

REGIME ALIMENTAIRE ET POURCENTAGE DE SURVIE
CHEZ LA LARVE DE TURBOT (*SCOPHTHALMUS MAXIMUS* (L.))

Par

M. GIRIN ¹⁾

INTRODUCTION

— Les auteurs qui ont obtenu en 1972 les premières métamorphoses en élevage de larves de turbot, en Grande-Bretagne (JONES, ALDERSON and HOWELL, sous presse), et en France (GIRIN, 1972) n'ont pas pu cerner avec précision les facteurs de leurs succès. La grande diversité, aussi bien en formes qu'en dimensions, des bacs employés pour les élevages, conduit à penser que la clé du problème se trouve au niveau de l'alimentation. Une expérience réalisée dans ce sens avait confirmé l'importance de la ration alimentaire quotidienne dans les 20 jours qui suivent l'éclosion (GIRIN, 1973). Mais un problème de capture de la nourriture a paru s'ajouter à celui de la ration quotidienne durant la métamorphose, empêchant de poursuivre les élevages. —

Il était donc nécessaire, cette année, en employant et en perfectionnant les techniques d'alimentation de la très jeune larve déjà mises au point, de produire la quantité importante de larves d'un mois indispensable à une étude approfondie des besoins durant la métamorphose.

Comme pour l'élevage de la sole, les types de bacs employés pendant la métamorphose diffèrent de ceux qui sont utilisés pour l'élevage de la très jeune larve pélagique (GIRIN, 1974). Le transfert, aux températures où nous travaillons, est effectué entre le 15ème et le 20ème jour, alors que la larve a déjà pris une forme de poisson plat, tandis que la migration de l'oeil droit vers le sommet de la tête commence à être nettement visible à l'oeil nu. La vessie natatoire prend des proportions importantes, et l'animal cesse d'occuper tout le volume, limitant son activité au voisinage de la surface. Il est, à cet âge, conditionné à se nourrir de nauplii du Branchiopode *Artemia salina* L.

L'ALIMENTATION DE LA NAISSANCE AU CHANGEMENT DE BAC

En dehors de trois essais en volumes plus importants, toutes les expériences réalisées durant cette période l'ont été dans les aquariums en altuglass de 60 l déjà employés en 1972.

1) Centre Océanologique de Bretagne - BP. 337 - 29273 BREST Cedex.

Expériences en petits volumes

Les détails techniques d'éclairage et d'alimentation en eau, les proies employées et leur mode de distribution ont été décrits précédemment (GIRIN, 1974). Les oeufs sont incubés en paniers, et les larves transférées dans les aquariums d'élevage le lendemain de l'éclosion. Les quantités de proies sont donc rapportées, dans les schémas d'alimentation, à une larve vivante ce jour-là. Le jour 0 est toujours celui de l'éclosion. La première dose quotidienne de 1 milliard de *Tetraselmis suecica* Kylin (Butch) est ajoutée en même temps que les larves et la première distribution de nourriture est faite le 2ème jour après l'éclosion. Toutes les pontes sont des pontes provoquées. Les dates indiquées après les numéros des pontes sont celles des éclosions.

- Pontes 1 (18 mai) et 2 (24 mai)

L'expérimentation a porté sur 10 000 larves de la ponte 1 et 8 000 larves de la pontes 2. Les schémas d'alimentation employés, tirés des hypothèses de travail de 1972 et de notre expérience sur la sole, se sont montrés beaucoup trop riches en Rotifères. Après un début d'élevage prometteur, une forte mortalité, frappant des larves au tube digestif plein, s'est manifestée durant la deuxième semaine, tandis que les Rotifères non consommés pullullaient. La population survivante le 15ème jour était seulement de 160 larves (1,6 %) pour la ponte 1, et 492 larves (6,1 %) pour la ponte 2.

- Ponte n° 3 (29 mai)

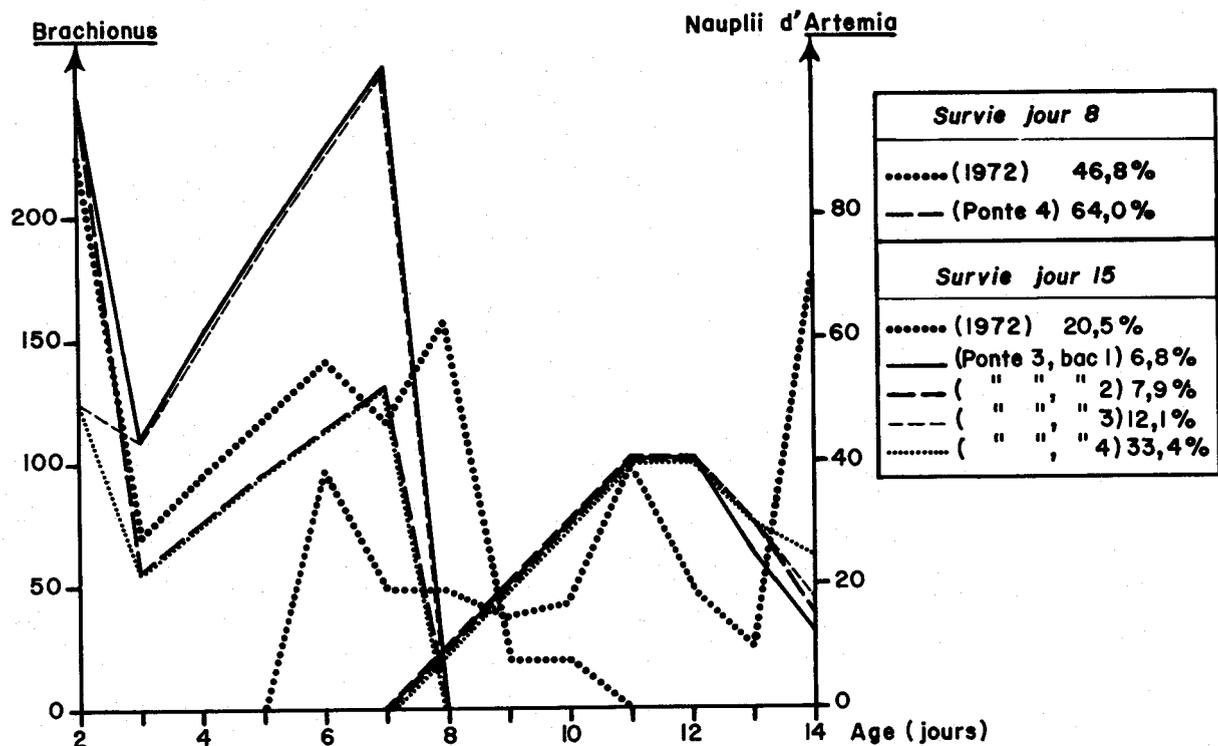
4 lots de 2 000 larves sont répartis dans des aquariums où ils reçoivent comme première nourriture des *Brachionus* provenant d'un élevage mixte (figure 1 a). Les schémas alimentaires employés jusqu'au jour 7 recouvrent les 4 combinaisons possibles entre 2 concentrations de Rotifères différentes le 2ème jour (5 et 10 individus/ml), suivies de 2 séries de rations quotidiennes différentes (l'une étant le double de l'autre) :

- 10 proies/ml, puis ration double dans l'aquarium 1
- 10 proies/ml, puis ration simple dans l'aquarium 2
- 5 proies/ml, puis ration double dans l'aquarium 3
- 5 proies/ml, puis ration simple dans l'aquarium 4.

