

# Peuplements et Biomasse Zooplanctonique dans des Etangs de Pisciculture Lagunaire (Layo, Côte d'Ivoire)

## Etude de la Recolonisation Après la Mise en Eau

MARC LEGENDRE<sup>1</sup>, MARC PAGANO<sup>2</sup> et LUCIEN SAINT-JEAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherches Océanographiques, B.P. V 18, Abidjan (Côte d'Ivoire)

<sup>2</sup>Centre d'Océanologie de Marseille, Faculté de Luminy, route Léon Lachamp, F 13288 Marseille cédex 9 (France)

<sup>3</sup>Centre ORSTOM, 2051 Av. du Val de Montferrand, 34032 Montpellier cédex (France)

(Accepté le 6 mai 1987)

### ABSTRACT

Legendre, M., Pagano, M. and Saint-Jean, L., 1987. Zooplankton populations and biomass in brackish aquaculture ponds (Layo, Ivory Coast). Recolonisation after liming and filling. *Aquaculture*, 67: 321-341 (in French).

Variation of physico-chemical parameters, phytoplankton biomass, and the composition and abundance of zooplankton were studied in brackish water pisciculture ponds after liming and filling. Two successive peaks of abundance were observed for both phyto- and zooplankton, followed by a decrease in biomass which then became more or less stable at lower values. The first zooplankton peak (2-2.5 g DW/m<sup>3</sup>) was almost exclusively made up of rotifers and it occurred 8-10 days after liming. Crustacea developed later and dominated the second peak of abundance (1.2-1.4 g) occurring 13-20 days after liming. Total biomass then fell and fluctuated around 0.3 g. The distribution in size classes was estimated in terms of numbers and biomasses. It shows that the population of the ponds studied is composed mainly of small organisms in spite of the lack of predators. Results are analysed with regard to possible application in rearing fish larvae.

### RESUME

Legendre, M., Pagano, M. et Saint-Jean, L., 1987. Peuplements et biomasse zooplanctonique dans des étangs de pisciculture lagunaire (Layo, Côte d'Ivoire). Etude de la recolonisation après la mise en eau. *Aquaculture*, 67: 321-341.

L'évolution des paramètres physico-chimiques, du phytoplancton, de la composition et de l'abondance du zooplancton, a été étudiée après le chaulage et la remise en eau, dans des étangs de pisciculture saumâtres. Pour le phytoplancton comme pour le zooplancton on observe deux pics successifs suivis d'une baisse et d'une relative stabilisation des biomasses autour de valeurs beaucoup plus faibles. Le premier pic de zooplancton (2-2,5 g PS/m<sup>3</sup>) est presque exclusivement constitué de rotifères et se produit 8-10 jours après le chaulage. Les crustacés se développent plus tard et sont dominants lors du second pic (1,2-1,4 g), qui a lieu 13-20 jours après le chaulage. Ensuite,

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

la biomasse totale chute et fluctue autour de valeurs de l'ordre de 0,3 g. Le calcul de la répartition par classe de taille des effectifs et de la biomasse, montre globalement que le peuplement des étangs étudiés est de petite taille, malgré l'absence de prédateurs. Les résultats obtenus sont analysés dans la perspective d'une utilisation de ces étangs pour l'élevage de larves et de juvéniles de poissons.

## INTRODUCTION

Souvent considérés comme de simples habitats pour l'élevage de poissons nourris artificiellement, les étangs de pisciculture sont de plus en plus l'objet de recherches qui s'attachent à préciser les interrelations entre les organismes qui le peuplent, leur production, et le bilan des transferts de matière qui s'y produisent. Le zooplancton joue un grand rôle dans ces processus. En effet il est bien connu que la quasi totalité des poissons passent, au cours de leur développement, par une phase alimentaire zooplanctophage, et que le zooplancton occupe une position clé dans les transferts. Les objectifs pratiques de ces recherches sont de deux ordres: évaluer le potentiel de production de proies par l'écosystème à l'état naturel ou après enrichissement; optimiser son exploitation par la pratique de la polyculture, la maîtrise des processus d'enrichissement, la prévention d'accidents d'ordre écologique, etc. Geiger (1983) fait une présentation exhaustive de ces recherches et définit en termes écologiques les problèmes posés par l'exploitation des étangs.

Le présent travail s'inscrit dans cette perspective avec les objectifs suivants: étudier le processus de recolonisation du milieu par les organismes planctoniques à partir de la remise en eau; obtenir des informations sur l'abondance et la composition du peuplement, y compris après cette phase. Il est par ailleurs complémentaire d'une étude sur le régime alimentaire et l'élevage des larves d'*Heterobranchus longifilis* (Legendre et al., en préparation).

## MILIEU ET MÉTHODES

L'étude porte sur des étangs de la station de pisciculture de Layo située en bordure de la lagune Ebrié. Les étangs ont une superficie moyenne de 600 m<sup>2</sup> pour une profondeur comprise entre 0,50 et 1 m, variable suivant le degré de remplissage. Ce sont des étangs d'eau saumâtre dont la salinité varie saisonnièrement de 0 à 6‰ et la température de 25 à 33°C. Ils sont utilisés essentiellement pour le prégrossissement de différentes espèces de poissons (principalement *Chrysichthys nigrodigitatus*). Avant chaque phase d'exploitation l'étang est vidé par pompage puis nettoyé et chaulé (0,2 kg CaCO<sub>3</sub>/m<sup>2</sup>). La mise en eau se fait ensuite progressivement (3-10 jours) par la remontée de la nappe phréatique (saumâtre) et les précipitations.

Les mesures et les prélèvements sont effectués après le coucher du soleil (18.30 h) depuis une petite embarcation pneumatique amarrée à un piquet au milieu de l'étang.

La température et la salinité sont mesurées en surface à l'aide d'un thermomètre à mercure et d'une sonde YSI; le pH est estimé à l'aide d'un papier pH (échelle 6-8).

Les sels nutritifs sont dosés sur des échantillons prélevés en surface et conservés au congélateur. Les concentrations en  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  et  $\text{PO}_4$  sont déterminées à l'autoanalyseur Technicon selon les protocoles recommandés par Strickland et Parsons (1972).

Les teneurs en carbone, azote, phosphore et chlorophylle *a* ( $\text{C}_p$ ,  $\text{N}_p$ ,  $\text{P}_p$ , chl.*a*) du seston inférieur à 64  $\mu\text{m}$ , sont déterminées à partir d'échantillons d'eau prélevés en surface et filtrés sur filtre Whatman GF/C. Les filtres, précalcinés à 350°C pour le C et l'N, sont conservés au sec (silica gel) avant analyse: autoanalyseur CHN Hewlett-Packard 180 B pour le carbone et l'azote, méthode de Menzel et Corwin (1965) pour le phosphore et méthode de Lorenzen (1967) pour la chlorophylle et les phaeopigments.

Le zooplancton est prélevé à l'aide d'une trappe de Schindler modifiée, immergée à mi-profondeur. Le contenu de une à trois trappes, soit 20-60 l, est concentré, recueilli dans un pillulier, puis formolé à 5%. Les comptages sont effectués au laboratoire sur une partie de l'échantillon. L'autre partie sert à évaluer la biomasse totale: le matériel est débarrassé des plus gros détritiques, lavé à l'eau douce, recueilli sur une soie prépesée, séché à l'étuve à 60°C, et enfin pesé à l'électrobalance Cahn (précision 1  $\mu\text{g}$ ). Les biomasses des principales composantes sont estimées à partir de pesées et de mesures de volumes ou de longueurs, selon les modalités indiquées dans le Tableau 1.

Trois séries d'observations ont été réalisées dans un étang non empoissonné (étang no. 1: 750 m<sup>2</sup>), la première en mai-juin (début de la grande saison des pluies), la seconde en juillet-septembre (petite saison sèche) et la troisième en septembre-octobre (petite saison des pluies). Les observations de la première série sont plus précoces et complètes, débutant 6 jours après le chaulage (19 et 8 jours dans les séries 2 et 3), alors que la phase de remplissage n'est pas terminée. Quatre prélèvements ont également été réalisés dans un étang exploité pour le prégrossissement de poissons (étang no. 2; 300 m<sup>2</sup>). Les trois premiers (12 juin, 17 juillet et 23 août 1985) ont eu lieu alors que l'étang était en eau depuis plus de 6 mois et empoissonné avec *Oreochromis niloticus*, et le quatrième (31 octobre 1985) après une nouvelle mise en eau (chaulage le 19 septembre), l'étang étant alors empoissonné avec de jeunes *Chrysichthys nigrodigitatus*. Au cours de ces deux phases d'exploitation, un aliment dosé à 32% de protéines était fourni quotidiennement aux jeunes poissons.

