

10th European Symposium on Marine Biology, Ostend, Belgium, Sept. 17-23, 1975. Vol. 1:331-343.

*Techniques d'élevage en masse d'un Rotifère (Brachionus plicatilis Müller) et d'un Crustacé Branchiopode (Artemia salina L.) **

J. Person-Le Ruyet

Centre Océanologique de Bretagne, Centre National pour l'Exploitation des Océans, B.P. 337, 29273
Brest Cédex, France

Abstract

*Techniques of mass culture of a rotifer
(Brachionus plicatilis Müller) and
a branchiopod crustacean (Artemia salina L.)*

— This work deals with the influence of the diet (qualitative and quantitative aspect) on the daily production of a population of *Brachionus plicatilis* and on the growth and survival of the brine shrimp *Artemia salina*. It was tried to reduce the manipulation to a minimum and to use the available volume most adequately. For *B. plicatilis* the best results were obtained with fresh *Tetraselmis suecica* as food. Nevertheless it is possible to maintain the population at a satisfactory level of production with preserved food. For *A. salina* the use of algae powder gave the best growth and survival. It is demonstrated that it is worth using low cost, easy to store dried food, which permits mechanical feeding. —

Résumé

— L'étude porte sur l'influence du régime alimentaire, aspect qualitatif et quantitatif, sur la production journalière d'une population de *Brachionus plicatilis* et la croissance et la survie du Branchiopode *Artemia salina*. On a cherché à réduire au maximum les manipulations et à utiliser au mieux le volume disponible. Chez *Brachionus plicatilis* les meilleurs résultats sont obtenus avec *Tetraselmis suecica* frais, la population peut cependant être maintenue à un niveau de production satisfaisant sur nourriture morte. Chez *A. salina*, la poudre d'algues a donné les meilleures croissances et les meilleures survies et est de ce fait conseillée. L'intérêt du passage à la nourriture morte, aisément stockable, d'un prix de revient relativement faible et se prêtant à l'automatisation est démontré.—

* Contribution no. 413 du Département Scientifique du Centre Océanologique de Bretagne.

Introduction

L'aquaculture larvaire des Crustacés et surtout des poissons marins nécessite de grandes quantités de proies bien calibrées. Dans une séquence alimentaire classique, on passe progressivement des algues (obtenues en culture contrôlée ou en bloom), à des proies de plus en plus grandes qui vont mener les larves jusqu'à l'aliment composé. Un Dinoflagellé, *Gymnodinium splendens*, assure parfois de par sa taille (55 μm) la charnière entre l'algue unicellulaire et le petit herbivore. Les Copépodes (8.8-1 mm) pélagiques ou benthiques constituent par la suite une nourriture de choix mais leur production de masse n'est toujours pas maîtrisée. La récolte de plancton ne pouvant satisfaire une demande stable qu'exige l'élevage larvaire il a fallu produire d'autres petites proies. Selon May (1971) une cinquantaine de proies animales ont été testées en nourriture larvaire avec plus ou moins de succès. Le Rotifère *Brachionus plicatilis* Müller (90-200 μm) et le Crustacé Branchiopode *Artemia salina* L. (0.5-8 mm) sont les seuls organismes très couramment utilisés dans les stations d'aquaculture.

Ce Rotifère et ce Branchiopode s'élèvent aisément en fortes concentrations et ont soit un "turn over" rapide (11 jours à 10 °C et 2, 3 jours à 30 °C pour *Brachionus*, Hirayama et Kusano, 1972 ; Hirayama et Oyawa, 1972) soit une croissance larvaire importante (chez *Artemia*, la taille peut être multipliée par 20 en une dizaine de jours et la biomasse par 500:2 μg à 1 mg). De nombreuses études fondamentales ont défini les conditions optimales d'élevage de ces deux organismes : 20-30 °C et une salinité de 20-35 ‰ pour *Artemia salina* (Gilchrist, 1958, 1960 ; Dutrieu, 1960 ; Mason, 1963 ; Reeve, 1963 ; Von Hentig, 1971) et 27 °C et 2,000 lux pour *Brachionus* (Theilacker et Mc Master, 1971 ; Hirayama et Kusano, 1972 ; Hirayama et Ogawa, 1972). Mais en dehors des travaux de Sorgeloos et Persoone (1972, 1975), de Sorgeloos (1973) et de Persoone et Sorgeloos (1975) sur l'*Artemia*, les méthodes d'élevage sont inadaptées à une production de masse. Celle-ci se fait soit en eaux vertes, soit généralement en élevage contrôlé à partir d'algues vivantes produites sur place. En culture intensive tout particulièrement, les besoins en algues étant importants, et le coût de la production de proies d'autant plus élevé, il est nécessaire de trouver des produits de remplacement à bas prix. Les levures ont été d'abord testées mais sans grand succès (Shimaya *et al.*, 1967). Les premières poudres d'algues unicellulaires sont apparues très récemment sur le marché et suscitent ainsi le plus grand intérêt.

A notre connaissance, deux algues cultivées en eau douce ou saumâtre sont actuellement commercialisées sous forme de poudre : une Cyanophycée *Spirulina maxima* Geitler et une Chlorophycée *Scenedesmus sp.* Cette dernière espèce a été d'abord testée à l'échelle du laboratoire sur *Artemia salina* par Sorgeloos (1973). *Spirulina* est, pour le moment, la seule poudre d'algues disponible en grande quantité et pouvant de ce fait satisfaire la demande du Centre Océanologique de Bretagne. D'abord testée sur *B. plicatilis* et surtout sur *A. salina* (Person-Le Ruyet, 1976), elle assure depuis 1974 toute la production du Branchiopode.

