

Recherche de la dose optimale de fiente de volaille pour la production spécifique de zooplancton à des fins piscicoles

Hyppolite Agadjihouèdé¹
 Agossou Clément Bonou²
 Elie Montchowui^{1,3}
 Philippe Laleye¹

¹ Université d'Abomey-Calavi
 Faculté des sciences agronomiques
 Laboratoire d'hydrobiologie et d'aquaculture
 01 BP 526
 Cotonou
 Bénin
 <agadjihouede@yahoo.fr>
 <e.montchowui@yahoo.fr>
 <laleyeph@yahoo.fr>

² Université d'Abomey-Calavi
 École polytechnique d'Abomey-Calavi
 Laboratoire de recherche en biologie appliquée
 01 BP 2009
 Cotonou
 Bénin
 <acbonou@yahoo.fr>

³ École nationale supérieure des sciences et techniques agronomiques de Kétou
 BP95
 Kétou
 Bénin

Résumé

En vue de déterminer la dose optimale de fiente de volaille à utiliser pour obtenir massivement du zooplancton en milieu contrôlé, les productions d'un mélange d'organismes de zooplancton d'eau douce en bacs en béton fertilisés avec quatre doses différentes de fiente de volaille sèche (D150 = 150 g/m³ ; D300 = 300 g/m³ ; D600 = 600 g/m³ et D1200 = 1 200 g/m³) ont été comparées entre elles et à un témoin non fertilisé (D0 = 0 g/m³). L'expérience est réalisée avec trois répétitions dans 12 bacs fertilisés et 3 bacs témoins remplis à moitié avec 500 litres d'eau. Cinq jours après la fertilisation, le zooplancton a été ensemencé dans chaque bac à raison de 15 ind/L (individus par litre), soit une biomasse sèche initiale de 11,36 µg/L. Plusieurs paramètres physico-chimiques et biologiques de la culture ont été suivis tout au long des 45 jours d'expérimentation. Les résultats montrent que la production primaire est élevée avec les doses D300, D600 et D1200, la plus forte biomasse phytoplanctonique, exprimée par la mesure de la chlorophylle-a, étant obtenue avec la dose D1200 ($p < 0,05$). Mais les conditions optimales pour favoriser le développement du phytoplancton et pour que la quasi-totalité de cette production primaire planctonique puisse être ingérée par le zooplancton sont obtenues avec les doses D300 et D600. Les meilleures productions de zooplancton sont obtenues avec les doses D300, D600 et D1200 pour lesquelles les biomasses sèches sont respectivement de 866 ± 235 µg/L, 905 ± 179 µg/L et 492 ± 132 µg/L, soit des biomasses fraîches respectives estimées à 8,6 mg/L, 8,7 mg/L et 4,7 mg/L. Comme avec la dose D1200, la richesse phytoplanctonique semble influencer négativement la production, en pratique, les doses 300 g/m³ et 600 g/m³ de fiente de volaille sèche peuvent être considérées comme optimales à utiliser pour la production massive du zooplancton.

Mots clés : aquaculture ; dose optimale ; fiente de volaille ; production ; zooplancton.

Thèmes : alimentation, consommation, nutrition ; pêche et aquaculture ; productions animales ; recherche scientifique et agronomique.

Abstract

Defining the optimal dose of chicken droppings for specific production of zooplankton for aquaculture

In order to determine the optimal dose of chicken droppings to be used for the massive production of zooplankton in a controlled environment, the productions of various species of zooplankton in fertilized tanks with four doses of chicken droppings were tested (D150 = 150 g/m³ ; D300 = 300 g/m³ ; D600 = 600 g/m³ and D1200 = 1,200 g/m³). Comparisons were made between the doses as well as with a non-fertiliser control (D0 = 0 g/m³). The experimentation was carried out in triplicate in 12 fertilized tanks and 3 control tanks, each filled with 500 litres of water. Five days after fertilization, the zooplankton was stocked in the tanks at a density of 15 ind/L, *i.e.* initial biomass of 11.36 µg/L. The physico-chemical and biological parameters of the culture were followed throughout the 45-day period of experimentation. Results show that primary production is high with rates D300, D600, D1200. The best biomass of phytoplankton expressed by

Pour citer cet article : Agadjihouèdé H, Bonou AC, Montchowui E, Laleye P, 2011. Recherche de la dose optimale de fiente de volaille pour la production spécifique de zooplancton à des fins piscicoles. *Cah Agric* 20 : 247-60. doi : 10.1684/agr.2011.0495

measuring chlorophyll-a was obtained with dose D1200 ($p < 0.05$). The optimal conditions to combine the development of the phytoplankton and its consumption by the zooplankton were however obtained with doses D300 and D600. In terms of zooplankton production, increasing doses of manure resulted in increasing yields of zooplankton. Hence, the highest productions of zooplankton were obtained with doses D300, D600 and D1200 where the dry biomasses were respectively $866 \pm 235 \mu\text{g/L}$, $905 \pm 179 \mu\text{g/L}$ and $492 \pm 132 \mu\text{g/L}$, *i.e.* fresh biomasses estimated about 8,6 mg/L, 8,7 mg/L and 4,7 mg/L. With dose D1200, the abundance of phytoplankton negatively influenced the production of zooplankton. In practice, doses 300 g/m^3 and 600 g/m^3 are recommended as the optimum rate of chicken droppings to be used for the massive production of zooplankton within the conditions of this experiment.

Key words: aquaculture; optimal dose; poultry droppings; production; zooplankton.

Subjects: animal productions; fishing and aquaculture; food, consumption, nutrition; scientific and agricultural research.

La contrainte majeure de la production d'alevins de poissons, généralement de très petites tailles, tels que ceux des poissons-chats africains *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*, porte sur la nourriture qui doit être accessible (proies de petites tailles) en quantité suffisante pour la jeune larve. Le zooplancton constitue l'aliment naturel de ces larves et les aliments artificiels ne sont généralement pas adaptés à ce stade précoce (Awaïss *et al.*, 1993).

Ainsi, depuis plusieurs années, le zooplancton, dont les rotifères, les cladocères (moïnas et daphnias), les copépodes et *Artemia salina* (branchiopode), est utilisé en élevage larvaire (Sorgeloos, 1980 ; Awaïss *et al.*, 1993 ; Thome, 2002). Étant la plus pratique d'utilisation, l'*Artemia* reste la proie vivante naturelle la plus utilisée (Person-Le Ruyet, 1975 ; Hogendoorn, 1980 ; Fiogbé *et al.*, 2003 ; Evjemo *et al.*, 2003), en particulier pour les espèces marines dont la nurserie est effectuée en bacs. Cependant, c'est un aliment coûteux, notamment dans les zones tropicales rurales et son utilisation n'est pas optimale avec les poissons d'eau douce. C'est ce qui nous amène à rechercher d'autres sources d'organismes du zooplancton d'eau douce, tels que les rotifères, les cladocères et les copépodes.

L'élevage en masse de ces derniers suppose la maîtrise technique de leur cycle de production. Plusieurs études concernent la production de zooplancton en milieu contrôlé. Les plus anciennes sont axées sur la production

de zooplancton avec des fertilisants minéraux (Boyd *et al.*, 1981 ; De Pauw, 1981 ; De Pauw *et al.*, 1983 ; Sipaúba-Tavares *et al.*, 1999 ; Hossain *et al.*, 2006 ; Sipaúba-Tavares et Pereira, 2008 ; Boyd *et al.*, 2008). Les plus récentes sont quant à elles orientées vers l'utilisation des fertilisants organiques (Saint-Jean et Bonou, 1994 ; Shep, 1994 ; Agadjihouèdé *et al.*, 2010 ; Damle et Chari, 2011). Les premières méthodes mises au point, plus nombreuses, sont plus coûteuses et présentent des risques de contamination de l'environnement, alors que les secondes, moins coûteuses, ne présentent aucun risque de pollution et sont de plus en plus expérimentées de nos jours. Il ressort de ces dernières que la production de zooplancton est réalisable par une simple fertilisation des milieux de production avec des déjections animales (bouse de vache et fiente de volaille) et que la fiente de volaille se révèle comme le meilleur fertilisant (Agadjihouèdé *et al.*, 2010). La plupart de ces études récentes ont testé différentes doses de déjection animale pour la production de zooplancton. Saint-Jean et Bonou (1994) ont appliqué 25 g de fiente de volaille dans 500 litres d'eau pour l'élevage de *Moina micrura* et ont obtenu une densité maximale de 1578 ind/L en 6 jours. Agadjihouèdé *et al.* (2010) ont produit un mélange de zooplancton en aquarium en utilisant 15 g de fiente de volaille sèche dans 25 litres d'eau et ont obtenu une densité allant de 256 à 331 ind/L (individus par litre) en 11 jours.

À notre connaissance, aucune étude n'ayant visé la quantification des fertilisants à apporter par unité de volume, la présente étude a pour objectif de déterminer cette dose optimale, avec des fientes de volaille. Elle cible la production d'une source alimentaire (le zooplancton) sans contact avec ses prédateurs de destination que constituent les larves de poissons.

Matériel et méthode

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de 15 bacs en béton de 1 m x 1 m x 1 m remplis à moitié d'eau douce (dont 400 litres d'eau du réseau de consommation et 100 litres d'eau d'étang filtrée à l'aide d'un filet à plancton de 55 μm).