## RESULTATS

### *Evolution après la mise en eau (étang no. 1)*

*Evolution des facteurs physico-chimiques et du matériel particulaire.* L'évolution au cours de la première série d'observations (mai-juin) est illustrée dans la Fig. 1, y compris pour la température et la salinité, paramètres qui, a priori,

TABLEAU 1

Poids appliqués pour le calcul de la biomasse des différentes catégories d'organismes et mode d'estimation de ces poids

| Catégories d'organismes                  | Séries d'observations ou jours | Poids ( $\mu\text{g PS}$ ) | Modes d'estimation                | Remarques                                                        |
|------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <i>Brachionus</i> (cf) <i>plicatilis</i> | Toutes séries                  | 0,07                       | Pesée                             | Long. moy = 167 $\mu\text{m}$                                    |
| <i>B.</i> (cf) <i>calyciflorus</i>       | —                              | 0,19                       | (Vol.B.c./vol.B.p.) $\times$ 0,07 | Volumes déduits des dimensions                                   |
| <i>B.</i> (cf) <i>falcatus</i>           | —                              | 0,07                       | (Vol.B.f./vol.B.p.) $\times$ 0,07 | Volumes déduits des dimensions                                   |
| <i>Asplanchna</i>                        | —                              | 0,50                       | Pesée                             | D'après Dumont et al. (1975)                                     |
| Autres rotifères                         | —                              | 0,07                       | Egal à poids de B.p.              |                                                                  |
| <i>Moina</i> (cf) <i>micrura</i>         | Série 1 (31 mai)               | 1,40                       | Pesée                             | Longueur moyenne = $L_o = 478 \mu\text{m}$                       |
|                                          | Série 1 (autres jours)         | $W_i$ variable             | $W_i = (L_i/L_o)^3 \times 1,4$    | $L_i$ : Longueur moyenne le jour i                               |
|                                          | Autres séries                  | 0,91                       | Moyenne de la série 1             |                                                                  |
| <i>Diaphanosoma</i> (cf) <i>excisum</i>  | Série 1 (3 juin)               | 1,27                       | Pesée                             | $L_o$ : 480,9 $\mu\text{m}$                                      |
|                                          | Série 1 (autres jours)         | $W_i$ variable             | $W_i = (L_i/L_o)^3 \times 1,27$   | $L_i$ : Longueur moyenne le jour i                               |
|                                          | Autres séries                  | 1,69                       | Moyenne de la série 1             |                                                                  |
| Nauplies (ensemble des espèces)          | Toutes séries                  | 0,08                       | Vol. $\times$ 167,6               | Coef. de conversion du vol. en poids sec de Miller et al. (1977) |
| <i>Mesocyclops</i> :                     |                                |                            |                                   |                                                                  |
| Copépodites 1, 2, 3                      | —                              | 0,24; 0,48; 0,70           | $W = 5,7 \times L^{3,1}$          | D'après Gras et Saint-Jean (1981b)                               |
| Copépodites 4 + 5                        | —                              | 1,16 à 1,71 *              |                                   |                                                                  |
| Adultes mâle et femelle                  | —                              | 1,36; 6,4                  |                                   |                                                                  |
| Copépodites + adultes                    | Autres séries                  | 0,47                       | Moyenne de la série 1             |                                                                  |

\*Variable suivant les proportions de C4 et C5.

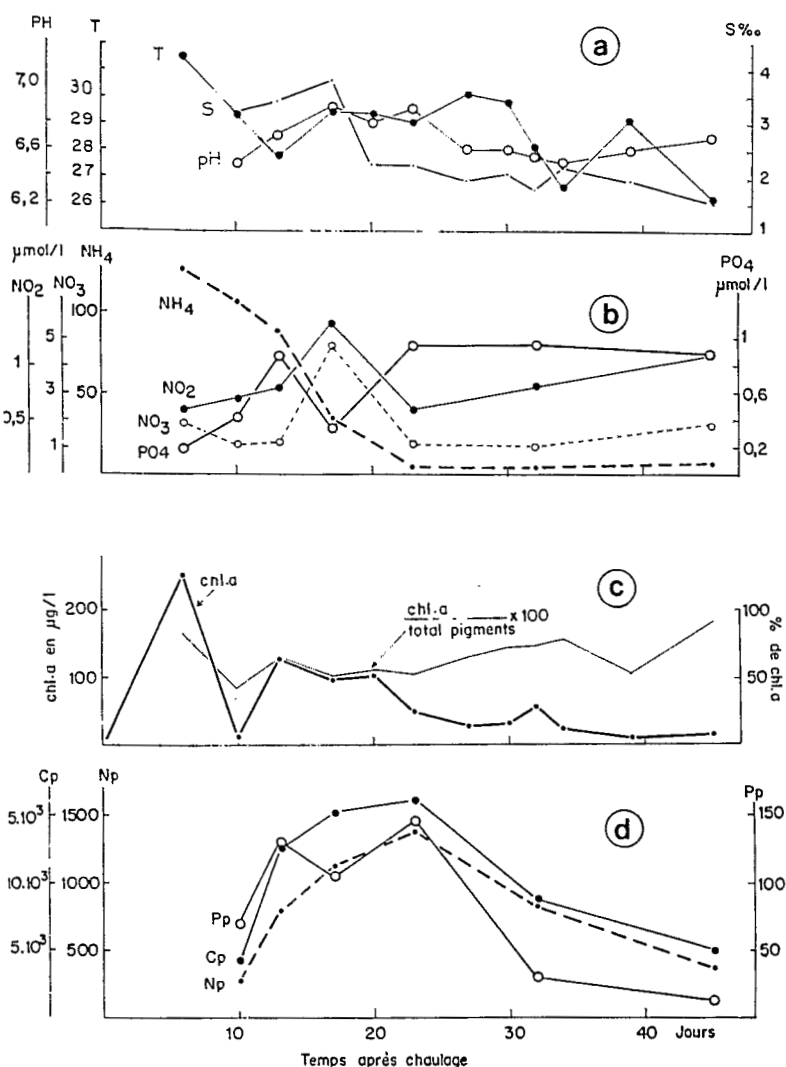


Fig. 1. Evolution des paramètres physico-chimiques et du matériel particulaire inférieur à  $64 \mu\text{m}$  au cours de la première série d'observations (mai-juin): (a) température, salinité et pH; (b) ammoniacque, nitrates, nitrites et phosphates; (c) chlorophylle *a* et pourcentage de chlorophylle active; (d) carbone ( $\text{C}_p$ ), azote ( $\text{N}_p$ ), et phosphore ( $\text{P}_p$ ) particulaires.

ne sont pas affectés par le traitement des étangs. On notera que ces deux paramètres sont assez étroitement soumis aux conditions atmosphériques puisqu'ils baissent rapidement vers le 17ème jour sous l'effet des fortes précipitations enregistrées en début de série.

Le pH, mesuré à partir du 10ème jour seulement, varie peu autour de 6,7,

mais il est vraisemblablement beaucoup plus élevé au début de la remise en eau, des valeurs de 9–11 étant fréquemment citées dans la littérature.

Les teneurs en sels minéraux varient fortement en début de période puis se stabilisent à partir du 23ème jour (Fig. 1b). Les fortes concentrations en  $\text{NH}_4$  notées au début ( $120 \mu\text{mol/l}$  au 6ème jour) ont probablement pour origine une forte minéralisation de l'azote organique pendant le processus d'assèchement et de chaulage, et le fait que les eaux de la nappe phréatique qui alimente les étangs est riche en composés minéraux réduits, et notamment en  $\text{NH}_4$  (D. Guiral, communication personnelle, 1986). La remontée de  $\text{NO}_2$  et  $\text{NO}_3$  entre les 10ème et 17ème jour est parallèle à la chute d' $\text{NH}_4$  et correspond sans doute en partie à sa nitrification.

L'évolution du phytoplancton ( $\text{chl.}a$ ) est également caractérisée par une phase initiale à fortes variations, suivie d'une période plus stable 20–30 jours après la mise en eau. Le broutage joue probablement un rôle non négligeable dans les variations observées au cours de la phase initiale, dans laquelle on peut différencier trois pics dont le premier est très important. La diminution progressive des concentrations en chlorophylle qui intervient au cours de cette phase, et leur stabilisation à des niveaux beaucoup plus bas, est vraisemblablement liée à la baisse des teneurs en sels nutritifs azotés et en particulier en  $\text{NH}_4$ . Le matériel particulaire en suspension ( $C_p$ ,  $N_p$  et  $P_p$ ), estimé à partir du 10ème jour, suit grossièrement l'évolution de la chlorophylle en ce sens qu'il diminue comme la  $\text{chl.}a$  après la phase initiale de recolonisation. L'estimation en termes de carbone de la quantité de matériel non algal (détritus, bactéries, protozoaires), obtenue par différence entre le carbone total et le carbone algal déduit de la concentration en chlorophylle ( $\text{chl.}a \times 60$ ) laisse supposer que le carbone particulaire est essentiellement d'origine phytoplanctonique au début de la phase de recolonisation (Fig. 2). On note que la diminution de phytoplancton après le 13ème jour s'accompagne d'une augmentation parallèle du carbone particulaire non algal, sans doute de nature essentiellement détritique.