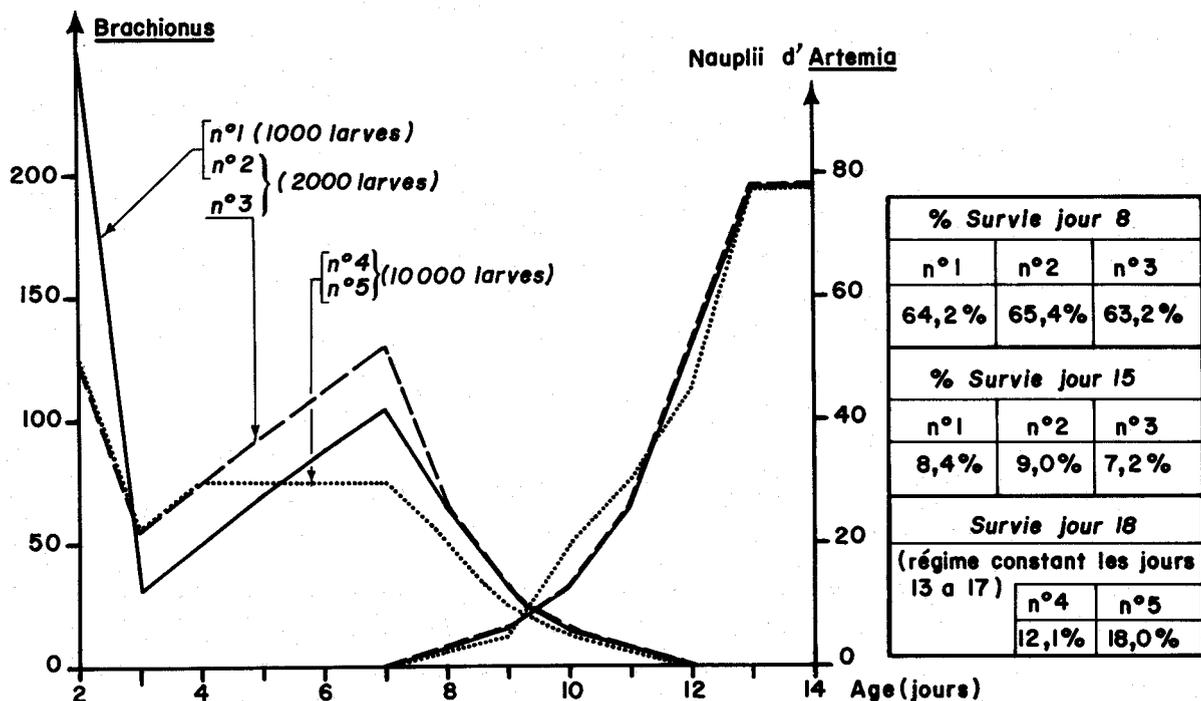
Ces valeurs encadrent celles qui ont été employées dans le meilleur élevage de 1972, portant sur 509 larves. La première ration de nauplii d'*Artemia* étant distribuée le jour 8, il n'y a pas de mélange des proies au niveau de la distribution. Les nauplii sont d'abord distribués en quantités égales dans les 4 bacs, puis la dose est modulée à partir du jour 12 pour tenir compte des différences de survie.

Le renouvellement de l'eau, fixé à 30 l/jour du jour 3 au jour 6, passe à 80 l/jour le jour 10, puis devient permanent. Le filtre de sortie de 45 µ est remplacé par un filtre de 180 µ le jour 9. Un nettoyage du fond est fait à la pipette les jours 8, 10 et 12. La température avant allumage des lampes monte progressivement de 18°5 à 19°5.

Le jour 15, il reste 137 larves (6,8 %) dans l'aquarium 1 ; 158 (7,9 %) dans



a. Pontes 3 et 4. (2000 larves par aquarium) et meilleure expérience de 1972 (509 larves) Aquariums de 60l.



b. Ponte 5. Aquariums de 60l. (n°s 1, 2 et 3) et cuves de 250l. (n°s 4 et 5). Les Brachionus fournis à la cuve 5 proviennent d'un élevage sans Tisbe.

Fig. 1. Régimes alimentaires durant les deux premières semaines.

Les quantités de proies sont rapportées à une larve de 24 heures placée dans le bac d'élevage. Sauf mention spéciale, les Brachionus proviennent d'un élevage mixte avec Tisbe en 1973.

l'aquarium 2 ; 243 (12,1 %) dans l'aquarium 3 et 669 (33,4 %) dans l'aquarium 4. Ce dernier résultat est nettement supérieur à celui de 1972 (20,5 %) obtenu avec des *Brachionus* provenant d'un élevage monospécifique et une charge en larves 4 fois plus faible.

A l'observation, les survies paraissent toutes très élevées dans les 4 aquariums jusqu'au jour 9. La différence s'est faite les jours 10, 11 et 12. Il y avait alors dans les aquariums 2, 3 et surtout 1 une très importante population de Rotifères non consommés.

- Ponte n° 4 (4 juin)

Deux lots de 2 000 larves ont servi à une expérience sur la qualité de la première proie. La ponte était trop proche de la précédente pour que les techniques employées aient pu tenir compte de ses enseignements. Le schéma d'alimentation en Rotifères est, de ce fait, identique à celui de l'aquarium 2 de l'expérience précédente. Le 2ème lot reçoit, en plus, 1 million de larves d'huîtres (*Ostrea edulis* L.) le jour 2. L'observation de quelques contenus stomacaux montre que les larves d'huîtres sont consommées.

Les conditions d'élevage sont identiques à celles de l'expérience précédente à l'exception de la température qui varie de 19° à 19°5.

L'expérience est arrêtée le jour 8, alors que la crise de mortalité liée à la première alimentation est achevée (GIRIN, 1973). Il ne reste que 364 survivants (18,2 %) dans le lot qui a reçu des larves d'huîtres, contre 1 280 (64,0 %) dans le lot qui n'en a pas reçu. A titre de comparaison, la meilleure survie obtenue à cet âge en 1972 était de 46,8 %.

Il est possible que, dans le lot qui a reçu des larves d'huître, la mortalité soit due au fait que cette proie n'est pas digérée convenablement par les larves de turbot. En effet, la mortalité liée à un pullulement de Rotifères non consommés semble normalement ne se manifester au plus tôt qu'à partir du 10ème jour. Le fait demande cependant confirmation dans une expérience réalisée avec un régime alimentaire plus léger.

- Ponte n° 5 (10 juin)

Les résultats obtenus avec les pontes 3 et 4 demandent un complément d'information sur trois points :

- Déterminer si la survie le 8ème jour est aussi élevée en employant le régime 4 de la ponte 3 qu'en employant le régime 2.

- Déterminer si, pour une quantité totale de *Brachionus* entre les jours 2 et 7 fixée au niveau du régime 4 de la ponte 3, une différence de concentration des proies le 2ème jour, dans la gamme de 5 à 10/ml a ou non un effet sur la survie le jour 8.

- Déterminer si un changement progressif de proie entre le 8ème jour et le 11ème jour, comme nous l'avions préconisé en 1972, peut réduire la mortalité le jour 15.

