

Production de *Oreochromis niloticus* avec des aliments à base de sous-produits agricoles

Yacouba BAMB¹, Allassane OUATTARA¹, Kouassi S. DA COSTA² & Germain GOURÈNE^{1*}

¹Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire).

²Centre National de Recherche Agronomique station de Recherche en Pêche et Aquaculture Continentale (CNRA).

*Auteur pour les correspondances (E-Mail : gourene@hotmail.com)

Reçu le 31-05-2007, accepté le 05-06-2008.

Résumé

Des alevins de *Oreochromis niloticus* ($0,7 \pm 0,06$ g) ont été nourris dans seize étangs avec quatre aliments dont trois aliments tests (A1, A2 et A3) formulés uniquement à base de sous-produits agricoles. La composition de ces aliments tests est la suivante : A1 (tourteaux de soja, de coton, sons de maïs et de mil) ; A2 (tourteaux de soja, de coton, sons de maïs et de riz) et A3 (tourteaux de soja, de coton, sons de mil et de riz). Le quatrième (At), contenant de la farine de poisson, est un produit industriel et a servi de témoin. Deux densités de mise en charge (10 et 13 ind./m²) ont été appliquées pour chaque traitement alimentaire. Chaque densité d'élevage a été répliquée une fois.

Après 120 jours d'élevage, tous les poissons ont atteint au moins 25 g (poids seuil de sexage). Les meilleures performances zootechniques sont obtenues avec l'aliment A1, suivi de l'aliment A2. Les poids moyens finaux observés aux densités 10 et 13 ind./m² sont de $54,69 \pm 7,76$ et $46,77 \pm 5,87$ g (A1), $46,32 \pm 6,71$ et $41,23 \pm 5,32$ g (A2) ; $40,90 \pm 7,64$ et $37,31 \pm 5,73$ g (A3) puis de $41,72 \pm 6,57$ et $37,45 \pm 5,84$ g (At). Les quotients nutritifs respectifs correspondants sont de 1,13 ; 1,30 ; 1,87 et 1,72 (10 ind. /m²), puis de 1,40 ; 1,63 ; 1,74 et 1,80 (13 ind. /m²).

Les aliments A1 et A2 permettent un niveau de production supérieur à celui du témoin. Comparés au témoin, des taux de réduction respectifs de 30 % et d'environ 14 à 37% des coûts des aliments tests et de production des fingerling ont été obtenus.

Mots-clés: *Oreochromis niloticus*, alimentation, sous-produits agricoles, production, Côte d'Ivoire.

Abstract

Production of Oreochromis niloticus with diets formulated using agricultural by-products

Alevins of Oreochromis niloticus (0.7 ± 0.06 g) were fed with three test diets (A1, A2 and A3) formulated using agricultural by-products and a commercial one containing fish meal (control diet = At). The composition of these test diets is: A1 (oilcakes of soy, of cotton, bran of corn and of millet); A2 (oilcakes of soy, of cotton, bran of corn and of rice) and A3 (oilcakes of soy, of cotton, bran of millet and of rice).

Two stocking densities (10 and 13 ind. / m²) were applied for each experimental diet.

At the end of 120 days of rearing, all experimental fish reached more than 25g (doorstep weight for manual sexing).

Diets A1 and A2 displayed the better growth and food utilization performances. Final mean weight of fish at stocking densities 10 and 13 ind. / m² respectively, ranged from 54.69 ± 7.76 to 46.77 ± 5.87 g (A1), 46.32 ± 6.71 to 41.23 ± 5.32 g (A2); 40.90 ± 7.64 to 37.31 ± 5.73 g (A3) and 41.72 ± 6.57 to 37.45 ± 5.84 g (At). The corresponding food conversion rates were 1.13; 1.30; 1.87 and 1.72 (10 ind. /m²), then 1.40; 1.63; 1.74 and 1.80 (13 ind. /m²).

Test diets A1 and A2 produced more yield than the control one. Relatively to the assessment economic aspect, test diets reduce the diet cost and fingerlings production cost, respectively of rate about 30 % and 14 to 37 %, compared to that of the control diet.

Key words : *Oreochromis niloticus*, feeding, agricultural by-products, production, Côte d'Ivoire.

1. Introduction

Le secteur de la pisciculture n'a pas encore atteint une dimension économique viable en Afrique, que ce soit en termes de volume ou en termes de place de cette activité dans les autres systèmes de production (Lazard *et al.*, 1991). Pour Siddhuraju & Becker (2003), la contrainte majeure à l'émergence de la pisciculture, dans les pays en développement, est le coût de l'alimentation. Pour eux, l'utilisation de la farine de poisson comme principale source de protéines dans les aliments destinés à l'aquaculture est à l'origine du coût onéreux de ces aliments. Selon Slembrouck *et al.* (1991) et Gourène *et al.* (2002), en terme de dépense, l'alimentation représente environ 50 % du coût de production du poisson d'élevage.

Les sous-produits agricoles en l'occurrence le tourteau de soja, le tourteau de coton, le son de maïs, le son de mil et le son de riz sont localement disponibles et peu coûteux dans les régions du Nord de la Côte d'Ivoire. D'après Liebert & Portz (2005), ces sous-produits agricoles sont des composants énergétiques et protéiques. Notamment, les tourteaux d'oléagineux (soja et coton) peuvent être utilisés comme substituts aux farines de poisson. Ces divers sous-produits agricoles qui sont utilisés par de nombreux pisciculteurs de façon empirique ont besoin d'être formalisés en vue d'une réduction du coût de l'alimentation.