*Evolution de la composition spécifique du peuplement.* La faune planctonique des étangs est relativement peu diversifiée, avec neuf espèces de rotifères, deux cladocères et trois copépodes, dont l'identification reste à confirmer; des ostracodes sont aussi observés en pleine eau. Les espèces les plus fréquentes sont: *Brachionus* (cf) *plicatilis*, *B.* (cf) *calyciflorus*, *Hexarthra* (cf) *intermedia*, *Moina* (cf) *micrura*, *Diaphanosoma* (cf) *excisum* et *Mesocyclops* (cf) *leuckarti*. A côté de ces formes planctoniques, figurent des larves d'insectes (principalement des chironomides) et des notonectes.

L'évolution du peuplement a été suivie dans la première série d'observations mais aussi dans la troisième, qui débute suffisamment tôt après le chaulage (8 jours) pour que les premiers stades de la recolonisation par le zooplancton soient discernables. Globalement, elle se caractérise par une phase initiale de développement exponentiel des populations, suivie d'une phase de décrois-

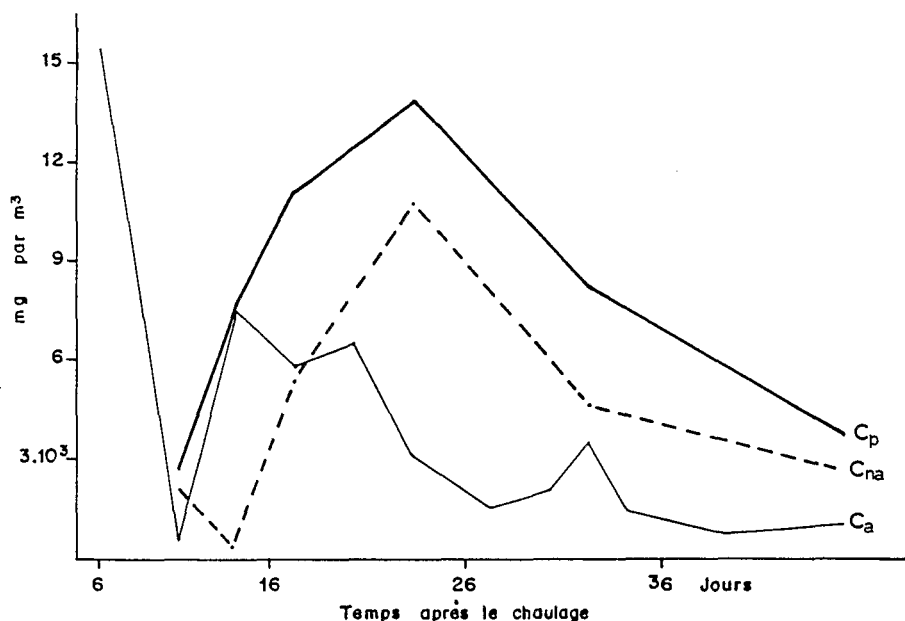


Fig. 2. Evolution des différentes formes de carbone particulaire au cours de la première série d'observations: C<sub>a</sub> = carbone algal; C<sub>na</sub> = carbone non algal; C<sub>p</sub> = carbone total.

sance puis de relative stabilisation, surtout valable dans le cas des cyclopidés et des cladocères (Figs. 3 et 4). Les rotifères apparaissent les premiers et atteignent leur densité maximum (34 000 individus/l dans la première série, 11 000 dans la troisième) aux environs du 10<sup>ème</sup> jour. Ils présentent, même bien au-delà de la phase initiale, une évolution en dents de scie très accusée, particulièrement au niveau spécifique (Figs. 3b et 4b). Après ce premier maximum, les rotifères diminuent très fortement, alors que le peuplement se diversifie avec l'apparition et le développement des cladocères et des copépodes. Ces deux groupes atteignent leur maximum d'abondance entre le 15<sup>ème</sup> et le 20<sup>ème</sup> jour (186 et 718 individus/l). La diversité du peuplement se maintient par la suite, mais avec des variations qui peuvent être très importantes, comme nous le verrons ultérieurement. On notera, d'une part, qu'il ne semble pas y avoir d'ordre bien déterminé dans l'apparition ou le degré de développement des cladocères et des copépodes (les premiers apparaissent plus tard et se développent moins dans la série 1, l'inverse se produisant dans la série 3), et d'autre part, que tous les stades de développement sont présents très tôt, dès le 10<sup>ème</sup> jour et probablement avant, chez les copépodes.

*Evolution en termes de biomasse.* Les variations de la biomasse dans les séries de mai-juin et de septembre-octobre sont comparables et se caractérisent par deux maximums successifs suivis d'une décroissance puis d'une stabilisation,

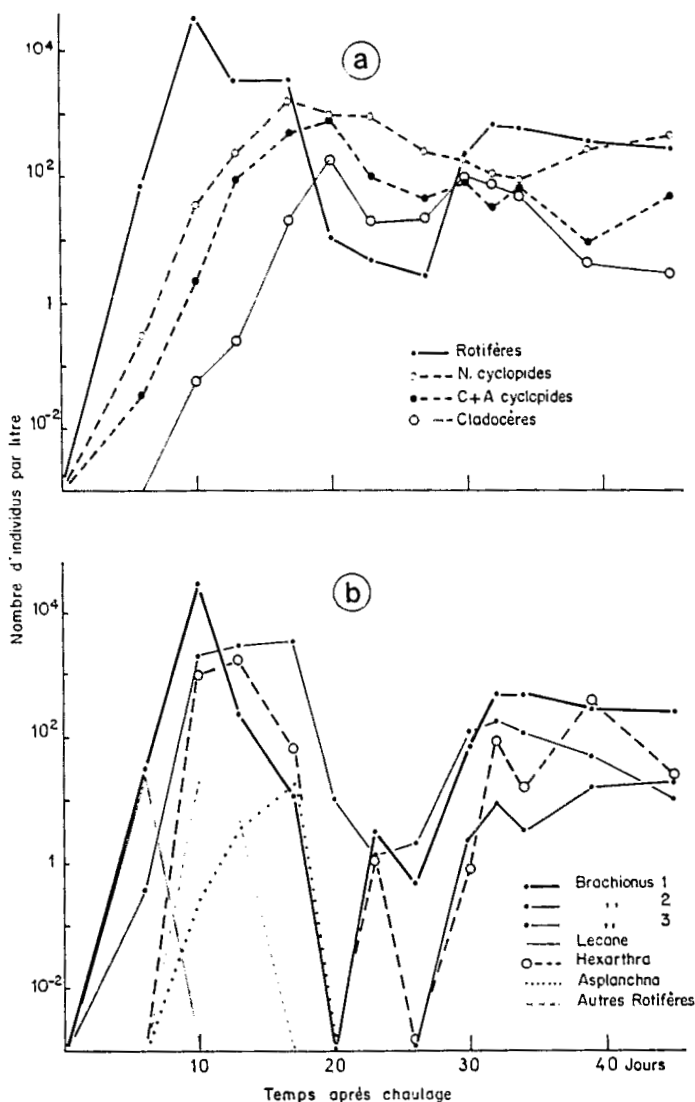


Fig. 3. Evolution des effectifs des organismes planctoniques au cours de la première série d'observations: (a) principaux groupes: rotifères, nauplies, copépodites et adultes de cyclopides, cladocères; (b) différents rotifères.

après le 20ème jour dans le premier cas et plus tard dans le second (Fig. 5). En mai-juin, le premier pic ( $2,5 \text{ g/m}^3$ ) correspond à des rotifères et survient le 10ème jour, succédant au premier maximum de chlorophylle. Le second pic, beaucoup plus faible ( $1,4 \text{ g/m}^3$ ), correspond à un peuplement plus diversifié (55% de rotifères) et succède au deuxième pic de chlorophylle. Cette interdépendance entre les biomasses zoo- et phytoplanctoniques est conforme au



