

L'ÉLEVAGE LARVAIRE DES POISSONS MARINS : CHAINES ALIMENTAIRES ET ALIMENTS COMPOSÉS (1)

par Michel GIRIN * et Janine PERSON-LE RUYET *

*Centre Océanologique de Bretagne - B.P. 337 - 29273 BREST - FRANCE

N. D. L. R.

L'article ci-après concerne l'élevage des poissons marins et le Bulletin Français de Pisciculture a rarement, dans son histoire, fait place à des articles ayant rapport à la pisciculture des poissons de mer.

Les problèmes soulevés par M. GIRIN et Janine PERSON-LE RUYET dans cet article présentent toutefois de grandes similitudes avec ceux que connaît la pisciculture des poissons d'eau douce et les chercheurs, techniciens et pisciculteurs qui s'intéressent au brochet, à son élevage et à son alimentation, le liront sans doute avec intérêt.

J.-P. CAVITTE

RESUME

L'approvisionnement quotidien en nourriture est, en règle générale, le principal facteur limitant de productions à grande échelle de jeunes poissons marins.

La pêche de plancton dans la nature a été, et reste, le moyen d'expérimentation le plus immédiat, et le plus satisfaisant sur le plan qualitatif. Mais la récolte des quantités nécessaires, au moment voulu, devient très délicate dès que l'on dépasse l'échelle de l'aquarium.

(1) Contribution n° 503 du Département Scientifique du Centre Océanologique de Bretagne.

Le développement, ces dernières décennies, de techniques de production en masse d'animaux-proies a permis le lancement d'élevages à grande échelle. Parmi ces proies, le Branchiopode *Artemia salina* et le Rotifère *Brachionus plicatilis* dominant incontestablement ; tandis que l'élevage des Copépodes, part la plus intéressante du plancton naturel, reste encore mal maîtrisé.

Cependant, l'élevage et l'emploi de proies vivantes, quelles qu'elles soient, imposent la réalisation d'installations coûteuses et l'emploi d'un abondant personnel qualifié.

Il en est résulté récemment un important effort de recherche en direction de nourritures inertes, broyats, poudres et aliments composés, généralement abandonnés après les échecs enregistrés pendant les premières années du siècle. Quelques résultats encourageants ont été obtenus, mais ils restent limités et soulèvent de délicats problèmes d'hygiène des bacs d'élevage.

L'emploi de proies vivantes, au moins pendant le premier mois des élevages, reste donc encore une obligation. Dans ce contexte, l'essentiel de l'effort actuel tend, d'une part à réduire leur durée d'emploi au minimum possible et, d'autre part, à rendre leur production plus rationnelle, en recherchant des méthodes qui évitent, pour leur alimentation, de faire appel à des algues planctoniques vivantes.

ABSTRACT

The daily food supply is usually considered as the main limiting factor for large scale productions of young marine fish.

Collecting natural plancton at sea is an easy way of providing small scale tests with a food of good quality. But the method becomes hardly dependable beyond the scale of the aquarium.

Large scale production of juvenile fish became possible, during the last decades, with the development of mass production techniques for some food organisms. Among these organisms, the Branchiopod *Artemia salina* and the Rotifer *Brachionus plicatilis* undeniably overcome ; meanwhile the culture of Copepods, the most interesting part of natural plankton, remains mainly at laboratory stage.

But the mass production, and the use of any living organism imply large facilities and qualified handwork. Thereby, the development of artificial diets looks like an essential economical goal.

All the trials that were made during the first half of the century, either with minced or powdered natural products, or with artificial diets, remained unsuccessful. Some encouraging results were obtained recently, but they still remain exceptions, and they raise difficult hygiene problems in the rearing tanks.

Thus, the use of living food organisms, at least during the first month of the cultures, still remains a necessity. In such conditions, the main line of the current effort is turned towards two points. On one hand, reducing progressively the period during which living food cannot be avoided. On another hand, suppressing as much as possible the use of living phytoplankton in the production of this living food.

INTRODUCTION

L'aquaculture des poissons marins est encore loin aujourd'hui des dimensions économiques de la pisciculture d'eau douce, ou des élevages d'espèces amphibiotiques en eaux saumâtres ou marines. En 1975, elle représentait moins de 5 % des 6 millions de tonnes de l'aquaculture mondiale (PILLAY, 1976).

Pourtant, les élevages traditionnels de Mulets (*Mugil spp.*) ou de Milkfish (*Chanos chanos*) en Asie, comme, plus près de nous, la valliculture italienne, sont tout aussi anciens que la plupart des élevages d'eau douce. Mais il leur manque ce qui a fait, depuis un siècle, le succès des élevages de Salmonidés, de Poissons-chats et de nombreuses autres espèces : la maîtrise de la production des juvéniles.

En effet, tous les élevages actuels de poissons marins sont basés sur la pêche des juvéniles dans la nature. L'élevage de la Sériole (*Seriola quinqueradiata*) au Japon, dont le développement est exemplaire, avec une production qui dépassait 80 000 tonnes en 1973, n'échappe pas à cette règle (FURUKAWA, 1976) : plusieurs centaines de milliers d'alevins ont bien été produits en éclosérie ces dernières années, mais à des coûts prohibitifs. Il n'existe encore qu'une seule espèce, chez laquelle le juvénile produit en éclosérie commence à devenir compétitif avec le juvénile pêché : la Daurade royale (*Chrysophrys major*), toujours au Japon (FUJIYA, 1976).

