inférieurs à 60 % de la saturation en phase larvaire, ni de mortalités importantes nettement reliées à une baisse du taux d'oxygène dans cette limite. Après la métamorphose, nous avons enregistré des valeurs minimum de 70 % de la saturation dans les élevages de turbot, 40 % de la saturation dans les élevages de sole. Dans cette gamme, il n'y a pas eu de mortalités nettement liées à un manque d'oxygène. Chez le bar, des sous-oxygénations accidentelles de l'eau ont fait apparaître des mortalités importantes de poissons aux ouïes largement ouvertes, à partir d'un seuil situé entre 40 et 50 % de la saturation. Mais il s'agit de simples observations faites en cours d'élevage et une expérimentation précise sur la question reste à faire. Chez le bar, LEMERCIER (1975) a ainsi pu montrer que des animaux de l'ordre du gramme pouvaient résister à une descente progressive du taux d'oxygène jusqu'à 30 % de la saturation, à 18° C, sans mortalité. Mais la durée de résistance à ce niveau n'a pas été étudiée.

7.2.1.2. LIMITES PRATIQUES.

En pratique les charges employées ont été surtout limitées par des considérations techniques : débits d'eau disponibles, capacité d'évacuation des déchets par les filtres ou les grilles de sortie, d'auto-épuration des fonds de sable percolés, ou d'épuration des circuits semi-fermés (COUTEAUX, 1976). En ce qui concerne les apports d'eau, en particulier, nous avons simplement travaillé avec des jets tangentiels, à faible pression, au voisinage de la surface, sans rechercher, comme SCOTT (1972) à optimiser les systèmes en y incorporant des tubes de Venturi, éventuellement complétés de turbines (BARNABE, 1976a).

Les graphiques des moyennes de charges sur l'ensemble d'une saison, et des valeurs limites atteintes sans apparition de mortalités, qui ont été tracées pour le bar et la sole (fig. 37), sont donc essentiellement les reflets d'une technique en cours d'élaboration, et ne préjugent en rien des possibilités réelles des animaux. Faute de données en nombre suffisant, il n'a pas été tracé de graphique pour le turbot. En moyenne, son élevage commence avec 20 animaux/l, il n'en reste plus que 2/l vers l'âge de 20 jours, au moment du transfert dans le bac de métamorphose, et moins de 0,1/l entre 2 mois 1/2 et 3 mois.

Chez le bar, l'écart entre la courbe des moyennes et celle des limites est important pendant les 50 premiers jours. Commencer un élevage avec 75 larves/l ne pose pas de problème, et de bons résultats ont même été obtenus avec 125 larves/l au départ dans une expérience de 1974. Dans les bacs de sevrage, les deux courbes sont plus rapprochées l'une de l'autre. Mais cela vient plus d'une concentration des expériences sur des problèmes alimentaires, et l'absence d'une étude précise des limites de charges envisageables, que de limites réelles. Dans l'ensemble, les deux courbes couvrent une gamme assez similaire à celle d'ALESSIO (1976). Pour la phase larvaire, cela représente un niveau 5 à 10 fois plus élevé que les valeurs retenues par BARNABE (1976a), qui se situent dans la norme habituelle aux élevages larvaires en eaux vertes. Il est donc manifeste que le bar supporte bien des charges

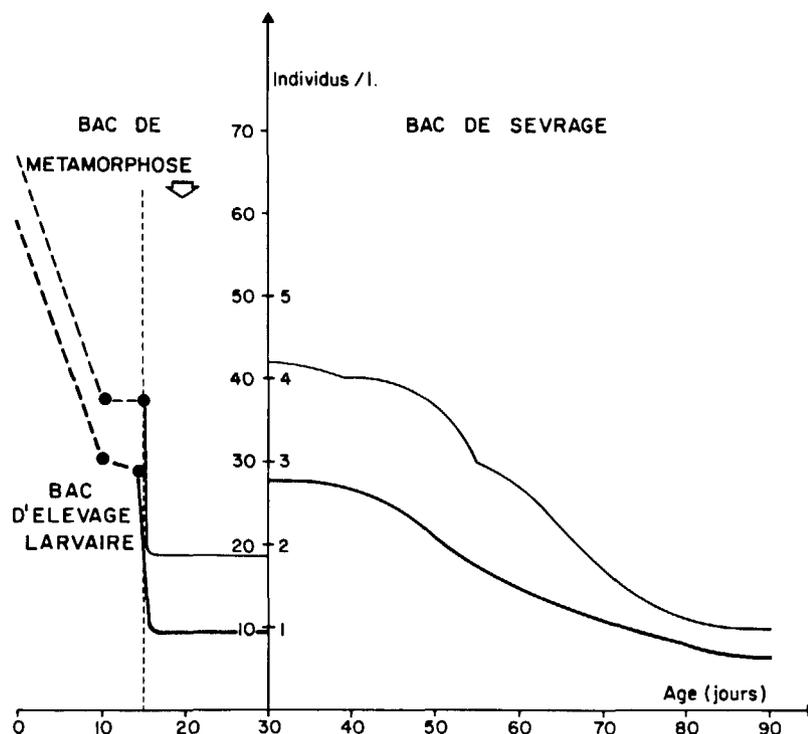
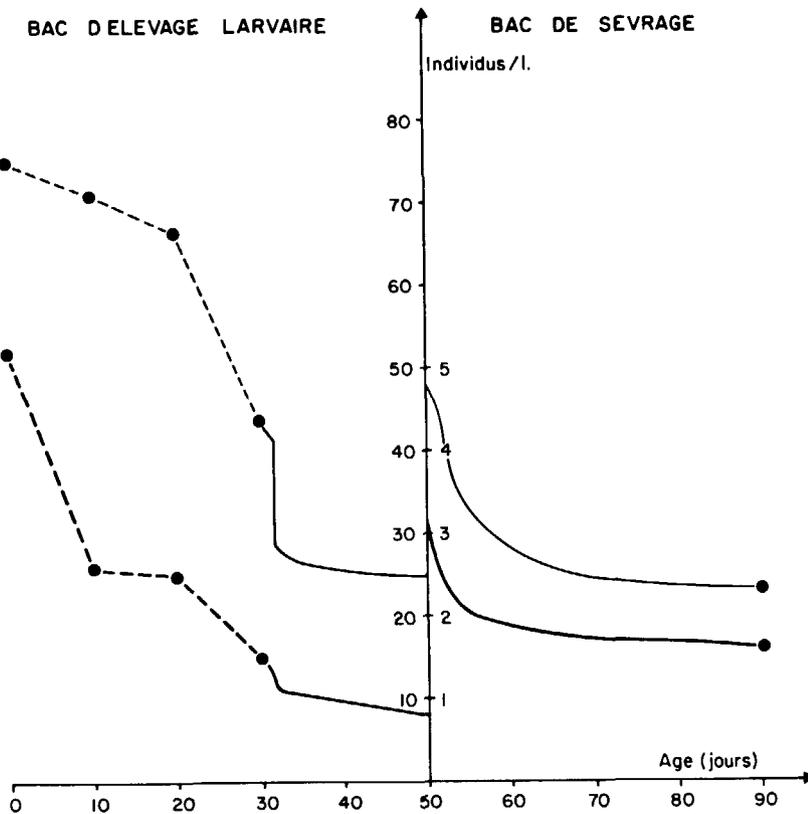


FIGURE 37 : Evolution des charges employées pendant les 3 premiers mois de l'élevage, chez le bar et la sole, à 18°C : nombre d'individus/l.

Dans chaque graphique, la courbe inférieure correspond à la moyenne de l'ensemble des lots expérimentaux de la saison. La courbe supérieure relie les valeurs les plus élevées atteintes sans incident dans les 5 jours ayant suivi.

Pour la sole, les charges par litre à la métamorphose sont rapportées à une profondeur d'eau moyenne de 30 cm. La charge par m² s'obtient en multipliant les valeurs indiquées par 300.

élevées, et vraisemblable que non seulement la courbe des moyennes, mais aussi celle des limites supérieures, peuvent être améliorées.

Chez la sole, les deux courbes sont assez proches l'une de l'autre jusqu'à la métamorphose. Il y a eu des taux de mortalité élevés pendant les deux premières semaines chaque fois que nous avons tenté de dépasser 70 individus/l en début d'élevage, et il ne semble pas que FLUCHTER (1974) ait été plus heureux avec 100 individus/l. RAMOS (1977) et SHELBOURNE (1968), qui ont tous deux obtenu des survies à la métamorphose allant jusqu'à 80 %, n'ont pas dépassé 20 larves/l et 28 larves/l respectivement, en début d'élevage. Il peut donc y avoir un certain effet de la charge lorsque nous obtenons en moyenne 55 % de survie au même stade pour une charge moyenne de 58 larves/l en début d'élevage (mais une expérience fournit 77 % de survie avec 55 larves/l en début d'élevage). A la métamorphose, le dédoublement lors du transfert en bac à fond de sable provoque une diminution nette de la charge, qui reste ensuite à un niveau bas pendant et après le sevrage. L'emploi des fonds de sable percolés, dont le pouvoir d'auto-épuration est d'autant plus mis à l'épreuve qu'une part importante de la nourriture offerte n'est pas consommée (voir p. 176) rend délicate toute augmentation de la charge pendant cette période. Pour des raisons qui sont peut être physiologiques en début d'élevage, et techniques ensuite, il semble donc difficile de dépasser les limites actuelles sans modification importante des méthodes employées.

Chez le turbot, les quelques données disponibles sont d'un niveau relativement très bas, qui se retrouve dans les travaux anglais (JONES et coll., 1974). Il est à noter que des valeurs similaires se retrouvent dans les travaux russes sur le turbot de la Mer Noire, *Scophthalmus maeoticus maeoticus* (SPECTOROVA et DOROSHEV, 1976). Il faut espérer que des améliorations futures des taux de survie s'accompagneront aussi d'augmentations des charges, faute de quoi la production des juvéniles chez cette espèce risque d'exiger des installations très importantes. Certains résultats de 1974 (voir p. 129) tendent cependant à montrer que cela risque d'être difficile.

