

Production de zooplancton marin en bassin en terre, avec fertilisation organique sur le site d'AQUAMAR (Martinique)

CHRISTOPHE YVON, SAMUEL ACCABAT
ET CATHERINE ALIAUME
ADAM

B.P. 1018 - 97208 Fort de France Cedex
Martinique

ABSTRACT

At the beginning of 1983, four ponds each of 100m³ were used to produce marine zooplankton which was destined for the larval seabass rearing facility at AQUAMAR. In 1985, three other ponds of 200m³ each were built for the same purpose. The species reared, Brachionus sp. and Apocyclops distans, are small species (250 μ and 750 μ) and can be used for the first 30-40 days rearing of seabass larvae. Ponds are fertilised with chicken manure at a rate of 10-25 kg/hectare every 15 days. Algal density is measured through the intermediary of turbidity (Secchi disk) and water color. The growth of the zooplankton population is followed by sampling at six points in the pond, surface and bottom, and counting numbers of individuals. Daily harvests are made with the aid of an automatic mechanism powered by a 12V battery. Harvests are made to maintain the zooplankton population near its optimal density (50-100 organisms/ml). The production of rotifers and copepods is about 300 g/hectare/day, the weight of copepods being about half of the total. The production of quality zooplankton has lessened the number of Artemia cysts used with consequent reduction in costs. The marine species of zooplankton cultured are small-sized and experiments are now being made at AQUAMAR to produce freshwater cladocerans (Maina micrura and Daphnia pulex). Results so far are encouraging.

INTRODUCTION

L'aquaculture nouvelle, bien qu'en plein essor, soulève encore de nombreux problèmes biotechniques. La production de proies vivantes de haute valeur nutritive et de faible coût pour l'élevage larvaire de poissons et crustacés marins a fait l'objet de nombreux travaux qui n'ont pu donner de résultats satisfaisants (coût élevé).

Les nauplii d'Artémia salina précédemment utilisés à AQUAMAR pour l'alimentation des larves de loup (Dicentrarchus labrax, L. 1758) se sont avérés onéreux et provoquent des carences nutritionnelles aux larves.

La situation géographique de la Martinique en fait un site de choix pour la production en extensif de zooplancton élevé sur micro-algues (température élevée, ensoleillement presque constant).

Dès début 1984, des expériences de culture de rotifères et de copépodes marins en bassin en terre ont été entreprises.

MATERIEL ET METHODES

Materiel

Les bassins (fig. 1)

Quatre bassins en terre (Z1 à Z4) de 1 are (10 x 10 x 0,5 m) remplis d'eau de mer non filtrée sont disposés en série. Ils communiquent entre eux par des surverses. Une pompe immergée (12 m³/h) dans le bassin oval permet le circuit fermé entre les quatre bassins. Ce système autorise la récolte simultanée en fractionnée des quatre bassins, en mélangeant les milieux de culture.

Trois bassins de plus de deux ares (P1 à P3) ont été mis en service début 1985. Seuls quelques résultats de production seront exposés faute d'un suivi et d'une gestion optimale de longue durée.

Espèces élevées

Brachionus sp., rotifère de petite taille (200 - 300 µm): filtreur (microalgues, agrégats bactéries...)

Apocyclops distans (Kiefer, 1956*). Copépode cyclopoïde de la sous-famille des Cyclopinase: formes larvaires nauplii de 100 à 150 µm - filtreurs; formes adultes (juvéniles et adultes) de 300 à 750 µm - omnivores à tendance carnassière.

METHODES

Principe (fig.2)

Les bassins sont fertilisés par un apport de matière organique (MO). Selon le schéma classique du fonctionnement de tels écosystèmes, cette MO est progressivement dégradée par les bactéries (production paraprimaire) libérant les minéraux dans le milieu. Ces derniers sont assimilés par les micro-algues qui les utilisent par leur croissance (photosynthèse) assumant la production primaire.