L'expérience a été pratiquée sur trois lots de larves (figure 1 b) qui reçoivent jusqu'au 7ème jour des rations différentes de *Brachionus* provenant d'un

élevage mixte. Les 2 000 larves de l'aquarium 3 reçoivent le régime 4 de la ponte 3. Les 2 000 larves de l'aquarium 2 reçoivent la même quantité totale de Rotifères, mais avec des rations journalières plus faibles à partir du jour 3, pour tenir compte des 500 000 proies supplémentaires offertes le jour 2 en établissant une concentration de 10 Rotifères/ml. Les 1 000 larves de l'aquarium 1, qui reçoivent les mêmes rations quotidiennes que celles de l'aquarium 2, se trouvent en présence de 5 Rotifères/ml, le jour 2, comme celles de l'aquarium 1.

A partir du 8ème jour, les rations quotidiennes par larve de 24 heures sont identiques dans les trois lots, avec un changement progressif des Rotifères pour des nauplii d'*Artemia*.

Les lampes sont allumées 8 heures par jour dès le jour 2. Le renouvellement de l'eau, fixé à 10 l le jour 5, 30 l le jour 6, et 60 l le jour 7, devient permanent ensuite. Le filtre de sortie de 45 µ est remplacé par un filtre de 180 µ le jour 12. La température avant allumage des lampes varie de 19°5 à 20°C.

Les populations survivantes le jour 8 sont de 642 larves (64,2 %) pour l'aquarium 1, 1 308 (65,4 %) pour l'aquarium 2, et 1 265 (63,2 %) pour l'aquarium 3. Elles sont replacées dans les aquariums après siphonnage des déchets sur le fond. Le 15ème jour, il ne reste que 84 larves (8,4 %) dans l'aquarium 1, 180 (9,0 %) dans l'aquarium 2, et 152 (7,6 %) dans l'aquarium 3.

Les survies sont pratiquement identiques le jour 8 dans les 3 lots. Il n'y a apparemment pas d'influence de la charge en larves ou de la concentration en proies le jour 2 dans la gamme employée. Les résultats sont en outre identiques à celui de la ponte n° 4 : le supplément de proies fourni à ce lot n'apportait aucune amélioration de la survie. D'autres expériences devront être faites pour tenter d'améliorer le schéma alimentaire, mais ce fait signifie peut-être qu'il ne sera pas possible de dépasser 70 % de survie le jour 8 en employant comme première proie le Rotifère *Brachionus plicatilis* produit en élevage mixte avec le Copépode *Tisbe furcata*.

Contrairement à ce que nous avons supposé, le changement de proie progressif et tardif ne semble pas être la bonne solution : la mortalité entre le jour 8 et le jour 15 est de 87 %. Elle était de 60 % dans la meilleure expérience de 1972, avec un changement de proie entre les jours 6 et 10. Elle est de 48 % dans le lot 4 de la ponte 3 (si l'on y admet une survie de 64 % le jour 8), avec un changement de proie sans mélange, articulé entre les jours 7 et 8. Même ce dernier pourcentage est anormalement élevé : il semble curieux qu'un changement de proie fasse disparaître la moitié de la population. Des progrès peuvent certainement être réalisés sur ce point. Il est possible que la larve de turbot demande à cet âge des proies dont la taille serait comprise entre celles du Rotifère et du nauplius d'*Artemia* ce qui laisserait supposer que ses possibilités d'adaptation aux dimensions de la proie sont assez limitées.

- Ponte n° 6 (17 juin)

Des expériences réalisées sur 4 lots de 500 larves ont donné de mauvais résultats qui paraissent imputables au fait qu'une bonne survie de larves demande un mouvement général régulier de la masse d'eau, et assez important pour qu'elles soient entraînées par un courant. Le 18ème jour la population survivante n'était que de 25 larves (1,2 %).

- Ponte n° 7 (25 juin)

Deux lots de 950 larves sont consacrés à la comparaison des survies que fournissent, à schémas alimentaires identiques, des Rotifères provenant d'un élevage monospécifique, et des Rotifères provenant d'un élevage mixte. Une telle expérimentation paraissait nécessaire, car les quelques informations acquises en début de saison semblaient montrer que la présence de *Tisbe* réduit la survie.

Celui qui ne reçoit pas de Copépodes est l'aquarium n° 1. Les rations alimentaires sont les mêmes jusqu'au jour 11 où il est tenu compte de la quantité de larves survivantes (figure 2 a). Elles sont trop élevées au début, les expériences antérieures n'étant pas achevées. A la lumière de leurs résultats, la distribution des Rotifères est stoppée brutalement le jour 7.

Les lampes sont allumées 8 heures par jour jusqu'au jour 10, puis en permanence jusqu'au jour 11, diverses observations faites à cette époque semblant montrer qu'un éclairage permanent est préférable pour la santé des larves à un éclairage de 8 heures par jour. Le renouvellement de l'eau, fixé à 10 l le jour 6, et 20 l le jour 7, devient permanent à partir du jour 8. Le filtre de 45 μ est remplacé par un filtre de 180 μ ce jour-là. La température avant allumage des lampes est de 20°C. Les survivants sont dénombrés le jour 8, replacés dans les aquariums après siphonnage des déchets sur le fond, puis dénombrés de nouveau le jour 18.

Les populations survivantes le jour 8 sont de 562 larves (59,2 %) dans l'aquarium 1 et 250 larves (26,6 %) dans l'aquarium 2. Le jour 18, elles ne sont plus que de 183 larves (19,5 %) dans l'aquarium 1 et 87 larves (9,3 %) dans l'aquarium 2. Entre ces deux dates, les larves mortes de l'aquarium 1 sont prélevées et dénombrées quotidiennement (la courbe de survie tracée pour l'aquarium 2 n'a qu'une valeur de présomption entre ses extrémités).

Ces résultats confirment donc le fait que la présence des Copépodes provoque une importante réduction de la survie le jour 8, aux schémas alimentaires employés. La différence entre les deux lots se maintient ensuite strictement, les deux populations se trouvant réduites des deux tiers entre le jour 8 et le jour 18. Les larves de l'aquarium 2, deux fois moins nombreuses le jour 8 ont eu de ce fait chacune, au moment du changement de proie, deux fois plus de nauplii d'*Artemia* à leur disposition. Cela semble confirmer, comme nous l'avons envisagé plus haut, qu'il faut rechercher le facteur essentiel de la mortalité à ce stade ailleurs que dans la quantité de nauplii d'*Artemia* disponibles par larve.

Alors que dans les expériences précédentes 30 à 50 % des larves présentaient en fin d'expérience une pigmentation sombre caractéristique d'un mauvais état physiologique, les larves sombres ne représentent ici pas 10 % de la population, confirmant nos impressions sur l'importance de la durée de l'éclairage.