Les résultats moyens obtenus chez la sole et le bar sont repris dans la figure 38 sous forme de poids par unité de volume. Le poids de poissons par unité de volume est généralement plus élevé chez la sole pendant le premier mois, du même ordre chez les deux espèces pendant le second mois, et plus élevé chez le bar pendant le 3ème mois. L'augmentation des charges envisageables chez le bar en début d'élevage conduirait en fait simplement, du point de vue du poids par unité de volume, à un niveau similaire à celui de la sole. Par contre, si l'on considère que le poisson plat, avec un métabolisme plus bas, devrait pouvoir accepter des charges plus importantes que l'autre après la métamorphose, la limite introduite par l'emploi des fonds de sable percolés montre toute son importance au cours du troisième mois.

HOUDE (1972, 1975), constatant que 20 larves/l en début d'élevage est généralement considéré comme une limite maximum, cite la plie, pour laquelle SHELBOURNE (1968) fixe la limite supérieure en début d'élevage à 55 larves/l, comme un cas exceptionnel, et suppose

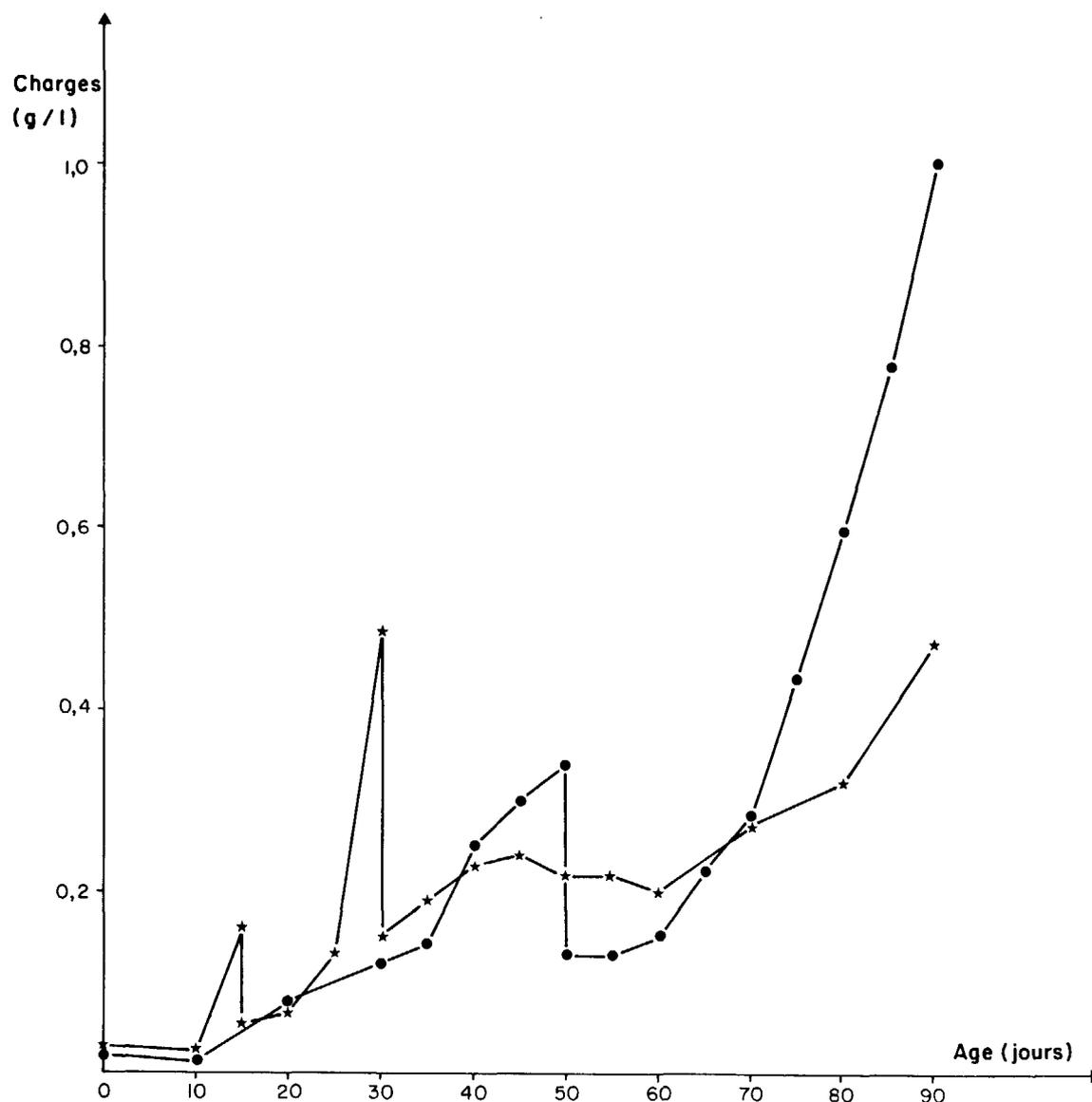


FIGURE 38 : Evolution des charges moyennes employées pendant les 3 premiers mois de l'élevage, chez le bar et la sole, à 18° C : poids de poissons/l.

Les graphiques sont réalisés à partir des courbes moyennes de la figure 37 (nombre d'individus/l) et de la figure 33 (poids humides individuels).

- Bar en 1975
- ★ Sole en 1976

chez certains poissons plats une aptitude particulière à supporter de fortes charges. Notre expérience sur le bar tendrait à montrer qu'il n'y a pas là une exclusivité des poissons plats, et que l'élevage larvaire à haute densité reste une technique à perfectionner.

7.2.2. L'ENVIRONNEMENT : LE BAC, L'ECLAIREMENT, ET LES MOUVEMENTS DE L'EAU.

Dans la méthode des "eaux vertes", les choix en matière d'environnement sont imposés par les besoins des algues planctoniques et la nécessité d'employer de grands volumes, faute de pouvoir travailler avec des charges en poissons élevées. D'où des bassins à fond plat et rapport hauteur/surface faible, un éclairage et une aération importants et continus. L'élevage en eau claire à charge élevée est moins contraignant dans ce domaine.

7.2.2.1. LE BAC.

En matière de forme et de couleur, la gamme des modèles qui ont été employés est assez vaste, et certains travaux ont conduit à des choix très particuliers. La couleur noire a été ainsi recommandée pour la plie (SHELBOURNE, 1968) et le hareng (BLAXTER, 1962). Mais pour d'autres auteurs (HOUDE, 1973), la forme et la couleur du bac n'ont pas une importance déterminante. Aucun des essais comparatifs que nous avons réalisés, portant sur la qualité des parois, le volume ou la forme, n'a mis en évidence un effet net de l'un de ces facteurs sur la survie ou la croissance des animaux. Pour la qualité des parois, la gamme testée a compris l'altuglas (transparent), le polychlorure de vinyle (opaque, crème, et gris), le polyéthylène (translucide blanc, et opaque gris), et le polyester (translucide beige clair, ou recouvert d'un gelcoat opaque gris clair). Les bacs étaient parallélipipédiques, cylindriques, ou cylindro-coniques, avec des rapports hauteur moyenne/diamètre moyen ou hauteur moyenne/moyenne des côtés variant de 0,3 à 2. Les capacités ont varié entre 60 et 500 l. Mais les expériences n'ont jamais porté sur plus de 3 choix différents simultanément, et ont été réalisées à divers stades de l'évolution des techniques. Le problème demanderait à être repris de manière exhaustive.

Le choix systématique, à partir de 1976, du bac cylindro-conique profond (arrivée et évacuation de l'eau en surface, aération par le fond) pour l'élevage larvaire, et du bac subcarré de type suédois (arrivée d'eau tangentielle en surface, évacuation centrale au fond, pas d'aération) est donc uniquement basé sur des avantages techniques au niveau des manipulations, et de l'élimination des cadavres et des déchets.

7.2.2.2. LA LUMIERE.

Sur la base des choix habituels dans la méthode des eaux vertes (HOUDE, 1973 ; BARNABE, 1976a), les premières expériences ont été réalisées avec un éclairage continu de l'ordre de 1000 à 1500 lux à la surface des bacs. Les choix ont ensuite été affinés plutôt par tâtonnements successifs que dans le cadre d'une expérimentation précise.

Au cours des travaux sur le bar, il est arrivé que des élevages larvaires soient lancés sans éclairage d'appoint direct. L'éclairement de surface se trouvait alors réduit à une gamme comprise entre 200 et 600 lux. Dans ces conditions, aucune différence nette n'a été mise en évidence, ni en matière de survie, ni en matière de croissance. A partir de 1975, au-delà de l'âge de 60 jours, les bacs situés dans des zones de l'installation recevant dans la journée un éclairage naturel suffisant pour effectuer leur entretien dans de bonnes conditions ont cessé de recevoir un éclairage d'appoint, sans que la survie ni la croissance ne s'en trouvent significativement diminuées. BOUNDI (1976), comparant des photophases de 12, 14 et 24 h par jour, après la métamorphose, n'a pas non plus réussi à mettre un effet significatif en évidence.

Chez la sole, nous avons évité tout éclairage supérieur à 1000 lux en surface, pendant la journée, au-delà de l'âge de 15 jours. Tenant compte du fait que l'animal métamorphosé est normalement plus actif la nuit que le jour (KRUUK, 1963), à partir de l'âge de 1 mois, toutes les expériences ont été menées en éclairage naturel (cycle variable de 12 à 15 h de jour), ou avec un éclairage d'appoint fixé à 14 h par jour dans les zones les plus sombres de l'installation. Ce choix a été confirmé par BOUNDI (1976), qui a obtenu, après la métamorphose, une meilleure croissance avec une photophase de 12 h qu'avec un éclairage continu.