Avant la mise en eau des bacs, ces derniers ont été lavés à l'eau de javel, rincés abondamment et laissés sécher pendant 24 heures. Le jour suivant, ils ont été remplis avec les 400 litres d'eau du réseau et immédiatement fertilisés avec de la fiente de volaille sèche précédemment tamisée sur un tamis métallique de 2 mm. Ce tamisage est fait pour débarrasser la fiente de volaille des copeaux de bois et d'autres particules qui constituent généralement la litière. La fiente utilisée est issue de volailles nourries avec une provende composée de 56 % de maïs, 11 % de tourteau de soja, 16 % de son de blé, 8 % de farine de poisson, 5 % de

concentrés minéraux vitaminés, 1 % de coquille d'huître, et de 0,3 % de chlorure de sodium (soit 18 % de protéines et 11 720 kJoules d'énergie). Cette fiente contient 80,80 % de matière sèche, 43,59 % de matière organique, 56,41 % de matière minérale, 25,28 % de carbone organique total, 2,14 % d'azote total et 1,93 % de phosphates totaux.

Après le tamisage de la fiente, 5 doses ont été appliquées aux bacs : D0, D150, D300, D600 et D1200, correspondant respectivement à un apport de 0, 150, 300, 600 et 1 200 g de fiente sèche dans un volume d'eau de 1 m³. Chacun de ces traitements, répartis aléatoirement dans les bacs, a été reproduit trois fois. Ensuite, les bacs ont étéensemencés en phytoplancton deux jours après la fertilisation. Ce temps est laissé pour permettre un certain niveau de libération des nutriments dans les milieux afin de les rendre disponibles pour les micro-algues. Pour cet ensemencement, 100 litres d'eau d'étang de stockage de tilapia ont été prélevés, filtrés délicatement sur une soie de 55 µm afin de les débarrasser du zooplancton (Agadjihouèdè *et al.*, 2010) puis ajoutés dans chacun des bacs.

Zooplancton

Trois jours après l'ensemencement des bacs expérimentaux en phytoplancton (délai suffisant pour permettre son développement [Guiral *et al.*, 1994]), du zooplancton a été récolté dans l'étang à l'aide d'un filet à plancton de 55 µm, puis concentré dans un volume de 800 mL d'eau. Chaque bac estensemencé en zooplancton avec 50 mL de ce concentré. Le même jour un sous-échantillon de 25 mL est formolé pour un comptage systématique au microscope électronique (type MOTIC, G 10X) ; le taux d'ensemencement ainsi mesuré est de 15 ind/L (soit 2 ind/L de nauplii de copépodes ; 3 ind/L de copépodes (*Thermocyclops* sp.) ; 7 ind/L de rotifères (*Brachionus* sp.) et 3 ind/L de cladocères (*Moina* sp.) pour chacun des bacs. La biomasse initiale est de 11,36 µg/L.

Les espèces de rotifères (*Brachionus* sp.) et de cladocères (*Moina* sp.) élevées sont des filtreurs phytophages (Pourriot *et al.*, 1982). Ce comportement alimentaire se retrouve chez les

jeunes stades (nauplii de copépodes) de *Thermocyclops* sp., alors que les derniers stades juvéniles et les adultes de cette espèce de copépodes élevée ont un régime omnivore et présentent parfois un comportement carnivore (Shep, 1994).

Suivi de la production du zooplancton

Les bacs ont été suivis du 6 décembre 2009 (jour de l'ensemencement en phytoplancton, noté 0 j) au 22 janvier 2010 (45 j). Dans chaque bac, 1,25 litre d'eau est prélevé en 16 points (12 points répartis le long du bord du bac et distants d'environ 25 cm et 4 points répartis dans la partie médiane), soit un volume total de 20 litres d'eau, filtrés sur une soie de 55 µm pour la récolte du zooplancton. Cette répartition des prélèvements permet de différencier une variabilité dans le sens latéral et une variabilité du bord vers le centre traduisant théoriquement un éventuel effet (attractif ou répulsif) de paroi. Après cette récolte, l'eau filtrée est remise dans les bacs.

L'échantillonnage est réalisé tous les matins à la même heure (à partir de 9 heures) de façon périodique comme suit : du jour 0 au jour 30 : toutes les 72 heures ; du jour 30 au jour 45 : toutes les 120 heures.

Mesure des paramètres physico-chimiques et trophiques

À chaque échantillonnage du zooplancton, une quote-part de 0,5 litre de l'eau prélevée et filtrée dans chaque bac est utilisée pour :

- la détermination de la chlorophylle-a mesurée par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (HACH DR/2010, HACH Company, Loveland, Colorado, USA) après filtration de 100 mL d'eau sur filtre Wathman GF/C et extraction à l'acétone 90 % selon la méthode de Lorenzen (1967) ;
- le dosage des sels nutritifs par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (HACH DR/2010) à 0,015 mg/L ; 0,03 mg/L ; 0,0011 mg/L et 0,01 mg/L près pour respectivement l'ammonium, le nitrate, le nitrite et l'orthophosphate. Les réactifs utilisés à cet

effet sont des kits de tests préalablement préparés : Ammonium 3, Nitrat Test, Nitrit Test et Phosphat Test (Macherey-Nagel 3316 9 II 915). Enfin, certains paramètres physiques, la transparence de l'eau, le pH, l'oxygène dissous et la température de l'eau, sont relevés trois fois par jour (7 heures, 14 heures, 18 heures) au moyen respectivement d'un disque de Secchi, du pH-mètre (pHScan 10, Oakton, Eutech Instruments, Vernon Hills, USA) et de l'oxythermomètre (DO-100 Oxygen Gauge, Voltcraft, Hirschau, Germany) à 0,01 mg/L et 0,1 °C près. Toutes les mesures, de température, de pH et d'oxygène dissous, sont prises à 10 cm de la surface sur l'ensemble des bacs.

Traitement des données

Paramètres physico-chimiques

Les données collectées pour chaque paramètre ont été utilisées pour le calcul de valeurs moyennes. Pour les paramètres mesurés une fois par contrôle, les moyennes sont obtenues de façon arithmétique. Pour les paramètres mesurés trois fois par jour, ce calcul de valeur moyenne a été fait en intégrant le délai entre chaque mesure dans une même journée et celui entre les jours de mesures, selon les formules suivantes :

Transparence moyenne = [moyenne (Transp._{7h} ; Transp._{14h}) x 7 + moyenne (Transp._{14h} ; Transp._{18h}) x 4 + moyenne (Transp._{18h} ; Transp._{7h}) x 13]/24

pH moyen = [moyenne (pH_{7h} ; pH_{14h}) x 7 + moyenne (pH_{14h} ; pH_{18h}) x 4 + moyenne (pH_{18h} ; pH_{7h}) x 13]/24

Oxygène moyenne = [moyenne (oxyg._{7h} ; oxyg._{14h}) x 7 + moyenne (oxyg._{14h} ; oxyg._{18h}) x 4 + moyenne (oxyg._{18h} ; oxyg._{7h}) x 13]/24

Température moyenne = [moyenne (T_{7h} ; T_{14h}) x 7 + moyenne (T_{14h} ; T_{18h}) x 4 + moyenne (T_{18h} ; T_{7h}) x 13]/24

Avec Transp._{7h} ; Transp._{14h} et Transp._{18h} = transparence de l'eau mesurée à 7 heures, 14 heures et 18 heures ; oxyg._{7h} ; oxyg._{14h} et oxyg._{18h} = oxygène dissous mesuré à 7 heures, 14 heures et

18 heures ; T_{7h} ; T_{14h} et T_{18h} = température de l'eau mesurée à 7 heures, 14 heures et 18 heures.

Zooplancton

Dans chaque bac, la densité et la biomasse du zooplancton ont été déterminées après le comptage au microscope. Ce comptage a été réalisé sur la totalité ou une aliquote de l'échantillon suivant l'abondance des organismes (au moins 100 individus sont comptés par espèce). Le sous-échantillonnage a été effectué au moyen d'une pipette Eppendorf (1 000 μ L) munie d'un embout à ouverture élargie. À défaut de matériel adéquat (microbalance) pour peser les espèces zooplanctoniques durant l'expérience, les données de la littérature ont été utilisées pour estimer la biomasse du zooplancton : pour chaque espèce, les nombres d'individus ont été transformés en biomasse en utilisant les masses moyennes individuelles sèches calculées (Gras et Saint-Jean, 1981 ; Legendre *et al.*, 1987) et utilisées par Dabbadie (1996), à savoir 0,07 μ g/ind pour les rotifères, 0,08 μ g/ind pour les copépodes au stade nauplius et 0,47 μ g/ind pour les mélanges de copépodes et d'adultes ; puis enfin 3,5 - 2,7 - 0,2 μ g/ind (poids sec) pour respectivement les femelles adultes, les juvéniles et les néonates de *Moina micrura* (espèce dominante des cladocères) (Sipaúba-Tavares et Bachion, 2002).

Analyses statistiques

L'analyse de variance à un critère de classification (Anova 1) (Scherrer, 1984 ; Dagnelie, 1984) et le LSD (*least significant difference*) de Fisher (Saville, 1990) ont été utilisés pour comparer les différentes moyennes. Elles ont été réalisées à l'aide du logiciel statistique Statview (Version 6, SAS Institute Inc.). L'hypothèse nulle est chaque fois rejetée au seuil de 5 %.

Résultats

Les valeurs des paramètres physico-chimiques et des densités de zooplancton n'étant pas statistiquement significatives pour un même traite-

ment, seules les moyennes des trois répétitions ont été présentées.

Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Au cours de l'étude, la température de l'eau des bacs a relativement peu varié, avec une amplitude de fluctuation de $\pm 0,2$ °C autour de 31 °C (*figure 1A*). Les valeurs du pH ont également peu fluctué, de $\pm 0,1$ autour de 9,9 (*figure 1B*). En revanche, les valeurs de l'oxygène dissous ont fortement varié (*figure 1C*), entre 5 et 14,2 mg/L. Les plus fortes concentrations d'oxygène dissous sont enregistrées entre 14 heures et 18 heures et résultent de l'activité photosynthétique des micro-algues alors que les plus faibles concentrations sont enregistrées le matin à 7 heures. Les transparences au disque de Secchi sont restées presque constantes à 0,50 m dans les bacs à doses D0, D150 et D300 du début jusqu'à la fin. Elles sont faibles et varient entre 0,25 et 0,47 m dans les bacs à dose D600. Mais dans les bacs à doses D1200, les transparences au disque de Secchi sont plus réduites et se situent entre 0,23 à 0,34 m (*figure 1D*) ; dans ces bacs à doses D600 et D1200, la charge de l'eau en particules minérales et organiques et en micro-organismes est plus importante et traduit la richesse trophique de ces milieux.

Les quantités de N-NH₄ dosées sont plus importantes dans tous les bacs au début de l'expérimentation et varient entre 0,5 mg/L (bacs à dose D0) et 1,00 mg/L (bacs à dose D1200) (*figure 1E*). Ces quantités diminuent progressivement par la suite pour atteindre les valeurs minimales de 0,01 mg/L (bacs à dose D0), de 0,1 mg/L (bacs à doses D150, D300 et D600) et de 0,15 mg/L (bacs à dose D1200). Cela est vraisemblablement dû à une utilisation de l'azote par les micro-algues. Les quantités de N-NO₂ sont très faibles dans tous les bacs et ont peu varié (*figure 1F*). Les valeurs sont comprises entre 0,01 à 0,15 mg/L ; les plus fortes sont enregistrées vers la fin de l'expérimentation dans les bacs à doses D0 et D150. Quant au N-NO₃, les quantités dosées sont relativement importantes dans tous les bacs et ont peu varié au cours du temps

(*figure 1G*). Les valeurs maximales sont enregistrées dans les bacs à doses D300, D600 et D1200 et sont comprises entre 2,5 et 3,5 mg/L ; alors que les valeurs minimales (comprises entre 0,75 et 1 mg/L) sont enregistrées dans les autres bacs (bacs à D0 et D150). L'azote inorganique total enregistré a évolué de la même façon dans les bacs avec des valeurs comprises entre 0,975 et 4,33 mg/L (*figure 1H*). Ces valeurs ne sont pas limitantes pour la production planctonique. Au cours de l'expérience, la concentration moyenne de l'azote inorganique total est plus élevée dans les bacs ayant reçu la dose D1200 (moyenne = 2,84 \pm 0,2 mg/L). Cette concentration est significativement différente de celle obtenue avec la dose D600 ($p < 0,05$) qui est aussi différente de celles des doses D300, D150 et D0. Mais il n'existe aucune différence significative entre les concentrations moyennes de l'azote total obtenues avec les doses D300, D150 et D0 ($p > 0,05$) (*tableau 1*).

Au début de l'expérience, les quantités de P-PO₄ sont importantes (0,35 mg/L). Ces quantités évoluent en augmentant dans tous les bacs à l'exception des bacs à doses D0 ; elles marquent un pic, puis elles diminuent par la suite (*figure 1I*). Cette diminution est due à son utilisation par les micro-algues. Le taux moyen de P-PO₄ le plus élevé est obtenu dans les bacs qui ont reçu la dose D1200 de fiente ($p < 0,05$). Ce taux est significativement différent de ceux obtenus avec toutes les autres doses (D0, D150, D300 et D600) ($p < 0,05$) qui, elles-mêmes, ne présentent aucune différence significative entre elles ($p > 0,05$) (*tableau 1*).

Le rapport N inorganique total/P-PO₄ a peu varié au cours de l'expérience (*figure 1J*). Toutes les valeurs du rapport calculées sont comprises entre 3,70 et 12,37 à l'exception des bacs à doses D0 et D150 où des valeurs très élevées de 20,4 et de 35 sont obtenues respectivement aux 21^e et 40^e jours. Ces fortes valeurs de N inorganique/P-PO₄ sont dues au faible taux de P-PO₄.

Environnement trophique

Durant toute la période des essais, le taux de chlorophylle-a est resté faible dans les bacs fertilisés avec les doses D0 et D150 (*figure 2*). Ces taux varient entre 0,76 \pm 0,07 mg/L et 2,5 \pm 0,05 mg/L

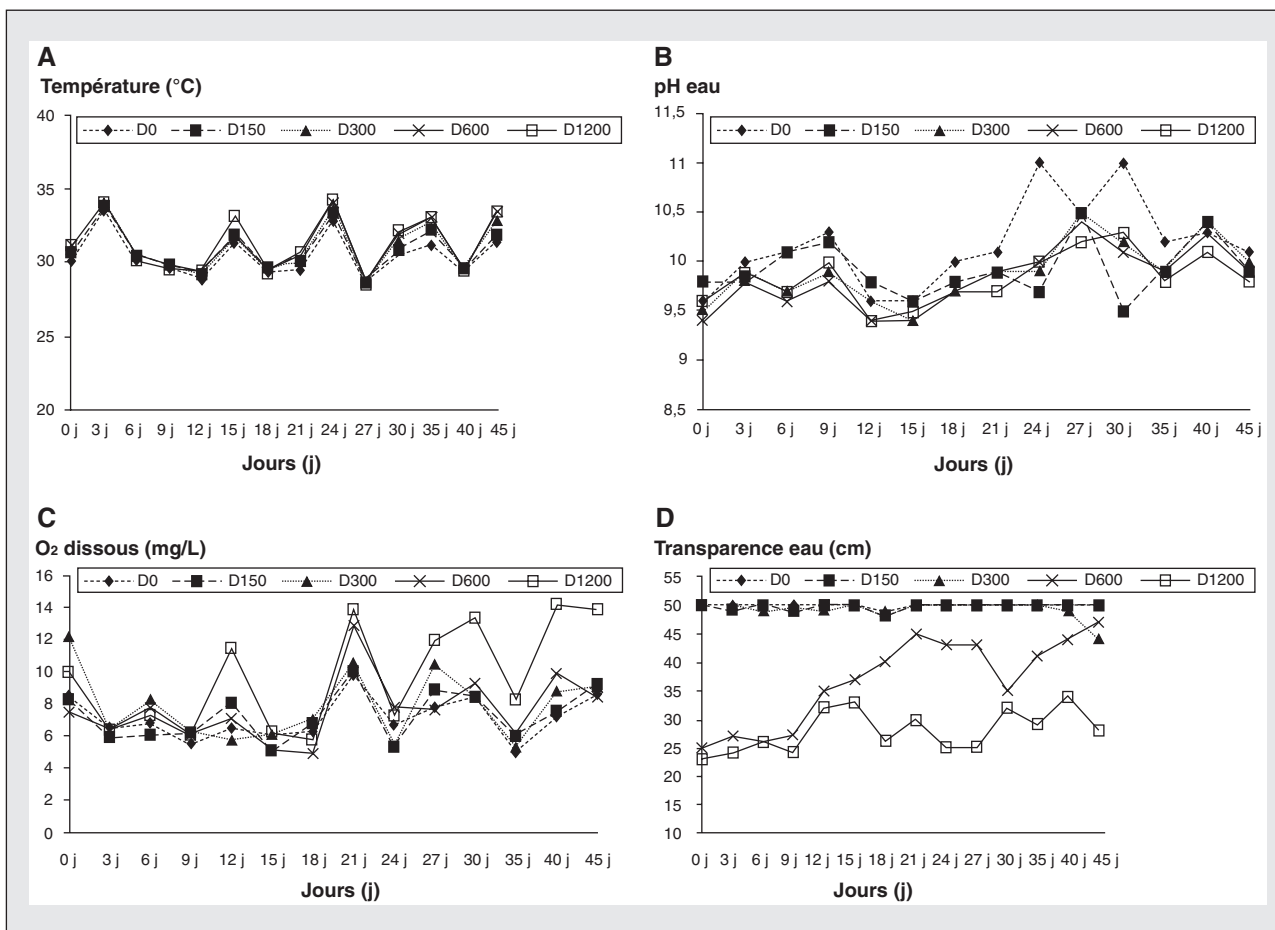


Figure 1. Évolution des paramètres physico-chimiques en fonction des doses de fiente de volaille appliquées.

Figure 1. Evolution of the rate of physico-chemical parameters according to doses.

A) température ; B) pH ; C) oxygène dissous ; D) transparence ; E) N-NH₄ ; F) N-NO₂ ; G) N-NO₃ ; H) N total ; I) P-PO₄ ; J) Ntotal/P-PO₄.

avec une moyenne de $1,40 \pm 0,14$ mg/L dans les bacs ayant reçu la dose D0 de fiente et entre $0,76 \pm 0,05$ mg/L et $1,61 \pm 0,05$ mg/L avec une moyenne de $1,09 \pm 0,05$ mg/L dans les bacs ayant reçu la dose D150 de fiente. Dans le même temps, l'évolution du taux de chlorophylle-a a présenté au 12^e jour un pic dans les bacs fertilisés avec les doses D300 et D1200. Ensuite, dans les bacs fertilisés avec la dose D1200, un second pic est obtenu au 24^e jour après le premier. Dans ces bacs, le second pic est supérieur au premier et les valeurs de chlorophylle-a obtenues à ces deux dates (J 12 : $14,32$ mg/L et J 24 : $36,94$ mg/L) sont significativement différentes ($p < 0,05$) entre elles. En revanche, avec la dose D3, le taux de chlorophylle-a a évolué en dents de scie jusqu'au 24^e jour et est resté à un niveau relativement élevé pendant toute l'expérience (figure 2).