- Ponte n° 8 (1er juillet)

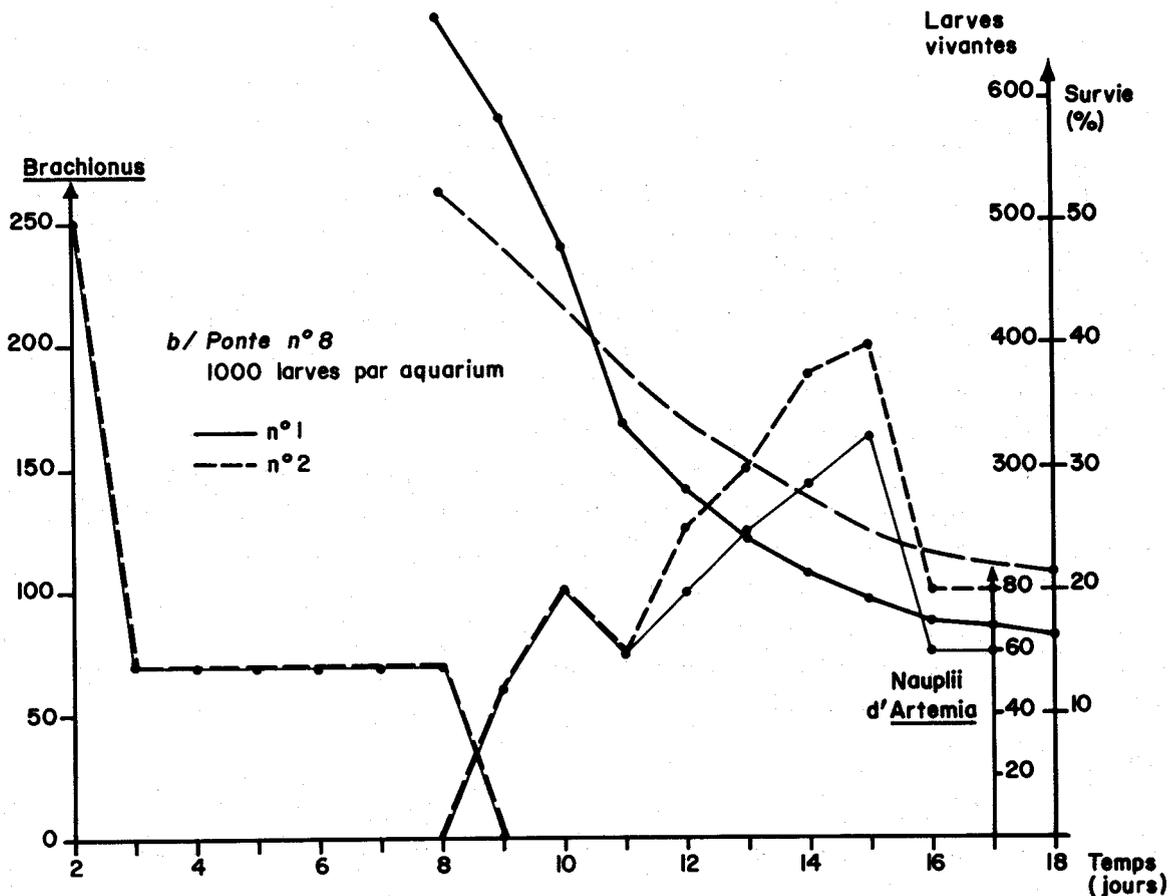
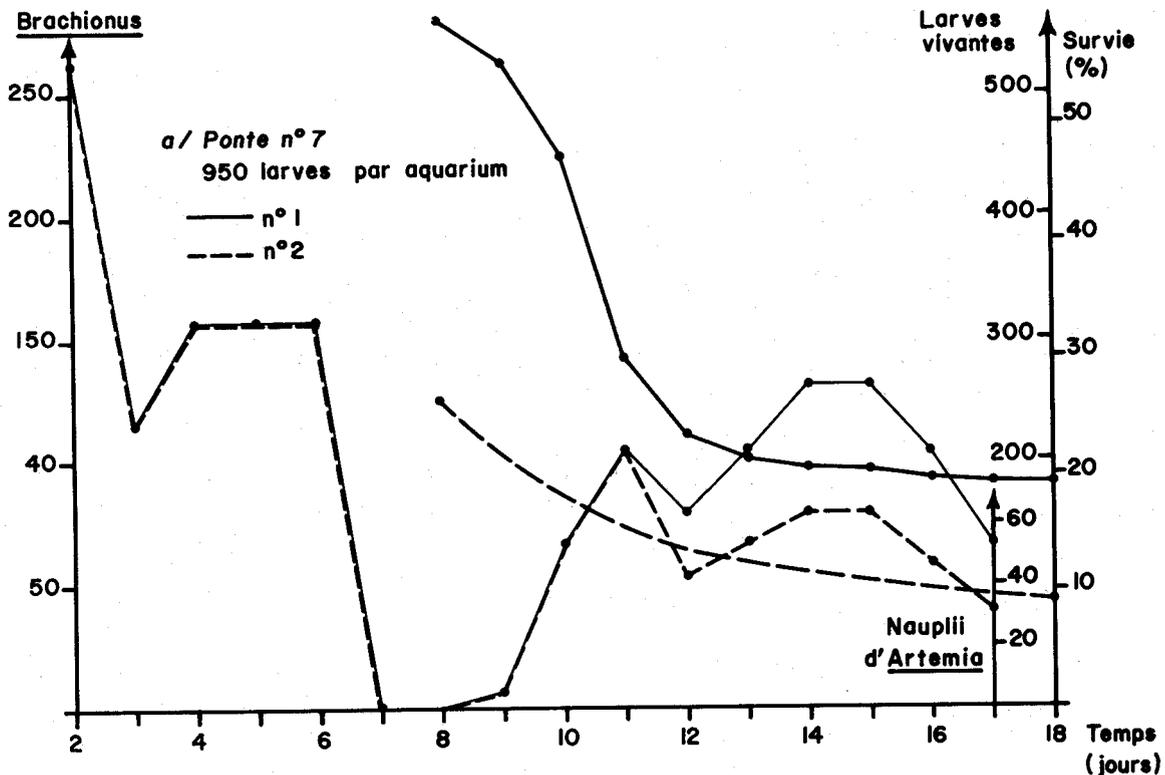
L'étude de l'influence des *Tisbe* est reprise sur deux lots de 1 000 larves en tenant compte des enseignements des expériences précédentes sur le plan de l'alimentation (figure 2 b). Les méthodes et les conditions d'élevage employées sont identiques à celles de l'expérience précédente, à cela près que l'éclairage est permanent dès le jour 6.

Le jour 8 il reste 668 larves (66,8 %) dans l'aquarium 1 contre 523 (52,3 %)

Fig.2. Régime alimentaire et survie jusqu'au 18^e jour, en aquariums de 60l.

Aquarium n°1: Brachionus d'élevage monospécifique.

" n°2: Brachionus d'élevage mixte avec Tisbe.



dans l'aquarium 2. Le jour 18, il n'en reste plus que 165 (16,5 %) dans l'aquarium 1 contre 214 (21,4 %) dans l'aquarium 2.

L'influence néfaste des *Tisbe* sur la survie le jour 8, aux schémas alimentaires employés, est donc confirmée. La survie dans l'aquarium 1 provoque entre les jours 8 et 12 un manque de proies, d'où une mortalité, entre le jour 8 et le jour 18 (68 %), plus élevée que dans l'aquarium 2 (59 %). A ce niveau, la quantité de nauplii d'*Artemia* disponibles par larve semble donc avoir une importance nette, contrairement à ce qui a été observé dans l'expérience précédente.

Essais en moyen volume

Des essais d'application en moyen volume des méthodes ainsi mises au point ont été faits avec des larves des pontes 3, 4 et 5.

Pour la ponte 3, l'essai a porté sur 10 000 larves, dans un bac rectangulaire en polyéthylène gris de 120 l. L'emploi du schéma alimentaire de l'aquarium n° 1 a provoqué une très forte mortalité entre les jours 9 et 12. La population survivante n'était que de 264 larves (2,6 %) le jour 15.