L'emploi de produits-agricoles dans l'alimentation des poissons a déjà donné des résultats encourageants dans les régions des savanes (Nord et Centre) de la Côte d'Ivoire (Campbell, 1978 et Lazard, 1984). Cependant, les teneurs protéiques des aliments conçus étaient faibles (inférieures à 23%), et les résidus agricoles qui ont été utilisés n'étaient pas diversifiés. Ce travail a donc pour objectif, d'améliorer les teneurs en protéines des aliments (jusqu'à 25 à 30 %) à partir d'une association de plusieurs sous-produits, en vue d'une optimisation de la production de juvéniles de *Oreochromis niloticus* en étang.

2. Matériel et méthodes

2. 1. Dispositif expérimental et aliments expérimentaux

Les expérimentations ont été réalisées entre octobre 2003 et mars 2004 à la ferme piscicole de Blondey, située à environ 25 kilomètres d'Abidjan. Elles ont été conduites dans seize étangs contigus de 400 à 800 m². Huit étangs

ont été utilisés pour la densité de 10 ind. / m² et huit autres pour celle de 13 ind. / m² (à raison de deux étangs par traitement par densité de charge). Les deux densités de 10 et 13 ind./m² ont été appliquées pour chacun des quatre traitements alimentaires. Une réplication a été exécutée pour chaque densité de mise en charge. Ces étangs sont alimentés en eau par gravité à partir d'un barrage de retenue d'eau de 3 hectares. Ils sont dotés d'un système de canalisation en PVC enterré, dont le tuyau d'arrivée d'eau est équipé d'une toile moustiquaire (maille : 1 mm).

Trois aliments tests (A1, A2 et A3) mis au point uniquement avec des sous-produits agricoles et un aliment industriel commercial servant de témoin (At) ont été utilisés pour chaque densité de mise en charge (10 et 13 ind./m²). Les quatre types d'aliment utilisés sont tous de type pulvérulent. Les aliments tests ont été formulés selon la méthode des « carrés de Pearson » (Kanangiré, 2001). Le choix des ingrédients est fondé sur leur qualité nutritionnelle, leur quantité, leur disponibilité, ainsi que leur prix sur le marché local (Guillaume, 1999). Les tourteaux d'oléagineux (soja et coton) ont été utilisés comme substituts aux farines de poisson (Jauncey & Ross, 1982). Les sous-produits céréaliers et l'huile de palme sont des composants énergétiques. La farine d'os calciné, riche en ions calcium et phosphore, est ajoutée comme mélange de minéraux (Campbell, 1978 et Rivière, 1978). Pour la fabrication des aliments tests, les différents intrants sont achetés auprès des fournisseurs locaux (tourteaux de soja et de coton). Les sons céréaliers ont été séchés au soleil. Les tourteaux de soja, de coton et les os calcinés ont été moulus au moyen des broyeurs. Les aliments ont été fabriqués (mis au point) le même jour, selon les méthodes de Campbell (1978), Rivière (1978) et Melcion (1999).

La composition des aliments tests se présente comme suit : A1 (tourteau de soja, tourteau de coton, sons de maïs et de mil) ; A2 (tourteau de soja, tourteau de coton, sons de maïs et de riz) et A3 (tourteau de soja, tourteau de coton, sons de mil et de riz). En plus des quatre composants principaux, chacun de ces trois aliments contient également de l'huile végétale et de la farine d'os calciné. Les sous-produits agricoles qui différencient fondamentalement les aliments A1, A2 et A3 sont les sons de maïs, de mil et de riz. Ces trois sous-produits sont abondants et peu onéreux. Cependant, il a été rapporté par Rivière (1978) et Arzel *et al.* (1999) que ceux-ci n'ont pas les mêmes valeurs nutritives. Il s'agira donc de

voir lequel des trois sous-produits céréaliers (sons de maïs, de mil et de riz) favorise mieux la croissance du poisson élevé. Concernant l'aliment témoin (At), il est constitué essentiellement de maïs concassé, de tourteau de coton, de son de blé, de farine de poisson et

d'un mélange vitaminique comme l'indique le fabricant industriel. La composition biochimique de ces quatre aliments expérimentaux est donnée dans le tableau 1. Les analyses ont été effectuées selon les méthodes de Naumann & Bassler (1997).

Tableau 1: Composition biochimique et des aminoacides des aliments expérimentaux.

| Composants (% matière sèche) | Aliments | | | | Œuf de poisson (étalon)* |
|---|----------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | A1 | A2 | A3 | At | |
| Matière sèche (%) | 90,61 | 89,17 | 90,46 | 88,58 | - |
| Protéine brute (%) | 25,48 | 25,46 | 22,37 | 32,38 | - |
| Lipide (%) | 7,13 | 8,71 | 6,71 | 4,51 | - |
| Matières cellulosiques (%) | 9,34 | 10,03 | 14,7 | 7,28 | - |
| Cendre (%) | 15,38 | 10,25 | 12,99 | 9,99 | - |
| Acides aminés exprimés en % de protéines totales | | | | | |
| Lysine | 4,19 | 4,04 | 4,04 | 5,01 | 7,6 |
| Arginine | 9,31 | 9,71 | 8,15 | 8,34 | 6,1 |
| Histidine | 2,91 | 2,92 | 2,96 | 3,13 | 2,6 |
| Phénylalanine | 4,86 | 4,71 | 4,56 | 4,53 | 4,8 |
| Tyrosine | 3,22 | 3,36 | 3,3 | 3,29 | 1,5 |
| Leucine | 6,8 | 6,86 | 6,39 | 6,82 | 8,9 |
| Isoleucine | 3,49 | 3,45 | 3,26 | 3,4 | 5,7 |
| Valine | 4,86 | 4,89 | 4,19 | 4,43 | 6,4 |
| Thréonine | 3,31 | 3,59 | 3,4 | 3,72 | 5,4 |
| Méthionine | 2,59 | 2,75 | 3,27 | 2,26 | 2,5 |
| Additives | | | | | |
| Vit. D ₃ , I.U. / kg | + | + | + | 1000 | + |
| Vit. A, I.U. / kg | + | + | + | 4500 | + |
| Vit. E, I.U. / kg | + | + | + | 6 | + |

A1 : aliment test 1 ; A2 : aliment test 2 ; A3 : aliment test 3 ; At : aliment témoin. - : indéterminé ; + : néant.