L'efficacité alimentaire des deux poudres d'algues, *Scenedesmus* et *Spirulina*, est comparée à d'autres aliments, produits au laboratoire, et utilisés frais, congelés ou lyophilisés. Les tests sont faits en volume de 20 l, en salle thermorégulée, avec comme

critère la concentration en *Brachionus* dans le prélèvement quotidien. Toute modification du régime alimentaire affecte en effet le taux de fécondité du Rotifère et modifie ainsi la production journalière. Pour le Crustacé, nous avons choisi la croissance comme critère, étant donné qu'à une température déterminée, ce facteur reflète les conditions trophiques. En rapport avec nos besoins, le but poursuivi est de produire, préférentiellement sur nourriture morte, un maximum d'*Artemia salina* de 1-4 mm en un minimum de temps, et ceci sans affecter la valeur nutritive du produit vivant.

Brachionus plicatilis

1. Technologie

Les expériences sont menées à 26 ± 1 °C et en lumière naturelle, dans des jarres de 20 l, en altuglass, à section cylindrique et à fond conique (Girin et Devauchelle, 1974). Le cône est percé de cinq orifices. L'un situé à la base permet l'élimination quotidienne des quelques centimètres cubes de déchets qui s'y accumulent. Les quatre autres servent d'aération. Pour calibrer les bulles d'air, nous utilisons couramment des aiguilles hypodermiques d'un diamètre déterminé, piquées dans le tuyau de la pompe à vide qui assure la distribution d'air sous pression (0.2 bar). Du fait d'une aération permanente modérée, le milieu dans les jarres est soumis à une agitation continue qui assure une bonne répartition des animaux et permet une récolte sans brassage préalable.

Des études antérieures (Girin et Devauchelle, 1974) ont montré qu'un prélèvement quotidien du quart du volume (dans le cas présent 5 l) permet à la population de se maintenir à une concentration donnée lorsque les conditions trophiques sont favorables. Pour toutes les expériences, nous avons fixé le prélèvement quotidien au quart de la population totale dans chaque jarre. Le volume d'eau prélevé est remplacé par l'équivalent en cultures d'algues diluées ou en poudre d'algues délayées auparavant dans de l'eau de mer. La distribution de nourriture se fait manuellement en une fois pour les algues fraîches et en deux fois pour la poudre d'algues.

La concentration de *Brachionus* dans le prélèvement permet de suivre l'évolution des populations de Rotifères. Elle est déterminée par comptage, à la loupe, de 2 à 3 échantillons de 0.5-1 ml répartis chacun dans des cuves de Dollfus.

Les cultures de Rotifères contiennent un Copépode Harpacticoïde, *Tisbe sp.*, dont la concentration se maintient à un faible niveau (un à deux individus pour 200 *Brachionus*). Le Copépode broute les algues adhérant aux parois et transforme ainsi ces dépôts riches en bactéries en pelotes fécales qui sédimentent au fond de la jarre. Toute salissure est ainsi évitée de façon naturelle.

La production journalière de *Brachionus* est adaptée aux besoins des larves de Crustacés et de poissons. La production de masse se fait couramment dans des cuves de 150 l en polyester stratifié construites sur le même modèle que les jarres de 20 l.

2. Résultats

Nous avons rassemblé sur la Fig. 1 et le Tableau I les concentrations moyennes de *Brachionus* obtenues en jarre de 20 l sur différentes sources de nourriture utilisées sous des formes variées et à des concentrations différentes. Il faut signaler que les con-

TABLEAU I

Concentration moyenne en *Brachionus* dans une culture de 20 l, en fonction du type d'aliment et de la ration alimentaire. (Prélèvement quotidien du quart de la culture)

Aliment	Type de nourriture		Concentration de <i>Brachionus</i> /ml dans le prélèvement			Durée de l'expérience (après adaptation au nouveau régime) (jours)
	Concentration/ml	Equivalence en <i>Tetraselmis</i> /ml ($\times 10^3$)	Moyenne écart type	Coefficient de variation (%)	Intervalle de confiance de la moyenne (= 95 %)	
<i>Tetraselmis suecica</i>						
Frais	6 $\times 10^4$ cellules		226 \pm 75	33	207-245	93
	4 $\times 10^4$ cellules		218 \pm 42	19	209-228	107
Lyophilisé	0.1 mg	1,500	111 \pm 43	38	96-130	57
	0.15 mg	2,200	119 \pm 42	35	102-135	57
	0.20 mg	3,000	247 \pm 57	23	221-273	57
	0.25 mg	3,750	223 \pm 68	30	184-261	57
<i>Monochrysis lutherii</i>						
Frais	2 $\times 10^4$ cellules	110	113 \pm 31	28	95-130	42
<i>Chlorella sp.</i>						
Frais	34.5 $\times 10^4$ cellules	27.5	79 \pm 34	43	59- 98	25
	39.5 $\times 10^4$ cellules	3	83 \pm 27	32		24
	49 $\times 10^4$ cellules	39	89 \pm 16	17	69-109	8
	55 $\times 10^4$ cellules	44	98 \pm 18	18	83-110	25
	66.5 $\times 10^4$ cellules	53	94 \pm 34	37	73-115	36
	70 $\times 10^4$ cellules	56	138 \pm 38	27	115-161	22
	73.5 $\times 10^4$ cellules	58.8	137 \pm 28	20	115-159	24
	100 $\times 10^4$ cellules	80	133 \pm 36	27	111-154	35
	133.5 $\times 10^4$ cellules	106.8	184 \pm 44	24	154-159	33
<i>Spirulina maxinia</i>						
Atomisé	0.075 mg					
	0.080 mg					
	0.1 mg		—0			15-20
	0.15 mg	2,200	51 \pm 20	39	41- 61	58
	0.20 mg	3,000	147 \pm 39	26	125-169	33
	0.25 mg	3,750	—0			25
<i>Scenedesmus sp.</i>						
Seché	0.50 -0.25 mg		—0			15