Le taux moyen de chlorophylle-a est plus élevé avec la dose D1200 ($p < 0,05$). La valeur moyenne de chlorophylle-a obtenue avec cette dose ($12,89 \pm 1,32$ mg/L), dépasse le triple de celles des doses D300 et D600 et de plus de 10 fois les valeurs moyennes obtenues avec les doses D150 et D0.

Zooplancton

Quelle que soit la dose de fiente apportée, la densité d'ensemble du zooplancton suit la même évolution entre le 9^e et le 21^e jour avec un pic observé le 15^e jour (figure 3). Mais, pendant cette même période, cette évolution de densité diffère selon les groupes et les doses de fiente (figure 4). Une augmentation de densité des différents groupes s'observe à partir du 6^e jour dans les milieux à doses D0 et

D150. Lors du pic, la densité la plus élevée est obtenue avec la dose D600 ($11\,781 \pm 4\,725$ ind/L). Cette densité correspond à une composition de 96,45 % de rotifères, 0,04 % de cladocères et de 3,46 % de copépodes. Elle est suivie des densités pour D1200 ($5\,671 \pm 1\,528$ ind/L), dont 97,27 % de rotifères, 0,07 % de cladocères et 2,34 % de copépodes, puis pour D300 ($1\,300 \pm 110$ ind/L) dont 3,70 % de rotifères, 46,54 % de cladocères, et de 49,39 % de copépodes, de D150 ($1\,233 \pm 136$ ind/L) dont 3,97 % de rotifères, 9,08 % de cladocères et de 81,92 % de copépodes et pour D0 (698 ± 97 ind/L) dont 3,30 % de rotifères, 53,44 % de cladocères et de 48,99 % de copépodes.

À partir du 21^e jour et jusqu'à la fin de l'expérience, la densité du zooplancton a chuté dans tous les milieux, à l'exception de celui à D1200 qui a

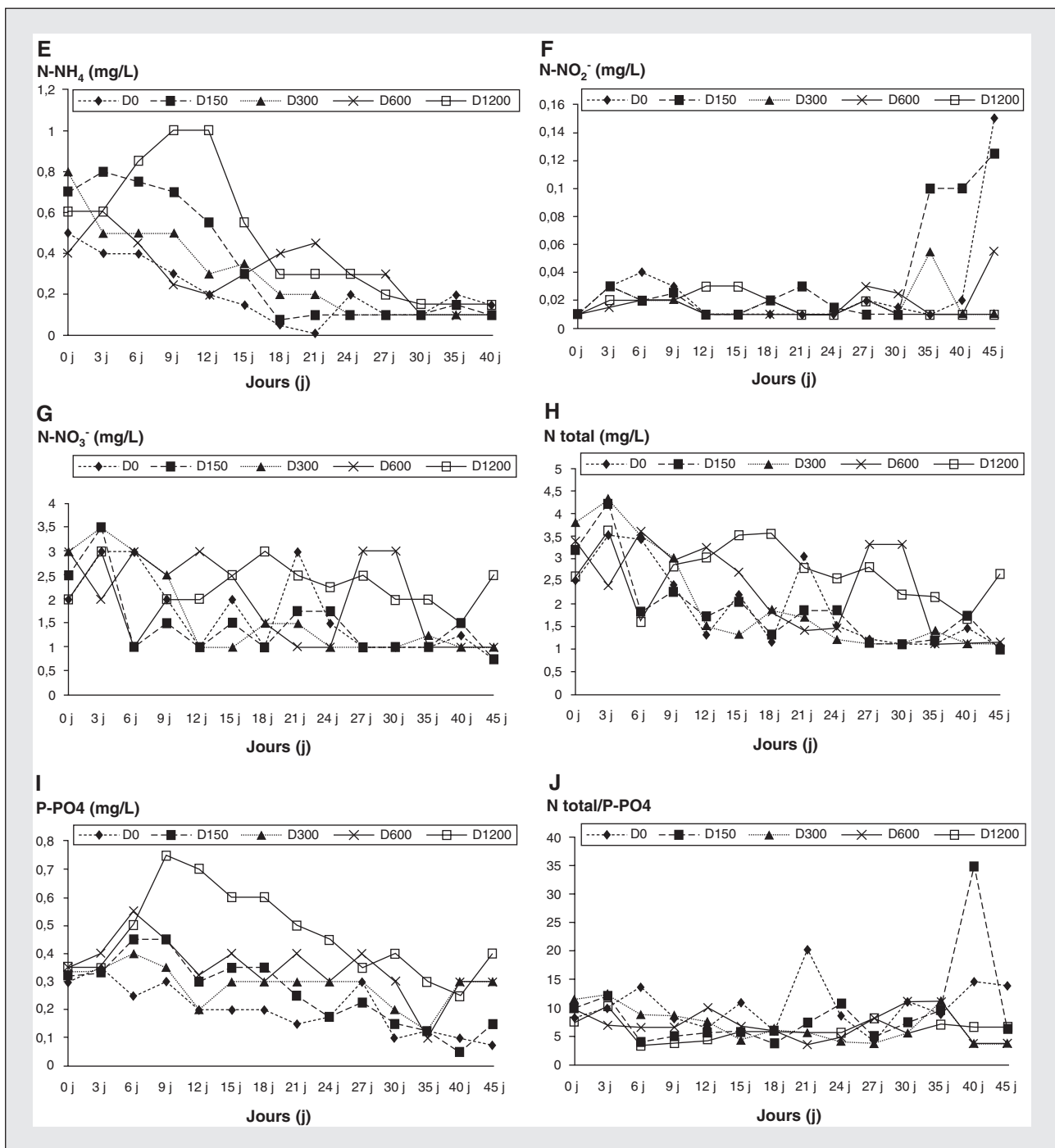


Figure 1. (Suite)

présenté un second pic au 27^e jour (densité = 4 771 ± 1 160 ind/L) légèrement plus bas que le premier. Contrairement à la composition du premier pic qui est dominée par les rotifères, celle du second pic est dominée par les copépodes qui représentent 97,46 % de la population.

La densité moyenne du zooplancton pour toute la période est plus élevée pour la dose D600 (2 746 ± 316 ind/L) (tableau 2). Elle est suivie de celle de la dose D1200 (2 309 ± 291 ind/L). Ces deux densités moyennes ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$). Les densités moyennes du

zooplancton obtenues pour les doses D0 (343 ± 66 ind/L), D150 (521 ± 145 ind/L) et D300 (379 ± 205 ind/L) sont faibles et ne sont pas significativement différentes entre elles. En revanche, ces densités sont significativement différentes de celles obtenues pour les doses D600 et D1200.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques et niveaux de concentration en chlorophylle-a en fonction des différentes doses de fiente de volaille appliquées.

Table 1. Concentrations of physico-chemical parameters and chlorophyll-a obtained with the various doses.

Paramètres dosés	D0	D150	D300	D600	D1200
Température (°C)	30,4 ± 1,4	30,9 ± 1,5	31,1 ± 1,7	31,2 ± 1,8	31,3 ± 2,0
pH	10,1 ± 0,4	9,9 ± 0,3	9,9 ± 0,3	9,8 ± 0,3	9,8 ± 0,3
Oxygène dissous (mg/L)	7,1 ± 1,3	7,3 ± 1,6	7,8 ± 2,2	7,6 ± 2,1	9,7 ± 3,3
Transparence de Secchi (cm)	49,9 ± 0,3	49,7 ± 0,6	49,2 ± 1,6	36,8 ± 7,7	27,9 ± 3,7
N-NH3/NH4 (mg/L)	0,22 ± 0,01	0,35 ± 0,02	0,30 ± 0,00	0,29 ± 0,03	0,47 ± 0,01
N-NO2 (mg/L)	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00
N-NO3 (mg/L)	1,65 ± 0,00	1,38 ± 0,06	1,59 ± 0,06	1,94 ± 0,04	2,35 ± 0,2
N total (mg/L)	1,90 ± 0,01 ^a	1,78 ± 0,04 ^a	1,91 ± 0,06 ^a	2,24 ± 0,08 ^b	2,84 ± 0,2 ^c
P-PO4 (mg/L)	0,21 ± 0,02 ^a	0,38 ± 0,02 ^a	0,29 ± 0,03 ^a	0,26 ± 0,03 ^a	0,54 ± 0,04 ^b
Ntotal/(P-PO4)	8,60 ± 0,13	4,7 ± 0,17	6,12 ± 0,07	9,50 ± 0,4	5,36 ± 0,07
Chlorophylle-a (mg/L)	1,40 ± 0,14 ^a	1,09 ± 0,05 ^a	3,76 ± 0,32 ^b	3,78 ± 0,12 ^b	12,89 ± 1,32 ^c

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes des moyennes ± écart type des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

L'évolution des courbes de biomasse montre qu'après le premier pic qui est obtenu pour toutes les doses entre le 9^e et le 21^e jour, un second pic est obtenu pour les doses D600 et D1200 au 27^e jour (figure 5). Au niveau du premier pic, la biomasse obtenue pour la D600 (905 ± 179 µg/L) dépasse légèrement

celle de la dose D300 (866 ± 235 µg/L) ; elle est près du double de la biomasse pour la dose D1200 (492 ± 132 µg/L) et de plus du double de celles qui sont obtenues pour les autres doses (D0 : biomasse = 151 ± 76 µg/L et D150 : biomasse = 320 ± 110 µg/L). Cette biomasse de la D600 présente

un second pic inférieur au premier pic obtenu au 18^e jour avec des biomasses significativement différentes ($p < 0,05$). À partir de ce moment, la biomasse varie peu et reste relativement importante jusqu'à la fin de l'expérimentation. En revanche, le second pic de la dose D1200 est supérieur au premier avec des biomasses significativement différentes ($p < 0,05$).