Chez le turbot, toutes les expériences qui se sont achevées avec une survie à 3 mois supérieure à 1°/∞ ont été réalisées avec un éclairage permanent au moins égal à 2000 lux à la surface des bacs comme dans les travaux de JONES et coll. (1974). Chaque fois que l'éclairement s'est trouvé à un niveau inférieur à ce seuil en période diurne, il y a eu, souvent en quelques heures, une augmentation nette des animaux à pigmentation sombre, suivie d'une augmentation de la mortalité.

Cependant, chez toutes les espèces, des incidents techniques ont provoqué à diverses reprises des pannes d'éclairage de 4 à 10 h en période nocturne, à des âges différents. Aucun de ces incidents n'a été suivi d'une augmentation de mortalité nette. Mais nous avons pu observer dans plusieurs cas, particulièrement chez les bars, une tendance nette à se concentrer dans le tiers inférieur des bacs, à un âge compris entre 3 et 8 semaines.

Nous avons donc en général recherché un éclairage continu intense pour le turbot, un éclairage faible avec cycle nyctéméral pour la sole après la métamorphose, et travaillé sur le bar sans parti-pris particulier sur la question. Le sujet reste donc à peu de chose près entier, ce qui est d'ailleurs très généralement le cas pour l'ensemble des poissons marins, où les arguments avancés par les auteurs qui ont recommandé des éclairages discontinus ne sont guère plus convaincants que les arguments avancés par les auteurs qui ont recommandé des éclairages continus (HOUDE, 1973).

Ce manque de résultats nets est peut-être simplement dû au fait que les problèmes de l'alimentation sont encore trop mal maîtrisés chez la larve pour permettre de mettre en évidence l'effet d'un facteur relativement secondaire dans de telles conditions. Ce n'est par contre pas le cas chez le jeune, où des relations nettes entre la durée de la photophase et la croissance ont pu être démontrées chez certaines espèces (LAHAYE et DENIEL, 1976).

7.2.2.3. LE BRASSAGE DE L'EAU.

Le problème du brassage de l'eau a été traité d'une manière assez similaire à celui de l'éclairage. Sur la base des informations disponibles dans la littérature (HOUDE, 1973), et des impressions retirées des expériences de 1972 et 1973, il a été choisi en 1974 de réaliser tous les élevages larvaires avec un niveau d'aération voisin de 5 l/h/m^3 d'eau, à partir de simples orifices de 1 mm de diamètre.

Chez le bar et la sole, ces niveaux ont été maintenus ensuite. Chez le turbot, une part importante des programmes expérimentaux de 1975 a été centrée sur la recherche d'un niveau d'aération optimum, dans une gamme comprise entre 10 l/h/m^3 d'eau et 0, sans amener de résultat démonstratif. Cette orientation vers des niveaux d'aération faibles résultait de l'idée que les larves, considérées comme fragiles, pouvaient souffrir d'un brassage important, et des heurts par les bulles d'air. L'hypothèse était erronée. Un travail récent a montré que, dans le type de bac employé, une réduction de l'aération au-dessous de 4 l/h/m^3 provoque une diminution de la survie larvaire chez le bar, tandis qu'une augmentation jusqu'à 20 l/h/m^3 d'eau reste sans effet (BARAHONA-FERNANDES, sous-presse). La diminution du taux de survie en présence d'un niveau d'aération faible pourrait être liée à des problèmes de probabilité de rencontre proies-larves et de qualité de l'eau. Chez le turbot, il semble que des niveaux d'aération supérieurs à 10 l/h/m^3 d'eau soient susceptibles d'augmenter sensiblement la survie larvaire (PERSON-LE RUYET, *comm. pers.*).

Après la métamorphose, la seule source de brassage employée dans les expériences sur le bar a été le jet d'alimentation en eau. Chez la sole, sur fond de sable percolé, une accélération de la circulation a été provoquée par des exhausteurs ("air-lifts"), apparemment avec profit, l'effet tenant vraisemblablement plus à une meilleure épuration des fonds de sable qu'au brassage lui-même. Chez le turbot, après transfert dans les bacs à fond de sable percolé, toujours équipés d'exhausteurs, nous avons souvent ajouté en plus une source d'aération à proximité d'une paroi, dans la zone des distributions de nourriture inerte, sans réussir à mettre en évidence un effet quelconque de cette pratique sur les poissons.

Dans l'ensemble, les critères de jugement des niveaux de brassage à employer, que ce soit par une aération, ou par l'alimentation en eau, ont été très simples : éviter de fortes concentrations de proies et de larves en des points particuliers, et la formation de voiles bactériens en surface, tout en laissant les larves aussi libres que possible de leurs mouvements. Ce sont des choix pragmatiques, qui demandent à être vérifiés par une analyse expérimentale approfondie. Il semble cependant qu'une certaine turbulence de l'eau soit plus favorable à la plupart des larves de poissons que des conditions statiques (HOUDE, 1973 ; NASH et coll., 1977 ; BARAHONA-FERNANDES, sous-presse).

7.3. CONCLUSION.

Comme elles présentaient des aspects assez différents en matière de réaction à la captivité, et de performances possibles, les trois espèces se placent aussi dans des situations assez différentes sur le plan de la souplesse vis-à-vis de la technique de l'élevage.

Le bar apparaît comme une espèce d'approche assez simple, dont les réactions aux traitements imposés sont rapides et franches. Il n'y a pas à attendre de remise en cause fondamentale des méthodes d'élevage, ou de progression spectaculaire des résultats dans les années à venir, mais plutôt divers progrès de détail, concourant à la mise au point d'une technique plus fiable, bien reproductible, où les meilleurs résultats actuels deviendront la norme. Cela pourrait impliquer des charges normales de 100 larves/l à la mise en élevage, 5 juvéniles/l à l'âge de 3 mois, avec des niveaux d'aération de l'ordre de $10 \text{ l/m}^3/\text{h}$ dans les bacs d'élevage larvaire, et des éclairages d'appoint ne dépassant pas 500 lux en surface, éventuellement limités à la période diurne après la métamorphose. Sur le plan alimentaire, le taux de conversion (poids sec/poids sec) devrait tomber sans grandes difficultés systématiquement au-dessous de 10, en phase larvaire (BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1977), et, dans un second stade, au-dessous de 8 après le sevrage. Le sevrage aux environs de 10 mg (7 semaines à 18-19° C), maintenant bien maîtrisé (BARAHONA-FERNANDES et coll., 1977) permettra des économies substantielles de nourriture vivante. Quelques expériences, qui demandent à être confirmées, tendent en outre à montrer qu'un sevrage encore plus précoce est possible (BARNABE, 1975, 1976a ; GATESOUBE et coll., 1977). Obtenir régulièrement dans ces conditions des poissons de 3 mois pesant environ 1 g, avec une survie de l'ordre du tiers depuis l'éclosion, relève d'une prospective raisonnable.

La sole est d'une approche plus délicate. Elle réagit avec une latence importante aux traitements qui lui sont imposés, et d'une façon souvent délicate à interpréter. En 1975, son sevrage semblait poser des problèmes insolubles. Il y a eu depuis des ébauches de solution, et il est à prévoir une progression nette des résultats dans les années à venir. Des charges de 70 larves/l en début d'élevage, avec, comme pour le bar, un éclairage de surface ne dépassant pas 500 lux, éventuellement limité à la phase diurne après la métamorphose, semblent convenir à l'espèce. Dans ces conditions, des schémas alimentaires faisant appel presque exclusivement à des *Artemia*, permettent de garantir des survies au-delà de la métamorphose dépassant 50 % depuis l'éclosion, avec un taux de conversion remarquable (6, en rapport sec/sec). Ces caractéristiques, et la rapidité de sa morphogénèse, font de la sole le poisson marin dont le juvénile est le plus facile à produire en grandes quantités, caractéristique intéressante pour des opérations de repeuplement de lagunes côtières. Le sevrage en vue d'élevages semi-intensifs ou intensifs commence à être maîtrisé à petite échelle : obtenir avec 50 % de survie depuis l'éclosion des poissons de 2 g à l'âge de 3 mois relève d'une prospective raisonnable. Mais il faudra obligatoirement, pour obtenir des résultats intéressants à grande échelle, résoudre les problèmes de charge liés à l'emploi des doubles fonds de sable percolé, et parvenir à ramener les taux de conversion à des niveaux raisonnables sans réduire la vitesse de croissance. C'est certainement possible, mais cela pourra demander plusieurs années de recherches.

Le turbot reste une énigme sur de nombreux points. Des résultats postérieurs à nos travaux montrent que le problème fondamental de la survie larvaire, avec des schémas alimentaires améliorés, et un meilleur brassage de la masse d'eau, est enfin sur le point d'être résolu à l'échelle de la dizaine de milliers d'individus (KINGWELL et coll., 1977 ; MACE, comm. pers. ; PERSON-LE RUYET, comm. pers.). Mais il serait illusoire de s'imaginer que toutes les difficultés, et particulièrement les problèmes de charge, vont disparaître ensuite rapidement. Les techniques risquent d'être encore longtemps délicates à employer et difficilement reproductibles à grande échelle.

Si l'on cherche à situer ces trois espèces parmi celles qui ont fait l'objet de tentatives d'élevage complet pendant la dernière décennie, le turbot se place parfaitement dans l'ensemble des nombreuses espèces à oeufs très petits (moins de 1 mm de diamètre), dont l'élevage larvaire piétinne ou progresse difficilement, comme le mullet (*Mugil cephalus*), la sériole (*Seriola quinqueradiata*), la dorade dorée (*Sparus aurata*) ou certains thunnidés (*Thunnus albacares*), mais où les programmes sont maintenus car le grossissement après la métamorphose est déjà une pratique commerciale courante (mulet, sériole), ou semble particulièrement prometteur (dorade, thons).