concentrations en *Brachionus* mentionnées n'ont été estimées que 6 jours après une modification du régime alimentaire, période qui correspond à l'adaptation de la population à ce changement. Les algues *Tetraselmis suecica* Butcher (8-10 µm) *Monochrysis lutherii* Droop (3-4 µm) et *Chlorella sp.* (1-2 µm) sont utilisées immédiatement après leur prélèvement dans les ballons de culture. Comme nourriture inerte nous disposons de *Tetraselmis suecica* lyophilisé au laboratoire, de *Spirulina maxima* atomisé en provenance du Mexique et de *Scenedesmus sp.* séché en provenance d'Allemagne. La dose de nourriture distribuée par jarre est rapportée pour chaque régime au poids sec. Celui-ci est estimé pour *Chlorella* et *Monochrysis* en utilisant les rapports de volume. Les équivalences en concentration cellulaire sont rapportées à *Tetraselmis* et figurent dans le Tableau I.

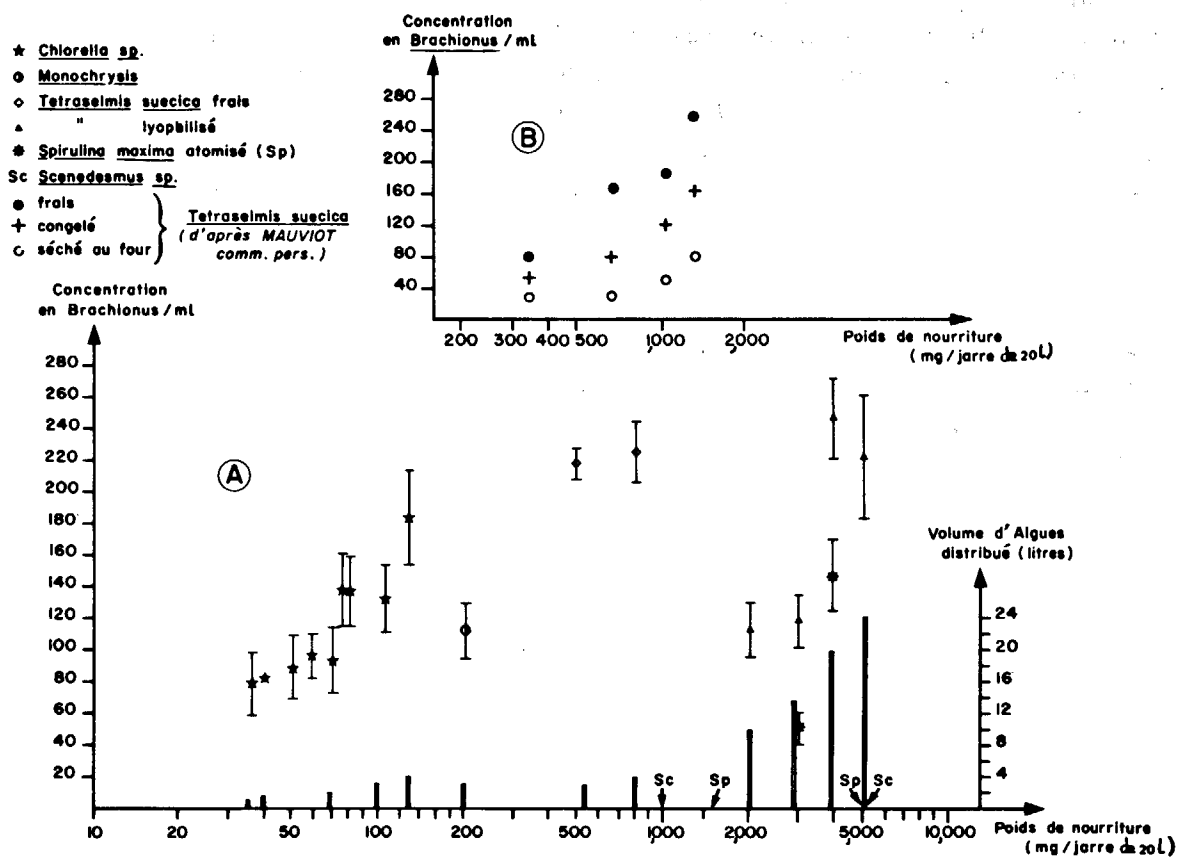


FIG. 1. Concentration moyenne en *Brachionus* dans une culture de 20 l. Les traits verticaux représentent l'écart à la moyenne au seuil 95 %.

Nous avons recherché pour chaque type de nourriture le régime donnant la concentration maximale de *Brachionus* et donc la production maximale par unité de volume. Avec *Tetraselmis* utilisé frais, la concentration en Rotifères se stabilise aux alentours de 220/ml pour une concentration de 400,000 algues à 3×10^6 cellules/ml soit en poids sec, à 500 mg par jarre de 20 l. Le passage à 600,000 cellules/ml n'est pas significatif. D'après notre production d'environ 220 Rotifères/ml avec 400,000 *Tetraselmis*/ml, on

peut déduire que la stabilité de la population est obtenue pour un régime correspondant à environ 2×10^9 algues/ 10^6 *Brachionus*. Un élevage peut être mené indéfiniment à un niveau de production très élevé et ceci sans entretien particulier de la cuve.