L'une des causes de cet état de fait a pu être, un certain temps, pour quelques espèces, comme les Mulets, ou la Daurade dorée (*Chrysophrys aurata*), les difficultés rencontrées dans l'obtention de la ponte en captivité. Mais il ne s'agit là que d'exceptions, de toutes façons résolues aujourd'hui par les méthodes d'induction hormonale de la ponte.

La pierre d'achoppement principale a été, et reste encore, l'élevage des larves elles-mêmes. L'expérience montre qu'un élevage larvaire, dans un groupe zoologique donné, est en règle générale d'autant plus délicat que la larve concernée est plus petite à la naissance, qu'elle occupe un niveau trophique plus élevé, et que sa vie larvaire est plus longue. Les larves des poissons marins rassemblent assez bien ces divers caractères. En dehors de rares exceptions, comme celles des Flétans (*Hippoglossus spp.*), des tailles de 3 à 5 mm à la naissance, pour des poids inférieurs au mg sont, chez elles, une règle générale. Elles sont carnivores, même chez des espèces, comme les Mulets, où le juvénile est préférentiellement herbivore. Enfin, la durée de leur vie larvaire est rarement inférieure au mois.

L'analyse des progrès qui ont été réalisés récemment, et des problèmes qui restent à résoudre, en matière d'élevage larvaire de ces animaux, met en évidence, comme facteur limitant essentiel, l'approvisionnement en quantités suffisantes d'une nourriture convenable (HOUDE, 1973). On ne saurait évidemment négliger d'autres facteurs, tels que les conditions d'élevage, ou les problèmes pathologiques, mais ils ne sont que très exceptionnellement limitants.

Dans leur milieu naturel, les larves se nourrissent d'organismes planctoniques, vivants et mobiles, principalement des Copépodes. La taille des proies qui sont sélectionnées, fonction de celle de la bouche du poisson, augmente naturellement avec l'âge, et varie, à âge donné, d'une espèce à l'autre. Une larve de Plie (*Pleuronectes platessa*) peut ainsi faire ses premiers repas de proies de 400 à 500 μ (SHELBOURNE, 1968), tandis qu'une larve d'Anchois (*Engraulis*

mordax) capture difficilement des organismes de plus de 50 μ . (LASKER et al., 1970). La quantité totale de nourriture ingérée par jour augmente pendant les premiers mois, à la mesure d'une croissance particulièrement rapide. Ainsi, entre 18 et 20° C, un Turbot (*Scophthalmus maximus*) multiplie son poids de naissance par près de 3 000 en 3 mois. La résistance des animaux au jeûne est en outre généralement très faible.

LA VOIE BIOLOGIQUE

Le plancton naturel

Pour couvrir de tels besoins, la pêche de plancton naturel est, de toute évidence, la solution la plus immédiate. Elle s'impose d'ailleurs lorsque l'objectif, comme cela a souvent été le cas pour les premiers succès de laboratoire, est d'abord une meilleure compréhension des conditions de survie de la larve dans la nature. La méthode a donc été employée par de très nombreux auteurs (in MAY, 1971).

Pourtant, dès 1905, FABRE-DOMERGUE et BIETRIX écrivaient : « ...si pour des essais de laboratoire qui ne portent jamais que sur quelques centaines d'œufs ou de larves on peut toujours, au prix de quelques efforts et de beaucoup de soin, récolter en mer du plancton en quantité suffisante, le trier au retour pour en écarter les organismes nuisibles ou dangereux, le séparer du déchet résultant de la mort d'une partie de ces organismes et le verser enfin dans les tonneaux d'élevage, on ne pourrait songer à pareil moyen pour assurer les besoins autrement importants d'une « industrie » publique ou privée... (on devra) déterminer les procédés d'élevage en grand de telles ou telles espèces d'organismes appropriés aux besoins de l'espèce que l'on se propose d'obtenir ». Près de 70 ans plus tard, HOUDE (1973), dans un inventaire de la question, parvenait exactement aux mêmes conclusions. Tout au plus ajoutera-t-on que la pêche au filet fixe, dans des chenaux de communications de lagunes littorales, est une méthode qui peut, à certains moments de l'année, permettre la collecte d'un intéressant complément de nourriture.

Œufs et larves de métazoaires. *Artemia salina*

Une solution intéressante au problème de la production des proies consiste à se tourner vers l'utilisation de larves de métazoaires juste après l'éclosion, avant qu'il ne soit nécessaire de les nourrir. Des larves de Mollusques (Moules, Huitres), d'Echinodermes (Oursins), de Polychètes (*Nereis* spp., *Pomatoceros* spp.), de Crustacés (Balanes), entre autres, peuvent être obtenues assez facilement en grandes quantités, en déclenchant la ponte d'adultes collectés à maturité. Une vingtaine d'espèces différentes ont été expérimentées, souvent avec succès (in MAY, 1971).