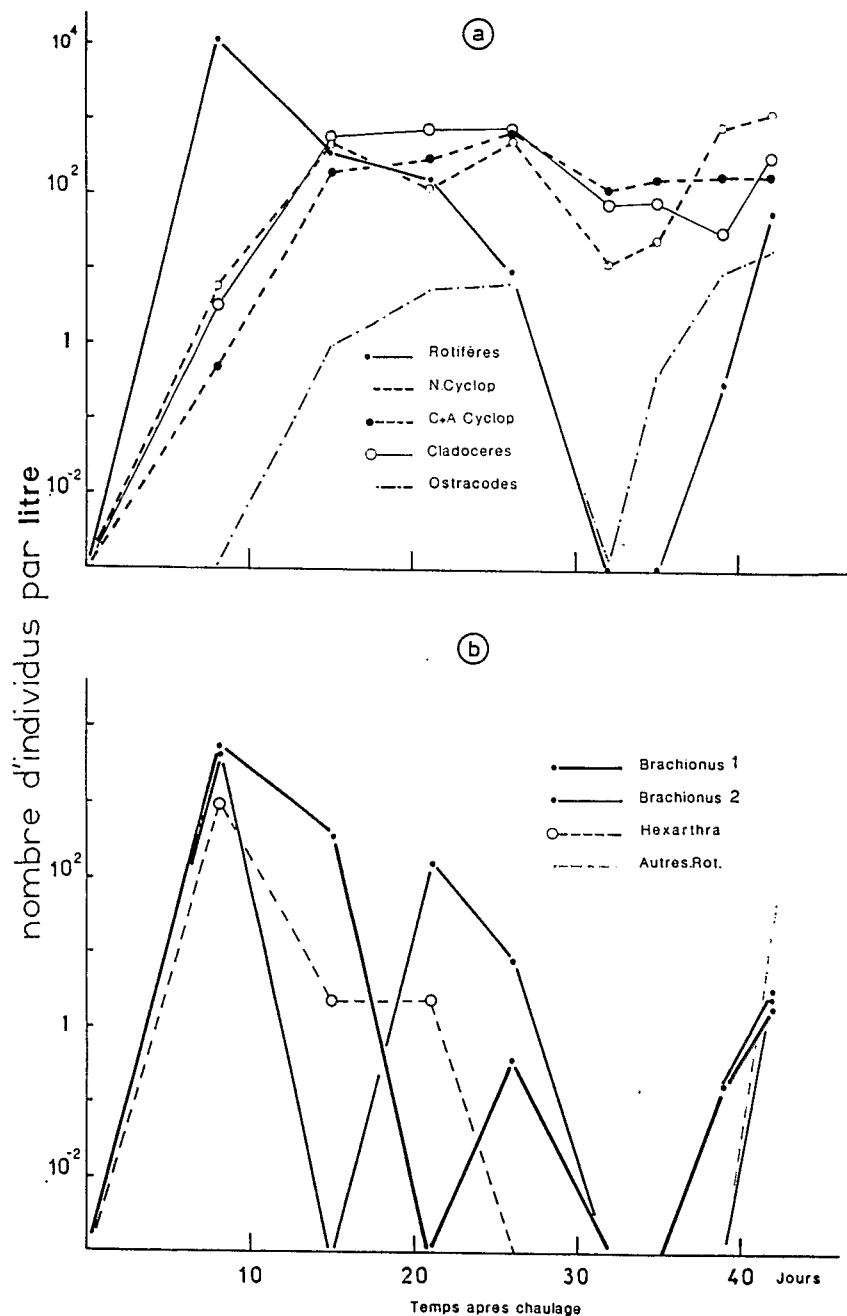


Fig. 4. Evolution des effectifs au cours de la troisième série d'observations (septembre-octobre): (a) principaux groupes; (b) différents rotifères.

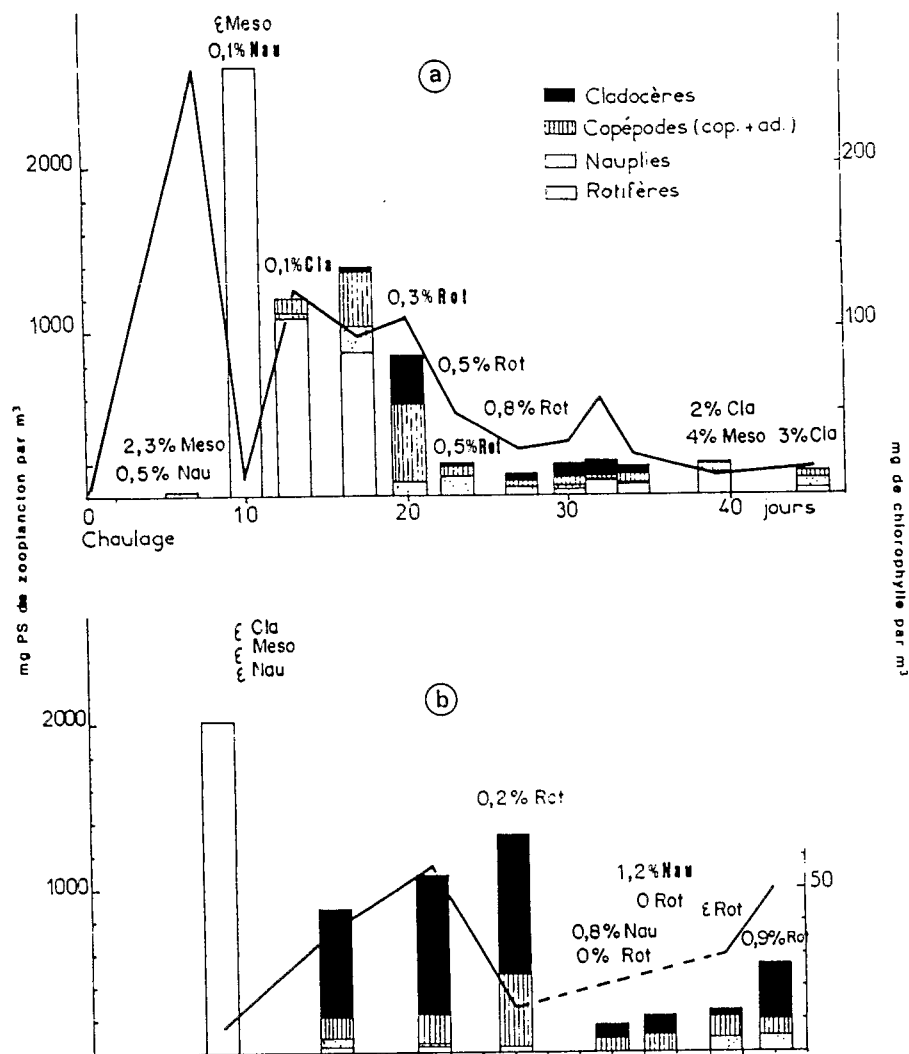


Fig. 5. Evolution des biomasses du zooplancton et du phytoplancton au cours de la première (a) et de la troisième série d'observations (b).  $\epsilon = < 0,1\%$ ; 0% = absent.

schéma classique, mais survient ici sur un laps de temps très court. Par la suite la biomasse se stabilise plus ou moins à des niveaux de l'ordre de 0,3 g, six à sept fois plus faibles que lors des premiers maximums.

Dans la première série, la diminution générale de la biomasse algale (chl.a) s'accompagne d'une diminution progressive de la taille ( $L$ ) chez les cladocères et chez les copépodes (Fig. 6). A titre indicatif nous mentionnerons les droites de régression obtenues pour les trois espèces ou stades considérés:  $L = 1,89 \text{ chl. } a + 348$ , avec  $r = 0,96$  pour  $n = 8$  chez *Moina*;  $L = 2,88 \text{ chl. } a + 500$ , avec  $r = 0,925$

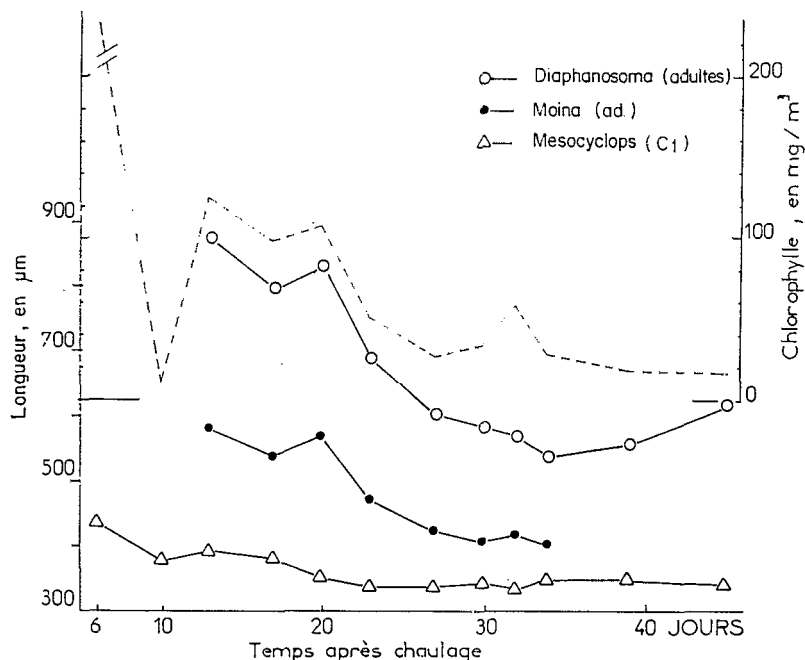


Fig. 6. Evolution des longueurs moyennes de *Moina*, de *Diaphanosoma* et des C1 de *Mesocyclops*, ainsi que de la chlorophylle au cours de la première série d'observations.

pour  $n=10$  chez *Diaphanosoma*;  $L=0,402 \text{ chl. } a+325$ , avec  $r=0,775$  pour  $n=10$  chez les C1 de *Mesocyclops* ( $L$  est en  $\mu\text{m}$  et  $\text{chl. } a$  en  $\mu\text{g/l}$ ).