Avec *Chlorella sp.* on peut extrapoler du Tableau I que la concentration en *Brachionus* se maintient à 180 individus/ml pour 4 l de cultures d'algues à 65×10^6 cellules/ml et à 140-150 Rotifères/ml pour 3 l. La Fig. 1A illustre de manière particulièrement évidente que la concentration en *Brachionus* est liée à la dose de nourriture distribuée. Ainsi à volume de culture d'algue équivalent, du moins pour les concentrations dont nous disposons, il est plus rentable de produire *Tetraselmis* que *Chlorella*. Cependant il est intéressant de savoir que pour une installation de production comparable en volume, *Chlorella* peut se substituer à *Tetraselmis* sans que la production de *Brachionus* ne soit pour autant trop altérée. Par contre, si les deux algues étaient commercialisées sous forme de poudre, il n'est pas impossible que *Chlorella* soit aussi, sinon plus intéressante que *Tetraselmis*. La culture de *Monochrysis lutherii* dont nous disposons ne peut, quant à elle, maintenir la population de *Brachionus* qu'à la concentration de 110 individus/ml ; ceci pour une distribution quotidienne de 3 l de culture à 18×10^6 algues/ml en moyenne. *Dunaliella tertiolecta* Butcher a aussi été comparée, dans des conditions d'élevage similaires (Girin et Devauchelle, 1974), à *Tetraselmis suecica* et il est apparu de même que cette dernière algue est la plus favorable pour le développement du Rotifère.

Trois types de nourriture inerte ont été testés. La poudre de *Scenedesmus sp.* utilisée à raison de 1, 3, ou 5 g par jarre, entraîne, dans les trois cas, la mort progressive (en 15 jours) de la population de Rotifères. Il en est de même pour 1 et 2 g de *Spirulina maxima*. Par contre lorsque la dose de nourriture augmente la concentration en *Brachionus* se maintient aux alentours de 50 individus/ml avec 3 g et de 145 individus/ml avec 4 g. La dose de 5 g entraîne par contre le déclin de la population. La quantité de *Spirulina* favorable au développement du Rotifère semble donc se situer aux alentours de 1,500 mg/ 10^6 *Brachionus*.

De la Fig. 1A il ressort que le maintien d'un niveau de production élevé nécessite bien plus de *Tetraselmis* lyophilisé que d'algues fraîches. Dans les conditions expérimentales utilisées, il est néanmoins possible de produire en moyenne 110 *Brachionus*/ml à partir de 2 g de poudre de *Tetraselmis* ce qui correspond à l'utilisation de 10 l d'algues à 3×10^6 cellules/ml. Lorsque la dose est doublée, la production journalière atteint un maximum : 250 *Brachionus*/ml. La couleur vert-bouteille de la jarre ne peut masquer une suralimentation manifeste.

La Fig. 1B reprenant les données de Mauviot (communication personnelle) montre qu'avec *Tetraselmis* frais et congelé la concentration en *Brachionus* augmente de manière significative avec la quantité d'aliments distribuée. Il est de même évident que l'efficacité des algues est meilleure avec le régime frais. Le régime sec illustre de façon particulièrement évidente que la quantité d'aliment n'est pas le facteur limitant. Il faut remarquer que les algues étaient séchées à +50 °C et qu'elles se présentaient en plaques difficilement dissociables, donc difficilement disponibles.

Par rapport à l'aliment vivant, la perte de nourriture est donc importante sur l'aliment inerte et l'entretien des bacs est plus difficile. Ceci d'autant plus que le Copépode *Tisbe sp.* ne peut se développer ni sur *Scenedesmus* ni sur *Spirulina*. Sur *Tetraselmis* lyophilisé

Elevage de Brachionus plicatilis et d'Artemia salina

il est en grande partie éliminé lors du retrait des déchets. Il faut noter que l'efficacité alimentaire de cette algue est supérieure à celle de *Spirulina* qui présente néanmoins l'avantage d'être disponible dans le commerce. L'utilisation de nourriture inerte pose donc un problème de dénaturation rapide à 25 °C et de sédimentation rapide. Le brassage du milieu n'est pas suffisant pour assurer le maintien en suspension de la poudre d'algues. La seule solution est une distribution en continu. C'est d'ailleurs un des gros intérêts du passage sur nourriture inerte. La nourriture pouvant être utilisée au fur et à mesure de sa distribution, l'écart pondéral entre l'aliment vivant et l'aliment sec devrait de ce fait se réduire.

Les résultats obtenus en volume de 20 l sont aisément transposables en volume de 150 l sans que la production en souffre. A titre d'exemple la Fig. 2 représente la concentration d'une population de *Brachionus* nourrie sur *Tetraselmis suecica* (400,000 cellules/ml). La population reste en équilibre avec un prélèvement quotidien du quart du volume. Ce niveau de production particulièrement élevé s'est maintenu durant 7 mois et, à elle seule, cette cuve a couvert tous les besoins en *B. plicatilis* durant la saison de reproduction 1975.