Pour la ponte 4, l'essai a porté sur 30 000 larves dans un bac cylindrique en polyéthylène blanc de 500 l. (1,30 m de diamètre). L'emploi d'un schéma alimentaire identique à celui de l'aquarium 2 de la ponte 3 a provoqué une très forte mortalité entre les jours 9 et 14. La population survivante n'était que de 872 larves (2,9 %) le jour 19.

L'essai pratiqué sur des larves de la ponte 5 (figure 1 b, bacs 4 et 5) a été fait dans des cuves cylindriques en polyéthylène blanc de 250 l (75 cm de diamètre).

Un lot (n° 4) reçoit des Rotifères provenant d'un élevage mixte, l'autre (n° 5) des Rotifères qui proviennent d'un élevage monospécifique. Les schémas alimentaires sont les mêmes que ceux de l'aquarium n° 3 de la même ponte jusqu'au jour 4, puis la ration en Rotifères est un peu plus faible tandis que la ration en *Artemia* est légèrement différente.

Il n'y a pas d'éclairage artificiel. Les cuves sont équipées d'un couvercle en "altuglass" et placées devant une fenêtre de façon à ce que leur moitié supérieure soit au niveau de la vitre. Les conditions d'élevage sont identiques, à l'échelle près, à celles des aquariums de la même ponte, mais le 8ème jour, la moitié de la population de chaque cuve est transférée dans une seconde cuve identique, alimentée en eau par son trop plein. Le jour 18, il reste au total 1 214 larves (12,1 %) dans les cuves n° 4 contre 1 801 (18,0 %) dans les cuves n° 5.

L'emploi de la technique mise au point en aquarium donne donc des résultats un peu meilleurs en volume plus important, mais le fait est peut-être lié au doublement des populations le jour 8. La présence des *Tisbe* est, comme d'habitude, néfaste à la survie, à schémas de nutrition identiques.

Les conditions d'éclairement n'affectent pas la survie à ce stade. Mais, à quelques exceptions près, toutes les larves sont anormalement sombres.

DISCUSSION

Ces différentes expériences sont encore loin de fournir une solution efficace au problème de la nutrition de la larve de turbot avant la métamorphose. Elles

complètent et précisent cependant les résultats de 1972.

La survie le jour 8, c'est-à-dire après la fin de la crise de première alimentation, a été portée dans le meilleur cas à 66,8 %. A schémas d'alimentation identiques, la présence de *Tisbe* avec les Rotifères se traduit par une survie à ce stade plus faible. Il a cependant été possible d'obtenir 65,4 % de survie en leur présence. Ces pourcentages peuvent certainement encore être un peu augmentés, mais il n'est pas certain que la limite des 70 % de survie à ce stade puisse être dépassée sans employer d'autres proies.

La survie après conditionnement aux nauplii d'*Artemia* a été portée jusqu'à 33,4 %. La perte, à ce stade, par rapport aux larves de 8 jours, a pu être réduite à 48 %. Les modalités du changement de proie ne sont encore connues que d'une façon très approximative, et une expérimentation approfondie sur cette période est nécessaire. Il est possible que la différence de taille entre le Rotifère et le nauplius d'*Artemia* soit trop importante. On peut alors se demander pourquoi les *Tisbe* adultes, qui font l'intermédiaire, ne paraissent pas être consommés.

Une charge de 40 larves de 24 h/1 ne paraît pas être excessive dans les conditions techniques employées, et dans la mesure où elle se trouve réduite à moins de 10 larves/1 le 15ème jour.

La durée et l'importance de l'éclairage quotidien, qui ne semblent pas avoir d'effet sur le pourcentage de survie durant cette période, paraissent jouer un rôle essentiel dans la pigmentation des larves. Dans la mesure où cette pigmentation paraît être un indice de leur état physiologique, il semble nécessaire d'approfondir nos connaissances sur l'influence de ce facteur.

L'ALIMENTATION DU CHANGEMENT DE BAC A TROIS MOIS

Durant cette période, l'élevage a systématiquement été pratiqué dans des bacs à double fond recouvert de sable, équipés d'un exhausteur.

- Pontes 1 à 6

Au total, 6 451 larves (6,7 %) provenant des 6 premières pontes ont été transférées en bacs à double fond. 100 d'entre elles (1°/∞) ont atteint l'âge de trois mois. Elles étaient alors parfaitement conditionnées à une pâte distribuée à la seringue, qui est fabriquée avec un aliment pour bar (FEBVRE et coll. sous presse).

Le pourcentage de survie, après la métamorphose et l'adaptation à l'aliment composé, est très faible, mais les échecs successifs accumulés au cours des expériences ont permis d'établir deux hypothèses de travail, confirmant des impressions tirées de l'élevage avant le changement de bac, grâce auxquelles les deux dernières pontes ont pu fournir des pourcentages de survie à 3 mois 15 fois plus élevés.

D'une part, la larve recherche à chaque âge des proies de dimensions bien déterminées. En présence de proies trop petites, même en très grand nombre, elle cesse de s'alimenter. La gamme des tailles qui sont tolérées est assez étroite. Il est indispensable, à 20°C, d'offrir des *Artemia* de 1,1 mm avant le 25ème jour, et des *Artemia* de 5 mm avant le 40ème jour.

D'autre part, la qualité et la quantité de l'éclairage ont une influence

essentielle sur le comportement et, en particulier le comportement alimentaire des larves avant qu'elles ne deviennent benthiques. Du 20ème jour à l'achèvement de la métamorphose, elles se concentrent en surface dans les zones très fortement éclairées. Un éclairage à travers les parois du bac provoque les comportements aberrants qui ont été décrits en 1972, avec frottement contre le fond ou les parois. Il est donc indispensable que ces dernières soient opaques. Pendant cette période, les poissons semblent contrôler assez mal leurs mouvements et paraissent avoir des problèmes optiques importants. Ils sont en particulier sujets à de brusques accélérations en ligne droite, ne tenant aucun compte de la présence d'autres poissons sur leur trajet. Un éclairage punctiforme favorise de ce fait les heurts, souvent violents, entre larves. Les heurts et les frottements se traduisent généralement, entre le 30ème et le 40ème jour, par une grave nécrose du bord antérieur des nageoires, accompagnée d'une infection bactérienne (cause ou effet ?). Cela se résout le plus souvent en une mortalité catastrophique. 10 à 15 % des larves, sans que nous sachions si ce sont toujours les mêmes ou non, restent normalement en dehors des zones les plus éclairées. Il est possible qu'il s'agisse d'un comportement de repos.

Les larves sombres au moment du transfert, phénomène vraisemblablement lié à un manque de lumière durant les très jeunes stades, n'ont que très peu de chances de survie. Ces chances sont augmentées par un éclairage artificiel dès le transfert. Elles sont pratiquement nulles en éclairage naturel.

La sensibilité à l'éclairage et le fait que les larves n'occupent que la portion la plus superficielle du volume qui leur est offert ont pour corollaire, qu'il nous semble dangereux, dans le cadre des techniques actuelles, de dépasser la charge de 250 larves de 30 jours par m² de surface.

- Pontes 7 et 8

Les essais d'élevage des 270 larves de 18 jours de la ponte 7 et des 379 larves du même âge de la ponte 8 tiennent autant que possible compte de ces différentes observations.