*Evolution de la structure en taille du peuplement.* La structure en taille est un descripteur synthétique du peuplement intéressant à connaître notamment pour l'analyse des relations prédateur-proie. Ainsi la répartition de la biomasse zooplanctonique par classe de taille a-t-elle été calculée dans la série de mai-juin pour trois périodes caractéristiques: (a) le pic de rotifères (10ème jour) (Fig. 7a); (b) la phase d'installation des cyclopidés et des cladocères (13ème-20ème jour) (Fig. 7b); (c) la phase de dominance des crustacés (23ème-34ème jour) (Fig. 7c). De même nous avons calculé les tailles moyennes du peuplement toutes espèces confondues, en tenant compte de la répartition par classe de taille en termes d'effectifs et de biomasses (Fig. 8).

La diversification du peuplement s'accompagne d'un étalement de l'histogramme des tailles et d'une augmentation de la taille moyenne. De façon générale le peuplement se caractérise par un spectre de longueurs assez réduit (70-1000  $\mu\text{m}$ ), et par la dominance des petites formes ( $<250 \mu\text{m}$ ). Les gros organismes ( $>650 \mu\text{m}$ ), tels que les cladocères adultes, les C4, les C5 et les adultes de *Mesocyclops*, sont peu représentés malgré l'absence de poissons zooplanctophages.

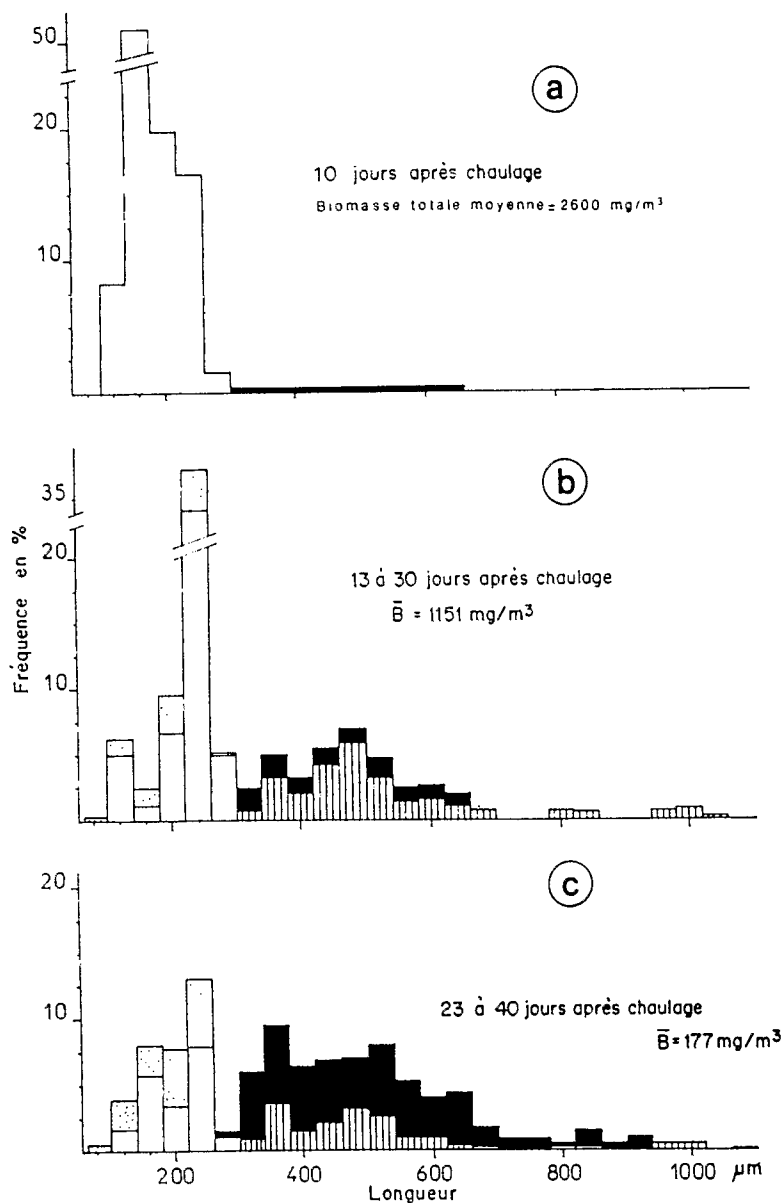


Fig. 7. Répartition par classe de taille des biomasses des principaux groupes planctoniques au cours des trois phases différenciées dans la première série: (a) phase initiale à rotifères; (b) phase d'installation des crustacés; (c) phase à crustacés dominants.

#### *Caractéristiques des peuplements après la phase de recolonisation*

Le Tableau 2 récapitule les valeurs moyennes observées au moins 30 jours

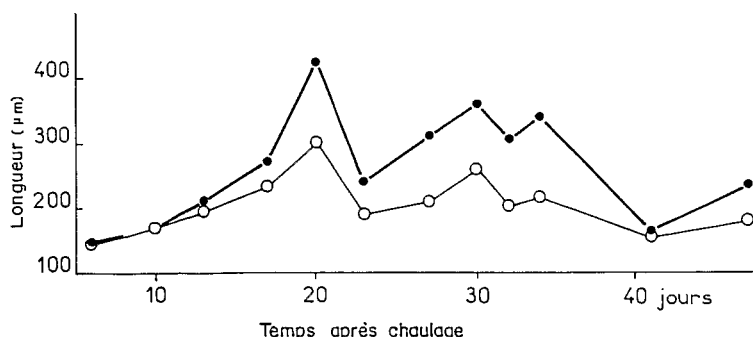


Fig. 8. Evolution de la taille moyenne du peuplement au cours de la première série, calculée à partir de la répartition par classes de longueur des effectifs (cercles) et des biomasses (cercles pleins).

après le chaulage dans les trois séries d'observations de l'étang no. 1, ainsi que celles notées au cours de deux phases d'exploitation dans l'étang no. 2.

Ces données permettent de dégager quelques caractéristiques générales du peuplement ayant atteint un certain "état d'équilibre". La première est que la biomasse et l'importance relative des trois grands groupes d'organismes (rotifères, cladocères, copépodes) sont très variables. La biomasse maximum ( $1790 \text{ mg/m}^3$ ) est observée dans l'étang no. 2, siège d'un enrichissement par la nourriture apportée aux poissons, et correspond à un peuplement "jeune", constitué presque exclusivement de rotifères. Si l'on excepte ce maximum, la biomasse totale est très inférieure aux valeurs observées au cours de la phase de recolonisation, puisqu'elle reste comprise entre 70 et  $300 \text{ mg/m}^3$ . Les cyclopidés, à développement long et dont les derniers stades sont carnivores, présentent les variations les plus faibles (1-33% de la biomasse totale pour les nauplii et 3-32% pour les copépodites et adultes). Les rotifères et les cladocères, qui sont strictement herbivores et ont un cycle de développement court, présentent des variations plus accusées (0-94%). On peut en déduire que les copépodes représentent le groupe le plus stable du peuplement, alors que les cladocères en constituent l'élément dominant en termes de biomasse.