Le bar se trouve dans une situation assez proche de celle des salmonidés il y a un demi-siècle. L'élevage larvaire n'est plus le point de blocage majeur, et un éleveur potentiel peut se procurer des juvéniles nés en écloserie pour tenter de produire quelques tonnes d'animaux commercialisables. Mais il reste pendant cette période, qui n'a été que très peu étudiée (POULIQUEN, 1974 ; STIRLING, 1977) beaucoup d'inconnues en matière de nutrition, de pathologie, ou de technique d'élevage, et les taux de survie sont souvent médiocres. Il vient cependant d'être démontré à une échelle dépassant la tonne que produire des poissons de 250 g en 2 ans est techniquement possible sur les côtes méditerranéennes, aussi bien en cages qu'en bassins (BARNABE, comm. pers. ; DEBOS, comm. pers.).

La sole n'a pas d'équivalent chez les poissons, et il faut aller chercher chez les crustacés des exemples d'élevage d'animaux marins qui s'enfouissent dans le sédiment, se nourrissent sur le fond, dont l'élevage larvaire soit facile, et qui posent des problèmes de sevrage et de grossissement : c'est le cas de la majorité des crevettes pénéides. L'exemple de ces crevettes montre qu'il est possible de réussir des élevages commerciaux avec ce type de contraintes mais aussi que ce n'est pas facile. Cela implique avant tout de s'écarter franchement des méthodes habituelles d'élevage des poissons, pour concevoir des solutions entièrement nouvelles.

CONCLUSION

Il est relativement facile, à l'issue d'un travail de ce genre, de décrire le chemin parcouru, et les progrès réalisés. Les situer dans l'ensemble des connaissances sur le sujet, mettre en évidence les principales difficultés qui subsistent, est plus délicat. En tirer des hypothèses sur l'évolution à prévoir dans l'avenir, une tentation à laquelle il est difficile de résister, devient franchement aléatoire. Ces évidences sont bien illustrées par les trois ouvrages que nous avons le plus abondamment cités : le mémoire de FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905) sur l'élevage larvaire de la sole, la monographie de BARNABE (1976) sur le bar, et le travail de SHELBOURNE (1968) sur l'élevage larvaire de la plie et de la sole.

SHELBOURNE s'est prudemment gardé de toute prospective trop précise, et a surtout cherché à définir la meilleure stratégie possible pour le développement d'une pisciculture marine industrielle en Grande-Bretagne. En dehors des problèmes de technologie, ou plutôt de liaison entre la biologie et l'ingénierie, essentiels et délicats, il a distingué deux facteurs limitants principaux : en premier lieu, l'approvisionnement en juvéniles de haute qualité, en second lieu l'approvisionnement en nourriture. Il serait difficile de contester des conclusions aussi évidentes.

BARNABE s'est avancé un peu plus, affirmant que l'approvisionnement en proies vivantes demeurerait le seul obstacle réel pour passer à la production de masse de juvéniles chez le bar, et proposant l'élevage à l'aide d'aliment "artificiel" dès les premiers repas comme la solution du problème. C'est peut-être la solution de l'avenir, mais c'est aussi oublier les écloseries japonaises de dorades royales et de pénéides, ou les écloseries françaises et italiennes de bars, dont la production repose sur l'emploi de proies vivantes en début d'élevage.

FABRE-DOMERGUE et BIETRIX se sont avancés encore plus loin : il serait aujourd'hui possible de reprendre mot à mot leurs conclusions, qui datent de près de trois quarts de siècle. Comme leur ouvrage est devenu difficile à trouver, nous en reproduisons ici quelques paragraphes particulièrement significatifs :

"Pour quiconque se donne la peine d'examiner la valeur commerciale des poissons marins, la conviction ne tarde pas à s'imposer que très peu d'espèces, à la vérité, sollicitent l'intérêt de la Pisciculture privée... nous ne trouvons guère que la Sole commune, le Turbot et le Bar, dont la multiplication artificielle puisse faire espérer quelque profit.

Toute la question est de savoir : 1° si ces espèces peuvent s'obtenir facilement à l'état d'alevins ; 2° si leur courbe de croissance en captivité n'exige pas une dépense disproportionnée avec leur prix de vente.

En ce qui concerne la production des alevins, nous pouvons dès maintenant affirmer que la Sole et le Bar ne présentent aucune difficulté... Nos observations sur le Bar nous permettent d'affirmer que sa multiplication est, pour le moins, aussi aisée que celle de la Sole. Nous regrettons de ne pouvoir en dire autant du Turbot ; toutes nos tentatives pour en obtenir la ponte en bassins fermés ont échoué depuis dix ans que nous les poursuivons. Mais d'autres semblent avoir été plus heureux (DANTAN, 1905) et il y a lieu d'espérer que cette espèce ne se montrera pas plus réfractaire que les deux autres en ce qui a trait à son incubation et à la période de transformation de ses larves.

Quand au second point dont l'intérêt n'est pas moins grand et qui touche à la rapidité de croissance des trois espèces que nous envisageons ici, nos renseignements sont de valeur assez inégale.

La Sole présente une courbe de croissance assez accentuée et doit atteindre, d'après les appréciations de CUNNINGHAM (1890) la taille de 30 ou 35 centimètres au bout de sa troisième année. C'est cependant, d'après nos propres observations, un poisson difficile à élever en grande quantité. Il accepte toujours avec peine la viande ou le poisson hachés, ou plutôt ne consomme cette nourriture que quand elle est tombée sur le fond. Peut-être parviendrait-on pourtant à tourner la difficulté en faisant les distributions sur le soir ou pendant la nuit ; peut-être aussi le grand nombre des élèves contenus dans le bassin créerait-il chez eux cet état d'excitation spécial dont nous avons parlé plus haut et qui facilite singulièrement la tâche du pisciculteur. Quoi qu'il en soit, nous nous garderons de dépasser ici les limites de notre propre expérience et nous ferons en ce qui concerne la Pisciculture privée de la Sole les plus extrêmes réserves, tout en préconisant très vivement de nouvelles recherches à son sujet.

Le Bar étant un poisson nageur par excellence se nourrit au contraire avec la plus grande facilité et saisi la nourriture avant qu'elle ne l'ait touché le fond. Nous croyons que son élevage peut se comparer à celui des Salmonidés. Il reste à savoir si ce poisson qui -pendant son jeune âge tout au moins- fréquente assidûment les embouchures, n'exige pas pour croître rapidement au début de sa vie l'apport d'un peu d'eau douce. Les expériences effectuées par nous sur ce point n'ont pu être poussées bien loin en raison des conditions particulières où se trouve le laboratoire de Concarneau. Plus que la Sole cependant, cette espèce se désigne à l'attention du pisciculteur en raison de la très grande facilité que présente son alimentation.

Par une coïncidence que nous regrettons, l'espèce dont nous avons le mieux étudié les moeurs et la croissance, le Turbot, se trouve être celle dont la reproduction artificielle présente encore le plus de difficultés. Mais quand celles-ci seront écartées nous posséderons en ce qui la concerne le cycle évolutif le plus complet qu'on puisse désirer pour la culture d'un poisson de mer.

... Or, autant la Sole se montre délicate et exigeante à cette période de son existence autant le Turbot est rustique et facile à nourrir. Chair de poisson coupée, pulpe de rate, plankton grossier, alevins les plus divers, tout lui est bon dès le premier jour de sa capture jusqu'à celui où, devenu véritable poisson adulte, il accepte sans se faire prier l'alimentation la plus uniforme...

Disons enfin pour terminer ce qui a trait au Turbot que, conservés dans les bassins du laboratoire pendant deux ou trois ans les ... individus y atteignent aisément la taille de 30 ou 40 centimètres.

Quoi qu'il en soit, la Pisciculture industrielle privée ou en viviers des trois espèces que nous venons de mentionner paraît dès aujourd'hui sinon immédiatement réalisable, du moins digne d'être étudiée et mûrement préparée au moyen de nouvelles observations faites sur une assez vaste échelle pour permettre d'en bien apprécier la portée pratique. Loin de nous la pensée de pousser dans le voie des coûteuses et imprudentes applications. Celles-ci ne sauraient offrir quelque chance de succès que si elles s'appuient constamment sur le terrain solide de l'expérimentation. Mais le moment viendra bientôt où, complètement exploré, ce terrain pourra être délaissé sans danger et c'est alors que notre labeur se trouvera amplement récompensé s'il nous est permis de penser que nous avons dans la mesure de nos forces contribué à la création sur notre littoral d'une nouvelle et utile industrie."

Le travail qui a conduit à cette remarquable analyse, complété des expériences d'ANTHONY (1910), ouvrant la voie à l'élevage larvaire du turbot, n'a abouti en France qu'à un abandon quasi-total des recherches sur le sujet pendant plus d'un demi-siècle. Peut-être parce que s'il était facile de réaliser l'élevage larvaire de quelques centaines d'animaux avec du plancton naturel (la seule nourriture efficace connue alors), en produire de grandes quantités soulevait des problèmes de collecte insolubles. Pourtant, si les travaux de SEALE (1933) sur l'intérêt d'*Artemia* comme proie vivante, publiés aux Etats-Unis, avaient pu passer inaperçus, ceux de ROLLEFSEN (1939) auraient dû fournir la base de départ nécessaire à une reprise des programmes. Cela n'a pas été le cas, et il a fallu attendre les succès de l'aquaculture japonaise, et le démarrage des programmes italiens et anglais, pour voir le sujet revenir au premier plan.

Reste à l'y maintenir, ce qui supposera non plus seulement de démontrer que l'élevage est techniquement possible en laboratoire, mais que les techniques sont reproductibles à grande échelle, et susceptibles de conduire à des productions économiquement rentables.

Dans un objectif aussi vaste, les apports de notre travail, restreints aux phases d'écloserie et de nurserie, sont loin de fournir des réponses définitives.