2. 2. Poissons utilisés et protocole expérimental

Des lots expérimentaux alevins de *Oreochromis niloticus* âgés de 35 jours et d'un poids moyen de $0,7 \pm 0,06$ g ont été produits sur place. La mise en charge de chaque étang a consisté d'abord à prélever au hasard 5 échantillons par stock d'alevins récoltés. Le nombre de spécimens dans chacun des échantillons a été

déterminé. La taille des échantillons varie de 200 à 300 alevins. Ces différents échantillons d'alevins ont été pesés individuellement. A la suite de cette opération, un poids moyen individuel d'alevins a été calculé. A partir de ce poids moyen individuel d'alevins obtenu, différentes pesées ont été effectuées pour réaliser les densités de mise en charge appliquées, soit 10 et 13 ind. / m². Les différents lots expérimentaux de poisson constitués ont été nourris

manuellement. La ration journalière a été fractionnée en deux repas et distribuée à 9 h et à 15 h. Le ratio de 10 % du poids total vif a été appliqué durant le premier mois. Au-delà, la ration a été ramenée au taux constant de 5 % (Arrignon, 1993). Chacun des traitements (aliment- densité) a été répliqué une fois.

Des contrôles mensuels de croissance pondérale ont été effectués sur un échantillon de 25 % de la population élevée. Les poissons ont été pêchés à l'aide d'une senne de 6 mm de maille. Ces contrôles ont permis de réajuster conséquemment, la ration alimentaire du mois subséquent au prorata de la biomasse totale. A l'issue des 90^{ème} et 120^{ème} jours d'élevage, 100 individus choisis au hasard dans chaque étang ont fait l'objet de mesure du poids individuel (Kanangiré, 2001). En outre, à la fin des essais (120 jours d'élevage), tous les poissons ont

été capturés et sexés manuellement pour évaluer la production piscicole et la survie. A partir de ces données, différents paramètres de performances zootechniques, de production, et de coûts utilisés ont été calculés (Tableau 2) conformément à la procédure de Khwuanjai Hengsawat & Pornchai Jaruratjamorn (1997) et de Kanangiré (2001).

L'analyse économique réalisée ne concerne que les coûts liés à l'alimentation. Le coût d'utilisation se rapporte ici au coût de fabrication et de transport pour les aliments tests et au prix de revient pour l'aliment industriel commercial utilisé comme référence. La comparaison entre traitements a porté sur les coûts d'utilisation des aliments et les coûts de production de poisson liés à l'alimentation. En plus, les taux de réduction relatifs à ces coûts par rapport à ceux de l'aliment témoin (At) ont été évalués.

Tableau 2: Formules utilisées pour le calcul des paramètres de performances zootechniques, de production, et de coûts utilisés.

| Paramètres | Formules |
|--|---|
| Gain de poids (GP) (g) | Poids final – poids initial |
| Gain de poids journalier (GP _j) (g/j) | Gain de poids moyen / Durée d'élevage en jours |
| Coefficient d'efficacité protéique (CEP) | Gain de poids frais / Quantité de protéine ingérée |
| Quotient nutritif (Qn) | Quantité d'aliment sec distribuée / Gain de poids frais |
| Taux de survie (Ts) | (Nombre final de poissons / Nombre initial de poissons) x 100 |
| Biomasse nette (PN) (kg) | Biomasse finale - Biomasse initiale |
| Biomasse par are (kg/are) | Biomasse nette/ superficie |
| Rendement (Rdt) (kg / a / an) | Biomasse nette (BN) x 365 x100 / (Durée d'élevage x superficie en are) ; |
| Coût d'aliment utilisé par are (CAU/are) | Coût de l'alimentation /Superficie |
| Taux de réduction du coût d'aliment comparé au témoin (TxR) | [(Coût de l'aliment témoin – Coût de l'aliment test) x 100] /Coût de l'aliment témoin |
| Taux d'augmentation de la biomasse comparé au témoin (T Ag) | [(Biomasse par are du témoin – Biomasse par are de l'aliment test) x 100] / Biomasse par are du témoin |
| Taux de réduction du coût du kilogramme d'aliment par rapport au témoin (TR C U A) | [(Coût pour 1 kg d'aliment témoin – Coût pour 1 kg d'aliment test) x 100] / Coût pour 1 kg d'aliment témoin |

2. 3. Analyse statistique

Les paramètres de croissance (poids final : P_f, gain journalier de poids : GP, et taux de croissance spécifique : TCS), d'utilisation des aliments (quotient nutritif : Qn et coefficient d'efficacité protéique : CEP) et de production (rendement : Rdt) ont été soumis à des analyses de variance à un critère (ANOVA 1) et à deux critères (aliment et étang, puis aliment et densité) (ANOVA 2). Toutes

ces analyses ont été suivies des tests de comparaisons multiples de Tukey. Les poids individuels ne suivent pas une distribution normale (test de normalité) de ce fait, ils ont été donc soumis à des analyses non-paramétriques (Kruskal-Wallis et Mann-Whitney) pour tester les différences de poids entre les lots expérimentaux constitués (Jobling *et al.*, 1994). Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA 7. 1.