## DISCUSSION

### *Structure et fonctionnement de l'écosystème*

Le démarrage du processus de recolonisation du milieu après la mise en eau (poussée phytoplanctonique) semble être étroitement lié aux fortes concentrations initiales en azote ammoniacal. En effet, on sait que l'ammoniaque est absorbé préférentiellement aux nitrates lorsque ces deux formes d'azote sont présentes simultanément (Pourriot et al., 1982). D'autre part, les profils de variations des sels nutritifs azotés (Fig. 1b) n'indiquent pas de processus de

TABLEAU 2

Facteurs environnementaux, effectif total, biomasse et pourcentage des différents groupes d'organismes (moyennes et valeurs extrêmes) observés dans les étangs ayant atteint leur "état d'équilibre" (30 jours au moins après le chaulage)

|                                        | Etang no. 1: non empoissonné |                      |               | Etang no. 2: empoissonné |            |                          |            |
|----------------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
|                                        |                              |                      |               | Avec <i>Oreochromis</i>  |            | Avec <i>Chrysichthys</i> |            |
| Date                                   | 10-25 juin                   | 13 août-13 septembre | 21-31 octobre | 12 juin                  | 17 juillet | 23 août                  | 31 octobre |
| Jours après chaulage                   | 30-45                        | 46-47                | 32-42         | 200                      | 225        | 272                      | 44         |
| Nombre d'observations                  | 5                            | 3                    | 4             | 1                        | 1          | 1                        | 1          |
| Température (°C)                       | 28,1                         | 27,0                 | 32,6          | ND                       | 29,3       | 28,0                     | 32,4       |
| Salinité (‰)                           | 1,9                          | 1,7                  | 3,0           | ND                       | 2,0        | 1,6                      | 3,0        |
| Chl. <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )     | 29,5                         | 12,1                 | 49,7          | ND                       | 54,8       | 252,2                    | ND         |
| (Minimum-maximum)                      | (12,7-58,7)                  | (79,0-14,6)          |               |                          |            |                          |            |
| Effectifs (ind./l)                     | 819                          | 2511                 | 819           | 186                      | 280        | 668                      | 41 369     |
|                                        | (528-1014)                   | (1333-3470)          | (204-1764)    |                          |            |                          |            |
| Biomasse totale                        | 186                          | 297                  | 297           | 67                       | 213        | 175                      | 1790       |
| (mg/m <sup>2</sup> ) (B <sub>T</sub> ) | (153-208)                    | (138-378)            | (166-539)     |                          |            |                          |            |
| Rotifères (% de B <sub>T</sub> )       | 39,1                         | 60,6                 | 0,3           | 4,4                      | 0,2        | 7,6                      | 94,2       |
|                                        | (17,7-69,3)                  | (55,7-70,3)          | (0-0,9)       |                          |            |                          |            |
| Nauplies (% de B <sub>T</sub> )        | 17,3                         | 32,6                 | 14,1          | 17,7                     | 4,9        | 19,7                     | 1,4        |
|                                        | (4,5-43,3)                   | (22,4-38,7)          | (0,8-35,2)    |                          |            |                          |            |
| Cyclopides (% de B <sub>T</sub> )      | 19,5                         | 5,0                  | 40,2          | 5,8                      | 12,0       | 31,8                     | 3,2        |
|                                        | (5,8-32,2)                   | (1,4-6,8)            | (17,1-50,3)   |                          |            |                          |            |
| Cladocères (% de B <sub>T</sub> )      | 23,8                         | 1,8                  | 45,4          | 72,7                     | 82,9       | 40,8                     | 1,2        |
|                                        | (2,0-45,1)                   | (0,5-4,1)            | (17,0-62,9)   |                          |            |                          |            |

TABLEAU 3

Evolution de l'azote minéral dissous et de l'azote particulaire au cours de la première série d'observations dans l'étang no. 1

|                         | Jours après le chaulage |       |       |       |      |      |
|-------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|------|------|
|                         | 6                       | 10    | 13    | 23    | 32   | 45   |
| Azote dissous ( $N_d$ ) |                         |       |       |       |      |      |
| $NH_4$                  | 127                     | 107   | 89    | 5,5   | 5,0  | 6,5  |
| $NO_3 + NO_2$           | 2,5                     | 1,8   | 2,0   | 1,7   | 1,8  | 2,9  |
| Azote particulaire      |                         |       |       |       |      |      |
| Seston ( $N_p$ )*       | 116                     | 30,2  | 89,1  | 115,2 | 62,4 | 35,1 |
| Zooplankton ( $N_z$ )** | 0,07                    | 18,6  | 8,7   | 1,4   | 1,5  | 1,1  |
| $N_d + N_p + N_z$       | 245,6                   | 158,2 | 188,8 | 123,8 | 70,7 | 45,9 |

\*Estimé d'après la teneur en chlorophylle.

\*\*Estimé d'après le poids sec ( $N_z = 0,1$  PS) (données personnelles).

nitrification suffisants pour expliquer la diminution d' $NH_4$ . Sans exclure une possible accumulation au niveau des sédiments ou une transformation en  $N_2$ , il y aurait donc transformation de l' $NH_4$  en azote algal. Seymour (1980) note des phénomènes similaires, déclenchés par des blooms de cyanophycées, dans les étangs de Camargue. Par la suite, parallèlement à la diminution d' $NH_4$ , on observe une décroissance progressive du phytoplancton, puis du zooplankton, et enfin du matériel particulaire non algal. En termes d'azote cela se traduit par une diminution globale des formes particulaires et minérales dissoutes (Tableau 3). Il en est de même pour le phosphore dont les concentrations passent de  $5 \mu g/l$  entre le 6ème et le 23ème jour, à  $1,4 \mu g$  le 45ème jour. Le maintien du matériel particulaire jusque vers le 23ème jour est dû à une augmentation de la fraction non algale, illustrée, en termes de carbone, dans la Fig. 2. Si l'on fait abstraction d'une possible augmentation des formes organiques dissoutes (non mesurées), il y aurait donc assez rapidement (au bout de 1 mois) perte de matière pour l'écosystème pélagique. Ainsi une partie importante de la matière produite en abondance dès le début du cycle en eau sédimenterait et serait perdue pour l'écosystème pélagique jusqu'à la mise en eau suivante. La reminéralisation au niveau du sédiment serait trop lente pour permettre sa remise en circuit pendant la phase en eau.

En ce qui concerne le peuplement planctonique, le présent travail a permis de mettre en évidence que la recolonisation des étangs est rapide et massive, puisque les éléments présents dans le milieu ayant atteint son état d'équilibre apparaissent dans les 15 jours qui suivent le chaulage, et que les biomasses observées au cours de cette période sont de  $1-2 \text{ g PS}/m^3$ . Elle s'effectue tout d'abord par les rotifères, auxquels succèdent les cladocères et les copépodes dans un ordre que les données disponibles ne permettent pas de définir. Un

autre phénomène notable est l'instabilité des populations de rotifères, particulièrement visible pendant la phase initiale de recolonisation dans la première série d'observations de l'étang no. 1 (Fig. 3b), mais qui se retrouve aussi lorsque le milieu a atteint son état d'équilibre. Cela n'est guère surprenant chez ces organismes connus pour développer fréquemment une stratégie de type *r*, mais les causes des explosions et des brusques disparitions d'espèces, telles qu'on les observe dans le cas mentionné ci-dessus, ne sont pas évidentes compte tenu du caractère favorable des conditions environnementales.

Quoiqu'il en soit la rapide recolonisation du milieu implique la production de formes de résistance pendant la phase en eau et leur sédimentation, à moins que cette production n'intervienne pendant la courte période de vidange des étangs. De fait des éphippies et des mâles de *Moina* sont assez fréquemment observées dans les échantillons récoltés. Chez les copépodes l'entrée en dormance s'effectue souvent aux stades C4 et C5 (Pourriot et al., 1982), expliquant que tous les stades de développement de *Mesocyclops* soient présents très vite après la mise en eau.

La succession rotifères-crustacés est classique (Gygierek et Wasilewska, 1979). En Côte d'Ivoire elle a été déjà observée en étang dans la région de Bouaké (W. Yté, communication personnelle, 1986). En milieu naturel elle se produit généralement sur des périodes plus longues. Citons notamment le lac Chilwa après la phase de remise en eau (Kalk, 1979) et les mares temporaires de Camargue (Pagano, 1981). Outre les processus de sortie de diapause, cette succession est en relation avec les durées des cycles de développement des organismes et leur fécondité.

Les rotifères ont un développement embryonnaire et post-embryonnaire très rapide, de l'ordre de quelques heures aux températures et dans les conditions trophiques rencontrées ici. Donnons à titre d'exemple les valeurs notées par Pourriot et Rougier (1975) chez *Brachionus dimidiatus*: 10,5 h pour le développement embryonnaire ( $D_e$ ) et 12,4 h pour le développement post-embryonnaire ( $D_p$ ) à 30°C. Par ailleurs les conditions sont optimales: nourriture abondante, prédation nulle ou très faible. On obtient ainsi, entre le 6ème et le 10ème jour dans la 1ère série, des taux journaliers d'accroissement en nombre [ $r = \ln(Nt_1/Nt_0)/(t_1 - t_0)$ ] très élevés, allant de 1,7 à 2,1. Ces valeurs sont supérieures à celles mentionnées par Pourriot et Rougier (1975) en laboratoire ( $r = 0,42-0,734$  à 25°C ou  $r_m = 0,97-1,59$  à 30°C;  $r_m$  est le taux intrinsèque d'accroissement en nombre de la population).