L'époque où obtenir des oeufs pouvait être le principal problème de l'expérimentateur est définitivement révolue. Nous avons apporté quelques éléments à la maîtrise de la ponte naturelle en captivité, qui ont permis récemment, en jouant sur l'environnement, d'obtenir des pontes jusqu'à 6 mois plus tôt que dans les conditions naturelles (GIRIN et DEVAUCHELLE, sous-presse). Le développement de cette technique, et les échanges d'oeufs entre laboratoires, sont en passe de permettre aux expérimentateurs de disposer à la demande des larves d'une espèce déterminée pendant la moitié de l'année, sinon plus. Mais il n'est pas encore possible de préciser quel est le rendement normal de la ponte, quelle est l'importance de l'âge ou de l'alimentation d'un reproducteur, ni, a fortiori, quel peut être l'effet de l'induction hormonale d'une ovulation, ou d'un décalage de la ponte, sur la qualité d'un oeuf. Il n'a pas été non plus établi de corrélation précise entre les conditions de l'incubation et les anomalies létales ou sublétales de la jeune larve.

De l'éclosion à la métamorphose, la méthode d'élevage choisie se distingue surtout par le niveau élevé des charges employées pour la sole et le bar, sans réduction des taux de survie ou des vitesses de croissance. Cette évolution vers des techniques de type intensif

s'assortit d'une diminution de l'importance accordée à une notion d'ordre plutôt écologique, la concentration des proies disponibles, au profit d'une notion plus habituelle à l'élevage, la ration journalière. Les résultats obtenus permettent d'envisager des productions importantes dans des volumes relativement faibles. Les caractéristiques optimales de nombreux paramètres, comme l'agitation de l'eau, ou l'éclairement, restent cependant à préciser, tandis que la relation entre l'histoire de l'oeuf et les mortalités variables observées pendant la résorption vitelline demande à être analysée. Mais c'est chez le turbot que la situation est la moins avancée : même les expériences à charge réduite n'ont pas encore atteint un niveau de reproductibilité raisonnable.

De la métamorphose aux environs de l'âge de 3 mois, les problèmes du sevrage ont reçu une attention particulière. Chez le bar, il en est résulté une technique fiable de passage de la proie vivante au granulé sec, applicable aussi bien à petite qu'à grande échelle. Cela a fourni les éléments nécessaires à la première ébauche d'une technique de sevrage de la sole, bien maîtrisée au niveau de la centaine d'individus, mais qui demande à être bien adaptée à une plus grande échelle. Qu'il s'agisse de l'une ou l'autre espèce, les techniques actuelles sont loin d'être définitives : il faut encore avancer la date du sevrage, et réduire la mortalité ou le freinage de croissance qu'il implique. En outre, dans cette période, la technologie de l'élevage n'en est qu'à un stade embryonnaire : il reste presque tout à faire en cette matière.

A côté de ces différents aspects zootechniques, nous avons laissé dans l'ombre tout au long de ce mémoire le problème de la qualité des juvéniles obtenus. Cela comprend d'abord les anomalies sublétales, malformations de la tête chez le bar (et à un moindre degré le turbot), anomalies pigmentaires chez le turbot (et à un moindre degré chez la sole), pour ne citer que les plus importantes. Cela comprend aussi les dérèglements métaboliques liés à d'éventuels déséquilibres alimentaires, et le niveau de rusticité des animaux produits.

Ce qui a été fait, par nous ou par d'autres, ces dernières années, a indéniablement ouvert de nouvelles possibilités. Mais il reste bien plus à faire pour parvenir à la "nouvelle et utile industrie" envisagée par FABRE-DOMERGUE et BIETRIX. Cela devra être réalisé, sous peine de voir quelque expérimentateur du futur, ayant extrait ce mémoire d'une vieille bibliothèque, chercher à comprendre pourquoi la pisciculture marine est tombée une deuxième fois dans un demi-siècle d'oubli.

BIBLIOGRAPHIE

- ADRON, J.W., A. BLAIR and C.B. COWEY, 1974. Rearing of Plaice larvae to metamorphosis using an artificial diet. Fish. Bull., 72 (2) : 353-357.
- ALBERTINI-BERHAUT, J., 1974. Biologie des stades juvéniles de téléostéens mugilidae, *Mugil auratus* Risso 1810, *Mugil capito* Cuvier 1829 et *Mugil saliens* Risso 1810. II- Modifications du régime alimentaire en relation avec la taille. Aquaculture, 2 : 251-266.
- ALDERSON, R. and P.J. BROMLEY, 1973. A method for rearing larvae of the turbot, *Scophthalmus maximus* L. to metamorphosis. ICES doc. C.M. 1973/E:20, 6 pp
- ALESSIO, G., 1975. Riproduzione artificiale di orata, *Sparus aurata* (L.) (Osteichthyes, Sparidae). 5° Primi risultati sull'allevamento ed alimentazione delle larve e degli avanotti. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 30 (1) : 71-92.
- ALESSIO, G., 1976. Tecniche e methodiche generali di riproduzione artificiale della spigola, *Dicentrarchus labrax* (L.) (Osteichthyes, Serranidae). ICS, rapp. tec. int., n° 4 : 1-20.
- ALESSIO, G., P. BRONZI, G. GANDOLFI e B. SCHREIBER, 1973. Primi risultati sulla riproduzione artificiale di branzini *Morone labrax* (L.) in acque salmastre. Istituto lombardo (Rend. Sc.), B 107 : 93-106.
- ALLIOT, E., A. FEBVRE, R. METAILLER et A. PASTOUREAUD, 1974. Besoins nutritifs du bar (*Dicentrarchus labrax*). Etude du taux de protéine et du taux de lipide dans le régime. Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 215-228.
- ANTHONY, R., 1910. The cultivation of the turbot. Proceedings of the fourth international fishery congress, Washington, 1908. U.S. Bureau of Fisheries Bull., 28 (2) : 859-870.
- AQUACOP, 1977. Production de masse de post-larves de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) en milieu tropical : unité pilote. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 213-232.
- ARCARESE, G., G. RAVAGNAN e P. GHITTINO, 1972. Primi risultati positivi di fecondazione artificiale nel branzino (*Dicentrarchus labrax*) su vasta scala. Riv. it. Piscic. Ittiop., 7 (2) : 27-33.
- BAKKE, S. and H. BJORKE, 1971. Diving observations on Barents sea capelin at its spawning grounds off the coast of northern Norway. ICES doc. C.M./H:25.
- BALBONTIN, F., S.S. SILVA and D.F. EHRLICH, 1973. A comparative study of anatomical and chemical characteristics of reared and wild herring. Aquaculture, 2 (3) : 217-240.

- BALON, E.K., 1975. Reproductive guilds of fishes : a proposal and definition. J. Fish. Res. Board Can., 32 (6) : 821-864.
- BARAHONA-FERNANDES, M.H., 1977. Bacterial disease of sea bass (*Dicentrarchus labrax* (L.)) reared in the laboratory : an approach to treatment. Aquaculture, 10 : 317-322.
- BARAHONA-FERNANDES, M.H. et M. GIRIN, 1976. Preliminary tests on the optimal pellet-adaptation age for sea bass larvae (Pisces, *Dicentrarchus labrax* L. 1758). Aquaculture, 8 : 283-290.
- BARAHONA-FERNANDES, M.H. et M. GIRIN, 1977. Effect of different food levels on the growth and survival of laboratory-reared sea-bass larvae (*Dicentrarchus labrax* (L.)). 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 69-84.
- BARAHONA-FERNANDES, M.H., M. GIRIN et R. METALLER, 1977. Expériences de conditionnement d'alevins de bar (Pisces, *Dicentrarchus labrax*) à divers aliments composés. Aquaculture, 10 (1) : 53-63.
- BARAHONA-FERNANDES, M.H., in press. Effects of aeration on the survival and growth of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* (L.)) larvae : a preliminary study. Aquaculture.
- BARDACH, J.E., J.H. RYTHER and W.O. McLARNEY, 1972. Aquaculture. Wiley Interscience, New-York, 868 pp.
- BARNABE, G., 1974a. Compte-rendu sommaire de la campagne 1972-1973 de reproduction contrôlée du loup à Sète. Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 205-213.
- BARNABE, G., 1974b. Mass rearing of the bass *Dicentrarchus labrax* L. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer Verlag, N.Y. (U.S.A.) : 749-753.
- BARNABE, G., 1975. La genèse des activités locomotrices et trophiques chez la larve du Loup *Dicentrarchus labrax* (L.) (Poisson, Serranidae). C.R. Acad. Sc. Paris, 280, D : 755-757.
- BARNABE, G., 1976a. Contribution à la connaissance de la biologie du loup *Dicentrarchus labrax* (L.) (Poisson Serranidae). Thèse Fac. Sciences Montpellier, 426 pp.
- BARNABE, G., 1976b. Elevage larvaire du Loup (*Dicentrarchus labrax* (L.) ; Pisces, Serranidae) à l'aide d'aliment sec composé. Aquaculture, 9 : 237-252.
- BARNABE, G., 1976c. Rapport technique sur la ponte induite et l'élevage des larves du loup *Dicentrarchus labrax* (L.) et de la dorade *Sparus auratus* (L.). In : Ponte contrôlée et élevage des larves d'espèces marines sélectionnées, Etud. Rev. CGPM, 55 : 63-116.
- BARNABE, G., F. BOULINEAU-COATANEA et F. RENE, 1976. Chronologie de la morphogenèse chez le Loup ou Bar *Dicentrarchus labrax* (L.) obtenu par reproduction artificielle. Aquaculture, 8 : 351-363.
- BARNABE, G. et F. RENE, 1972. Reproduction contrôlée du Loup *Dicentrarchus labrax* (Linné) et production en masse d'alevins. C.R. Acad. Sc. Paris, 275, D : 2741-2744.
- BARNABE, G. et J.C. TOURNAMILLE, 1972. Expériences de reproduction artificielle du loup *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758). Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 36 (2) : 185-189.