3. Résultats

3. 1. Distribution des poids individuels

La distribution des poids observée au sein des différents lots expérimentaux de poissons élevés est illustrée par les figures 1 (a et b). La croissance pondérale baisse progressivement et spécifiquement des aliments A1 (83 %) et A2 (62 %) aux aliments A3 et A4 (25 %). Par ailleurs, cette même croissance décroît de la densité de 10 ind. / m² (83 %) à celle de 13 ind. / m² (78 %). A la densité de charge 10 ind. / m², après 90 jours d'élevage, environ 83 %, 62 %, 25 % et 45 % de la population nourrie respectivement avec les aliments A1, A2, A3 et A4, ont atteint un poids supérieur ou égal à 25 g (poids seuil

de sexage manuel). Les taux correspondants enregistrés pour l'élevage réalisé à la densité de 13 ind. / m² suivant le même ordre sont de 78 %, 40 %, 20 % et 23 %. A l'issue de 120 jours d'essai, les poissons issus des différents lots expérimentaux ont tous atteint un poids supérieur ou égal à 25 g aux deux densités de mise en charge testées. On observe une variabilité significative du poids ($p < 0,05$) en fonction des aliments et des densités de mise en charge (Tableau 3). La meilleure performance de croissance ($p < 0,05$) est obtenue à la densité de 10 ind. / m² avec l'aliment A1 (83 %), suivi de A2 et les deux autres (A3 et A4). Les poids procurés aux poissons par ces deux derniers aliments (A3 et A4) ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$).

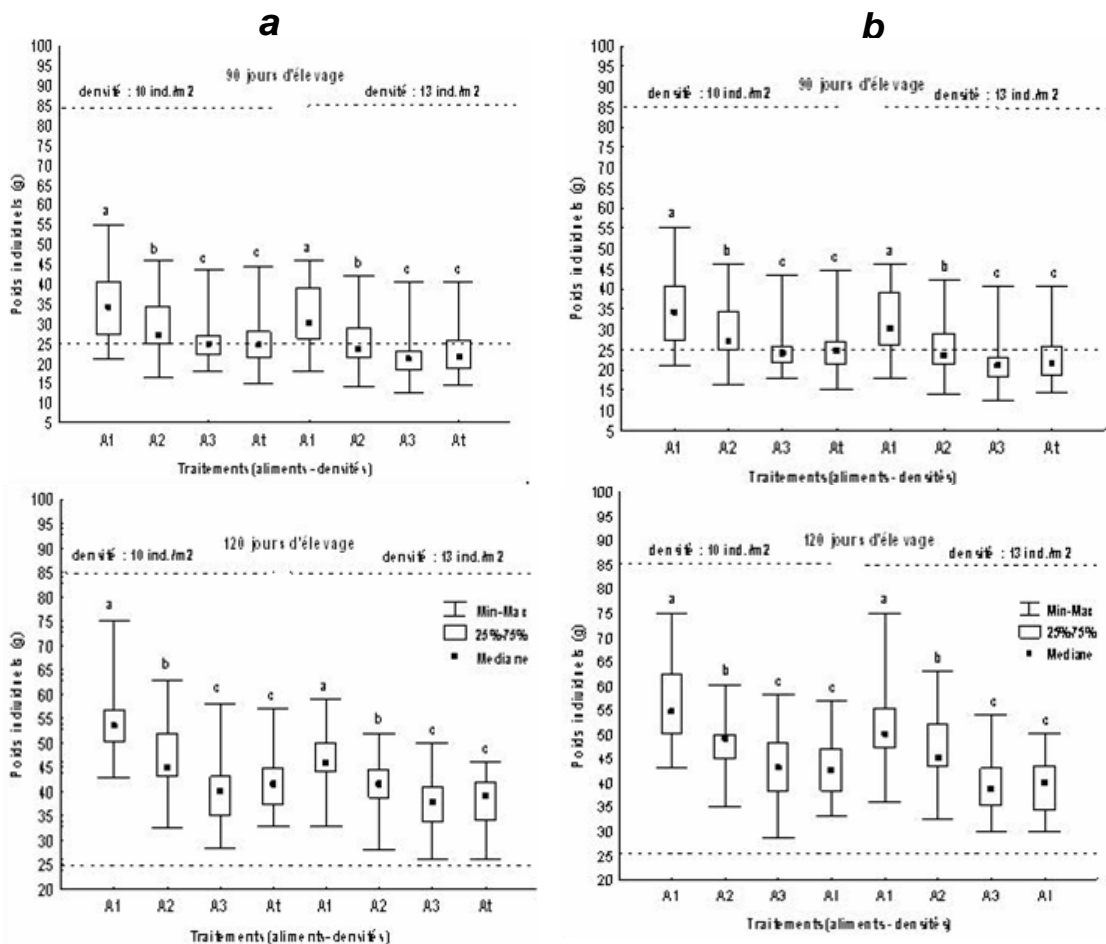


Figure 1 : Distribution de poids en fonction des aliments et des densités de charge de 10 ind. /m² et 13 ind. /m². (a) : expérience 1, (b) : réplique de l'expérience 1

A1 : aliment test 1 ; A2 : aliment test 2 ; A3 : aliment test 3 ; A4 : aliment témoin.

Pour la même densité de mise en charge, les différentes lettres alphabétiques sur les boîtes à moustache (box plots) indiquent une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) ; Les lignes en pointillés indiquent le poids seuil de sexage manuel.