Il apparaît malheureusement difficile d'en faire des nourritures de base. L'obtention quotidienne des quantités de pontes nécessaires demande un travail non négligeable, dont les résultats ne sont jamais sûrs. Or, il n'y a pas de stockage possible, car les animaux grandissent, et peuvent se fixer, ou sortir de la catégorie de taille souhaitée ; quand ils ne développent pas des éléments durs (Mollusques, Oursins) susceptibles de provoquer des occlusions intestinales.

D'où l'intérêt considérable soulevé par un petit Crustacé Branchiopode herbivore, fréquent dans les lagunes littorales sursalées, *Artemia salina*. C'est

un animal qui présente l'intéressante particularité de produire, lorsque l'environnement devient défavorable à son développement, des œufs dormants capables de survivre à sec plusieurs années (HELFRICH, 1973). Plongé dans une eau de mer bien oxygénée, de préférence entre 20 et 30° C, l'œuf fournit une larve nauplius de 400 à 500 μ de long, après 30 à 50 h d'incubation. Il s'agit donc là d'un produit stockable, qui demande seulement une programmation des besoins à 2 jours de distance.

Quarante ans après ses premiers essais comme aliment pour des larves de poissons (SEALE, 1933 ; ROLLEFSEN, 1939), le nauplius fraîchement éclos d'*Artemia* est aujourd'hui un maillon essentiel de la plupart des expériences d'élevage larvaire de poissons ou de crustacés marins. L'incubation des œufs, et la séparation des nauplius et des coques vides, susceptibles de provoquer des troubles intestinaux, ont alimenté une importante littérature. Divers modèles d'incubateur-séparateurs plus ou moins élaborés ont été décrits (RILEY, 1966 ; SHELBOURNE, 1968 ; JONES, 1972 ; PERSOONE et SORGELOOS, 1972), ainsi que des ensembles de production automatisés (NASH, 1973 ; SORGELOOS et PERSOONE, 1973).

Malheureusement, l'approvisionnement en œufs de bonne qualité devient difficile. Alors qu'il a été recensé plus de 50 souches naturelles différentes (SORGELOOS, 1976), et qu'il existe de nombreux sites de production possible, répartis dans le monde entier, la plupart des acheteurs cherchent à se fournir chez un même fournisseur (San Francisco Bay Brand Co.), qui honore ses commandes de plus en plus difficilement. Les autres producteurs offrent en effet des produits dont le taux d'éclosion dépasse rarement 50 %, ou qui ont conduit à des déboires, par suite de carences nutritives, ou d'accumulation de pesticides (BOOKHOUT et COSTLOW, 1970 ; WICKINS, 1970). La situation peut changer très rapidement, que ce soit en bien, avec l'apparition de nouveaux producteurs (FUCHS et PERSON-LE RUYET, 1976 ; PROVENZANO et GOY, 1976), ou en mal, car les prix de la San Francisco Bay Brand Co. augmentent régulièrement (environ 200 F/kg en 1976), tandis que la qualité de son produit diminue (le taux d'éclosions moyen, en conditions standard, est tombé de 85 à 75 % entre 1972 et 1976). Il suffirait d'ailleurs d'une pollution accidentelle de la baie de San Francisco pour bouleverser le marché.

Indépendamment de ces difficultés, le nauplius d'*Artemia* n'est quand même pas une panacée : il est trop gros pour certaines jeunes larves, trop petit pour certaines larves plus âgées, et sa qualité nutritive est mise en doute dans de nombreuses écloséries (CUEFF, 1973).

Les élevages de proies : Copépodes, Rotifères et Périidiniens

Le développement, à partir des années 50, de méthodes de production en masse d'algues planctoniques, par « blooms » plurispécifiques peu contrôlés (les « eaux vertes » japonaises), puis, plus récemment, « blooms » monospécifiques, et cultures en semi-continu susceptibles d'un contrôle rigoureux, a ouvert une nouvelle possibilité de production de proies : l'élevage d'herbivores planctoniques à grande échelle.

Sur ce plan, *Artemia* se prête bien à des élevages à densités élevées. Nourrir le nauplius, pour produire des metanauplius, et même des adultes, qui avoisinent le cm, est une solution simple et efficace, mais coûteuse, à l'alimentation de larves âgées (TERAMOTO et KINOSHITA, 1961 ; ALESSIO, 1974). Il est

même possible, si nécessaire, d'aller jusqu'à la reproduction, afin de s'affranchir des problèmes d'approvisionnement en œufs.

A côté de cela, les Copépodes ont fait l'objet de nombreuses tentatives d'élevage. Mais, malgré d'intéressants succès de laboratoire, il n'a pas encore été possible de développer des techniques de production à grande échelle réellement efficaces. Les Calanoides, qui forment la base des Copépodes pélagiques, se sont montrés très exigeants vis-à-vis de leur densité d'élevage (ZILLIOUX et LACKIE, 1972 ; HEINLE, 1972 ; NASSOGNE, 1972 ; PAFFENHOFER, 1972 ; IKEDA, 1973 ; IWASAKI, 1973 ; PERSON-LE RUYET, 1975). Certains Harpacticoïdes, comme *Tigriopus japonicus*, *Euterpina acutifrons*, ou *Tisbe furcata*, Copépodes benthiques détritivores, le sont nettement moins (INOUE et AOKI, 1969 ; BETOUHIM-EL et KAHAN, 1972, KITAJIMA, 1973 ; ALESSIO, 1974 ; HOPPENHEIT, 1975).