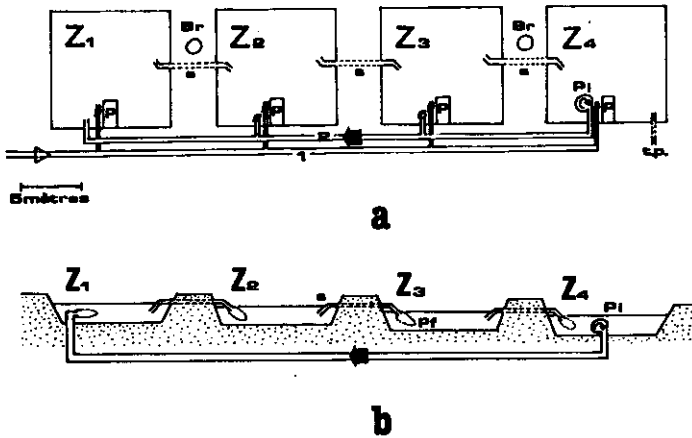
Le phytoplancton et les bactéries représentent la base alimentaire des organismes zooplanctoniques filtreurs (production secondaire) qui se développent à leurs dépens. Bon nombre d'auteurs indiquent que la MO sous forme particulaire peut être directement ingérée par les zooplanctontes. Le zooplancton est récolté par filtration du milieu dans une maille calibrée.

Suivi des bassins

Suivi physicochimique.

Température, ph, azote ammoniacal et nitreux et salinité sont suivis régulièrement.

* Détermination effectuée par M. Dussart (maître de recherche au CNRS, Eyzies), que nous remercions vivement.



Figures 1 (a). "Plan de bassins Z". (b) Schéma en coupe du circuit de récolte: 1 - alimentation en eau de mer; 2 - circuit de récolte; B2 - bac de 1 m³ utilisé pour la fertilisation liquide; Pf - poche filtrante; P1 - pompe immergée de 12 m³/h; S - surverses de récolte; Tp - trop-plein.

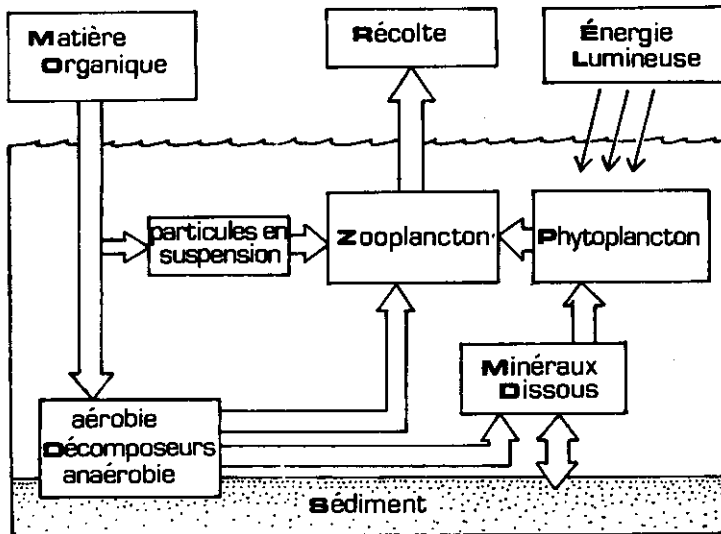


Figure 2. Schéma des relations trophiques dans les bassins de production de zooplancton.

Suivi biologique.

(a) Production primaire. La densité en microalgue est estimée quotidiennement par l'intermédiaire de la turbidité (disque de Secchi). La couleur verte plus ou moins foncée ou marron révèle l'état de santé de la culture.

(b) Production secondaire. Le suivi quotidien de la densité en zooplancton est réalisé par échantillonnage sur toute la colonne d'eau (11 en surface, à 20 cm et à 50 cm de profondeur) en un point pour les bassins de un are, en 6 points pour les plus grands (P). Ces prélèvements sont mélangés. Cinq sous-échantillons de 1 ml sont comptés au laboratoire sous loupe binoculaire. Les rotifères, formes larvaires et adultes de copépodes sont différenciés.

Fertilisation.

Le fumier de poule utilisé provient d'élevages intensifs du Nord de la Martinique. Le fumier de volaille est très riche en azote et phosphore assimilable par les algues, mais aussi en acides aminés libres facteurs de croissance des algues (Wutz Arlet, 1980).

Composition de la fiente de poule (% en poids)

Matière organique	60%	
Azote	4,7%	
P2 O5	4,3%	
K	2,6%	
CaO	8%	
Mg	traces	(Wutz Arlet, 1980)

Ces valeurs sont données à titre indicatif, la qualité du fumier variant beaucoup selon la provenance. Le fumier est distribué soit sous forme solide dans des sacs perméables de 20-30 kg ou dispersé directement dans le bassin, soit sous forme liquide après barbotage de quelques jours dans un bac de 1 m³ (Br).

La fertilisation de base de 10 à 25 kg/are/15 jours est complétée selon l'état des bassins (densité algale, taux d'ammoniac). Une autre forme de fertilisant a été expérimenté, en complément du fumier: certains stocks d'aliment pour poissons, avariés, ont pu être ainsi revalorisés en biomasse zooplanctonique. Ce fertilisant très riche en protéines notamment, est appliqué à faible dose (1 kg/are/semaine).