Chez les crustacés, le développement est plus long mais la fécondité est généralement plus forte. A titre d'exemple citons les valeurs minimales de  $D_e$  et de  $D_p$  notées dans le lac Tchad à 30°C: 23-23,5-25 h, et 1,2-2,3 et 5,6 jours, respectivement, chez *Moina micrura*, *Diaphanosoma excisum* et *Mesocyclops leuckarti* (Gras et Saint-Jean, 1976, 1978, 1981a). Dans le cas présent, ces



populations se développent dans des conditions de nutrition favorables mais en présence de prédation. En effet les stades C4, C5 et adultes de *Mesocyclops*, qui sont carnivores (Fryer, 1957; Gras et al., 1971), voient leur effectif passer de 0,5 à 59 ind./l entre le 10ème et le 20ème jour. Les taux de croissance observés sont néanmoins élevés et relativement comparables chez les trois espèces:  $r=1,2$  chez *Moina*, 0,8 chez *Diaphanosoma* et 1,0 chez *Mesocyclops*.

Les densités atteintes au cours de la phase initiale de la colonisation (31 000 ind./l pour les rotifères; 715 et 2000 pour *Moina* et pour *Mesocyclops*), comme les biomasses (jusqu'à 2,5 g/m<sup>3</sup>), sont élevées. Chez les rotifères elles sont comparables aux valeurs habituellement rencontrées dans des cultures in vitro, mais il convient de signaler que des valeurs supérieures ont déjà été observées, aussi bien en milieu naturel ( $6 \times 10^5$  ind./l chez *B. dimidiatus* dans des mares natronées du Tchad - Iltis et Riou-Duwat, 1971) qu'en élevage ( $6 \times 10^4$  ind./l - Gatesoupe et Luquet, 1981). Notons également que les biomasses maximales, évaluées de la même manière, avoisinent 0,5 g en lagune Ebrié (résultats non publiés).

De façon générale, les variations de biomasse après la mise en eau se caractérisent par deux pics successifs, le premier presque exclusivement constitué de rotifères, et le second, plus faible, dominé par les crustacés. La biomasse fluctue ensuite autour de valeurs de l'ordre de 0,3 g, caractéristiques du milieu à "l'état d'équilibre". Parmley et Geiger (1985) observent une variation comparable chez les crustacés d'étangs du Texas, avec un maximum, consécutif à l'enrichissement, qui se produit 15-30 jours après le remplissage, et une phase de diminution de 5-7 jours au terme de laquelle la densité revient à des valeurs 5-10 fois plus faibles. Dans le cas présent, l'existence de deux pics s'expliquerait par le fait que les rotifères, qui se développent seuls et sans prédation pendant la première poussée phytoplanctonique, qu'ils épuisent par broutage, régresseraient ensuite par manque de nourriture. Une seconde poussée, vite limitée par le broutage, permettrait un nouvel accroissement de la biomasse zooplanctonique, et notamment la poursuite du développement des crustacés entamé au cours de la période précédente. Des informations complémentaires (nature et taille du phytoplancton, alimentation des rotifères, facteurs de mortalité autres que le jeûne), seraient nécessaires pour étayer convenablement cette interprétation, qui reste néanmoins globalement vraisemblable.

Les variations de la biomasse zooplanctonique semblent être en relation avec celles du phytoplancton, qu'elles suivent avec un décalage dans le temps. C'est ainsi que, dans la première série d'observations, il existe un coefficient de corrélation significatif ( $r=0,801$  pour  $n=11$ ) entre la biomasse algale exprimée en carbone et la biomasse de zooplancton du prélèvement suivant. La liaison avec la quantité totale de matériel particulaire et a fortiori avec les détritus n'est pas significative. La relation phytoplancton-zooplancton serait plus directe et plus étroite avec les rotifères, de sorte que ces organismes répondraient

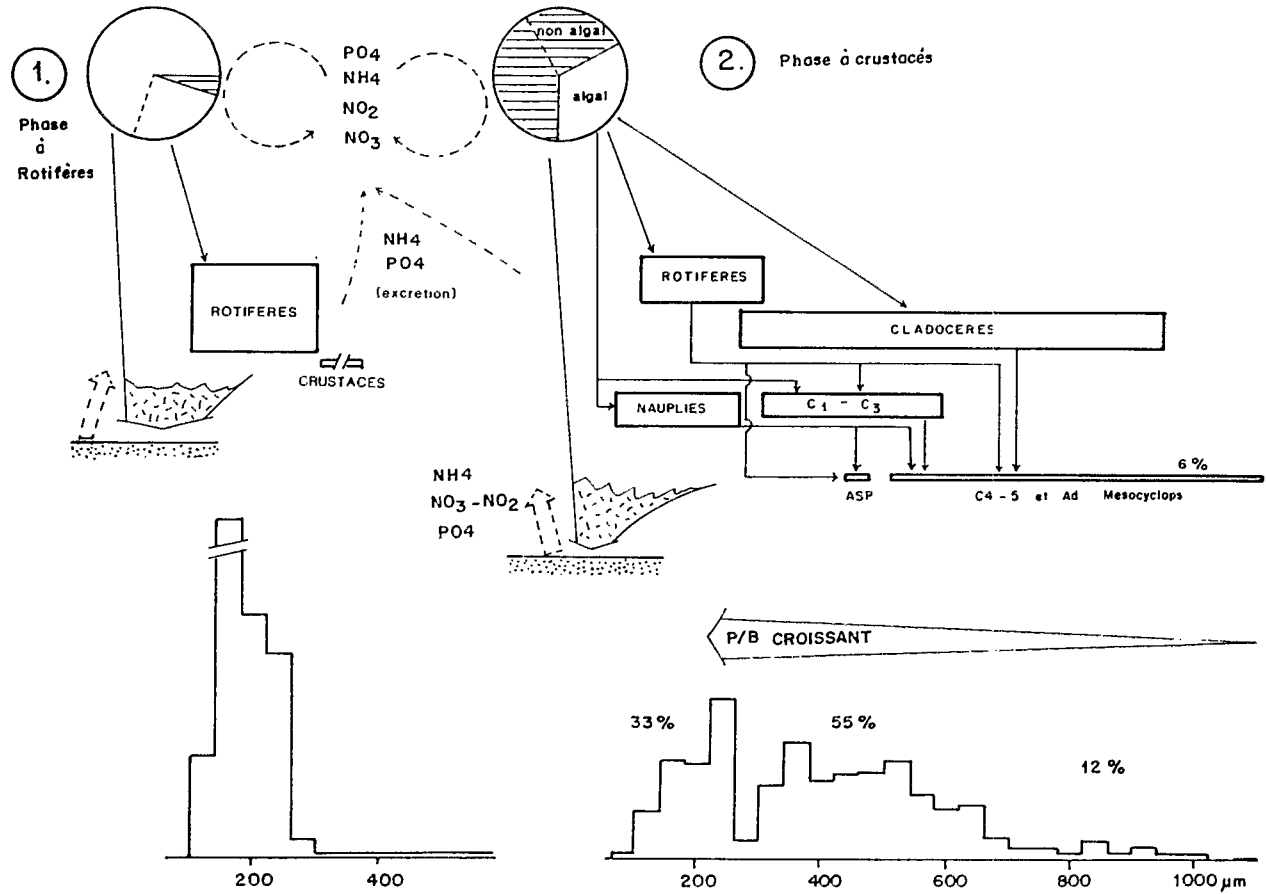


Fig. 9. Relations trophiques au sein de l'écosystème (voir texte).

plus vite que les crustacés aux variations du phytoplancton. En effet, les rotifères ont, ne serait-ce que par leur potentiel de multiplication élevé, une forte capacité de transformation du matériel végétal. D'autre part, leur développement court et peu différencié, fait que la liaison phyto-zooplancton n'est pas compliquée par des phénomènes d'ordre démographique qui interviennent lorsque la mortalité varie suivant les stades. Enfin, selon Geiger (1983), le régime alimentaire des rotifères serait plus algivore que celui des cladocères et des copépodes, où l'on observerait, entre-autres, une ingestion plus importante de détritus ou des changements de régime (cas de *Mesocyclops*).