La même tendance a été observée au niveau de la biomasse des différents groupes du zooplancton pour chaque dose (figure 6). Lors du premier pic, la biomasse zooplanctonique des milieux à doses D0, D150 et D300 est dominée par celle des cladocères, tandis que dans les milieux à D600 et D1200, cette biomasse est dominée par celle des rotifères. Contrairement à cette situation, lors du second pic, les populations des milieux à D600 et D1200 sont dominées respectivement par les cladocères et les copépodes dont la densité est supérieure à celle des rotifères.

Par ailleurs, les biomasses en matière sèche moyennes les plus élevées sont obtenues avec les doses D600 (416 ± 27 µg/L) et D1200 (373 ± 3 µg/L) qui ne présentent aucune différence

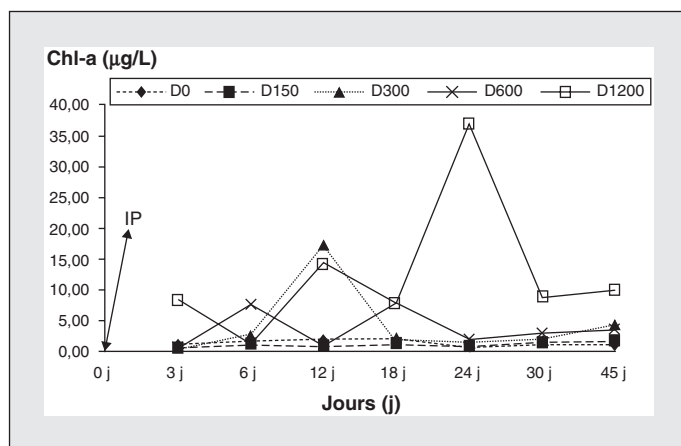


Figure 2. Évolution du taux de chlorophylle-a en fonction des doses de fiente de volaille appliquées.

Figure 2. Evolution of the rate of chlorophyll-a according to doses.

IP : inoculation phytoplancton.

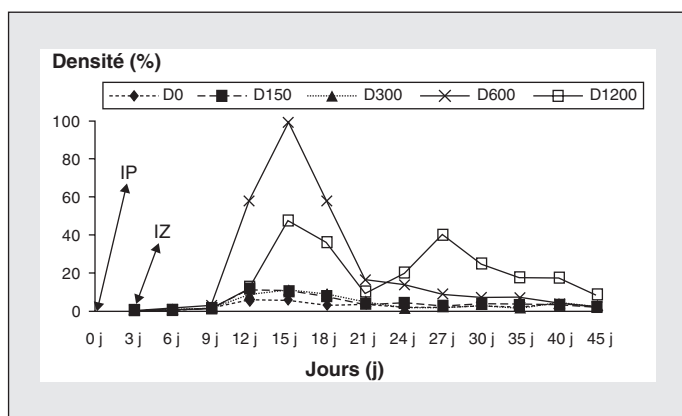


Figure 3. Évolution des densités du zooplancton en fonction des doses de fiente de volaille appliquées.

Figure 3. Density evolution of the zooplankton according to doses.

IP : inoculation phytoplankton. ; IZ : inoculation zooplankton.

significative ($p > 0,05$) entre elles (tableau 2). Mais ces biomasses sont significativement différentes ($p < 0,05$) de celles obtenues pour les autres doses (D300 : biomasse = $242 \pm 51 \mu\text{g/L}$; D150 : biomasse = $186 \pm 28 \mu\text{g/L}$ et D0 : biomasse = $117 \pm 33 \mu\text{g/L}$).

L'application d'une dose croissante de fiente entraîne donc une augmentation de la production du zooplancton. Cela se traduit par l'existence d'une régression positive quoique non significative à $P = 5 \%$ entre les doses appliquées et les densités du zooplancton ($y = 1,973 x + 371,3$; $R^2 = 0,640$) d'une part, et entre les doses appliquées et les biomasses du zooplancton ($y = 0,219 x + 168,4$; $R^2 = 0,686$), d'autre part (figure 7). De plus, il y a une corrélation positive entre le taux de chlorophylle-a et la production du zooplancton ($n = 105$, $r^2 = 0,72$ et $P < 0,05$), c'est-à-dire que plus le milieu est riche en phytoplancton, plus la production du zooplancton est importante.

Discussion et conclusion

Environnement trophique

L'effet fertilisant de la fiente de volaille est bien démontré par le développement de la biomasse phytoplanctonique aux doses les plus élevées, D300, D600 et D1200. Les valeurs

moyennes de chlorophylle-a obtenues avec ces doses sont supérieures à la valeur minimale de 2 mg/L signalée par Canovas *et al.* (1991) pour une bonne production primaire. Ainsi, les doses D300, D600 et D1200 offrent de très bonnes conditions nutritives au zooplancton. La plus forte biomasse phytoplanctonique obtenue avec la dose D1200 est liée à sa plus grande richesse en phosphate. En effet, le phosphate est le facteur limitant de la production primaire en milieu aquatique (Anonyme, 2001 ; Schlumberger et Bouretz, 2002). Mais la fraction la plus assimilable est l'orthophosphate (Reynolds, 1984) qui ne représente généralement qu'une petite partie du phosphate disponible dans le milieu (Moussa *et al.*, 2005 ; Benzha *et al.*, 2005). Le taux le plus élevé d'orthophosphate obtenu dans les milieux fertilisés avec la dose D1200 correspond à la plus grande disponibilité de phosphate dans ces milieux.

Par ailleurs, l'expression de la biomasse phytoplanctonique maximale est réalisée plus tard pour la dose D1200 que pour les autres doses. Cela pourrait s'expliquer par la plus forte charge organique des milieux fertilisés avec cette dose.

L'étude de la transparence au disque de Secchi confirme la plus forte charge algale des milieux à D600 et D1200 qui serait dominée particulièrement avec la D1200 par des Cyanobactéries. En effet, selon Schlumberger et Bouretz (2002), la transparence au disque de

Secchi réduite associée à la forte présence de P-PO₄ au moment où le pH de l'eau est supérieur à 9 laisse présager une prédominance de Cyanobactéries (avec présence accessoire de Chlorophycées). Enfin, il est à noter que les valeurs moyennes de transparence enregistrées dans les bacs fertilisés pendant cette étude montrent que l'eau de ces bacs contient les nutriments adéquats au développement du plancton (Ugwumba et Ugwumba, 1993) et correspond à l'optimum (0,30 à 0,50) des étangs pour l'élevage des poissons filtreurs (Boyd, 1982, 1997).

Production du zooplancton

La dose D600 ($0,6 \text{ g/L}$ ou 600 g/m^3) a donné la meilleure production de zooplancton. La production moyenne obtenue avec cette dose permet de multiplier au moins par 5 les productions moyennes obtenues avec les doses D0, D150 et D300 en termes de densité et de 2 fois les productions de D0, D150 et D300 en termes de biomasse. Plusieurs travaux (Vanni et Findlay, 1990 ; Shep, 1994 ; Lazzaro et Lacroix, 1995 ; Sendacz *et al.*, 2006) ont montré, comme dans cette étude, l'existence d'une corrélation entre le taux de chlorophylle-a et la production du zooplancton. Pourtant, avec la dose D1200, la production est relativement inférieure à celle qui est obtenue avec la dose D600 bien que le taux de la chlorophylle-a avec la dose D1200 soit largement supérieur à celui qui est produit avec la dose D600. Cela serait lié au phénomène d'enrichissement trophique ponctuel qu'auraient subi les milieux fertilisés avec cette dose D1200 qui entraîne une forte charge de matière organique. Ces conditions semblent affecter les densités du zooplancton. En effet, les fortes charges organiques des milieux aquatiques affectent la biomasse des organismes du zooplancton (Karjalainen *et al.*, 1999) et certains éléments peuvent produire des effets négatifs (Aloui *et al.*, 2003). La densité plus élevée du zooplancton obtenue avec la D1200 avant le bloom algal (J 17) comparativement à celle qui est obtenue après ce bloom (J 27), confirme les observations précédentes et témoigne du phénomène d'eutrophisation de ce milieu. En revanche, en termes de