Tableau 3: Comparaison des performances de croissance aux densités d'élevage appliquées.

| Traitements | A1 (13 ind./m ²) | A2 (13 ind./m ²) | A3 (13 ind./m ²) | At (13 ind./m ²) |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| A1 (10 ind./m ²) | 0,01 | | | |
| A2 (10 ind./m ²) | | 0,01 | | |
| A3 (10 ind./m ²) | | | 0,03 | |
| At (10 ind./m ²) | | | | 0,02 |

A1 : aliment test 1 ; A2 : aliment test 2 ; A3 : aliment test 3 ; At : aliment témoin.

10 ind./m² : élevage réalisé à la densité de 10 ind./m² ; 13 ind./m² : élevage réalisé à la densité de 13 ind./m² ; (p < 0,05) : différence significative.

3. 2. Utilisation des aliments et croissance des poissons

Les données relatives aux paramètres de croissance (P_f, GP, TCS), et d'utilisation des aliments (Qn, CEP) sont résumées dans le tableau 4. Les poids moyens (P_f) observés à la récolte varient de 54,69 ± 7,76 à 46,77 ± 5,87 g (A1), 46,32 ± 6,71 à 41,23 ± 5,32 g (A2) ; 40,90 ± 7,64 à 37,31 ± 5,73 g (A3) et de 41,72 ± 6,57 à 37,45 ± 5,84 g (At), respectivement pour les densités de 10 et 13 ind./m². Dans le même ordre de comparaison, les valeurs du gain moyen journalier de poids (GP_j) observées aux densités 10 et 13 ind./m² oscillent, respectivement, de 0,45 ± 0,01 à 0,38 ± 0,05 g/j (A1) ; 0,38 ± 0,06 à 0,34 ± 0,04 g/j (A2) ; 0,33 ± 0,06 à 0,31 ± 0,05 g/j (A3), puis de 0,34 ± 0,06 à 0,31 ± 0,05 g/j (At).

Ces aliments (A1, A2, A3 et At) se sont caractérisés par des quotients nutritifs moyens (Qn) respectifs de 1,13 ± 0,02 ; 1,30 ± 0,03 ; 1,87 ± 0,04 ; 1,72 ± 0,03 pour l'élevage réalisé à la densité de 10 ind./m². Durant l'élevage conduit à la densité de 13 ind./m², les valeurs obtenues sont de 1,40 ± 0,03 (A1) ; 1,63 ± 0,03 (A2) ; 1,74 ± 0,04 (A3) et 1,80 ± 0,33 (At).

Les coefficients moyens d'efficacité protéique (CEP) respectifs aux mêmes densités de mise en charge (10 et 13 ind./m²) sont de 3,45 ± 0,49 et 2,55 ± 0,33 ; 2,80 ± 0,41 et 1,86 ± 0,24 ; 2,01 ± 0,38 et 1,69 ± 0,26 puis de 1,68 ± 0,27 et 1,67 ± 0,26 pour les aliments A1, A2, A3 et At (témoin). La plus grande croissance pondérale (54,69 ± 7,76 g) est obtenue à la densité de 10 ind./m² avec l'aliment A1.

Relativement à la survie, les taux enregistrés sont compris entre 75 % et 92 %, ensuite entre 79 et 94 %, respectivement aux densités de 10 et 13 ind./m². Les valeurs de la production enregistrées

sont de 96.32 ± 0.21 ; 75.19 ± 4.38 ; 80.45 ± 1.94 ; 65.75 ± 1.09 kg / a / an (10 ind. / m²) et de 131.43 ± 7.29 ; 104.29 ± 10.12 ; 122.35 ± 1.29 ; 101.23 ± 6.65 kg / a / an (13 ind. / m²), respectivement pour les aliments A1, A2, A3 et At (témoin). La plus forte production est obtenue avec l'élevage réalisé à la densité de 13 ind. / m². Comparés au témoin, deux des aliments tests (A1 et A2) contribuent à une augmentation de la biomasse par unité de surface (are), à des taux compris entre 15 et 38 % (10 ind. / m²) et 8 et 36 % (13 ind. / m²).

L'analyse de variance à deux facteurs (aliment et étang) effectuée sur les paramètres zootechniques ne révèle pas de différence significative (p > 0,05) entre les duplicats. En revanche, en se fondant sur les critères aliment et densité, cette même analyse indique une différence significative (p < 0,05) entre les performances de croissance des populations élevées (tableaux 3 et 4).

Les performances des paramètres zootechniques (tableau 4) varient significativement (p < 0,05) entre les traitements alimentaires A1 et A2, puis, entre A2 et les deux autres (A3 et At). Quelle que soit la densité de mise en charge testée, ces performances zootechniques enregistrées chez les populations nourries avec les aliments A1 et A2 sont significativement meilleures (p < 0,05) par rapport à celles des populations ayant reçu les aliments A3 et témoin (At). Elles sont également significativement supérieures (p < 0,05) chez les poissons élevés avec l'aliment A1 à celles obtenues dans les lots soumis au régime alimentaire A2. La croissance des populations témoins est similaire à celle des individus nourris avec A3 (p > 0,05). Pour ce qui concerne les densité de mise en charge, les performances de croissance décroissent de la faible densité (10 ind. / m²) à la forte (13 ind. / m²).

Les taux de survie enregistrés ne varient pas significativement ($p > 0,05$) d'un traitement à l'autre (aliment / densité). En revanche, la comparaison de la production entre les deux

densités de charge (10 et 13 ind. /m²) révèle une différence significative ($p < 0,05$). Elle croît de la faible densité (10 ind. / m²) à la forte (13 ind. / m²).