Chez ces dernières espèces, les nauplius (90 μ), et les jeunes présentent en outre l'avantage de permettre l'alimentation de larves trop petites pour capturer les nauplius d'*Artemia*. Il est cependant difficile de les employer autrement qu'à titre complémentaire : les concentrations peuvent atteindre une dizaine d'individus au ml, mais le rythme de doublement des populations descend difficilement au-dessous de la semaine. D'où des productions généralement inférieures au g/m³/jour, ce qui implique l'emploi de bassins de plusieurs dizaines de m³ (CUEFF, 1973).

Bien plus que les Copépodes, le Rotifère *Brachionus plicatilis* a acquis, ces dernières années, une position de proie privilégiée pour l'alimentation des larves de petite taille. C'est une espèce d'eau douce, dont les femelles mesurent 150 à 200 μ , et sont susceptibles de reproduction parthénogénétique, en conditions favorables. L'animal s'accoutume facilement à l'eau de mer et supporte des concentrations qui peuvent dépasser 500 individus au ml. Le rythme de doublement des populations peut être réduit à moins de 24 h. Les méthodes de production à grande échelle, que ce soit en « blooms » (THEILACKER et Mc MASTER, 1971 ; HOWELL, 1973 ; ALESSIO, 1974 ; DE LA CRUZ et MILLARES, 1974 ; HIRATA, 1974), ou en semi-continu (GIRIN et DEVAUCHELLE, 1974), sont maintenant bien au point.

Pour certaines larves particulièrement petites, *Brachionus* est déjà une proie trop grosse. De nombreux auteurs ont tenté de résoudre le problème en offrant des Ciliés, fréquents dans les élevages dont l'hygiène laisse à désirer, et faciles à obtenir en grandes quantités, comme *Euplotes* sp., ou *Phylaster* sp. (in MAY, 1971). Il ne semble pas qu'aucune de ces tentatives ait été couronnée de succès. Par contre, une espèce d'eaux sursalées, *Fabrea salina*, a paru récemment susceptible d'être mieux appréciée, mais son élevage n'est pas encore bien maîtrisé (BARNABE, 1976 ; DEWINTER et PERSOONE, 1976).

Une solution élégante a par contre été développée récemment aux U.S.A. avec l'emploi d'un péridinien nu de 50 μ , *Gymnodinium splendens* (LASKER et al., 1970). D'un strict point de vue systématique, il s'agit là d'une cellule végétale, avec les avantages que cela implique pour sa culture (THOMAS et al., 1973). Mais c'est un végétal doué de mobilité, et les larves d'Anchois auxquelles il a été offert n'ont fait aucune difficulté à s'en nourrir.

Avec *Gymnodinium splendens*, *Brachionus plicatilis*, quelques espèces de Copépodes Harpacticoïdes, et *Artemia salina*, il est donc aujourd'hui possible de fournir les proies nécessaires à l'élevage larvaire de la plupart des poissons marins. A l'échelle du laboratoire, ou d'une petite production de démonstration, les structures nécessaires restent raisonnables. Mais la chaîne cultures d'algues -

élevages d'animaux proies - élevages de poissons représente une charge coûteuse et délicate, difficilement envisageable au niveau d'une production de masse. Ainsi, la station japonaise d'Arakawa, dans les îles Goto, se voyait obligée, en 1973, pour produire une vingtaine de milliers de jeunes Sérioles, dans un ensemble de bassins totalisant 300 m³, de consacrer 1 100 m³ d'installations à la production des proies (CUEFF, 1973).

LA VOIE INDUSTRIELLE

A cause de cela, et dès ses débuts, l'histoire de l'aquaculture marine est émaillée de tentatives visant au remplacement pur et simple des proies par des aliments inertes, à l'image des méthodes employées pour les Salmonidés (in MAY, 1971).

Des broyats (œuf, foie, chair de poisson ou de mollusque), des poudres (mêmes produits, sang), des aliments composés, ont été expérimentés. Il arrivait, dans quelques expériences, que les animaux acceptent une certaine proportion de proies inertes (BLAXTER, 1965), mais leur emploi exclusif aboutissait toujours à l'échec. Aussi, après 80 ans de déboires, il fut généralement admis, au début de cette décennie, que les mouvements de nage de la proie vivante sont indispensables au comportement de prise de nourriture de la larve (in HOUDE, 1973). Pourtant, en 1973, un engouement pour la question renaquit d'une publicité importante faite autour des techniques de micro-encapsulation. Simultanément, LASKER (comm. pers.) aux U.S.A., et ADRON *et al.*, (1973) en Grande-Bretagne, réussirent à mener quelques larves d'Anchois et de Plie (*Pleuronectes platessa*) au-delà de la métamorphose, en employant uniquement des aliments composés de leur fabrication. En 1974, BARNABE (1975) obtint plus d'un millier d'alevins de Bar (*Dicentrarchus labrax*) de cette manière. La voie d'une progression rapide semblait ouverte.

Deux ans plus tard, la situation paraît avoir plutôt régressé. Des tentatives de reproduction de ces succès ont donné des résultats systématiquement négatifs lorsque l'eau d'alimentation des bassins est filtrée, pour empêcher l'introduction de Copépodes Harpacticoïdes, et lorsque la charge au départ dépasse quelques individus par litre (LUQUET *et al.*, sous presse).