Récoltes de zooplancton

Bassins Z (fig. 1a).

Les récoltes sont effectuées à l'aide du dispositif de recyclage décrit plus haut. Chaque bassin est récolté dans un filet composé d'une maille calibrée à 80 µm (gaze à bluter, UGB) d'une surface filtrante d'environ 1,5 m² munie d'un bocal récepteur à son extrémité (fig. 3).

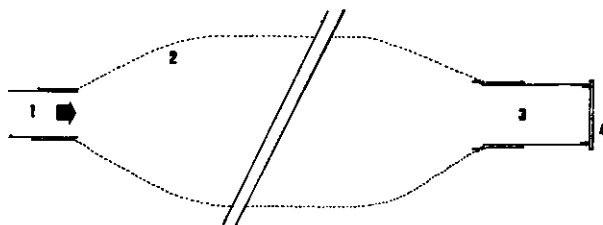


Figure 3. Poche filtrante utilisée pour la récolte de zooplancton: 1 - induction du milieu à filtrer; 2 - filet calibré (vide de maille 80 μm) surface filtrante 1,5 m^2 ; 3 - bocal récepteur de la récolte; 4 - bouchon amovible.

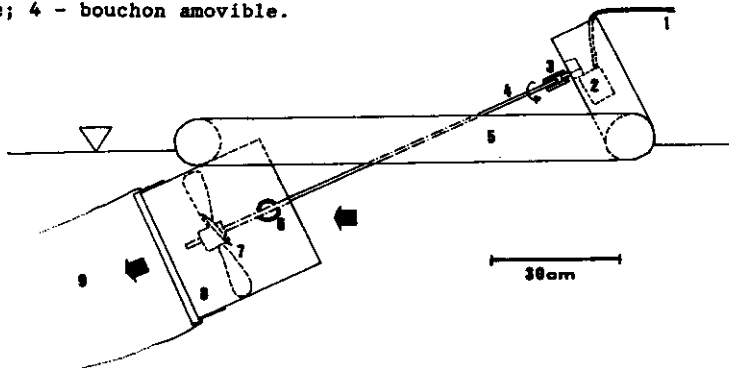


Figure 4. Dispositif autonome de récolte de zooplancton: 1 - alimentation (12 volts); 2 - moteur essuie-glace (environ 80 tr/mn); 3 - tuyau souple; 4 - tige filletée \varnothing 15 mm; 5 - cadre en tuyau PVC (\varnothing 110 mm) assurant la flottabilité; 6 - passant; 7 - rélice de ventilateur \varnothing 300 mm (Pas: 100 mm); 8 - tuyau PVC \varnothing 300 mm; 9 - filet (gaze à bluter, 80 μm ; \varnothing 300 mm L. 10 m).

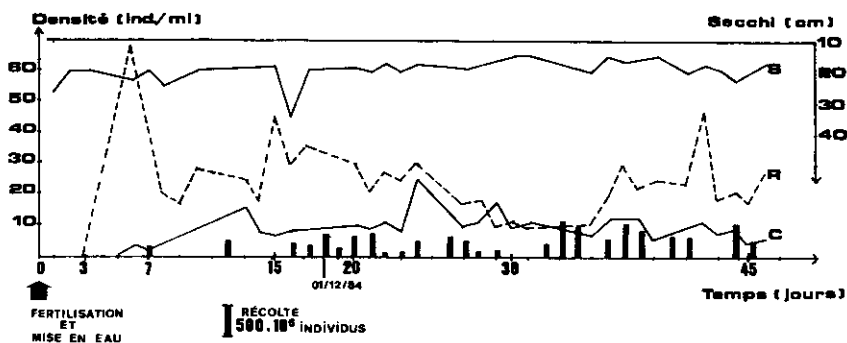


Figure 5. Bassin Z3 - exemple de variations de la turbidité (Secchi), de la densité de rotifères et de copépodes en fonction du temps.

Bassins P.

Un dispositif autonome, réalisé localement fonctionnant sur une batterie 12 volts, permet la récolte de zooplancton dans ces bassins non alimentés en électricité (fig. 4).

Fréquence et taux de récolts.

Les récoltes sont réalisées quotidiennement suivant les besoins de l'élevage larvaire, mais le taux de récolte dépend surtout de la densité de la population dans les bassins, fin de maintenir une densité optimale (entre 25 et 50 individus/ml) - (fig. 5).