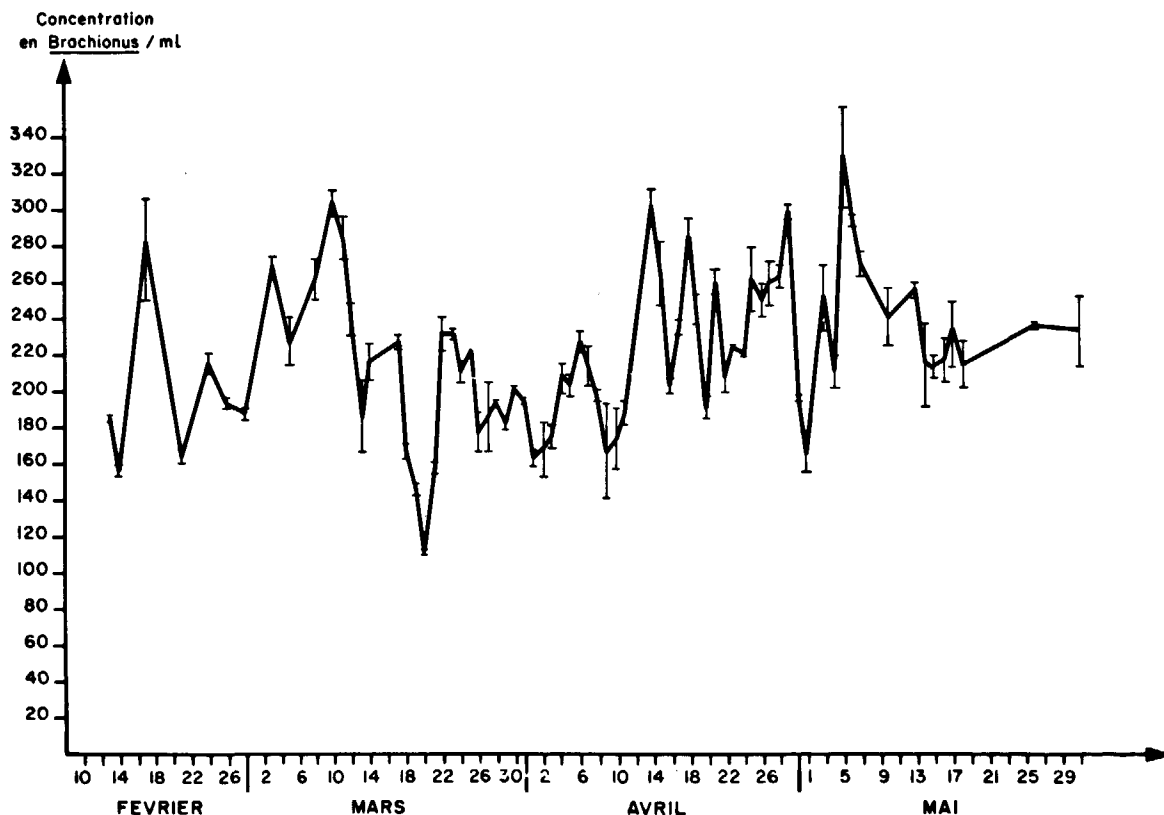


FIG. 2. Concentration moyenne (deux comptages) en *Brachionus* dans une culture de 100 l (nourriture : 4×10^5 *Tetraselmis*/ml) avec prélèvement quotidien de 25 l.

Artemia salina

1. Méthodologie

L'obtention de nauplii se fait par hydratation des oeufs de résistance disponibles sur le marché. Les oeufs en provenance de la baie de San Francisco et commercialisés sous la marque "San Francisco Bay brine shrimp" sont mis à incuber à 26 ± 1 °C dans des cuves de 150 l cylindro-coniques à raison de 1.5 g/l d'eau (300,000 œufs/g). La salinité de l'eau de mer est de 35 ‰. Les cuves soumises à un bullage important (0.2 bar) reçoivent comme seul éclairage la lumière naturelle. L'incubation dure de 25-27 heures. Environ 15 min avant la récupération, l'aération est stoppée ce qui a pour but de faire sédimenter d'abord les œufs non éclos, puis les nauplii, avec remontée des coques vides en surface. Les premiers millilitres, riches en œufs non éclos étant éliminés, la récupération des nauplii se fait sur tamis métallique de 100 µm. Les larves sont aussitôt rediluées dans l'eau de mer et comptées avant d'être utilisées. La récupération des larves se fait donc rapidement et les manipulations sont réduites au minimum. La méthode de séparation basée sur le phototactisme des larves ne s'impose pas. En partant de 150 g d'œufs pour 100 l d'eau on récolte en moyenne 40×10^6 nauplii avec un pourcentage d'éclosion des œufs de 85 %. Il faut signaler que si le rendement de l'incubation est en relation avec la provenance des œufs, il varie aussi, pour une même marque, non seulement d'une boîte à l'autre, mais également, en début et en fin de boîte.

L'expérimentation sur la croissance des larves se fait dans les jarres de 20 l décrites précédemment, à 26 °C et en lumière naturelle diffuse. Afin d'éviter un renouvellement d'eau tous les 2 ou 3 jours on démarre avec de petits volumes qu'on augmente progressivement par un apport quotidien d'eau de mer fraîche. Le volume d'eau des cultures passe de 5 l au jour 0, à 20 l au jour 5 (Person-Le Ruyet, 1976) et la concentration des larves dans le milieu diminue au cours de leur croissance. Toutes les expériences débutent avec huit nauplii (environ 0.5 mm) au ml. Par la suite la charge des jarres par classe d'âge se répartit comme suit : 4.5/ml au jour 2 (larves de 1 mm), 2.5/ml au jour 4 (2 mm) et 2/ml en fin d'expérience (3.5 mm). La nourriture est distribuée manuellement deux fois par jour.

2. Résultats

En utilisant 40,000 larves d'*Artemia* par jarre de 20 l nous avons comparé l'efficacité alimentaire de plusieurs aliments utilisés sous différentes formes et à différentes concentrations. La Fig. 3 représente la taille moyenne des larves de 2, 4, et 6 jours en fonction de la quantité de nourriture reçue (exprimée en mg de poids sec pour 10,00 *Artemia*) depuis la mise en expérience. Par souci de clarté de la figure seules les moyennes expérimentales ont été retenues. Sauf exception (mauvaise survie par exemple) les écarts à la moyenne sont, pour un lot donné, peu importants, le coefficient de variation étant de l'ordre de 10 %. De plus, la reproductibilité des expériences est d'une manière générale relativement satisfaisante (coefficient de variation, de 10-20 %). Avec *Spirulina* atomisé des expériences plus nombreuses ont été effectués et ce sont les moyennes générales qui sont représentées. La taille larvaire moyenne obtenue en culture pure de

Elevage de *Brachionus plicatilis* et d'*Artemia salina*

Tetraselmis à la concentration de 10^6 cellules/ml avec une densité en *Artemia* particulièrement faible constitue notre témoin.