En résumé, si l'on néglige les larves et adultes d'insectes ou de batraciens, on peut estimer que la structure du peuplement planctonique évolue entre deux situations extrêmes schématisées dans la Fig. 9. La première est simple, avec principalement un seul groupe de consommateurs primaires, les rotifères. Elle se caractérise par la dominance des formes de petites tailles, et se rencontre dès le début de la phase en eau, mais peut aussi se produire longtemps après (fin de la 1ère série dans l'étang no. 1 et 2ème phase en eau dans l'étang no. 2). La deuxième est en peu plus complexe, avec des consommateurs primaires (rotifères, cladocères, jeunes stades de cyclopidés) et des consommateurs secondaires (C4, C5, et adultes de *Mesocyclops*). L'histogramme de taille du zooplancton est plus aplati mais le peuplement reste dominé par des formes de taille réduite, ce qui est en partie dû à la dominance des jeunes stades chez *Mesocyclops*, une caractéristique retrouvée en lagune Ebrié et dans le lac Tchad chez cette espèce (observation personnelle, 1981). La première situation serait très éphémère et la deuxième plus durable, le passage de l'une à l'autre dépendant de multiples facteurs physiques et biologiques.

### *Conséquences pour l'aquaculture*

Examinés dans la perspective d'une exploitation des étangs pour l'élevage de larves de poissons zooplanctophages, les présents résultats permettent de dégager quelques conclusions très générales.

Tout d'abord, l'étroitesse du spectre de taille du zooplancton et la dominance des formes de très petite taille, peut être considérée comme un handicap, car limitant le nombre d'espèces dont l'élevage serait possible. Par ailleurs, il apparaît qu'une exploitation de l'étang basée uniquement sur l'utilisation de proies planctoniques n'est guère envisageable lorsque l'état d'équilibre est atteint, car les biomasses sont alors trop faibles. L'empoissonnement doit être plus précoce: 8-10 jours après la mise en eau pour exploiter la première poussée de rotifères, s'il s'agit d'espèces consommant préférentiellement ces organismes, et 13-20 jours après s'il s'agit d'espèces consommant des proies plus grosses (crustacés). Ces dernières sont nombreuses et existent parmi les poissons élevés à la station de Layo: *Oreochromis niloticus* (Segura, 1985), *Chrysichthys nigro-*

*digitatus* (Oteme, communication personnelle, 1986), *Trachinotus carolinus* (Bellinger et Avault, 1971), *Heterobranchus longifilis* (Legendre et al., en préparation).

Dans les deux cas les biomasses et le  $P/B$  attendus (probablement supérieur à 0,7) sont globalement suffisants pour supporter un stock intéressant de prédateurs. A titre indicatif, dans la première série, les crustacés représentent 40% de la biomasse et fournissent une production en poids sec de l'ordre de  $300 \text{ mg m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ , soit environ 3 g de poids humide, en supposant le rapport  $P/B$  égal à 0,7. Cette seule production des crustacés permettrait l'élevage de larves de 30 mg à une densité de  $100 \text{ ind./m}^3$  en supposant une ration journalière équivalente à 100% de leur poids corporel. Cet exemple est volontairement simplifié et ne prend pas en compte l'impact de la prédation (stock de prédateurs et sélectivité des proies) sur l'abondance et la composition du peuplement. On voit bien par exemple qu'une sélection des proies les plus grosses (adultes de cladocères et de copépodes), souvent faite par les juvéniles, va entraîner une réduction du recrutement, donc du stock des crustacés, pour favoriser de nouveau les rotifères.

Quoi qu'il en soit, les deux phases intéressantes de l'évolution du peuplement après la mise en eau (premier et deuxième pic de biomasse) sont de trop courte durée pour que leur exploitation soit envisageable, de sorte que la prolongation puis le maintien de fortes biomasses est indispensable. L'appauvrissement en zooplancton étant attribuable à une diminution de la biomasse phytoplanctonique, il s'agirait donc tout d'abord, sans présumer des effets secondaires d'un empoisonnement, de maintenir les fortes biomasses algales en fertilisant. Dans ce but on peut supposer qu'un apport d'azote ammoniacal serait primordial puisqu'on a vu que la diminution de cette forme minérale azotée était probablement à l'origine de l'appauvrissement de l'écosystème. Des recherches sont nécessaires pour confirmer cette supposition, déterminer les modalités d'enrichissement du milieu, et en prévoir les conséquences sur l'ensemble des communautés: mieux connaître ces communautés, leur dynamique, le taux de production et la démographie des principales espèces, les relations trophiques (notamment l'importance de la prédation exercée par *Mesocyclops*), le régime alimentaire et la sélection des proies par les larves et les juvéniles exploités, les processus et la vitesse de recyclage de la matière au niveau des sédiments et en pleine eau.

## REFERENCES

- Bellinger, J.W. et Avault, J.W., Jr., 1971. Food habits of juvenile Pompano, *Trachinotus carolinus*, in Louisiana. Trans. Am. Fish. Soc., 3: 486-494.
- Dumont, H.J., Van de Velde, I. et Dumont, S., 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of cladocera, copepoda and rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. Ecology, 19: 75-97.

- Fryer, G., 1957. The food of some freshwater cyclopoid copepods and its ecological significance. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 36 (3): 263-286.
- Gatesoupe, F.J. et Luquet, P., 1981. Practical diet for mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*: application to larval rearing of sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 22: 149-163.
- Geiger, J.G., 1983. A review of pond zooplankton production and fertilization for the culture of larval and fingerling striped bass. *Aquaculture*, 35: 353-369.
- Gras, R. et Saint-Jean, L., 1976. Durée du développement embryonnaire chez quelques espèces de Cladocères et de Copépodes du lac Tchad. *Cah. ORSTOM Sér. Hydrobiol.*, 10 (4): 233-254.
- Gras, R. et Saint-Jean, L., 1978. Durée et caractéristiques du développement juvénile de quelques Cladocères du lac Tchad. *Cah. ORSTOM Sér. Hydrobiol.*, 12 (2): 119-136.
- Gras, R. et Saint-Jean, L., 1981a. Durée du développement juvénile de quelques Copépodes planctoniques du lac Tchad. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 14 (1): 39-51.
- Gras, R. et Saint-Jean, L., 1981b. Croissance en poids de quelques copépodes planctoniques du lac Tchad. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 14 (2): 135-147.
- Gras, R., Iltis, A. et Saint-Jean, L., 1971. Biologie des crustacés de lac Tchad. II. Régime alimentaire des entomostracés planctoniques. *Cah. ORSTOM Sér. Hydrobiol.*, 5 (3/4): 285-296.
- Grygierek, E. et Wasilewska, B.E., 1979. Possibilités de régulation des biocénoses des étangs à l'élevage des poissons. *Bull. Cent. Etud. Rech. Sci. Biarritz*, 12 (3): 441-452.
- Iltis, A. et Riou-Duwat, S., 1971. Variations saisonnières du peuplement en rotifères des eaux natronées du Kanem (Tchad). *Cah. ORSTOM Sér. Hydrobiol.*, 5 (2): 101-112.
- Kalk, M., 1979. Zooplankton in lake Chilwa: adaptation to changes. Dans: M. Kalk, A.J. McLechlan et C. Howard-Williams (Rédacteurs), *Lake Chilwa, Studies of Change in a Tropical Ecosystem. Monographiae*, Vol. 35, W. Junk, The Hague, pp. 125-141.
- Legendre, M., Pagano, M. et Saint-Jean, L., en préparation. Régime alimentaire des alevins d'*Heterobranchius longifilis* en milieu d'élevage. Premiers essais d'élevage dans une station de pisciculture lagunaire.
- Lorenzen, C.J., 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343-346.
- Menzel, D.W. et Corwin, J., 1965. The measurement of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limnol. Oceanogr.*, 10: 280-282.
- Miller, C.B., Johnson, J.K. et Heinle, D.R., 1977. Growth rules in the marine genus *Acartia*. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 326-335.
- Pagano, M., 1981. Observations sur le cycle annuel d'*Eurytemora velox* (Lilljebord, 1853), Copépode calanoïde des mares saumâtres de Camargue. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 27 (4): 145-146.
- Parmley, D.C. et Geiger, J.G., 1985. Research and development communications. Succession patterns of zooplankton in fertilized culture pond without fish. *Prog. Fish Cult.*, 47 (3): 183-186.
- Pourriot, R. et Rougier, C., 1975. Dynamique d'une population expérimentale de *Brachionus dimidiatus* (Bryce) (rotifère) en fonction de la nourriture et de la température. *Ann. Limnol.*, 1 (2): 125-143.
- Pourriot, R., Capblancq, J., Champ, P. et Meyer, J.A., 1982. *Ecologie du Plancton des Eaux Continentales*. Masson, Paris, 198 pp.
- Segura, G., 1985. Etude de la croissance des alevins de *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae). Etude préliminaire de la relation Tilapia/Zooplankton. Mémoire de D.E.A., Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Toulouse, 52 pp.
- Seymour, E.A., 1980. The effects and control of algal blooms in fish ponds. *Aquaculture*, 19: 55-74.
- Strickland, J.D. et Parsons, T.R., 1972. A Practical Handbook of Sea Water Analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 167, 311 pp.