- BLAXTER, J.H.S., 1955. Herring rearing. I- The storage of herring gametes. Marine Research, Scottish Home Department, 3, 12 pp.
- BLAXTER, J.H.S., 1962. Herring Rearing. IV- Rearing beyond the yolk sac stage. Mar. Res. Scot., 1, 18 pp.
- BLAXTER, J.H.S., 1965. The feeding of herring larvae and their ecology in relation to feeding. Rept. Calif. Coop. Oceanogr. Fish. Invest., 10 : 79-88.
- BLAXTER, J.H.S., 1970. Development : eggs and larvae. Fish Physiology, 3. Academic Press Inc., New-York, 178-271.
- BLAXTER, J.H.S. and G. HEMPEL, 1963. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). J. Cons. perm. int. Explor. Mer., 28 : 211-240.
- BOULINEAU, F., 1969a. Régime alimentaire du bar (*Dicentrarchus labrax*, Serranidae) sur la côte atlantique bretonne. Bull. Mus. Hist. Nat. Paris, 2ème série, 41 (5) : 1106-1122.
- BOULINEAU, F., 1969b. Contribution à l'étude biologique du bar *Dicentrarchus labrax* (Linné). Thèse de 3ème Cycle, Fac. Sciences Paris, Ronéo, 176 pp.
- BOULINEAU, F., 1974. Ponte naturelle et ponte induite hormonalement chez *Dicentrarchus labrax* (L.) en captivité. Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 151-160.
- BRASOLA, V., 1974. Riproduzione artificiale della sogliola (*Solea solea*) effettuata con successo presso la laguna di Orbetello. Riv. Ital. Piscic. Ittiopatol., 9 (4) : 99-101.
- BROMLEY, P.J., 1974. The effects of dietary water content on the growth of hatchery-reared turbot (*Scophthalmus maximus* L.) and sole (*Solea solea* (L.)). ICES doc. C.M. 1974/E:18, 3 pp.
- BROMLEY, P.J., 1977. Methods of weaning juvenile hatchery reared sole (*Solea solea* (L.)) from live food to prepared diets. Aquaculture, 12 : 337-347.
- BROWN, M.E., 1946. The growth of brown trout (*Salmo trutta* Linn.). I- Factors influencing the growth of trout fry. J. exp. Biol., 22 : 118-129.
- BURROWS, R.E., 1972. Salmonid husbandry techniques. In : Fish nutrition, J.E. Halver Ed., Academic Press, New-York, 713 pp : 375-402.
- BUTLER, G.W., 1895. Report on the spawning of the common sole (*Solea vulgaris*) in the aquarium of the Marine Biological Association's Laboratory at Plymouth, during April and May 1895. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 4 : 3-9.
- CARLBERG, J.M. and J.C. VAN OLST, 1977. Methods for culturing the american lobster (*Homarus americanus*). 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 261-275.
- CHEN, T.P., 1976. Aquaculture practices in Taiwan. Fishing News Books, Farnham, Surrey, 162 pp.
- COLLINS, M.T., J.B. GRATZEK, D.L. DAWE and T.G. NEMETZ, 1976. Effects of antibacterial agents on nitrification in an aquatic recirculating system. J. Fish. Res. Board Can., 33 : 215-218.

- COUTEAUX, B., 1976. Contrôle de l'eau dans les élevages marins à caractère intensif. Recyclage. Mémoire de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes. Rapport de stage au Centre Océanologique de Bretagne. Ronéo, 127 pp.
- CRUZ, S.A. de la, D.N. MILLARES, 1974. Metodo de cultivo masivo de *Brachionus plicatilis* (Rotifera) a scala experimental. Ciencias (Invest. Mar.), Habana, 11 : 29 pp.
- CUEFF, J.C., 1973. Essais japonais d'élevage industriel de la sériole, *Seriola quinqueradiata* T&S par la reproduction artificielle. Monographies Scientifiques de la Maison franco-japonaise, 2, 57 pp.
- CUNNINGHAM, J.T., 1890. A treatise on the common sole (*Solea vulgaris*), considered both as an organism and as a commodity. Mar. Biol. Ass. Plymouth, U.K. : 147 pp.
- DANNEVIG, H.C., 1895. On the hatching operation at Dunbar Marine Hatchery. Rep. Fish. Board Scot., 13 : 123-132.
- DANTAN, L., 1905. Notes ichthyologiques. Archiv. Zool. exp. gen. Notes et revues.
- DENIEL, C., 1973. Nutrition et croissance du jeune turbot, *Scophthalmus maximus* L. (Téléostéens, Bothidae). Thèse 3ème cycle, Fac. Sciences Brest. Ronéo, 149 pp.
- DENIS, J., 1975. L'alimentation des poissons. Les distributeurs et les systèmes de distribution. Mémoire de l'Ecole Nationale des Ingénieurs des Travaux Ruraux et des Techniques Sanitaires, Strasbourg. Ronéo, 188 pp.
- DEVAUCHELLE, N., 1976. Analyse quantitative et qualitative de pontes naturelles de bar (*Dicentrarchus labrax*) en captivité. Rapport de stage au Centre Océanologique de Bretagne. Diplôme d'Etudes Approfondies d'Océanographie Biologique, Fac. Sciences de Brest. Ronéo, 56 pp.
- DURAND-CHASTEL, H. et C. SANTILLAN-SANCHEZ, 1977. Le tecuitlatl (spiruline) et l'aquaculture. Sciences et techniques, 38 : 26-30.
- FABRE-DOMERGUE, P. et E. BIETRIX, 1897a. Recherches biologiques applicables à la pisciculture marine sur les oeufs et les larves des poissons de mer et sur le turbot. Ann. Sc. Nat. Zoologie, VII (IV) : 151-220.
- FABRE-DOMERGUE, P. et E. BIETRIX, 1897b. La période critique post-larvaire des poissons marins. Bull. Mus. Hist. Nat., Paris, 3 : 57-58.
- FABRE-DOMERGUE, P. et E. BIETRIX, 1905. Développement de la sole (*Solea vulgaris*). Introduction à l'étude de la pisciculture marine. Vuibert et Nony, Paris, 1905.
- FLASSCH, J.P., 1978. Production d'algues unicellulaires à des fins d'aquaculture. Séminaire sur la nutrition des animaux marins envisagée du point de vue de la mariculture. Océanis, 4 (1) : 1-11.
- FLASSCH, J.P. et Y. NORMANT, 1974. Mise en place d'une unité de production d'algues au Centre Océanologique de Bretagne : premiers résultats. Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed. 1 : 25-32.
- FLUCHTER, J., 1965. Versuche zur Brutaufzucht der seezunge *Solea solea* in kleinen aquarien. Helgolander wiss. Meeresunt., 12 : 395-403.

- FLUCHTER, J., 1970. Zur embryonal und larvalentwicklung der seezunge *Solea solea* (L.). Sonderdruck aus Bd. 21 : 369-376.
- FLUCHTER, J., 1972a. Rearing of common sole (*Solea solea* L.) in small containers and in high density under laboratory conditions. Aquaculture, 1 (3) : 289-291.
- FLUCHTER, J., 1972b. Induction of spawning in the turbot (*Rhombus maximus* L.) by injection of hypophyseal suspensions. Aquaculture, 1 (3) : 285-287.
- FLUCHTER, J., 1974. Laboratory rearing of common sole (*Solea solea* L.) under controlled conditions at high density with low mortality. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, N.Y. (U.S.A.) : 725-730.
- FLUCHTER, J. and T.J. PANDIAN, 1968. Rate and efficiency of yolk utilization in developing eggs of the sole *Solea solea*. Helgoländer wiss. Meeresunt., 18 : 53-60.
- FLUCHTER, J. and H. TROMMSDORFF, 1974. Nutritive stimulation of spawning in common sole (*Solea solea* L.). Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch., 23 (4) : 352-359.
- FONDS, M. and V.P. SAKSENA, 1977. The daily food intake of young soles (*Solea solea* L.) in relation to their size and the water temperature. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 51-58.
- FUJITA, S., in press. Seed production of red sea bream, *Pagrus major*, and culture of their foods. Presented at the Conference of Aquaculture on Cultivation of Fish Fry and its Live Food, Szybark, Poland, sept. 1977.
- FUJIYA, M., 1976. Coastal culture of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) and seabream (*Sparus major*) in Japan. FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japan, 26 May-2 June 1976. Doc. FIR:AQ/Conf/76/E:53.
- GALL, G.A., 1974. Influence of size of eggs and age of female on hatchability and growth in rainbow trout. Calif. Fish and Game, 00 (1) : 26-35.
- GATESOUBE, F.J. et P. LUQUET, 1977. Recherche d'une alimentation adaptée à l'élevage des stades larvaires des poissons. I- Etude de quelques techniques destinées à améliorer la stabilité à l'eau des aliments. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 13-20.
- GATESOUBE, F.J., M. GIRIN et P. LUQUET, 1977. Recherche d'une alimentation artificielle adaptée à l'élevage des stades larvaires des poissons. II- Application à l'élevage larvaire du bar et de la sole. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 59-66.
- GIRIN, M., 1972. Métamorphose en élevage de deux larves de turbot (*Scophthalmus maximus* (L.)). C.R. Acad. Sc. Paris, 275 D : 2933-2936.
- GIRIN, M., 1974a. Nutrition de la larve de turbot (*Scophthalmus maximus* L.) avant la métamorphose. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag : 739-746.
- GIRIN, M., 1974b. Régime alimentaire et pourcentage de survie chez la larve de sole (*Solea solea* L.). Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 175-185.
- GIRIN, M., 1974c. Régime alimentaire et pourcentage de survie chez la larve de turbot (*Scophthalmus maximus* (L.)). Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 187-203.