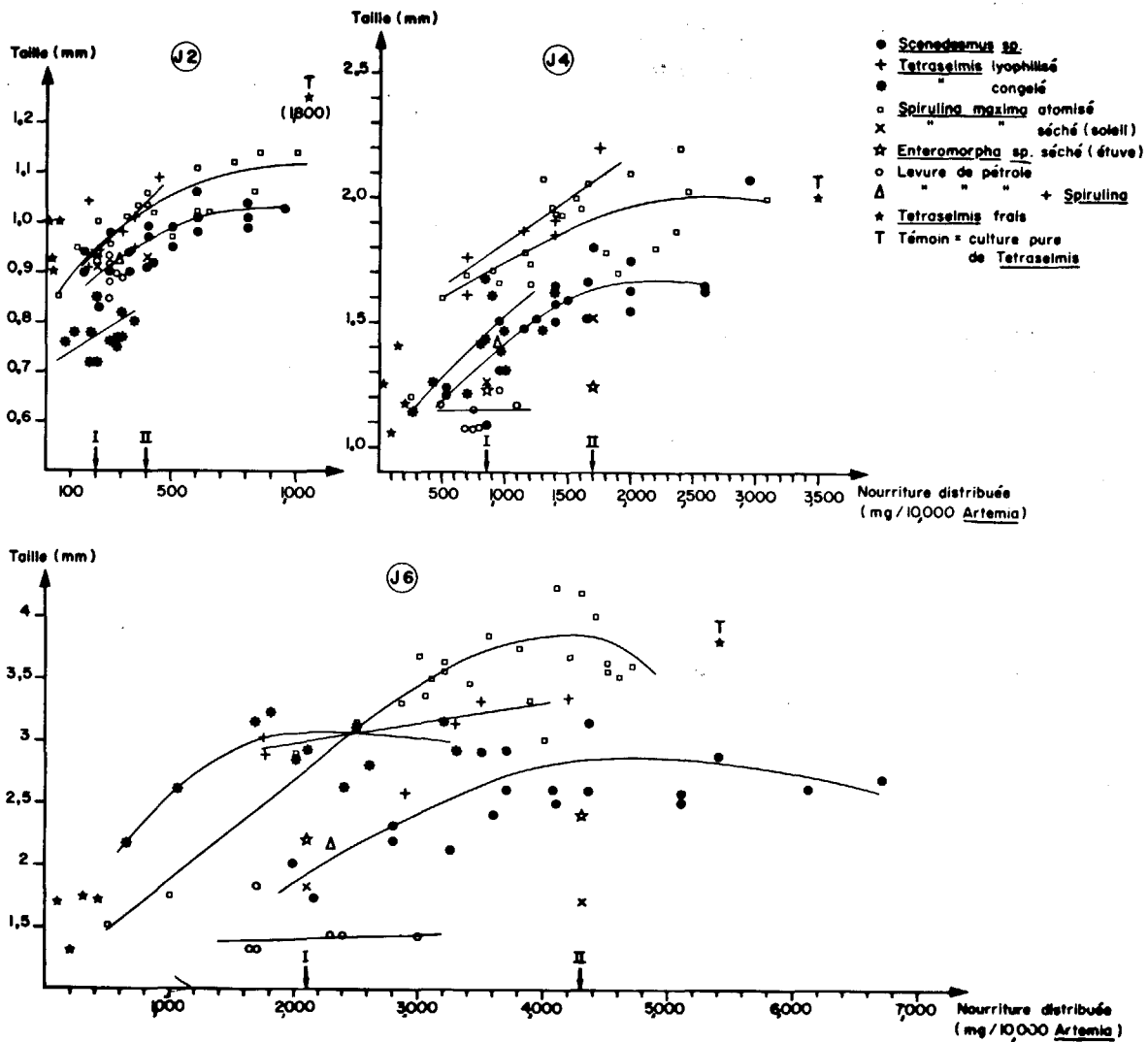


FIG. 3. Taille moyenne des larves d'*Artemia* de 2, 4, et 6 jours, en fonction de la qualité et de la quantité de nourriture. Densité des larves: 2^e jour (J2) 40,000/5 l; 4^e jour (J4) 40,000/10 l; 6^e jour (J6) 40,000/20 l).

La taille des larves de 2 jours s'échelonne entre 0.75 et 1.05 mm. Avec *Spirulina* elle est en moyenne légèrement supérieure à celle obtenue avec *Scenedesmus*. Il faut cependant signaler que les valeurs extrêmes se chevauchent. *Tetraselmis* lyophilisè peut se substituer à *Spirulina* alors qu'elle est moins bonne sous sa forme congelée. Utilisé frais, *Tetraselmis suecica* reste néanmoins la meilleure source de nourriture pour la croissance des larves en 2 jours.

Le taux de croissance se différenciant d'un aliment à l'autre, les écarts entre les tailles moyennes s'accroissent au 4^e jour. L'efficacité alimentaire de *Tetraselmis* lyophilisè demeure équivalente à celle de *Spirulina* atomisé. De plus ces deux aliments

permettent d'atteindre la taille maximale obtenue avec *Tetraselmis* vivant fourni à satiété. Le taux de croissance des larves nourries sur *Tetraselmis* congelé s'est accentué puisque les tailles moyennes sont, à 4 jours, comparables à celles obtenues sur *Scenedesmus*. La levure de pétrole, avec ou sans apport vitaminique, entraîne une croissance particulièrement mauvaise.

Au 6^e jour, la croissance des *Artemia* nourris sur *Spirulina* atteint le maximum obtenu avec *Tetraselmis* frais fourni à satiété. *Tetraselmis* sous sa forme lyophilisée permet d'arriver à une taille de 3.5 mm en 6 jours alors que sous sa forme congelée on plafonne à 3 mm seulement. Avec *Scenedesmus*, et quel que soit la dose de nourriture utilisée, on ne peut produire, en 6 jours, que des larves de 2.8 mm en moyenne.