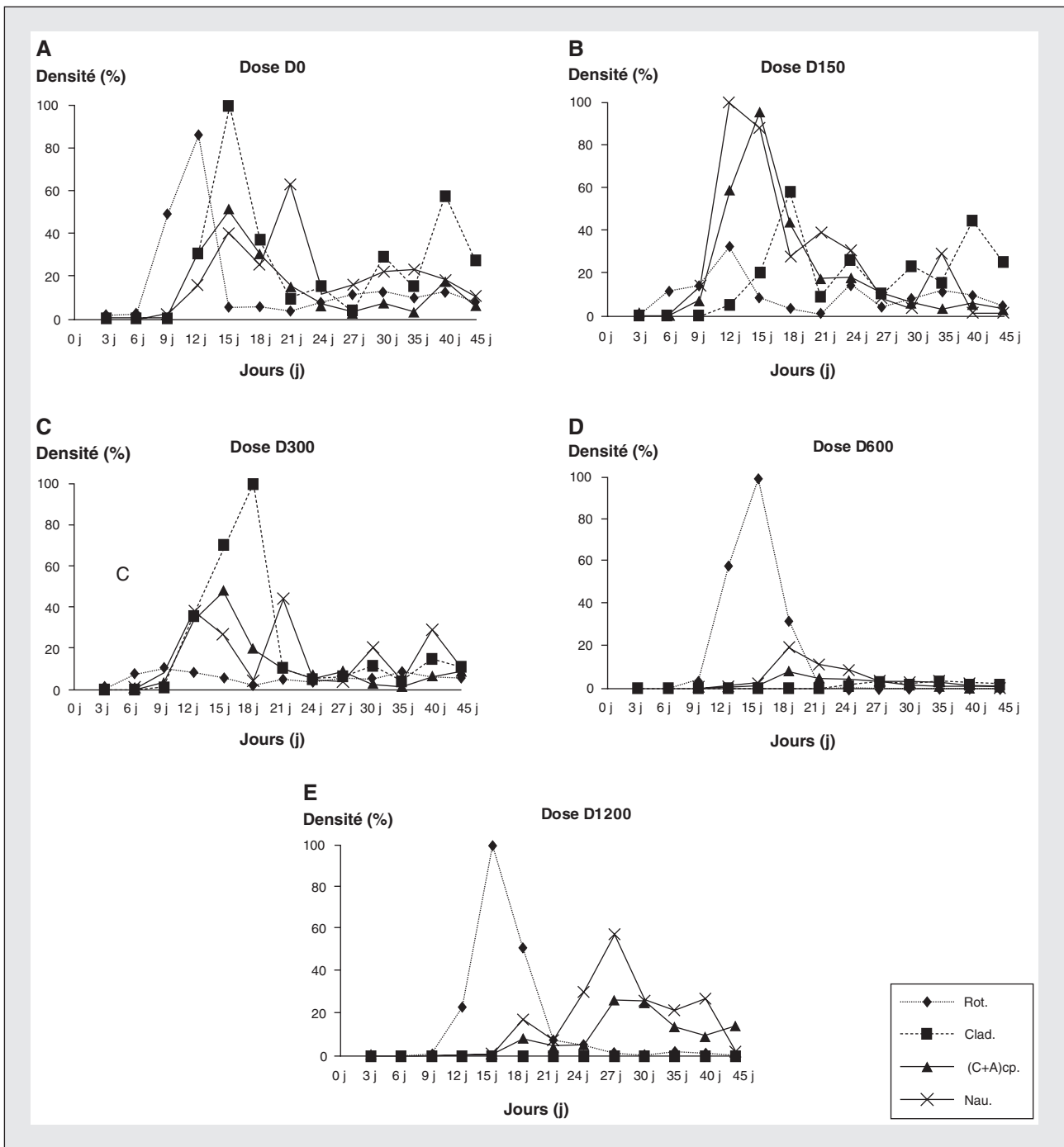


Figure 4. Évolution de la densité des différents groupes du zooplancton dans les bacs.

Figure 4. Density evolution of the groups of zooplankton in the tanks.

A) dose D0 ; B) dose D150 ; C) D300 ; D) D600 ; E) D1200.

pois, la biomasse du zooplancton obtenue à J 27 est supérieure à celle obtenue à J 17. Cela pourrait s'expliquer par le changement dans la composition des populations du zooplancton mentionnées.

Avec la dose D600, l'extinction de la biomasse algale après la production maximale du zooplancton traduit le fait que la quasi-totalité des algues a été ingérée par le zooplancton. L'importance relative de la biomasse

du zooplancton après le pic zooplanctonique dans les milieux fertilisés avec la dose D600 est également liée à la modification de l'abondance relative des espèces dans ces milieux pendant ce temps.

Tableau 2. Variation temporelle de la production du zooplancton en fonction des doses de fiente de volaille appliquées.

Table 2. Temporal variation of the production of the zooplankton obtained with the various doses.

	D0	D150	D300	D600	D1200
Densité (ind/L)					
0 j	IP	IP	IP	IP	IP
3 j	15 ± 0	15 ± 0	15 ± 0	15 ± 0	15 ± 0
6 j	12 ± 1	74 ± 90	75 ± 21	25 ± 16	36 ± 27
9 j	201 ± 22	199 ± 15	201 ± 12	378 ± 77	58 ± 16
12 j	611 ± 209	1 083 ± 164	1 010 ± 297	6 823 ± 1 864	1 357 ± 646
15 j	698 ± 97	1 233 ± 136	1 300 ± 110	11 781 ± 4 725	5 671 ± 1 528
18 j	370 ± 42	739 ± 302	1 086 ± 807	6 849 ± 2 558	4 255 ± 1 942
21 j	346 ± 79	376 ± 94	600 ± 141	1 954 ± 202	1 102 ± 156
24 j	156 ± 27	499 ± 115	171 ± 61	1 633 ± 107	2 276 ± 87
27 j	132 ± 61	189 ± 88	203 ± 111	1 036 ± 44	4 771 ± 1 160
30 j	273 ± 108	228 ± 10	335 ± 15	839 ± 433	2 896 ± 759
35 j	193 ± 86	340 ± 88	162 ± 77	831 ± 152	2 071 ± 833
40 j	398 ± 145	344 ± 73	487 ± 227	484 ± 224	2 086 ± 752
45 j	196 ± 8	198 ± 16	309 ± 20	294 ± 49	973 ± 91
Moyenne	343 ± 66	521 ± 143	379 ± 205	2 746 ± 316	2 309 ± 291
Biomasse (µg/L)					
0 j	IP	IP	IP	IP	IP
3 j	11 ± 0	11 ± 0	11 ± 0	11 ± 0	11 ± 0
6 j	3 ± 2	10 ± 5	8 ± 4	6 ± 2	73 ± 9
9 j	23 ± 7	35 ± 12	59 ± 19	29 ± 5	8 ± 7
12 j	438 ± 96	302 ± 54	461 ± 96	510 ± 90	128 ± 54
15 j	358 ± 105	334 ± 140	790 ± 143	890 ± 274	427 ± 126
18 j	151 ± 76	320 ± 110	866 ± 235	905 ± 179	492 ± 132
21 j	162 ± 130	223 ± 87	355 ± 74	447 ± 136	237 ± 41
24 j	189 ± 20	438 ± 24	173 ± 85	500 ± 121	303 ± 35
27 j	58 ± 28	217 ± 148	209 ± 123	544 ± 198	952 ± 70
30 j	366 ± 94	419 ± 19	329 ± 139	488 ± 187	776 ± 70
35 j	190 ± 31	302 ± 72	130 ± 96	519 ± 159	461 ± 199
40 j	708 ± 235	705 ± 270	450 ± 78	426 ± 53	378 ± 214
45 j	334 ± 17	452 ± 99	346 ± 226	398 ± 97	387 ± 129
Moyenne	117 ± 33^a	186 ± 28^a	242 ± 51^a	416 ± 27^b	373 ± 3^b

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart type. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

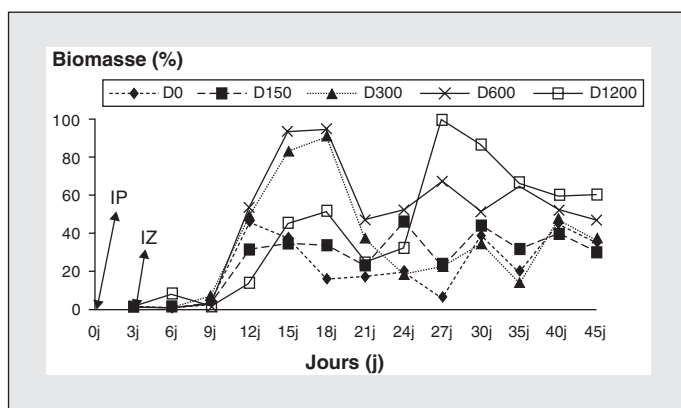


Figure 5. Évolution des biomasses du zooplancton en fonction des doses de fiente de volaille appliquées.

Figure 5. Biomass evolution of the zooplankton according to doses.

IP : inoculation phytoplancton. ; IZ : inoculation zooplancton.

En définitive, pour une bonne production du zooplancton en milieu contrôlé, il ne faut pas dépasser une certaine quantité de biomasse algale correspondant à environ 14 mg/L de chlorophylle-a. Mais la quantité optimale de biomasse algale serait celle obtenue avec la dose D600 qui est environ de 8 mg/L de chlorophylle-a. Les gammes de sels nutritifs (azote et phosphate) correspondantes se situent entre 2,15 et 2,30 mg/L pour l'azote inorganique total et entre 0,23 et 0,28 mg/L pour le P-PO₄ avec un rapport N/P variant entre 7,21 et 9,77. Ces valeurs se situent dans les gammes recommandées pour la fertilisation des étangs qui varient entre 0,8 et 4 mg/L pour l'azote inorganique total et entre 0,2 et 0,5 mg/L pour le P-PO₄, pour un rapport N/P (N inorganique/P-PO₄) compris entre 4/1 et 10/1 (Billard et Marie, 1980 ; Boyd, 1982, 1997 ; Schlumberger, 1998 ; Schlumberger et Bouretz, 2002) afin d'éviter des impasses de production dans le réseau trophique.

Néanmoins, la dose D300 semble tout aussi intéressante que la dose D600. Avec la dose D300 la production de zooplancton est forte et relativement brève – entre J 12 et J 18, puis la densité correspond à celle de la chlorophylle-a (pic à J 12). Ces évolutions suggèrent que tous les nutriments ont été épuisés. Il s'agirait donc d'une production relativement contrôlable.

Par ailleurs, les doses D300 et D600 permettent d'obtenir une biomasse

fraîche estimée respectivement à 8,6 mg/L et 8,7 mg/L (estimation faite en considérant une teneur en matière sèche moyenne de 9,61 % pour un mélange de zooplancton produit en étang en Inde d'après Mitra *et al.* [2007]). Selon cette référence, la biomasse sèche de zooplancton obtenue en étangs fertilisés varie entre 1,2 et 4,2 mg/L ; les résultats obtenus ici en bacs sont donc meilleurs.