- GIRIN, M., 1975. Point des techniques d'élevage larvaire du bar en octobre 1975. *In* : Ponte contrôlée et élevage des larves d'espèces marines sélectionnées de la Méditerranée. Etud. Rev. Cons. Gen. Pêches Méditerr., 55 : 133-142.
- GIRIN, M., 1976. La ration alimentaire dans l'élevage larvaire du bar (*Dicentrarchus labrax* (L.)). 10th European Symposium on Marine Biology, G. Persoone and E. Jaspers Ed., Universa Press, Belgium, 1 : 171-188.
- GIRIN, M., sous-presse. Some solutions to the problem of producing juvenile marine finfish for aquaculture. Presented at the Conference of Aquaculture, Szymbark, Poland, Sept. 1977, 12 pp.
- GIRIN, M. et B. DEVAUCHELLE, 1974. Production du Rotifère *Brachionus plicatilis* O.F. Müller en élevage mixte avec le Copépode *Tisbe furcata* (Baird). Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 87-99.
- GIRIN, M. et N. DEVAUCHELLE, sous-presse. Décalage de la période de reproduction par raccourcissement des cycles photopériodique et thermique chez des poissons marins. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18 (3).
- GIRIN, M., R. METAILLER et J. NEDELEC, 1977. Accoutumance de jeunes soles (*Solea solea*) à différents aliments inertes après achèvement de la métamorphose. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 35-50.
- GIRIN, M. et J. PERSON-LE RUYET, 1977. L'élevage larvaire des poissons marins : chaînes alimentaires et aliments composés. Bull. franc. Piscic., 264 : 88-101.
- HARACHE, Y. et J.J. BOULINEAU, 1971. L'élevage des salmonidés migrateurs amphibiotes en Amérique du Nord. Rapp. Scient. Tech. CNEXO, 5 : 166 pp.
- HASTINGS, W.H., 1976. Fish nutrition and fish feed manufacture. FAO Technical Conference on Aquaculture, FIR:AQ:Conf/76/R.23, 13 pp.
- HEMPEL, G. and J.H.S. BLAXTER, 1967. Egg weight in Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 31, (2) : 170-195.
- HEMPEL, I. and G. HEMPEL, 1971. An estimate of mortality in eggs of North Sea Herring (*Clupea harengus* L.). Rapp. P.V. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer, 160 : 24-26.
- HIRAYAMA, K. and S. OGAWA, 1972. Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture. I- Filter feeding of rotifer. Bull. Jap. Soc. scient. Fish., 38 (11) : 1207-1214.
- HJORT, J., 1926. Fluctuations in the year classes of important food fishes. J. Cons. Int. Explor. Mer, 1 : 5-38.
- HOUDE, E.D., 1973. Some recent advances and unsolved problems in the culture of marine fish larvae. Proceedings of the World Mariculture Society, 3 : 84-112.
- HOUDE, E.D., 1975. Effects of stocking density and food density on survival, growth and yield of laboratory-reared larvae of sea bream *Archosargus rhomboidalis* (L.) (Sparidae). J. Fish. Biol., 7 : 115-127.
- HOUDE, E.D., 1976. Critical food levels for growth and survival of laboratory-reared larvae of three species of subtropical marine fishes. ICES doc. C.M. 1976/E:50, 23 pp.

- HTUN-HAN, M., 1977. The effects of photoperiod on reproduction in fishes. An annotated bibliography. M.A.F.F. Directorate of Fisheries Research, Library Information Leaflet, 6 : 30 pp.
- HULL, S.T. and R.D. EDWARDS, 1976. Experience in farming turbot, *Scophthalmus maximus*, in floating sea cages. Progress since 1970 by the British White Fish Authority. FAO Technical Conference on Aquaculture, FIR:AQ/Conf/76/E:32, 15 pp.
- HUNTER, J.R. and G.L. THOMAS, 1974. Effect of prey distribution and density on the searching and feeding behaviour of larval anchovy *Engraulis mordax* Girard. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, pp. 559-574.
- IRVIN, D.N., 1974. Temperature tolerance of early developmental stages of Dover sole, *Solea solea* (L.). In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag : 449-463.
- JACKMAN, L.A.J., 1954. The early development stages of the bass *Morone labrax* (L.). Proc. Zool. Soc. Lond., 124 (3) : 531-535.
- JONES, A., 1972a. Studies on egg development and larval rearing of Turbot, *Scophthalmus maximus* L., and Brill, *Scophthalmus rhombus* L., in the laboratory. J. Mar. Biol. U.K., 52 : 965-986.
- JONES, A., 1972b. An examination of the factors to be considered in the choice of species. Marine Fish Farming, Laboratory Leaflet (New series), n° 24.
- JONES, A., 1972c. Rearing larvae of the turbot (*Scophthalmus maximus* L.) to metamorphosis. ICES doc. C.M. 1972/E:32, 3 pp.
- JONES, A., 1973a. The ecology of young turbot (*Scophthalmus maximus* L.) at Borth, Cardigan-shire, Wales, J. Fish. Biol., 5 : 367-383.
- JONES, A., 1973b. Observations on the growth of turbot larvae *Scophthalmus maximus* L. reared in the laboratory. Aquaculture, 2 : 149-155.
- JONES, A., R. ALDERSON and B.R. HOWELL, 1974. Progress towards the development of a successful rearing technique for larvae of the turbot, *Scophthalmus maximus* L. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, N.Y. (U.S.A.) : 731-737.
- JONES, A.J., 1972. An inexpensive apparatus for the large scale hatching of *Artemia salina* L. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 34 : 351-356.
- JONES, R. and W.B. HALL, 1974. Some observations on the population dynamics of the larval stage in the common gadoids. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, N.Y. (U.S.A.) : 87-102.
- KENNEDY, M. and P. FITZMAURICE, 1968. Occurrence of eggs of bass (*Dicentrarchus labrax*) on the southern coast of Ireland. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 48 : 585-592.
- KERR, N.M., 1976. Marine fish farming : the interface between development and application. 2nd European Congress of Fish Farming, London, November 1976, 26 pp.
- KINGWELL, S.J., M.C. DUGGAN and J.E. DYE, 1977. Large scale handling of the larvae of the marine flatfish turbot, *Scophthalmus maximus* L., and Dover sole, *Solea solea* L., with a view to their subsequent fattening under farming conditions. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEOX, 4 : 27-34.

- KITAKA, J., 1977. Red sea bream culture in Japan. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 111-117.
- KRUUK, H., 1963. Diurnal periodicity in the activity of the common sole, *Solea vulgaris* Quensel. Netherlands Journal of Sea Research, 2 (1) : 1-28.
- KUNESH, W.H., W.J. FRESHMAN, M. HOEM and N.G. NORDIN, 1974. Altering the spawning cycle of rainbow trout by control of artificial light. Prog. Fish. Cult., 36 (4) : 225-226.
- LAHAYE, J., 1972. Cycles sexuels de quelques poissons plats des côtes bretonnes. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 36 (2) : 191-207.
- LAHAYE, J. et C. DENIEL, 1976. Action de la photopériode sur la croissance de jeunes turbots et de jeunes soles après leur métamorphose. Actes du 10ème Symposium Européen de Biologie Marine, Ostende, Septembre 1975, G. Persoone et E. Jaspers Ed., Universa Press, 1 : p. 255 (Résumé).
- LASKER, R., 1962. Efficiency and rate of yolk utilization by developing embryos and larvae of the Pacific sardine *Sardinops caerulea* (Girard). J. Fish. Res. Bd. Canada, 19 (5) : 867-875.
- LASKER, R., 1974. Induced maturation and spawning of marine fish at the Southwest Fisheries Center, La Jolla, California. Proc. 5th Annual Workshop, World Mariculture Soc., 313-318.
- LASKER, R., 1976. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California current : identification of factors contributing to recruitment failure. ICES doc. C.M./L:36, 44 pp.
- LASKER, R. and L.L. VLYMEN, 1969. Experimental sea-water aquarium. Bureau of commercial fisheries, Fishery Oceanography Center, La Jolla, California, U.S.A. U.S. Fish and Wildlife Service, circular 334, 14 pp.
- LASKER, R., H.M. FEDER, G.H. THEILACKER and R.C. MAY, 1970. Feeding, growth and survival of *Engraulis mordax* larvae reared in the laboratory. Mar. Biol. (Berl.), 5 : 345-353.
- LAUBIER, L. et A. LAUBIER-BONICHON, 1977. L'élevage de la crevette *Penaeus japonicus* en France. Premiers résultats et perspectives. Sciences et Techniques, 44 : 49-59.
- LEMERCIER, P., 1975. Contrôle de la qualité d'oeufs de turbot, *Scophthalmus maximus* (L.) et de leur durée d'incubation. Techniques de transport pour les oeufs de turbot et les alevins de bar, *Dicentrarchus labrax*. Mémoire de stage au Centre Océanologique de Bretagne. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes. Ronéo, 84 pp.
- LEMERCIER, P. et M. GIRIN, 1976. Expériences de transport et de refroidissement d'oeufs de turbot (*Scophthalmus maximus*). Application à d'autres espèces de poissons marins. ICES doc. C.M. 1976/E:23, 12 pp.
- LEONG, R., 1971. Induced spawning of the northern anchovy *Engraulis mordax* Girard. National Marine Fisheries Service, Fish. Bull., 69 (2) : 357-360.
- L'HERROUX, M., 1974. Extension de la technique des bassins à double fond aux grandes surfaces d'élevage. Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 79-86.
- L'HERROUX, M., J.P. FLASSCH et M. GIRIN, 1974. Dispositif pour concentrer et transporter les oeufs, larves et herbivores d'aquaculture. Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 69-78.