Il faut signaler qu'au 6^e jour la survie est de 80 % avec 4,500 mg de *Spirulina* et de 90 % avec 3,500 mg. Pour les plus fortes doses de *Tetraselmis* congelé ou lyophilisé la survie est également de 80 % en moyenne. Avec *Scenedesmus* ce taux est atteint avec 5,000 mg/10,000 *Artemia* ; il décroît très rapidement à des doses plus élevées.

La levure de pétrole et *Spirulina sp.* séché ne permettent pas de dépasser 1.5 mm en 6 jours et ceci avec une survie de 50-60 %. Avec *Enteromorpha sp.* séché, la survie est meilleure et la taille larvaire obtenue avec deux régimes alimentaires (I et II) est comprise entre 2 et 2.5 mm. Les tailles moyennes par classes d'âge, sont représentées sur le Tableau II pour les deux régimes alimentaires I et II.

Un régime à base de levures de pétrole, avec ou sans apport vitaminique est à rejeter. C'est la qualité de la nourriture qui est en cause puisqu'en régime mixte (50 % de levure et 50 % de *Spirulina*) la croissance est améliorée. Pour *Spirulina* séché, la présentation de la nourriture en plaquettes denses difficilement dissociables est, au moins partiellement, la cause des moins bons résultats. Les possibilités d'utilisation d'*Enteromorpha* sont peut être à revoir. L'algue *Scenedesmus* donne des croissances larvaires moyennes. Elle a été utilisée en volume de 450 l et l'obtention de larves d'*Artemia* de 3.5 mm demande 7 jours. Cette algue a par ailleurs trois principaux inconvénients : elle sédimente très vite, elle se réduit très difficilement en microparticules et il est actuellement difficile de s'en procurer à un prix intéressant. *Tetraselmis* lyophilisé pourrait être retenu pour une production intensive s'il était produit à plus grande échelle que le laboratoire. *Spirulina* est, en 1975, la seule algue disponible en grande quantité à raison de 4-5 U.S.A. dollars le kilo (prix départ d'usine).

Conclusions

Il est possible, à partir d'une nourriture morte, de maintenir une population de *Brachionus* à un niveau de production satisfaisant. Une distribution de la nourriture en continu est d'autant plus souhaitable que la poudre d'algues sédimente rapidement. De plus, la présentation de l'aliment fait que des algues en chaînes comme *Spirulina* et *Scenedesmus* sont, sauf dissociation parfaite, plus difficiles à filtrer que les algues monocellulaires. Les cultures d'algues : *Tetraselmis*, *Chlorella* et *Monochrysis* permettent de maintenir indéfiniment un élevage dans une même cuve et ceci avec un minimum d'entretien. La production de routine se fait actuellement, en volume de 100 l, sur *Tetraselmis* frais utilisé à la concentration de 400,000 cellules/ml, avec une produc-

TABLEAU II

Croissance des larves d'*Artemia* dans une jarre de 20 l contenant 40,000 larves,
en fonction de la qualité de nourriture. (Deux régimes alimentaires: I et II)

Les valeurs données indiquent: taille par classe d'âge (mm) (écart de la moyenne au seuil 95 %) coefficient de variation (%)

Nourriture	Régime I	Régime II	Régime I	Régime II	Régime I	Régime II
<i>Enteromorpha sp.</i>	0.94(0.90-0.99) 7 %	0.93(0.89-0.97) 5 %	1.23(1.14-1.32) 10 %	1.24(1.11-1.36) 14 %	2.02(1.91-2.12) 7 %	2.04(1.94-2.14) 7 %
<i>Tetraselmis</i> congelé	0.87(0.82-0.91) 7 %		1.68(1.48-1.88) 16 %		2.70(2.47-2.93) 12 %	
<i>Tetraselmis</i> lyophilisé	0.91(0.86-0.95) 7 %	1.09(1.01-1.17) 10 %	1.61(1.52-1.70) 8 %	2.20(1.97-2.44) 14 %	2.88(2.70-3.06) 8 %	3.35(3.11-3.58) 9 %
Levure de pétrole	0.90(0.86-0.94) 5 %		1.23(1.19-1.26) 4 %		1.44(1.33-1.55) 10 %	
<i>Spirulina sp.</i> séché	0.91(0.86-0.96) 7 %	0.93(0.90-0.96) 4 %	1.26(1.15-1.38) 12 %	1.52(1.45-1.58) 6 %	1.83(1.70-1.97) 10 %	1.67(1.56-1.78) 9 %
<i>Spirulina maxima</i> aztomisé	1.00(0.94-1.06)	1.06(0.96-1.15)	1.70(1.60-1.80)	2.06(1.90-2.15)	2.90	3.75

tion quotidienne totale de 5.5×10^6 individus de 90-200 μm . L'élevage de masse de *B. plicatilis* s'est fait jusqu'à présent généralement en production non contrôlée, en "eaux vertes". Ainsi Theilacker et Mc Master (1971) récoltaient sur bloom de *Dunaliella* et en volume de 450 l, au mieux 2.5×10^6 Rotifères par jour, mais ils ne parvenaient pas à maintenir cette production relativement faible plus d'1 mois faute de nourriture.

Pour *Artemia salina* l'utilisation de poudre d'algues est vivement conseillée et permet, à charge équivalente, d'optimiser la croissance tout comme la survie. Les meilleures croissances sont obtenues avec *Spirulina maxima* atomisé, suivi de près par *Tetraselmis* sous sa forme congelée ou lyophilisée. Le passage en nourriture inerte conduit à une automatisation d'autant plus aisée que c'est de la poudre d'algue qui est utilisée. Dans le même but de réduire les manipulations à un minimum, on travaille couramment en semi-continu : des prélèvements, tous les 2 jours, d'un volume déterminé contribuent à diminuer la densité des larves au cours de leur croissance tout en maintenant la biomasse totale larvaire à un niveau élevé. En effectuant des prélèvements réguliers au cours de la croissance larvaire on peut donc utiliser aux mieux les installations disponibles.