En revanche, les niveaux de production obtenus ici semblent très faibles par rapport à ce qui peut être obtenu avec des cultures de cladocères en bacs alimentées avec du phytoplancton. Avec *Moina rectirotris* stocké dans des bacs en ciment de 4,5 m³ (3 x 5 x 0,3 m d'eau), la production nette moyenne est de 490 mg/L (poids frais) avec des biomasses initiale et finale de 180 et 670 mg/L, respectivement, et des densités correspondantes de 2 200 et 8 300 ind/L ; le poids moyen de *M. rectirotris* est de 80 µg par individu frais (5,7 µg en poids sec) ; la durée de la culture est de 5 à 6 jours au total, incluant la production de phytoplancton et celle des moinas (données de production non publiées). Des rendements encore plus importants sont rapportés à l'échelle expérimentale dans des volumes de culture réduits. C'est le cas avec *Moina macrocopa*, espèce un peu plus grande que *M. rectirotris*, où la biomasse a atteint, après 7 jours de culture environ, 1 440 mg/L en poids total (16 000 ind/L x 90 µg/L) (Alva-Martinez *et al.*, 2007) ; la densité

initiale est de 200 ind/L, le volume de culture est de 50 mL. La densité finale la plus élevée a été rapportée avec *Ceriodaphnia dubia*, un cladocère un peu plus petit que *M. rectirotris*, avec 2 590 mg/L et 37 000 ind/L (Mangas-Ramírez *et al.*, 2002). Les résultats notablement plus faibles obtenus au cours du présent travail seraient liés d'une part à la densité de stockage qui est ici trop faible (15 ind/L soit 11,36 µg/L) et au système de production (mélange de zooplancton) et, d'autre part, au faible poids moyen individuel des différentes espèces composant la production zooplanctonique. Pour une production intensive, il a été suggéré d'appliquer une forte densité de stockage du zooplancton, car une faible densité limiterait incontestablement la production. Ainsi, en se référant à une étude de développement larvaire des poissons effectuée en Thaïlande, les conditions de la présente étude (densité de mise en charge, durée) pourraient s'apparenter davantage à une fertilisation appliquée dans un bassin de développement larvaire des poissons en conditions extensives, comme un étang. Par conséquent, les résultats obtenus avec les doses D300, D600 et D1200 pourraient être utiles pour optimiser le développement larvaire des poissons en étang. Sur ce dernier point, on aurait donc tout intérêt à différer le stockage de larves de poissons pour atteindre le pic qui est intervenu ici entre 12 et 15 jours après la fertilisation. Outre l'effet de la densité, la production du zooplancton en conditions de mélange des taxons affecterait le rendement et la biomasse dépendrait du type de zooplancton dominant la population. En effet, dans un système de production en mélange, les rotifères (zooplancton de plus petite taille : 150-247 µm) font de la concurrence au zooplancton plus gros (cladocères : taille mesurée comprise entre 601-678 µm) pour la consommation du phytoplancton (Flores-Burgos *et al.*, 2003 ; Bocanegra *et al.*, 2002). Cela se justifierait par l'abondance des rotifères dans les bacs pendant les premiers jours de la production. Par ailleurs, l'estimation des biomasses zooplanctoniques à travers les masses zooplanctoniques individuelles indiquées par la littérature pourrait donner des valeurs sous-estimées ou

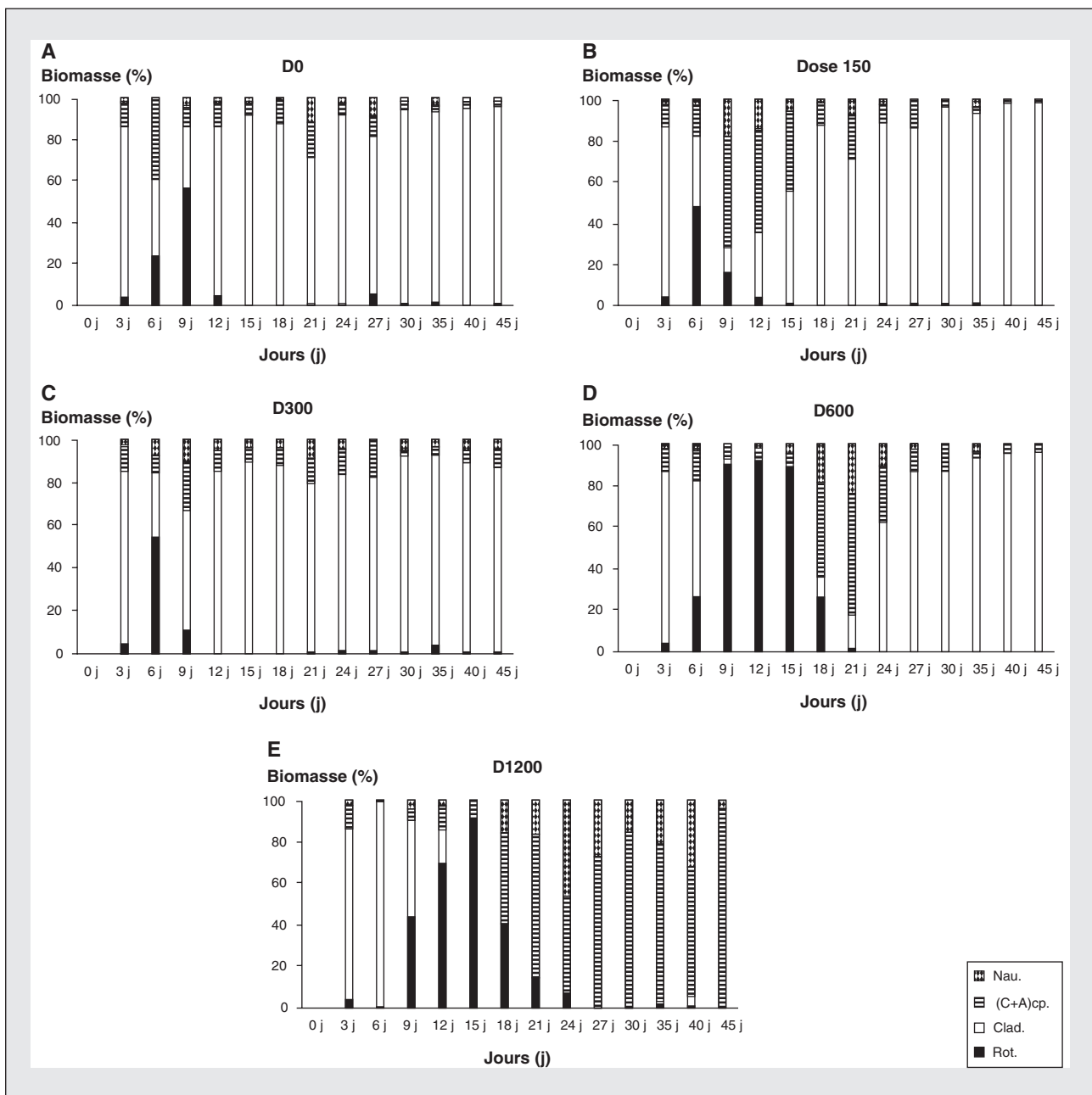


Figure 6. Évolution de la biomasse des différents groupes du zooplancton dans les bacs.

Figure 6. Biomass evolution of the groups of zooplankton in the tanks.
A) dose D0 ; B) dose D150 ; C) D300 ; D) D600 ; E) D1200.

surestimées. En outre, au sein d'un même groupe, il existe souvent des différences de masse entre les espèces. C'est le cas par exemple des cladocères chez lesquels des différences assez grandes de taille (et donc de masse) sont notées parmi les différentes espèces. Il est tout aussi possible

d'observer une telle différence pour une même espèce produite dans des conditions différentes.

En conclusion, les doses D300, D600 et D1200 ont donné de très bonnes productions. Mais, avec la D1200, on assiste à des risques d'eutrophisation du milieu. En pratique, D300 et D600

constitueraient les doses optimales de fiente de volaille sèche à conseiller pour la production massive de zooplancton en condition contrôlée, puisqu'elles donnent la meilleure production zooplanctonique, en offrant des conditions optimales pour favoriser le développement du phytoplancton

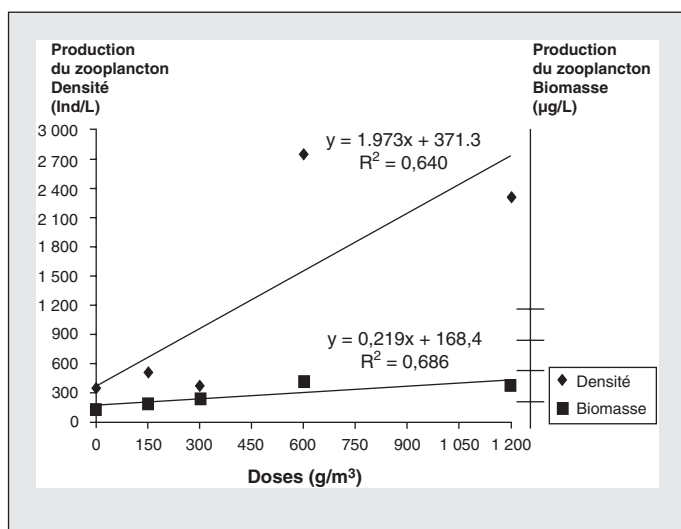


Figure 7. Relation entre les doses de fiente de volaille appliquées et la production du zooplancton.

Figure 7. Relationship between doses applied and production of zooplankton.

et son ingestion quasiment totale par le zooplancton. ■

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier tous les lecteurs anonymes pour leur contribution à la qualité scientifique de ce manuscrit.

Références

Agadjihouèdé H, Bonou CA, Chikou A, Lalèyè P, 2010. Production comparée de zooplancton en bassins fertilisés avec la fiente de volaille et la bouse de vache. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4 : 432-42.