Distribution aux larves de loup.

Les récoltes sont tamisées à 1 mm afin d'éliminer les insectes, rincées abondamment à l'eau de mer, comptées après dilution d'un échantillon de 1 ml (1/500 ou 1/1000) et distribuées aux larves, parfois après enrichissement.

Stockage.

En dehors des périodes d'élevage larvaire, la boîmasse produite est stockée sous forme congelée en sachets de 300 à 1000 g, additionnée de 0,2% de polyphosphate de sodium et 150 mg de vitamine C par kg.

RESULTATS ET DISCUSSION

Facteurs physiochimiques

La température varie en surface de 25 - 28°C le matin à 30 - 35°C maximum l'après-midi, alors qu'elle varie peu en profondeur (de 26 à 28°C).

Le pH compris entre 7,3 et 8,6 le matin peut augmenter dans la journée de 0,8 unité pH en surface (Aliaume, 1985).

La salinité augmente progressivement durant la saison sèche (de janvier à juin) atteignant des valeurs supérieures à 41‰ (mars 1984), et même 66‰ (Z 4 le 06/06/85). Lors de la saison des pluies, la salinité peut chuter rapidement de plusieurs unités/jour. Ces brusques variations peuvent provoquer un ralentissement de croissance de la population de quelques jours. Il est toutefois possible de limiter ces variations en ajoutant eau douce ou eau de mer selon le cas.

L'azote ammoniacal a atteint des taux variables suivant les bassins et les taux de fertilisation. Le maxima enregistré a été de 3 mg/l (Z3 le 14/01/85). En général, les concentrations varient entre 0 et 1 mg/l.

L'azote nitreux n'a pas excédé 0,21 mg/l (Z3 le 12/12/84) mais fluctuait autour de 0,03 mg/l (Aliaume, 1985).

Croissance générale

Les espèces dominantes, non déterminées sont des algues unicellulaires isolées, rondes (de 2 µm et 8 µm de diamètre), non flagellées.

Suivis par mesure de la turbidité (Secchi), les blooms de phytoplancton sont obtenus en huit jours après fertilisation (Secchi de 15 cm, eau bien verte). Un secchi de 15 à 25 cm est maintenu par apport régulier de fertilisant et récolte des consommateurs - le zooplancton (fig. 5).

D'après Almaza et Boyol (1978), un Secchi de 20 cm correspondrait à environ 25 mg/l de M0 particulaire et à une valeur supérieure à 300 ug/l de chlorophylle.

Le zooplancton

Composition spécifique

En général, les rotifères composent 80 à 90% (en nombre d'individus) de la population, les copépodes (larves et adultes) seulement 10 à 20%. En biomasse, les copépodes adultes représentent à eux seuls de 40 à 50% des récoltes. (cf. tableau 1).

Tableau 1. Corrélacion nombre d'individus - biomasse

	Nombre d'individus par gramme de poids humide	Poids humide individuel (μ g)	% poids sec	Poids sec individuel (μ g)
Copépodes (Yvon)	100 000	10	15%	1 500
Adultes (Aliaume)	150 000	7	15%	1 050
Nauplii + rotifères	800 à 950 000	1,25 à 1,05		
Moyenne approx. des récoltes (copépodes 10% + rotifères 90%)	500 000			

Croissance de la population zooplanctonique (tableau 2)

Le bloom de rotifères suit le bloom algal un décollage de un à deux jours, atteignant des densités de 20 - 30 individus par ml, 60 - 100 individus par ml en moins de 10 jours (fig. 5).

Les copépodes, ayant un développement beaucoup plus long, apparaissent généralement après les rotifères. En moyenne, la densité de copépodes fluctue entre 5 et 15 individus par ml. Le maximum atteint a été de 25 individus par ml en 15 à 24 jours après mise en eau (fig. 5).

Les récoltes permettent de maintenir la densité optimale de croissance, entre 25 et 50 individus (ml). En l'absence de récolte, la densité de rotifères peut chuter très rapidement (un à deux jours) pour diverses raisons - manque de nourriture, autorégulation, etc.