- L'HERROUX, M., R. METAILLER et L. PILVIN, 1977. Remplacement des herbivores proies par des microparticules inertes : une application à l'élevage larvaire de *Penaeus japonicus*. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 147-155.
- LIAO, I.C., 1975. Experiments on induced breeding of the grey mullet in Taiwan from 1963 to 1973. Aquaculture, 6 (1) : 31-58.
- LOCKWOOD, S.J. and C. de B. DALY, 1975. Further observations on the effects of preservation in 4 % neutral formalin on the length and weight of 0-group flatfish. J. Cons. int. Explor. Mer, 36 (2) : 170-175.
- LUCET, P., 1974. Utilisation d'aliment naturel inerte dans l'alimentation d'*Artemia salina*. Rapport de stage au Centre Océanologique de Bretagne. Ronéo, 18 pp.
- LUMARE, F. e P. VILLANI, 1973a. Maturita sessuale indotta e fecondazione artificiale in *Sparus aurata* (L.). Inv. Pesq., 37 (1) : 57-71.
- LUMARE, F. e P. VILLANI, 1973b. Ricerche sulla riproduzione artificiale ed allevamento delle larve in *Dicentrarchus labrax* (L.). Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 28 (1) : 71-75.
- MALARD, A.E., 1899. Sur le développement et la pisciculture du Turbot. C.R. Acad. Sc. Paris, 129 : 181-183.
- MAY, R.C., 1971. An annotated bibliography of attempts to rear the larvae of marine fishes in the laboratory. NOAA Technical Report NMFS SSRF-632, 24 pp.
- MAY, R.C., 1974. Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, Berlin, 765 pp : 3-20.
- MAY, R.C., D. POPPER and J.P. Mc VEY, 1974. Rearing and larval development of *Siganus canaliculatus* (Park) (Pisces : Siganidae). Micronesica (J. Univ. Guam.), 10 (2) : 285-298.
- MENU, B. et M. GIRIN, sous-presse. Ponte, incubation et développement larvaire du rouget de roche (*Mullus surmuletus*) en laboratoire.
- METAILLER, R., 1976. Résultats récents des travaux français de nutrition appliqués à l'aquaculture marine. ICES, 2nd Meeting of the Working Group on Mariculture, Hamburg 4-6 May 1976. Ronéo, 24 pp.
- METAILLER, R. et M. GIRIN, 1976. Croissance de jeunes soles (*Solea solea*) nées en laboratoire et conditionnées à l'aliment composé. ICES, 2nd Meeting of the Working Group on Mariculture, Hamburg, 4-6 May 1976. Ronéo, 20 pp.
- METAILLER, R., C. MERY, M.N. DEPOIS et J. NEDELEC, 1977. Influence de divers aliments composés sur la croissance et la survie d'alevins de bars (*Dicentrarchus labrax*). 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 93-109.
- MITSON, R.B., 1963. Marine fish culture in Britain. 5- An electric device for counting the nauplii of *Artemia salina* L. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 28 : 262-269.
- MOUNIB, M.S., P.C. HWANG and D.R. IDLER, 1968. Cryogenic preservation of Atlantic cod (*Gadus morhua*) sperm. J. Fish. Res. Bd. Canada, 25 (12) : 1623-1632.

- NASH, C.E., 1973. Automated mass-production of *Artemia salina* nauplii for hatcheries. Aquaculture, 2 (3) : 289-298.
- NASH, C.E., 1977. The breeding and cultivation of marine fish species for mariculture. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 1-10.
- NASH, C.E. and C.M. KUO, 1975. Hypotheses for problems impeding the mass propagation of grey mullet and other finfish. Aquaculture, 5 : 119-133.
- NASH, C.E., C.M. KUO, W.D. MADDEN and C.L. PAULSEN, 1977. Swim bladder inflation and survival of *Mugil cephalus* to 50 days. Aquaculture, 12 : 89-94.
- NOGUCHI, T., 1968. On the natural spawning of red sea bream in the aquarium. Yoshoku (Aquaculture), 5 : 81-85.
- PARIS, J., G. BARNABE et J. SUBE, 1977. Effet des chocs thermiques sur le développement embryonnaire de l'oeuf de loup *Dicentrarchus labrax* (L.) : stades critiques et stades de résistance. Journées de la thermo-écologie. Centre Océanologique de Bretagne, novembre 1976. E.D.F. Ed., 622 pp : 189-202.
- PENAZ, M., S. LUSK and P. PROKES, 1976. Changes in wet weight, dry matter content and energetic value of eggs, embryos and larvae of the carp, *Cyprinus carpio*. Zoologické Listy, 25 (1) : 81-90.
- PENROSE, W.R. and W.R. SQUIRES, 1976. Two devices for removing supersaturating gases in aquarium systems. Trans. Am. Fish. Soc., 1 : 116-118.
- PERSON-LE RUYET, J., 1975. Elevage larvaire d'*Artemia salina* (Branchiopode) sur nourriture inerte : *Spirulina maxima* (Cyanophycée). Aquaculture, 8 : 157-167.
- PERSON-LE RUYET, J., 1976. Techniques d'élevage en masse d'un Rotifère (*Brachionus plicatilis* Müller) et d'un Crustacé Branchiopode (*Artemia salina* L.). 10th European Symposium on Marine Biology, Ostend, Belgium, sept. 1975, G. Persoone and E. Jaspers Ed., 1 : 331-343.
- POMMERANZ, T., 1974. Resistance of Plaice eggs to mechanical stress and light. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, Berlin, 765 pp : 397-416.
- POULIQUEN, L., 1974. Contribution à l'étude de la croissance de juvéniles de bars (*Dicentrarchus labrax* L.) élevés en milieu naturel. Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 293-303.
- PURDOM, C.E., A. JONES and R.F. LINCOLN, 1972. Cultivation trials with turbot (*Scophthalmus maximus*). Aquaculture, 1 : 213-230.
- RAMOS, J., 1977. Primeras experiencias de cria del lenguado (*Solea solea* L.). Informes tecnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras, 48 : 1-16.
- RANEY, E.C., E.F. TRESSELT, E.H. HOLLIS, V.D. VLADYKOV and D.H. WALLACE, 1952. The striped bass *Roccus saxatilis*. Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection, vol. XIV, 97 pp.
- RILEY, J.D., 1966. Marine fish culture in Britain. VII- Plaice (*Pleuronectes platessa* L.) post-larval feeding on *Artemia salina* L. nauplii and the effects of varying feeding levels. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 30 (2) : 204-221.

- RILEY, J.D., 1974. The distribution and mortality of sole eggs (*Solea solea* (L.)) in inshore areas. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, Berlin, 765 pp : 39-52.
- ROSENTHAL, H. and G. HEMPEL, 1970. Experimental studies in feeding and food requirements of herring larvae (*Clupea harengus* L.). In : Marine food chains, J.H. Steele Ed., Berkeley Univ. Calif. Press : 344-364.
- SABAUT, J.J. and P. LUQUET, 1973. Nutritional requirements of the Gilthead Bream *Chrysophrys aurata*. Quantitative Protein requirements. Mar. Biol., 18 : 50-54.
- SAN FELIU, J.M., F. MUNOZ, F. AMAT, J. RAMOS, J. PEFFA et A. SANZ, 1976. Techniques de stimulation de la ponte et d'élevage de larves de crustacés et de poissons. In : Ponte contrôlée et élevage des larves d'espèces marines sélectionnées de la Méditerranée, Etud. Rev. CGPM, 55 : 1-34.
- SCOTT, K.R., 1972. Comparison of the efficiency of various aeration devices for oxygenation of water in aquaria. J. Fish. Res. Bd. Canada, 29 (11) : 1641-1643.
- SHELBOURNE, J.E., 1967. A technique for mass-producing young sole, *Solea solea*, in hatcheries. ICES C.M./1967/E:9, 7 pp.
- SHELBOURNE, J.E., 1968. The culture of marine fish larvae, with special reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L.), and the sole (*Solea solea* L.). Ph.D. Thesis, University of London, 143 pp.
- SHELBOURNE, J.E., 1969. Growth of plaice larvae in captivity. ICES doc. C.M./1969/F:24, 4 pp.
- SHELBOURNE, J.E., 1976. Marine fish cultivation : pioneering studies on the culture of the larvae of the plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and the sole (*Solea solea* L.) Fish. Invest. Min. Agric. Fish. Food Lond. ser. 2, 27 (9) : 1-29.
- SORGELOOS, P. and G. PERSOONE, 1975. Technological improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans. II- Hatching and culturing of the brine shrimp *Artemia salina* L. Aquaculture, 6 : 303-317.
- SOUTHWARD, A.J. and N. DEMIR, 1974. Seasonal changes in dimensions and viability of the developing eggs of the Cornish Pilchard (*Sardina pilchardus* Walbaum) off Plymouth. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, Berlin, 765 pp : 53-68.
- SPECTOROVA, L.V. and S.I. DOROSHEV, 1976. Experiments in the artificial rearing of the black sea turbot *Scophthalmus maeoticus maeoticus*. Aquaculture, 9 (3) : 275-286.
- STIRLING, H.P., 1977. Growth, food utilization and effect of social interaction in the European Bass *Dicentrarchus labrax*. Mar. Biol., 40 : 173-184.
- THEILACKER, G.H. and M.F. Mc MASTER, 1971. Mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as a food for larval anchovies. Mar. Biol., 10 : 183-188.
- THEILACKER, G.H. and R. LASKER, 1974. Laboratory studies of predation by Euphausiid shrimps on fish larvae. In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., Springer-Verlag, Berlin, 765 pp : 287-300.
- VILLANI, P., 1976. Breve nota sulla riproduzione artificiale della sogliola adriatica, *Solea (Pegusa) impar* Benn. (*Teleostea, Soleidae*). Riv. It. Piscic. Ittiop. : 15-20.

- VU, T.T., 1976. Etude du développement du tube digestif des larves de bar, *Dicentrarchus labrax* (L.). Arch. Zool. Exp. Gen., 117 : 493-509.
- WICKINS, J., 1970. The food value of the brine shrimp (*Artemia salina* L.) to larvae of the prawn (*Palaemon serratus* Pennant). ICES doc. C.M. 1970/E:6, 9 pp.
- YAMAGUCHI, M., 1971. L'élevage de la daurade (*Chrysophrys major*). Koseisha koseikaku Ed., Tokyo, 105 pp. (Traduit du japonais par Y. NAKANO).
- YUSA, T., 1974. Early life history of *Limanda yokohamae* (Günther). In : The Early Life History of Fish, J.H.S. Blaxter Ed., 675-676.
- ZELL, S.R., sous-presse. Cryopreservation of gametes and embryos of salmonid fishes. Presented at the Symposium on the Reproductive Physiology of Fish, Paimpont, France, Sept. 1977. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18 (4).