Dans ces expériences, l'observation montre souvent des larves dans la position caractéristique du S, qui précède normalement la prise de nourriture, en face d'une particule en déplacement dans un courant d'eau. Mais le mouvement de capture lui-même suit rarement, comme si l'animal, après une observation attentive, décidait que la particule repérée ne vaut pas la peine d'être ingérée. Le problème reste entier lorsqu'une proie, qui serait acceptée vivante, est offerte sous forme congelée, séchée ou lyophilisée. Il y a alors une incompatibilité flagrante entre la nécessité d'assurer une concentration en particules suffisamment élevée pour fournir aux larves de bonnes chances d'en rencontrer assez, et celle de limiter la quantité totale de nourriture offerte, afin d'éviter une pollution trop rapide des bacs d'élevage.

LES METHODES INTERMEDIAIRES

Les proies vivantes semblent donc rester encore un élément indispensable, au moins pour les très jeunes larves. Reste à limiter leur emploi au strict minimum nécessaire et à les produire de la façon la plus sûre et la plus économique

possible. C'est dans ce sens que se font la majorité des recherches actuelles dans les écloséries dont la production dépasse la dizaine de milliers de juveniles.

Il s'agit de réduire progressivement les risques qu'implique l'emploi d'une chaîne alimentaire à base d'organismes vivants, en développant au mieux l'utilisation de produits stockables. Cela implique, d'une part, chaque fois que c'est envisageable, le remplacement des algues vivantes par des poudres, qui peuvent être des poudres d'algues, dans l'alimentation des herbivores proies et, d'autre part, un remplacement le plus tôt possible de la proie vivante par un aliment inerte, qui peut être une proie tuée, dans l'alimentation des larves.

La recherche de succédanés aux algues vivantes s'est d'abord concentrée vers l'emploi de levures marines, apparemment moins coûteuses à produire en grandes quantités. Mais les levures sont des aliments incomplets, ce qui rend leur maniement délicat. Pour obtenir des croissances, chez *Artemia* (SHIMAYA et al. 1967), ou des taux de multiplication, chez *Brachionus* (FURAKAWA et HIDAKA, 1973 ; HIRAYAMA et WATANABE, 1973) similaires à celles que fournissent les algues, il est nécessaire d'adjoindre un complément vitaminique aux levures employées.

Plus récemment, des techniques d'élevage d'*Artemia* simples et économiques ont pu être mises au point grâce à l'apparition sur le marché de poudres constituées d'algues microscopiques séchées. Qu'il s'agisse de *Scenedesmus* (SORGELOOS, 1973), ou de Spiruline (SORGELOOS et PERSONNE, 1975 ; PERSON-LE RUYET, 1976), ces produits sont peu coûteux (10 à 20 F/kg en 1976), se conservent bien et ne demandent aucun complément. Des expériences de laboratoire ont montré qu'il serait possible d'élever des Rotifères de la même manière si des poudres d'algues plus petites (*Tetraselmis*, ou Chlorelles, entre autres) étaient commercialisées (PERSON-LE RUYET, 1976). Il est donc techniquement envisageable aujourd'hui de réaliser l'essentiel de la production des animaux-proies hors de toute production simultanée d'algues vivantes dans l'éclosérie.

A côté de cela, l'on tente d'introduire un peu plus tôt chaque année, dans l'alimentation des larves elles-mêmes, des proies congelées ou lyophilisées et des aliments composés relais. Ces derniers contiennent des attractants, qui peuvent être de la poudre d'*Artemia* (BARAHONA-FERNANDES et al., 1976 ; METAILLER et GIRIN, 1976). Leur stabilité à l'eau peut avoir été améliorée par un enrobage protéique (LUQUET et GATESOUBE, sous presse).

Les résultats de cet effort peuvent être illustrés par 3 schémas de séquences alimentaires (Fig. 1), empruntés à des espèces différentes, mais dont les comportements sont assez comparables : Sérïole, au Japon (CUEFF, 1973), Mulet (*Mugil cephalus*) à Formose (LIAO, 1975), et Bar en France (GIRIN et al., 1975 ; BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1976).

Du premier au dernier de ces schémas, il apparaît un passage d'une alimentation exclusivement naturelle, à un emploi important d'aliments composés. Le nombre des proies vivantes utilisées se réduit de 5 à 2, et leur durée d'emploi de 60 jours à 35. L'on passe d'une distribution simultanée de deux aliments différents au moins, à un emploi fréquent d'un seul aliment. Ces différences d'ordre chronologique se retrouvent, considérablement accentuées, dans les quantités employées, du fait d'importantes différences dans les vitesses de croissance des trois espèces. Enfin, la production des proies, qui implique la disposition d'algues vivantes pendant 40 jours dans le premier cas, n'en demande plus que

pendant 2 semaines dans le dernier, grâce à l'emploi de Spirulines pour l'alimentation des *Artemia*.

CONCLUSION

Il apparaît finalement difficile, au terme de cette revue, de fixer l'état actuel des méthodes d'approvisionnement en nourriture dans les élevages larvaires de poissons marins : elles sont en évolution rapide et susceptibles de changements brutaux, aussi bien à cause de ruptures possibles dans les approvisionnements habituels, que de développement de nouveaux aliments.