Les conditions d'élevage sont strictement identiques dans les deux cas. Les larves sont transférées dans un bac en polyéthylène blanc de 500 l (1,15 m de diamètre), équipé d'un double fond recouvert de sable et d'un exhausteur central. Les parois sont doublées extérieurement d'un film plastique noir. L'eau est renouvelée en permanence au taux de 50 l/h. L'alimentation est tangentielle. L'évacuation se fait sous le double fond. La température varie de 20° à 21°C. Deux lampes, l'une de 150 watts et l'autre de 100 watts, placées à 10 cm au-dessus de la plaque de verre qui recouvre le bac, sont allumées en permanence. La lampe de 100 watts est supprimée le 50ème jour et la lampe de 150 watts rehaussée à 50 cm au-dessus du bac le surlendemain. La nourriture est distribuée en fin de matinée. Lorsqu'un aliment inerte et des proies vivantes sont proposés le même jour, la distribution des proies vivantes est reportée à l'après-midi. Jusqu'au 75ème jour, des nauplii d'*Artemia* congelés (environ un tiers en volume) sont incorporés à l'aliment pour Bar au moment de la préparation de la pâte.

Les cadavres sont dénombrés quotidiennement et enlevés. Ils sont difficiles à voir sur le fond de sable, et souvent plus ou moins partiellement enfouis. Près

de 25 % d'entre eux sont de ce fait oubliés. Les quantités dénombrées sont multipliées après achèvement de l'expérience par le rapport des morts réelles aux morts observées, puis arrondies à l'unité supérieure ou inférieure. Il est possible que cette pratique exagère légèrement l'amplitude de certaines périodes de mortalité.

Sur le plan de l'alimentation, les graphiques (figure 3) mettent en évidence le fait que nous n'avons pas pu, assez souvent, disposer de toutes les *Artemia* de grande taille (nourries de *Tetraselmis*) qui auraient été nécessaires. Elles étaient remplacées, autant que faire se peut, par des quantités équivalentes d'*Artemia* plus petites. Il n'est en particulier jamais resté dans les bacs une seule *Artemia* de 5 mm 24 heures après la distribution.

A partir du 45^{ème} jour, une partie de la ration quotidienne en *Artemia* est offerte tuée, afin d'habituer les larves à des aliments inertes. La proportion des proies tuées atteint les 3/4 à la dernière distribution.

Dans la ponte 7 (figure 3 a), une importante crise de mortalité se manifeste aussitôt après le transfert en bac à double fond. Elle est totalement enrayée le 30^{ème} jour après avoir frappé 48 % des larves vivantes lors du transfert. 139 alevins (7,3 %), tous devenus benthiques, donc complètement métamorphosés, si l'on fixe la fin de la métamorphose au moment où la larve prend le comportement de l'adulte, atteignent l'âge de 60 jours. L'adaptation à l'aliment composé est faite en offrant systématiquement 25 % de nourriture en plus lorsque les larves cessent de venir manger en surface ou en pleine eau. Elle ne paraît pas provoquer de mortalité notable. Par contre, quelques jours de distribution à la demande ramènent à 114 (6 %) le nombre des alevins qui atteignent l'âge de 3 mois.

Malgré une quantité de proies par individu un peu plus importante dans les jours qui suivent le transfert, les larves de la ponte 8 ne le supportent pas mieux au total. La mortalité est moins brutale, mais en se prolongeant jusqu'au 45^{ème} jour, elle frappe 45 % des larves vivantes lors du transfert. La reprise d'une mortalité importante le 57^{ème} jour met en évidence le fait que des larves viennent certainement manger sur le fond la pâte qui n'a pas été consommée à la descente et ne se délite qu'au bout de quelques minutes. En limitant la distribution de l'aliment composé à la demande, on sous-alimente anormalement la population. La mortalité ainsi provoquée fait que seulement 167 larves (8,3 %) achèvent leur métamorphose (60^{ème} jour), 87 d'entre elles (4,3 %) atteignant les 90 jours.

DISCUSSION

Ces deux expériences, par leur survie finale qui se chiffre en pour cent et non comme auparavant en pour mille, confirment l'exactitude des observations faites sur les 6 premières pontes.

Le conditionnement à l'aliment composé présenté sous forme humide, alors que la métamorphose s'achève, ne pose aucun problème, à condition de veiller à fournir des quantités suffisantes pour qu'il puisse y avoir une nutrition sur le fond. Par contre, nous ne disposons d'aucune information précise sur les causes de la mortalité entre le changement de bac et le 40^{ème} jour. Elle peut être liée à des problèmes de lumière et de dimension des proies, mais l'expérience démonstrative reste à faire.