Tableau 4: Paramètres zootechniques chez les fingerlings d'*Oreochromis niloticus* élevés aux densités 10 et 13 ind./m² et nourris avec les aliments A1, A2, A3 et At ;

| Paramètres | densité : 10 ind. /m ² | | | | densité : 13 ind /m ² | | | |
|---|-----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | A1 | A2 | A3 | At | A1 | A2 | A3 | At |
| Poids final : P _f (g) | 54,69 ^a | 46,32 ^b | 40,90 ^c | 41,72 ^c | 46,77 ^a | 41,23 ^b | 37,31 ^c | 37,45 ^c |
| Ecart type | ± 7,76 | ± 6,71 | ± 7,64 | ± 6,57 | ± 5,87 | ± 5,32 | ± 5,73 | ± 5,84 |
| Gain de poids : GP (g) | 54,03 ^a | 45,66 ^b | 40,24 ^c | 41,06 ^c | 46,11 ^a | 40,57 ^b | 36,65 ^c | 36,79 ^c |
| Ecart type | ± 7,76 | ± 6,71 | ± 7,64 | ± 6,57 | ± 5,87 | ± 5,32 | ± 5,73 | ± 5,84 |
| Gain de poids /jour GP ₁ (g/j) | 0,45 ^a | 0,38 ^b | 0,33 ^c | 0,34 ^c | 0,38 ^a | ± 00,34 ^b | 0,31 ^c | ± 00,31 ^c |
| Ecart type | ± 0,07 | ± 0,06 | ± 0,06 | ± 0,06 | ± 0,05 | ,04 | ± 0,05 | ± 0,05 |
| Quotient nutritif : Qn | 1,13 ^a | 1,30 ^b | 1,87 ^d | 1,72 ^c | 1,40 ^a | 1,63 ^b | 1,74 ^c | 1,80 ^c |
| Ecart type | ± 0,15 | ± 0,20 | ± 0,33 | ± 0,25 | ± 0,19 | ± 0,23 | ± 0,31 | ± 0,33 |
| Coefficient d'efficacité protéique : CEP | 3,45 ^a | 2,80 ^b | 2,01 ^c | 1,68 ^c | 2,55 ^a | 1,86 ^b | 1,69 ^c | 1,67 ^c |
| Ecart type | ± 0,49 | ± 0,41 | ± 0,38 | ± 0,27 | ± 0,33 | ± 0,24 | ± 0,26 | ± 0,26 |
| Taux de survie : | 86,32 ^a | 77,5 ^a | 92,48 ^a | 75,49 ^a | 85 ^a | 79,34 ^a | 94,2 ^a | 80,77 ^a |
| Ts (%) | | | | | | | | |
| Ecart type | ± 1,87 | ± 3,52 | ± 2,11 | ± 2,81 | ± 3,50 | ± 6,55 | ± 2,48 | ± 1,77 |
| Rendement : Rdt (kg/a/an) | 96,32 ^a | 75,19 ^{bc} | 80,45 ^{ab} | 65,75 ^c | 131,43 ^a | 104,29 ^b | 122,35 ^a | 101,23 ^b |
| Ecart type | ± 0,21 | ± 4,38 | ± 1,94 | ± 1,09 | ± 7,29 | ± 10,12 | ± 1,29 | ± 6,65 |

A1 : aliment test 1 ; A2 : aliment test 2 ; A3 : aliment test 3 ; At : aliment témoin.

Les différentes lettres alphabétiques indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les traitements alimentaires. Les valeurs partageant au moins une lettre alphabétique en commun sur chaque ligne du tableau ne diffèrent pas ($p > 0,05$)

3. 3. Evaluation des coûts d'élevage

Les résultats des différents paramètres évalués sont résumés dans le tableau 5. Les coûts d'utilisation des aliments tests sont de 162,43 F CFA (A1), 168,13 F CFA (A2) et de 168,43 F CFA (A3), contre 239,38 F CFA pour le témoin (At). Ces valeurs observées engendrent, conséquemment, des taux respectifs de réduction de 32 %, 30 % et 30 %, comparés à l'aliment témoin (At). Les coûts de production du kilogramme « fingerlings tout venant », sont

de 190 (A1), 235 (A2), 311 (A3), et 417F CFA (At), puis de 222 (A1), 264 (A2), 286 (A3) et 422F CFA (At), respectivement aux densités de charge 10 et 13 ind. / m². Relativement aux fingerlings mâles, les coûts respectifs de production du kilogramme sont de 302, 388, 500, et 692 F CFA (10 ind. / m²), puis de 382, 425, 487 et 719 F CFA, pour les aliments A1, A2, A3 et At (témoin). Comparés à l'aliment témoin, les taux de réduction (par unité de surface : are) correspondants sont de 37, 34 et 14 % (10 ind. / m²) et 28, 32 et 16 % (13 ind. / m²).