Il est cependant raisonnable d'affirmer aujourd'hui que des méthodes de production de proies, susceptibles de permettre à peu près n'importe quel élevage, existent et sont applicables à n'importe quelle échelle. Il ne devrait donc plus y avoir d'obstacle technique à des productions importantes des espèces de poissons dont l'élevage larvaire est maîtrisé.

Cela ne veut pas dire que les écloséries vont se multiplier dans les années à venir. Le coût des élevages, en matière première comme en main-d'œuvre, reste encore considérable. Il peut, de toute évidence, être sensiblement réduit, et devra l'être, si l'on veut asseoir le développement d'une aquaculture moderne de poissons marins sur des bases économiques saines.

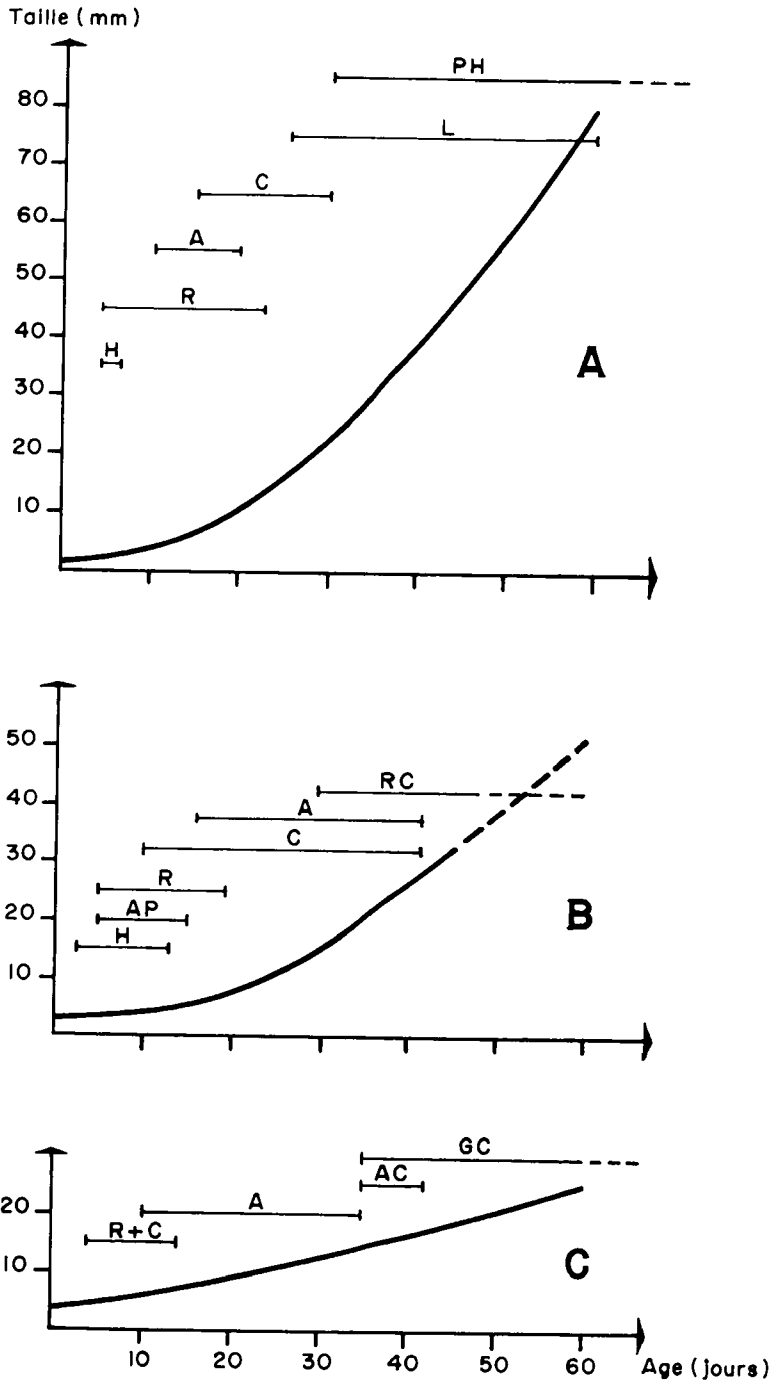
Fig. 1 - Schémas alimentaires et courbes de croissance (longueur totale) dans l'élevage larvaire de trois poissons marins :

A - La Sérïole (*Seriola quinqueradiata*), au Japon, vers 22° C (d'après CUEFF, 1973).

B - Le Mulet (*Mugil cephalus*), à Formose, vers 21° C (d'après LIAO, 1973).

C - Le Bar (*Dicentrarchus labrax*), en France, à 18° C (GIRIN et al., 1975 ; BARAHONA-FERNANDES et GIRIN, 1976).