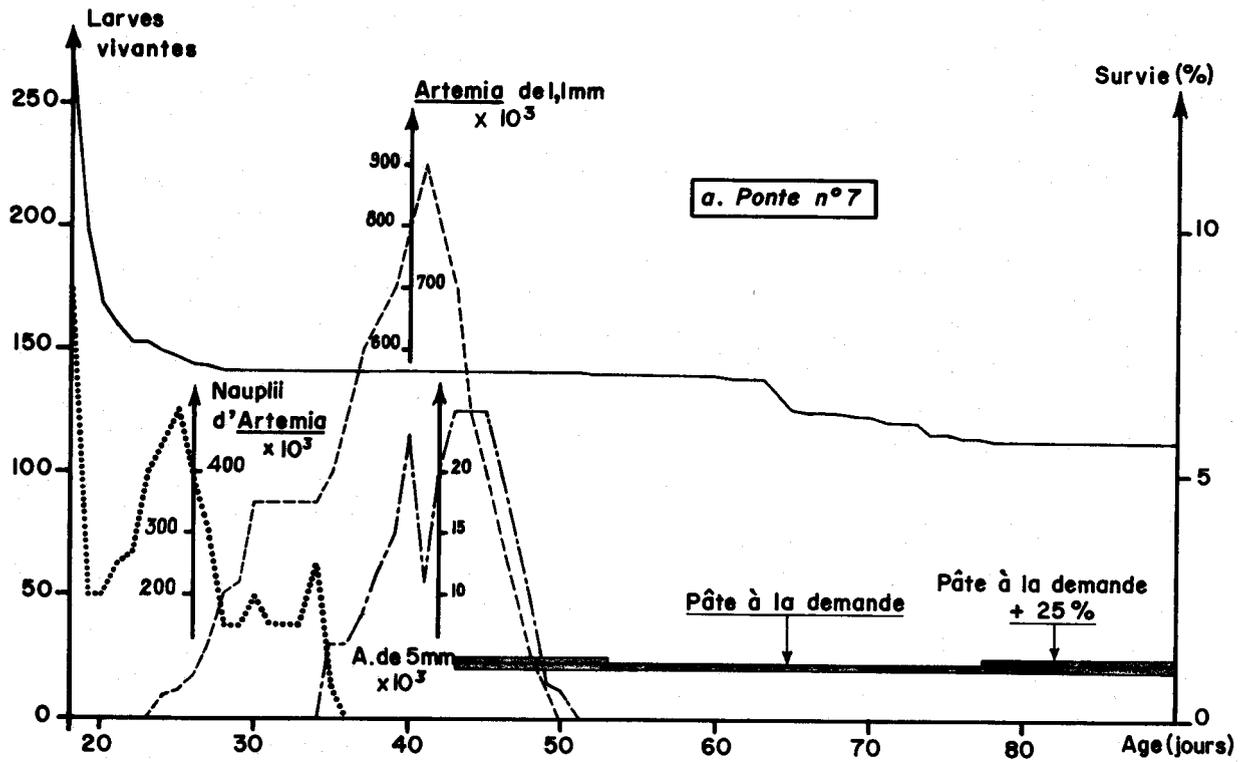
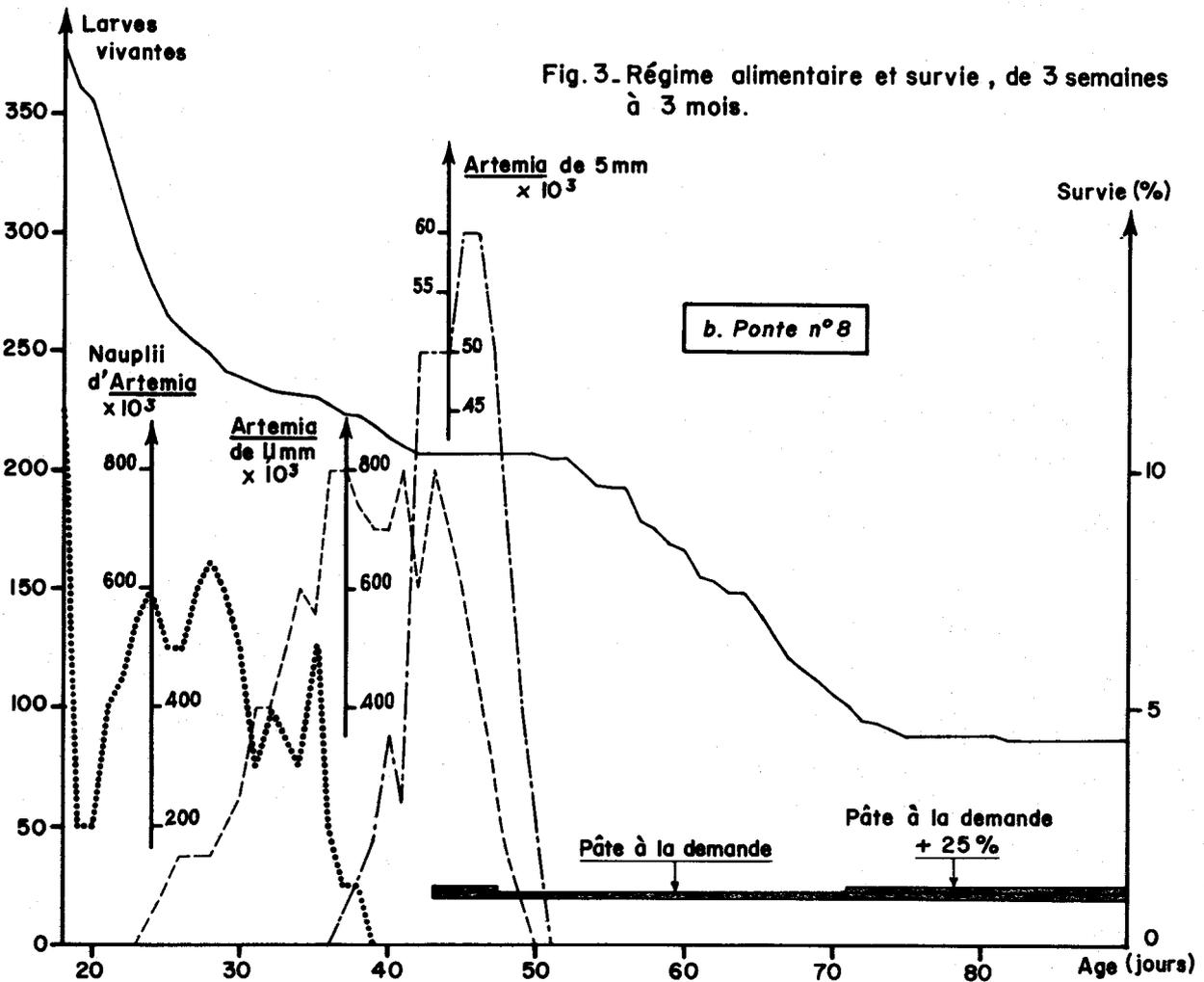


Fig. 3.- Régime alimentaire et survie, de 3 semaines à 3 mois.



CONCLUSION

Le bilan de l'ensemble des expériences de 1973 est comparé aux essais de 1972 (tableau 1) :

Tableau 1

BILAN DE L'ENSEMBLE DES EXPERIENCES REALISEES

Pour les totaux, les pourcentages de survie indiqués sont des moyennes pondérées. Les valeurs entre parenthèses correspondent aux meilleurs résultats obtenus.

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		
8	2 000	379	18,9		
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)

L'écart entre le résultat moyen de l'ensemble des expériences et les meilleurs résultats est encore anormalement important en 1973, traduisant bien les difficultés rencontrées dans l'analyse des causes de mortalité.

Cette mortalité se manifeste durant 3 périodes critiques d'autant moins bien analysées qu'elles sont plus tardives.

La période critique de première alimentation, située entre le 3ème et le 7ème jour, commence à être assez bien connue. La mortalité y a été réduite plusieurs fois à moins de 35 %. Elle peut certainement être réduite encore un peu avec les proies employées. Mais pour la faire disparaître à peu près totalement, il est possible qu'il soit nécessaire de faire appel à une première proie différente de *Brachionus plicatilis*.

La période critique du changement de proie se situe entre le 10ème et le 15ème jour. La mortalité n'y a été réduite qu'une fois à moins de 50 %. Les schémas de changement de proie sont encore très grossiers et une expérience exhaustive doit être faite pour y remédier. Il n'est pas certain que l'on puisse la supprimer totalement sans faire appel à une proie intermédiaire entre les *Brachionus* et les

nauplii d'*Artemia*. Les *Tisbe* adultes ne semblent pas pouvoir remplir cet office.

La période critique du changement de bac, qui n'avait pu être dépassée en 1972 que par hasard, se manifeste entre le 18ème et le 40ème jour. La mortalité y a été réduite 2 fois à moins de 50 %. Mais nous n'avons pour l'instant aucune idée précise sur les techniques à employer pour la réduire encore. Des expériences exploratoires, sur les modalités et la date de changement de bac, l'éclairement et la dimension des proies, devraient permettre de déterminer les directions de la recherche à effectuer.

A cause de ces 3 crises de mortalité, le total des proies nécessaires pour produire une larve vivante de 90 jours (environ 1,9 g pour une longueur totale de 49 mm) est très élevé. Dans le meilleur cas (ponte n° 7), il s'établit à 14 200 *Brachionus* (accompagnés de 440 *Tisbe*), 52 100 nauplii d'*Artémia*, 88 100 *Artemia* de 11 mm, et 1 930 *Artemia* de 50 mm.

BIBLIOGRAPHIE

FEBVRE A., ALLIOT E., METAILLER R., PASTOUREAUD A., 1974

Besoins nutritifs du bar (*Dicentrarchus labrax* L.). Etude du taux protéique en fonction du taux de lipide dans le régime. Actes du Colloque sur l'Aquaculture, BREST, 1973 - CNEXO edit.

GIRIN M., 1972

Métamorphose en élevage de 2 larves de turbot (*Scophthalmus maximus* (L.)). C.R. Acad. Sc. Paris, 275 : 2393 - 2396.

GIRIN M., 1973

Nutrition de la larve de turbot (*Scophthalmus maximus* (L.)) avant la métamorphose. Symposium on the early life history of fish, Oban, mai 1973. FAO Fish. Rep. (141) : 34.