Talbeau 2. Coefficient instantané d'accroissement (r) et temps de doublement (td).

	r (jour ⁻¹)	td (jour)
Rotifères (Aliaume, 1985)	0,86	0,81
Copépodes (Yvon, 1984 Aliaume, 1985)*	0,14 Adultes 0,35 Nauplii 0,195 + adulte	5 1,99 3,55

$$r = \frac{1}{t} \ln \frac{N_t}{N_0}$$

t en jours
No N effectifs

$$td = \frac{1}{r} \ln 2$$

* besoin P2 du 09/04/85 (de J7 à J4 après mise en eau)
 Densité à J14: Rotifères - 0
 Nauplicopépodes - 12,5/ml
 Copépodes + adultes - 12,5/ml

Résultats de production

Les premières expériences de début 1984 ont permis une production de 125 g par are et par jour, sur une période de deux mois et demi. L'aménagement des bassins (recirculation des milieux de culture, récoltes simultannées) a permis grâce à une meilleure gestion des bassins, de doubler cette productivité durant les cycles d'élevage larvaire d'août 1984 et décembre 1984. Début 1985, ce résultat a été confirmé dans ces mêmes bassins Z - 330 g par are et par jour. Lors de ce dernier cycle (du 26 mar au 29 avril 1985), le bassin P3 (3 ares) n'a été récolté de manière régulière que durant trois semaines, mais a montré une productivité équivalents.

Le bassin P2 (2,2 ares), récolte durant une semaine a produit près de 800 g par are et par jour en maintenant sa densité les jours suivants.

L'ensemble de ces bassins a permis de récolter environ 30 milliards d'individus représentant de 60 à 65 kg de biomasse, dont la moitié de copépodes adultes. Soit une moyenne quotidienne proche de deux kilogrammes, permettant une économie importante en cystes d'*Artémia* pour ce cycle d'élevage larvaire. Durant le mois de juillet 1985, seuls les copépodes adultes ont été récoltés (filet de 150 um) pour la congélation, les rotifères ne présentent aucun intérêt sous forme congelée.

L'ensemble des trois bassins (P1, P2, P3) ont produits 150 g par are et par jour de copépodes adultes, ce qui correspond bien à 40 - 50% de la productivité totale (rotifères + copépodes). Ces résultats ont été obtenus sur des périodes de un à deux mois et demi, lors des cycles d'élevage larvaire de loup, en toutes saisons, sur deux années consécutives.

Nous pouvons donc considérer qu'une production de 330 g par are et par jour est maîtrisée en routine, avec un minimum de suivi et suivant).

Estimation du prix de revient (tableau 3)

Calculé sur une période de 6 mois pour un bassin de 3 ares:

- fumier: 500 F/tonne/6 mois;
- électricité: 300F/6 mois;
- main d'oeuvre technicien 3 heures/jour = 3 600 F.

Total: 4 400 F.

Production 180 kg zooplancton.

Prix de revient en kg de zooplancton:

- rotifères + copépodes vivants = 25 F
- copépodes congelés = 50 F.

Tableau 3. Comparatif des prix de revient des proies vivantes ou congelées utilisées à AQUAMAR

Zooplancton	Prix de revient/kg: poids humide
<u>Vivant</u>	
Nauplii <u>Artémia</u>	700 F/kg cystes (5 F B) 250 - 300 F/kg nauplii
Rotifères + copépodes AQUAMAR	25 F/kg
<u>Congelé</u>	
Copépodes importés (salins du midi)	50 F départ métropole 81 F arrivée Martinique
Copépodes AQUAMAR	50 F/kg

CONCLUSION

Nous avons donc prouvé la faisabilité d'un élevage en extensif de rotifères et de copépodes marins en bassin en terre avec fertilisation organique.

Une productivité de 330 g par are et par jour (poids humide) est obtenue en routine par un investissement et un coût de fonctionnement très inférieurs aux Artémia salina. Notons également que la valeur nutritionnelle du zooplancton produit est très supérieure aux nauplii d'Artémia.

Des travaux sont engagés sur la maîtrise de la production d'espèces de taille supérieure élevées en eau douce (Moina micrura et Daphnia pulex).

BIBLIOGRAPHIE

- Alliaume C., 1985. Elevage semi-intensif de plancton marin en milieu tropical. Rapport d'ingéniorat Sci. Tech. de l'Eau, I.S.I.M., Montpellier: 72 p.
- Almaza G., and C. Boyd, 1978. Evaluation of Secchi disk visibility for estimation of plankton density in fish ponds. *Hydrobiologia* 61(3): 205-208.
- Wurtz Arlet J., 1980. La fertilisation de étangs. pp. 99-106 in R. Billard (ed.), *La pisciculture en étang*, INRA Publ. Paris.
- Yvon C., 1984. Production de zooplancton marin en bassin en terre, avec fertilisation organique, sur le site d'AQUAMAR (MARTINIQUE). Rapport interne ADAM-AQUAMAR: 35 p.