Aloui N, Hussenet J, El Abed A, 2003. Amélioration de la production d'*Artemia* dans les salines tunisiennes par fertilisation minérale: détermination de la dose optimale d'emploi. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô* 30 : 101-11.

Alva-Martinez AF, Sarma SSS, Nandini S, 2007. Effect of mixed diets (cyanobacteria and green algae) on the population growth of the cladocerans *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa*. *Aquatic Ecology* 41: 579-85.

Anonyme, 2001. *Production primaire océanographique et cycle biogéochimique du phosphate*. Mission océanographique POMME, Atlantique Nord Est.

Awaïss A, Kestemont P, Micha JC, 1993. Étude de premier alevinage du poisson-chat africain, *Clarias gariepinus* (Birchell, 1822), avec le rotifère d'eau douce, *Brachionus calyciflorus* (Pallas). *European Aquaculture Society, Special Publication* 18 : 443-53.

Benzha F, Taoufik M, Dafir JE, Kemmou S, Loukili L, 2005. Qualité physico-chimique des eaux du réservoir Daourat ; impact de la vidange sur son

fonctionnement. *Revue des Sciences de l'Eau* 18: 57-74.

Billard R, Marie D, 1980. La qualité des eaux de l'étang de pisciculture et son contrôle. In : Billard R, ed. *La pisciculture en étang*. Paris : Inra éditions.

Bocanegra MDH, Nandini S, Sarma SSS, 2002. Combined effects of food level and inoculation density on competition between *Brachionus patulus* (Rotifera) and the cladocerans *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa*. *Hydrobiologia* 468 :13-22.

Boyd CE, Musig Y, Tucker L, 1981. Effects of three phosphorus fertilizers on phosphorus concentrations and phytoplankton production. *Aquaculture* 22: 175-80.

Boyd CE, 1982. *Water quality management for pondfish culture*. Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Company.

Boyd CE, 1997. Practical aspects of chemistry in pond aquaculture. *The Program for Fish Culturing* 58 : 85-93.

Boyd CA, Penseng P, Boyd CE, 2008. New Nitrogen Fertilization Recommendations for Bluegill Ponds in the Southeastern United States. *North American Journal of Aquaculture* 70 : 308-13.

Canovas S, Casellas C, Picot B, Pena G, Bontoux J, 1991. Evolution annuelle du peuplement zooplanctonique dans un lagunage à haut rendement et incidence du temps de séjour. *Revue des Sciences de l'Eau* 4: 269-89.

Dabbadie L, 1996. *Étude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire : approche du réseau trophique*. Thèse de doctorat de l'université de Paris 6 en océanologie biologique.

Dagnelie P, 1984. *Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques*. Tome II. Gembloux (Belgique) : Presses Agronomiques de Gembloux.

Damle DK, Chari MS, 2011. Performance evaluation of different animal wastes on culture of *Daphnia* sp. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 6 : 57-61.

De Pauw N, 1981. Use and production of microalgae as food for nursery bivalves. In : Claus C, De Pauw N, Jaspers E, eds. *Nursery culturing of bivalve molluscs*. European Mariculture Society, Special Publication 7. Bredene (Belgium) : European Mariculture Society.

De Pauw N, Verboven J, Claus C, 1983. Large scale microalgae production for nursery rearing of marine bivalves. *Aquacultural Engineering* 2: 27-47.

Evjemo JO, Reitan KI, Olsen Y, 2003. Copepod as live food organisms in the larval rearing of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture* 227 : 191-210.

Fiogbé ED, Kestemont P, Micha JC, 2003. Performances zootechniques comparées de rotifères d'eau douce *Brachionus calyciflorus* et de nauplii d'*Arteia* chez les larves de la perche fluviatile *Perca fluviatilis*. *Tropicultura* 21 : 31-5.

Flores-Burgos J, Sarma SSS, Nandini S, 2003. Population growth of zooplankton (rotifers and cladocerans) fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* in different proportions. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 31 : 240-8.

Gras R, Saint-Jean L, 1981. Croissance en poids de quelques copépodes planctoniques du lac Tchad. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* 14 : 135-47.

Guiral D, Arfi R, Bouvy M, Pagano M, Saint-Jean L, 1994. Ecological organization and succession during natural recolonization of a tropical pond. *Hydrobiologia* 294 : 229-42.

Hogendoorn H, 1980. Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera*. III. Feeding and growth of fry. *Aquaculture* 24 : 123-241.

Hossain Y, Begum M, Ahmed ZF, Hoque MA, Karim MA, Wahab MA, 2006. A study on the effects of Iso-phosphorus fertilizers on plankton production in fish ponds. *South Pacific Studies* 2 : 101-10.

Karjalainen J, Rahkola M, Holopainen AL, 1999. Trophic gradients and associated changes in the plankton community in two bays of Lake Ladoga. *Borea/ Environment Research* 4 : 229-38.

Lazzaro X, Lacroix G, 1995. Impact des poissons sur les communautés aquatiques. In : Pourriot R, Meybeck M, eds. *Limnologie générale*. Paris (France) : Masson.

Legendre M, Pagano M, Saint-Jean L, 1987. Peuplements et biomasse zooplanctonique dans des étangs de pisciculture lagunaire (Layo, Côte d'Ivoire). Étude de la recolonisation après la mise en eau. *Aquaculture* 67 : 321-41.

Lorenzen CJ, 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography* 12 : 343-6.

Mangas-Ramírez E, Sarma SSS, Nandini S, 2002. Combined effects of algal (*Chlorella vulgaris*). Density and ammonia concentration on the population dynamics of *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa* (Cladocera). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 51 : 216-22.

Mitra G, Mukhopadhyay PK, Ayyappan S, 2007. Biochemical composition of zooplankton community grown in freshwater earthen ponds: Nutritional implication in nursery rearing of fish larvae and early juveniles. *Aquaculture* 272 : 346-60.

Mitra G, Mukhopadhyay PK, Ayyappan S, 2007. Biochemical composition of zooplankton community grown in freshwater earthen ponds: Nutritional implication in nursery rearing of fish larvae and early juveniles. *Aquaculture* 272 : 346-60.

- Moussa M, Baccar L, Ben Khemis R, 2005. La lagune de Ghar El Melh : diagnostic écologique et perspectives d'aménagement hydraulique. *Revue des Sciences de l'Eau* 18 : 13-26.
- Person-Le Ruyet J, 1975. *Techniques d'élevage en masse d'un rotifère Brachionus plicatilis et d'un crustacé Brachiopode Artemia salina*. 10th Europ. Symp. Mar. Biol., Ostend, Belgium.
- Pourriot R, Capblancq J, Champ P, Meyer JA, 1982. *Écologie du plancton des eaux continentales*. Paris : Masson.
- Reynolds CS, 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. In: Beck E, ed. *Cambridge Studies in Ecology*. Cambridge ; New York : Cambridge University Press.
- Saint-Jean L, Bonou CA, 1994. Growth, production and demography of *Moina micrura* in brackish tropical fishponds (Layo, Ivory Coast). *Hydrobiologia* 272 : 125-46.
- Saville DJ, 1990. Multiple comparison procedures: the practical solution. *American Statistician* 44 : 174-80.
- Scherrer B, 1984. *Biostatistique*. Québec : Gaëtan Morin.
- Schlumberger O, Bouretz N, 2002. Réseaux trophiques et production piscicole en étangs fertilisés (Dordogne, France). *Revue des Sciences de l'Eau* 15 : 177-92.
- Schlumberger O, 1998. *Mémento de pisciculture d'étang*. 3^e édition. Antony (France) : Cemagref éditions.
- Sendacz S, Caleffi S, Santos-soares J, 2006. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of são paulo, brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66 (1B) : 337-50.
- Shep H, 1994. *Comparaison des capacités de développement et des processus de régulation en élevage monospécifique de triostypes de proies planctoniques d'intérêt aquacole : Moina micrura, Diaphanosoma excisum et Thermocyclops sp.* Mémoire de DEA en écologie tropicale, université nationale de Côte-d'Ivoire.
- Sipaúba-Tavares LH, Pelicione LC, Olivera A, 1999. Use of organic (NPK) and the CHU₁₂ medium for cultivation of *Ankistrodesmus gracilis* in laboratory. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia* 1 : 10-5.
- Sipaúba-Tavares LH, Bachion MA, 2002. Population growth and development of two species of Cladocera, *Moina micrura* and *Diaphanosoma birgei*, in laboratory. *Brazilian Journal of Biology* 62 : 701-11.
- Sipaúba-Tavares LH, Pereira AML, 2008. Large scale laboratory cultures of *Ankistrodesmus gracilis* (Reisch) Korsikov (*Chlorophyta*) and *Diaphanosoma birgei* Korinek, 1981 (*Cladocera*). *Brazilian Journal of Biology* 68 : 875-83.
- Sorgeloos P, 1980. The use of the brine shrimp *Artemia* in Aquaculture. In : Persoone G, Sorgeloos P, Roels O, Jaspers E, eds. *The Shrimp Artemia: Ecology, culturing, use in Aquac.* Wettreren (Belgium) : Universa Press.
- Thome JP. *Écologie des eaux douces. Partim zooplancton*. Note de séminaire DES, Aquaculture, Tihange, Belgique, 2002.
- Ugwumba AO, Ugwumba AA, 1993. A study of the physico-chemical hydrology and plankton of Awba Lake in Ibadan, Nigeria. *Fisheries Acadbiz Communications* 1 : 20-39.
- Vanni MJ, Findlay DL, 1990. Trophic cascade and phytoplankton community structure. *Ecology* 71 : 921-37.