GIRIN M., 1974

Régime alimentaire et pourcentage de survie chez la larve de sole (*Solea solea* L.). Actes du colloque sur l'Aquaculture, Brest, 1973, CNEXO edit.

JONES A., ALDERSON R., HOWELL B.R., 1973

Progress towards the development of a successful rearing technique of larvae of turbot, *Scophthalmus maximus* L. Presented at Symposium on the early life history of fish, Oban, may 1973. FAO Fish. Rep. (141) : 38.

DISCUSSION

BILLARD : Est-ce que vous avez pu mettre en relation les premiers stades de la mortalité embryonnaire avec l'état des gamètes ? Je pense à la qualité des gamètes, à la quantité de vitellus qu'il peut y avoir dans les oeufs, ou bien alors à l'état de sur-maturité des oeufs.

GIRIN : Non, pas du tout dans la mesure où je n'ai pas travaillé sur la maturation du poisson ni sur l'induction hormonale de la ponte, partant du principe que le facteur limitant n'était jamais la quantité d'oeufs embryonnés dont on disposait mais le problème de l'élevage.

BILLARD : Les taux de mortalité sont impressionnants et se retrouvent dans la nature ; on peut se demander alors si l'histoire des parents n'est pas elle-même très importante.

GIRIN : C'est tout-à-fait possible ; mais il faut noter que les résultats très différents de 1972 et de 1973 ont été obtenus avec les mêmes reproducteurs.

BILLARD : La vitellogénèse ne va jamais se répéter de la même façon d'une année sur l'autre et le moment où les oeufs sont émis est également important ; chez les mammifères, on sait par exemple qu'après 40 ans le nombre de mongoliens devient très élevé. Le problème de l'âge des gamètes est très important et un petit décalage dans la période de ponte chez les poissons peut entraîner une surmaturité.

GIRIN : Pour avoir des données précises à ce sujet, à mon avis, il faudrait une technique d'élevage reproductible qui permette de comparer la survie des lots de poissons en sachant ce que l'on compare. Or pour l'instant, on essaie de faire des comparaisons sur des résultats non comparables. A partir du jour où il y aura une technique qui permette simplement d'obtenir 10 % de survie, de façon sûre et précise, il sera possible de prendre un poisson pêché dans la nature au moment de la période de reproduction, de le faire pondre, d'évaluer le pourcentage de survie, de le garder un an en bassin, recommencer la manipulation et continuer chaque année à recommencer la même expérience dans les mêmes conditions. Mais, nous n'en sommes pas encore là. Actuellement, il est impossible d'envisager l'influence de la qualité des oeufs, de l'histoire antérieure du poisson, de l'âge, par exemple le fait qu'un poisson plus âgé ou plus jeune peut donner des pourcentages d'alevins aberrants différents.

LAUBIER : Je voudrais faire une remarque complémentaire concernant une question qui a été posée : on a dit que les taux de mortalité obtenus en élevage sont assez proches de la nature. Non, pas du tout, pour autant qu'on puisse le savoir, ce chiffre de 0,3 % à 90 jours dans la nature est vraisemblablement 100 fois ou 1 000 fois inférieur. Ces résultats sont déjà très élevés par rapport à l'action de la sélection de rédaction dans la nature.

HONG : Pourquoi êtes-vous obligé de changer de récipient en cours d'élevage ?

GIRIN : Tout simplement parce que je travaille sur des poissons benthiques et qu'il me paraît anormal d'essayer d'élever des animaux benthiques dans des bassins dont le fond est sale.

HONG : Avez-vous tenté d'augmenter simplement le volume ? On pourrait faire un parallèle avec la technique japonaise consistant à augmenter tout doucement la hauteur d'eau en augmentant le volume du liquide.

GIRIN : J'ai fait l'essai dans une expérience en volume plus important, dans des volumes de 250 litres, en dédoublant les bacs à partir d'un certain stade ; mais dans la mesure où vous restez dans le même bac, dans le bac où ont été faites les toutes petites larves, c'est toujours un bac dont le fond s'est sali, dont le fond est couvert de déchets. Il y a une solution, c'est celle employée en Angleterre, où on nettoie manuellement par pipettage et siphonnage les fonds des bacs. Je ne pense pas que ce soit très rentable. Dans la mesure où le système du double fond permet de travailler sans avoir à faire le moindre entretien des bacs, cela paraît beaucoup plus satisfaisant, mais ce n'est peut-être pas la solution d'avenir. Commencer dès le départ avec un bac à double fond pose des problèmes importants parce que le bac à double fond comporte une re-circulation, un passage de l'eau à travers le sable ; si l'on a des *Brachionus* dans un bac de ce type ils ont souvent tendance à passer une bonne partie de leur temps juste sur le sable et la population se répartit très mal.

HONG : Je crois qu'il existe aussi un parallèle avec l'élevage de *Mylio macrocephalus* ; on a été obligé d'utiliser une série de bacs compartimentés au fur et à mesure de l'évolution des larves. On peut dans ce cas-là en attirant les larves nettoyer beaucoup plus facilement, non pas en pipettant, mais d'une façon beaucoup plus radicale, tout en élargissant la surface d'élevage.

GIRIN : La solution, pour les quelques années à venir, pour la sole et pour le turbot pourrait consister à élever les petites larves de moins de deux semaines dans des bacs du même type que ceux qui sont employés pour les élevages de *Brachionus*, c'est à-dire des bacs à fond conique où la présence des *Tisbe* va faire que les déchets vont se concentrer sur le fond. A ce stade là les larves occupent tout le volume. Il suffit d'avoir la batterie de bacs à fond conique placée un peu au-dessus de la batterie des bassins d'élevage pour la période de métamorphose, pour pouvoir, au moment où vous voulez faire le transfert, laisser couler tout le contenu du bac à fond conique dans le bac où se fera la métamorphose. Cela veut dire qu'un changement de bac, s'il apporte un intérêt sur le plan technique est facile à réaliser.

CHEVASSUS : Est-ce qu'on ne peut pas envisager un passage actif des larves dans ce type de bac avec un fond sableux propre ?

GIRIN : C'est tout-à-fait possible dans la mesure où on place les deux bacs au même niveau et on laisse une ouverture assez importante entre eux. Au moment où

les larves commencent à passer leur temps en surface, il suffira d'éclairer le bac où on veut les envoyer et elles viendront très certainement. Mais pendant toute cette période, ces poissons ont de très gros problèmes de vision et avant de réussir à trouver le trou même s'il est important, ils vont heurter les parois un grand nombre de fois. Si on vide un bac dans l'autre, cela demande quelques minutes ; autrement cela risque de prendre longtemps et il y aura un problème de répartition des proies.

LEDOUX : Est-ce que vous avez étudié l'influence de la taille du bac sur la survie ?

GIRIN : Les 25 ou 30 premières métamorphoses obtenues cette année ont été réalisées dans de petits bacs en altuglass. J'ai agrandi la dimension des bacs pour deux raisons : d'une part parce que dans un bac en altuglass on ne pouvait raisonnablement mettre que dix ou vingt poissons, et d'autre part parce que plus le bac est petit, plus le poisson a de chances de venir se cogner contre les parois. A ce stade, et pour le turbot, je pense qu'il faut travailler dans des bacs d'au moins un mètre de diamètre, sinon plus, et de toute façon il faut améliorer les charges encore trop faibles.