Nourritures vivantes	Nourritures inertes
A : <i>Artemia salina</i>	AC : <i>Artemia</i> congelés
C : Copépodes	AP : Aliments préparés
H : Œufs et larves d'huître	GC : Granulés d'aliment composé
L : Larves de poisson	PH : Poisson haché
R : Rotifères (<i>Brachionus plicatilis</i>)	RC : Riz concassé



BIBLIOGRAPHIE

- ADRON J.W., BLAIR A. and COWEY C.B., 1973. Rearing of plaice larvae to metamorphosis using an artificial diet. *Fish. bull.*, 72 (2) : 353-357.
- ALESSIO G., 1975. Riproduzione artificiale di orata, *Sparus aurata* (L.). 3 - Produzione su vasta scala di fito e zooplancton per l'alimentazione delle larve e degli avannotti. *Bull. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 29 (2) : 133-147.
- 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.
- BARNABE, G., 1975. La genèse des activités locomotrices et trophiques chez la larve du Loup *Dicentrarchus labrax* (L.) (Poisson, Serranidae). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 280 : 755-757.
- BARNABE G., 1976. Contribution à la connaissance de la biologie du Loup *Dicentrarchus labrax* (L.) (Poisson, Serranidae). Thèse Doctorat d'Etat. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. 426 pp.
- BETOUHIM-EL T. and KAHAN D., 1972. *Tisbe pori* n. sp. (Copepoda : Harpacticoida) from the Mediterranean Coast of Israel and its cultivation in the laboratory. *Mar. Biol.*, 16 : 201-209.
- BLAXTER J.H.S., 1965. The feeding of herring larvae and their ecology in relation to feeding. *Rept. Calif. Coop. Oceanogr. Fisheries Invest.*, 10 : 79-88.
- BOCKHOUT C.G., and COSTLOW J.-D., 1970. Nutritional effects of *Artemia* from different locations on larval development of crabs. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 20 : 435-442.
- CRUZ S.A. de la, et MILLARES D.N., 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 Sérïole, *Seriola quinqueradiata* T. & S., par la reproduction artificielle. *Monographies Scientifiques de la Maison Franco-Japonaise*. Fasc. 2. 58 pp.
- DEWINTER, F. et PERSOONE G., 1976. Preliminary experiments with the ciliate *Fabrea salina* as a potential live food for mariculture purpose. *10th European Symposium on Marine Biology*, Ostende, 17-23 septembre 1975 1 : 37-49.
- FABRE-DOMERGUE P. et BIETRIX E., 1905. Développement de la Sole (*Solea vulgaris*). Introduction à l'étude de la pisciculture marine. Travail du Laboratoire de Zoologie Maritime de Concarneau. Vuibert et Nony, Paris. 243 pp.
- FUCHS J. et PERSON-LE RUYET J., 1976. Etude comparative des possibilités d'élevage larvaire de quelques poissons marins avec une nouvelle souche d'œufs d'*Artemia salina*. *ICES doc. C.M.* 1976/E . 24, 9 pp.
- FUJIYA M., 1976. Coastal culture of Yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) and red Seabream (*Sparus major*) in Japan. *FAO Technical Conference on Aquaculture*, Kyoto, Japan, 26 May - 2 June 1976 Doc. FIR : AQ/Conf/76/E : 53, 10 pp.

- FURAKAWA I. and HIDAKA K., 1973. Technical problems encountered in the mass culture of the rotifer using marine yeast as food organism. *Bull. Plankton Soc. Jap.*, 20 (1) : 61-71.
- FURUKAWA A., 1976. The aquaculture industry in Japan. Its present and future. *FAO Technical Conference on Aquaculture*, Kyoto, Japan, 28 May - 2 June 1976. Doc. FIR : AQ/Conf/76/E : 71, 9 pp.
- GIRIN M. et DEVAUCHELLE B., 1974. Production du Rotifère *Brachionus plicatilis* O.F. Muller en élevage mixte avec le Copépode *Tisbe furcata* (Baird). *Colloque sur l'aquaculture, Actes de colloques*, 1, CNEXO ed : 87-99.
- GIRIN M., BARAHONA-FERNANDES M.H. et LE ROUX A., 1975. Larval rearing of sea-bass (*Dicentrarchus labrax* (L.) with high survival. *ICES doc. C.M.* 1975/G : 14, 8 pp.
- HEINLE D.R., 1972. Population dynamics of exploited cultures of calanoid copepods. *Helgoländer wiss. Meeresunters*, 26 : 360-372.
- HELFRICH P., 1973. The feasibility of brine shrimp production on Christmas Island. *Sea Grant Technical Report*, Unihi-Seagrant TR-73-02, 173 pp.
- HIRATA H., 1974. An attempt to apply an experimental microcosm for the mass culture of marine rotifer, *Brachionus plicatilis* Müller. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, n° 23, 163-172.
- HIRAYAMA K. and WATANABE K., 1973. Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture. IV - Nutritional effect of yeast on population growth of Rotifer. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 39 (11) : 1129-1133.
- HOPPENHEIT M., 1975. Zur Dynamik exploitierter populationen von *Tisbe holothuriae* (Copepoda, Harpacticoida). *Helgoländer wiss. Meeresunters*, 27 : 235-253.
- HOUDE E.D., 1973. Some recent advances and unsolved problems in the culture of marine fish larvae. *Proc. World Mar. Soc.*, 1972, vol. 3 : 83-112.
- HOWELL B.R., 1973. Marine fish culture in Britain VIII. A marine Rotifer, *Brachionus plicatilis* Muller, and the larvae of Mussel, *Mytilus edulis* L., as foods for larval flat-fish. *J. Cons.*, 34 : 351-356.
- IKEDA T., 1973. On the criteria to select copepod species for mass culture. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 20 (1) : 41-48.
- INOUE M. and AOKI M., 1969. Reproduction of Copepoda, *Tisbe furcata*, cultured with seawater-acclimatized *Chlorella* as a basic diet. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 35 (9) : 862-867.
- IWASAKI H., 1973. Problems in the cultivation and mass culture of marine Copepods. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 20 (1) : 72-73.
- 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.
- KITAJIMA C., 1973. Experimental trials on mass culture of Copepods. *Bull. Plankton soc. Japan*, 20 (1) : 55-60.