Tableau 5: Evaluation des coûts d'alimentation

| Paramètres | densité 10 ind. / m ² | | | | densité 13 ind. / m ² | | | |
|--|----------------------------------|--------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|--------|
| | A1 | A2 | A3 | At | A1 | A2 | A3 | At |
| Coût d'utilisation du kg d'aliment (F CFA) | 162,43 | 168,13 | 168,4 | 239,68 | 162,43 | 168,13 | 168,43 | 239,68 |
| Superficiés totales des étangs (are : unité de surface) | 14,2 | 16,705 | 14,695 | 15,595 | 15,71 | 11,3 | 8,11 | 15,32 |
| Biomasse de mâles (kg) | 262,5 | 251,5 | 225 | 200,5 | 378 | 231 | 178 | 274 |
| Biomasse de femelles (kg) | 155 | 164 | 136,5 | 132,5 | 378 | 231 | 178 | 274 |
| Biomasse totale (kg) | 417,5 | 415,5 | 361,5 | 333 | 649 | 372 | 304 | 466 |
| Biomasse /are (kg) | 29 | 25 | 25 | 21 | 41 | 33 | 37 | 30 |
| Quantité d'aliment utilisé (kg) | 488,5 | 580,5 | 667 | 579 | 888 | 583 | 515 | 820 |
| Coût de l'aliment utilisé (F CFA) | 79347 | 97599 | 112323 | 138775 | 144218 | 98020 | 86822 | 196650 |
| Coût d'aliment utilisé / are fingerlings mâles et femelles (F CFA) | 5586 | 5843 | 7643,6 | 8898,7 | 9180 | 8674 | 10706 | 12836 |
| Coût d'aliment utilisé/kg de fingerlings mâles et femelles (F CFA) | 190 | 235 | 310 | 417 | 222 | 264 | 286 | 422 |
| Coût d'aliment utilisé / kg de fingerlings mâles (F CFA) | 302 | 388 | 499 | 692 | 382 | 425 | 487 | 719 |
| Taux de réduction du coût de production /are/témoin (%) | 37 | 34 | 14 | - | 28 | 32 | 16 | - |
| Taux d'augmentation de la biomasse/témoin (%) | 38 | 16 | 15 | - | 36 | 8 | 23 | - |

A1 : aliment test 1 ; A2 : aliment test 2 ; A3 : aliment test 3 ; At : aliment témoin ; - : néant.

4. Discussion

D'une manière générale, tous les aliments, fabriqués uniquement à base de sous-produits agricoles (A1, A2 et A3), ont procuré de meilleures performances de croissance par rapport à l'aliment commercial témoin (At). Les plus grandes valeurs de poids moyens finaux, de croissances moyennes journalières et d'efficacités de conversion alimentaires ont été obtenus avec l'aliment A1, suivi de l'aliment A2. Inversement, ces deux aliments (A1 et A2) se sont caractérisés par les plus faibles quotients nutritifs. Les croissances enregistrées pour l'aliment A3 et le témoin (At) sont similaires. La différence de performances constatée entre les aliments tests (A1 et A2) et le témoin résulterait du meilleur degré de convertibilité (par les poissons) des ingrédients incorporés dans ces aliments. En d'autres termes, les aliments A1 et

A2 seraient plus digestes et facilement assimilables par les poissons. Köprücü & Özdemir (2005) indiquent que la digestibilité d'un aliment dépend de la nature des ingrédients utilisés. Ils mentionnent que des ingrédients peuvent paraître d'excellentes sources de nutriments, mais de faible valeur nutritive, à cause de la variabilité de leurs coefficients de digestibilité, d'absorption et de la disponibilité des nutriments (acides aminés, minéraux). Melard (1999) rapporte que les coefficients de digestibilité protéique de soja et du maïs chez le tilapia *Oreochromis niloticus* sont respectivement de 96 % et 85 %, contre 87 % pour la farine de poisson. En outre, selon Ouattara (2004), le son de maïs (ingrédient de A1 et A2) procure une meilleure croissance aux poissons que ceux de blé (constituant de l'aliment témoin) et de riz (composant de l'aliment A3). Ce qui indiquerait que, l'écart de croissance observé pourrait être

lié à la nature des ingrédients utilisés comme l'ont souligné Burel *et al.* (2000) et Köprücü & Özdemir (2005). Au regard de la composition bromatologique des aliments distribués, notamment les teneurs en minéraux et en lipides des aliments consommés sont à considérer. Les quantités de ces deux éléments nutritifs sont supérieures à celles de l'aliment témoin. Or, selon Rivière (1978), une augmentation des teneurs en lipides, à des proportions raisonnables dans l'aliment, peut induire une économie d'utilisation des protéines chez les poissons, sans altérer la qualité de cet aliment. Il signale, par ailleurs, que la farine d'os calcinée, en raison de sa bonne teneur en calcium (35,02 %) et en phosphore (15,52 %), améliore le métabolisme azoté, glucidique, lipidique et énergétique. Au niveau des acides aminés indispensables, les quatre aliments expérimentaux présentent un profil similaire qui est proche de celui de l'œuf (protéine de référence). Toutefois, Viola *et al.* (1994) ont informé que les fabricants d'aliments industriels utilisent couramment les acides aminés synthétisés ou cristallisés pour obtenir un aliment équilibré. Il a été cependant démontré par Rønnestad *et al.* (2000) que les tilapias et d'autres poissons valorisent et assimilent moins efficacement ces intrants synthétisés artificiellement que ceux provenant des sous-produits naturels. Campbell (1978) signale en outre que le tilapia *O. niloticus* ne digère pas bien certains ingrédients dont le maïs concassé et les brisures de riz. Pourtant, le maïs concassé est présent dans l'aliment témoin.