La connaissance de la concentration maximale de larves utilisable par unité de volume permet d'accroître la production d'une cuve. Il a été montré, avec *Spirulina* et pour un régime alimentaire donné qu'elle peut, dans nos conditions d'élevage atteindre 12 larves de 1 mm/ml (jour 2), 5 larves de 2 mm/ml (jour 4) et 2 larves de 4 mm/ml (au jour 6). Ces concentrations sont nettement supérieures à celles généralement rencontrées dans la littérature. Il faut cependant signaler qu'avec une technique différente, Sorgeloos (1973) réussit à élever, quoique dans des volumes plus petits, des *Artemia* jusqu'au stade adulte à des concentrations de 2-2.5 larves/ml.

En 1975, la production de routine d'une cuve de 450 l est en 2 jours de 1.5×10^6 nauplii d'*Artemia salina* (soit, en poids sec, 12 g à raison de 8 μg par larve), en 4 jours de 750,000 nauplii (soit 12 g à raison de 16 μg par larve) et 6 jours de 750,000 nauplii (soit 55 g à raison de 60 μg par larve). Cela fait environ 75 g de matière sèche en partant de 3 g de nauplii. Cette production de matière sèche correspond à l'utilisation d'environ 430 g de *Spirulina* atomisé. Si cette quantité de *Spirulina* devait être remplacée par une culture de *Tetraselmis* et, en supposant que l'efficacité alimentaire des deux sources de nourriture soit identique, il faudrait disposer de 2,365 l de culture d'algues à 1×10^6 cellules/ml. Pour produire, en 6 jours, 100 g d'*Artemia* de 1-3.75 mm il faut donc 570 g de *Spirulina* atomisé et le rapport nourriture ingérée/production de matière sèche avoisine 5.7, ce qui correspond à un coefficient de transformation de la nourriture ingérée d'environ 18 %. La production du kilo d'*Artemia* sec nécessite donc environ 5 kg de *Spirulina*, soit, en 1975, 200-250 FF de nourriture.

Sans nous arrêter, dans cet article, sur la qualité de la nourriture produite, nous signalerons seulement que toute la production d'*Artemia* est assurée au Centre Océanologique de Bretagne sur *Spirulina* depuis 1974. Les *Artemia* ainsi produites sont utilisées généralement vivantes, mais aussi congelées ou lyophilisées dans l'alimentation des Crustacés et surtout des poissons marins (Girin, sous presse). L'utilisation de *Scenedesmus* est moins commode et moins avantageuse, mais tout comme *Tetraselmis* congelé, c'est un aliment de remplacement intéressant.

Bibliographie

- DUTRIEU, J. 1960. Observations biochimiques et physiologiques sur le développement d'*Artemia salina* (L.). *Arch. Zool. exp. gén.* 99. 134 p.
- GILCHRIST, B. M. 1958. The oxygen consumption of *Artemia salina* (L.). *Hydrobiologia* 12:27-37.
- GILCHRIST, B. M. 1960. Growth and form of the brine shrimp *Artemia salina* (L.). *Proc. zool. Soc. Lond.* 134:221-235.
- GIRIN, M. (sous presse). Marine fish culture in France: recent developments. 1st Int. Symp. Aquacult. grey mullet, Haifa, Israel, June 2-8, 1974.
- GIRIN, M., et B. DEVAUCHELLE. 1974. Production du Rotifère *Brachionus plicatilis* (O. F. Müller) en élevage mixte avec le Copépode *Tisbe furcata* (Baird). p. 87-100. In: Colloq. Aquacult., Brest, France, 22-24 Oct., 1973. Act. Colloq. 1. C.N.E.X.O. (Ed.). 472 p.
- HIRAYAMA, K., and T. KUSANO. 1972. Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture. II. Influence of water temperature on population growth of rotifer. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.* 38 (12):1357-1363.
- 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.
- MASON, D. T. 1963. The growth response of *Artemia salina* (L.) to various feeding regimes. *Crustaceana* 5:138-150.
- MAY, R. C. 1971. An annotated bibliography of attempts to rear the larvae of marine fishes in the laboratory. U.S. Dept. Commerce, NOAA techn. Rep. NMFSSSRF 632. 24 p.
- PERSON-LE RUYET, J. 1976. Elevage larvaire d'*Artemia salina* (Branchiopode) sur nourriture inerte: *Spirulina maxima* (Cyanophycée). *Aquaculture* 8:157-167.
- PERSOONE, G., and P. SORGeloos. 1975. Technological improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans. I. Devices and methods. *Aquaculture* 6:275-289.
- REEVE, M. R. 1963. The filter feeding of *Artemia*. II. In suspensions of various particles. *J. exp. Biol.* 40:207-214.
- SHIMAYA, M., A. KANAZAWA, and K. KASHWADA. 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., and G. PERSOONE. 1972. A culture system for *Artemia*, *Daphnia* and other invertebrates, with continuous separation of the larvae. *Arch. Hydrobiol.* 72 (1):133-138.
- 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.
- THEILACKER, G. H., and M. F. Mc MASTER. 1971. Mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as a food larval anchovies. *Mar. Biol.* 10:183-188.
- VON HENTIG, R. 1971. Einfluss von Salzgehalt und Temperatur auf Entwicklung, Wachstum, Fortpflanzung und Energiebilanz von *Artemia salina*. *Mar. Biol.* 9:145-182.