- LASKER R., FEDER H.M., THEILACKER G.H. and MAY R.C., 1970. Feeding, growth and survival of *Engraulis mordax* larvae reared in the laboratory. *Mar. Biol.*, 5 : 345-353.
- LIAO I.C., 1975. Experiments on induced breeding of the grey mullet in Taiwan from 1963 to 1973. *Aquaculture*, 6 (1) : 31-58.
- LUQUET P. et GATESOUBE F.J.. Recherche d'une alimentation artificielle adaptée à l'élevage des stades larvaires des poissons. I - Etude de quelques techniques destinées à améliorer la stabilité à l'eau des aliments (sous presse).
- LUQUET P., GATESOUBE F.J. et GIRIN M. 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. (sous presse).
- 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.
- METAILLER R. et GIRIN M., 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, 12 pp.
- NASSOGNE A., 1972. Influence of foods organisms on the development and culture of pelagic Copepods. *Helgoländer wiss. Meeresunters*, 20 : 333-345.
- NASH C.E., 1973. Automated mass-production of *Artemia salina* nauplii for hatcheries. *Aquaculture*, 2 (3) : 289-298.
- PAFFENHOFER G.A., 1972. Cultivation of *Calanus helgolandicus* under controlled conditions. *Helgoländer wiss. Meeresunters*, 20 : 346-359.
- PERSON-LE RUYET J., 1975. Elevage de Copepodes Calanoides. Biologie et dynamique des populations : premiers résultats. *Ann. Inst. oceanogr. Paris*, 51 (2) : 203-221.
- PERSON-LE RUYET J., 1976. Techniques d'élevage en masse d'un Rotifère (*Brachionus plicatilis* Muller) et d'un Crustacé Branchiopode (*Artemia salina* L.). *10th European Symposium on Marine Biology*, Ostende, 17-23 septembre 1975, 1, 331-343.
- PERSON-LE RUYET J., 1976. Elevage larvaire d'*Artemia salina* (Branchiopode) sur nourriture inerte : *Spirulina maxima* (Cyanophycée). *Aquaculture*, 8 : 157-167.
- PERSOONE G. et SORGELOOS P., 1972. An improved separator box for *Artemia* nauplii and other phototactic invertebrates. *Helgoländer wiss. Meeresunters*, 23 : 243-247.
- PILLAY T.V.R., 1976. The state of aquaculture 1975. *FAO Technical Conference on Aquaculture*, Kyoto, Japan, 26 May - 2 June 1976. Doc. FIR : AQ/Conf/76/R.36, 13 pp.
- PROVENZANO J. and GOY J.W., 1976. Evaluation of a sulphate lake strain of *Artemia* as a food for larvae of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. *Aquaculture*, 9 : 343-350.

- 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.
- ROLLEFSEN G., 1939. Artificial rearing of fry of seawater fish. Preliminary communications. *Rapp. P.V. Reun. CIEM* : 109-133.
- SEALE A., 1933. Brine shrimp (*Artemia*) as a satisfactory live food for fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 63 : 129-130.
- SHELBOURNE J.E., 1968. The culture of marine fish larvae, with special reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L.). Ph.D. Thesis. University of London. 143 pp.
- SHIMAYA M., KANAZAWA A. and KASHIWADA K., 1967. Studies on the utilization of marine yeast. I - Culture of *Artemia* and *Daphnia* by marine yeast. *Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ.*, 16 : 34-39.
- SORGELOOS P., 1973. High density culturing of the brine shrimp, *Artemia salina* L. *Aquaculture*, 1 : 385-391.
- SORGELOOS P et PERSOONE G., 1973. A culture system for *Artemia*, *Daphnia* and other invertebrates, with continuous separation of the larvae. *Arch. Hydrobiol.*, 1 : 133-138.
- SORGELOOS P. and PERSOONE G., 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.
- SORGELOOS P., 1976. The brine shrimp, *Artemia salina* : a bottleneck in mariculture? *FAO Technical Conference on Aquaculture*, Kyoto, 26 May - 2 June 1976, 5 pp.
- TERAMOTO K. and KINOSHITA S., 1961. Some informations on the culture of *Artemia*. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, 27 (8) : 801-804.
- THEILACKER G.H. and Mc MASTER M.F., 1971. Mass culture of the Rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as a food for larval anchovies. *Mar. Biol.*, 10 : 183-188.
- THOMAS W.H., DODSON A.N. and LINDEN C.A., 1973. Optimum light requirements for *Gymnodinium splendens*, a larval fish food organism. *Fish. Bull. U.S.*, 71 : 599-601
- 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.
- ZILLIOUX E.J. and LACKIE J.F., 1972. Advances in the continuous culture of planktonic Copepods. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 20 : 325-332.