L'écart de performance observé entre les aliments tests A1, A2 et A3 pourrait provenir des sons de maïs, de riz et de mil. Ces trois sous-produits qui discriminent essentiellement ces aliments tests n'ont pas les mêmes valeurs nutritives. Comme l'ont signalé Rivière (1978) et Arzel *et al.* (1999), le son de riz présente une teneur élevée en cellulose (11 %) et en silice (environ 70 % des minéraux totaux), ce qui réduit sa digestibilité et sa valeur énergétique par rapport aux sons de mil et de maïs. Les mêmes auteurs ont aussi révélé la présence du tannin dans les sons de mil et du blé, et que le phosphore existant est en majeure partie sous forme de phytate (une substance antinutritionnelle) qui diminue sa digestibilité par rapport aux sons de maïs. En outre, les travaux de Ouattara (2004) montrent que, le son de maïs permet une meilleure croissance des poissons que les sons

de blé et de riz. Pour ce dernier auteur, le son de blé favorise plus la croissance que le son de riz. Or, les sons de riz et de mil entrent dans la formulation de l'aliment A3. Pour ce qui est de la différence de performance enregistrée entre les aliments tests A1 et A2, celle-ci pourrait provenir des sons de mil et de riz. En effet, ces deux ingrédients qui distinguent A1 de A2 ne procurent pas au poisson les mêmes performances zootechniques. Pour Rivière (1978) et Arzel *et al.* (1999), le son de mil assure aux animaux une meilleure croissance par rapport au son de riz.

Les croissances enregistrées dans la présente étude sont comparables à celles obtenues par Davis & Stickney (1978). En effet, ces auteurs n'ont pas observé de différence de performance de croissance chez le tilapia *Oreochromis aureus* nourri avec deux aliments dont l'un contenait la farine de poisson, et l'autre sans farine de poisson, mais contenant 74 % de tourteau de soja.

Les essais réalisés avec les densités de 10 ind./m² et 13 ind./m² montrent une différence de croissance pondérale significative ($p < 0,05$) au profit de la faible densité de mise en charge (10 ind./m²). Cette différence se traduit par une baisse de poids, de croissance journalière, avec une augmentation du quotient nutritif chez les lots élevés à la densité de 13 ind./m². Cette variation de performance de croissance pourrait s'expliquer par l'effet de charge en poissons comme l'indiquent Khwuanjai Hengsawat & Pornchai Jaruratjamorn (1997). Inversement, la production augmente quand la charge en poissons dans les étangs croît. Nos résultats (croissance et rendement) corroborent ceux de Hogendoom & Koops (1983) et Khwuanjai Hengsawat & Pornchai Jaruratjamorn (1997). Les croissances moyennes journalières enregistrées dans cette étude sont plus élevées, que celles obtenues par Parrel *et al.* (1986), soit environ 0,31 g avec un aliment titrant 30 % de protéines brutes, formulé à base de tourteau d'arachide, et d'autres sous-produits agricoles. Les taux de survie enregistrés (75 à 94 %) sont satisfaisants. Ces résultats (croissance et survie) observés confirmeraient la bonne qualité et la valeur nutritionnelle des aliments testés. En effet, Campbell (1978) indique qu'un aliment riche en hydrates de carbone entraînerait une économie d'utilisation des protéines.

L'analyse économique des résultats zootechniques, obtenus à l'issue des expérimentations, montre que les aliments tests ont des coûts de production de poisson faibles, comparativement à ceux de l'aliment commercial (témoin). Il en résulte une économie d'échelle qui se traduit par une réduction du coût de production de *O. niloticus*, et une augmentation de la biomasse produite. Les différences de coût observées peuvent s'expliquer, d'une part, par le prix des ingrédients entrant dans la composition des aliments, et d'autre part, par leur disponibilité et l'effort de travail du pisciculteur pour leur fabrication. C'est le cas des sons de mil et de maïs qui coûtent relativement moins cher à cause de leur disponibilité.

Ce qui indiquerait que, cet écart de croissance observé entre les lots nourris avec le témoin et les aliments tests pourrait être lié à une différence de digestibilité, d'assimilation qui sont fonction de la nature des ingrédients utilisés comme l'ont souligné Burel *et al.* (2000) ; Köprücü et Özdemir (2005).

5. Conclusion

Cette étude a souligné l'importance de l'utilisation de sous-produits agricoles dans l'alimentation du tilapia *Oreochromis niloticus* en phase de prégrossissement en étang. Les différentes populations d'alevins nourries avec les aliments fabriqués à base de sous-produits agricoles présentent des performances zootechniques nettement meilleures que celles des populations soumises à l'aliment commercial (témoin).

Comparés à l'aliment industriel commercial, les aliments testés présentent des taux de réduction de 14 à 37 %, et de 16 % à 32 %, respectivement aux densités de 10 et 13 ind./m². Par ailleurs, ces aliments tests présentent un coût de revient du kilogramme inférieur d'environ 30 % à celui de l'aliment témoin. Les aliments mis au point dans notre étude présentent l'avantage d'être localement disponibles, relativement moins onéreux et accessibles (financièrement) aux pisciculteurs, contrairement à l'aliment commercial industriel.

Remerciements

Ce travail a été financé par la Mission de Coopération française et l'ONG NGH. Nous tenons donc à leur adresser nos sincères

remerciements. Nous remercions également l'Unité de Recherche et Enseignement Supérieur de Korhogo (URES-korhogo), puis, l'Université de Bouaké pour leur assistance technique, qui a permis le bon déroulement des travaux de recherche. Enfin, Nous exprimons notre gratitude à M. Détoh Kouassi Alexis, propriétaire de la ferme Blondey.

Références citées

- Arrignon J., 1993. Pisciculture en eau douce : le Tilapia. Le technicien d'agriculture tropicale. Paris, France : Maisonneuve et Larose. 129 pp.
- Arzel J., Guillaume J., & Kaushik S., 1999. Composition et valeur nutritive des matières premières utilisées. *In* : Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. & R. Metailler Eds. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Paris, France : INRA, : pp. 429- 455.
- Burel C., Boujard T., Tulli F., & Kaushik S. J., 2000. Digestibility of extruded peas, extruded lupin and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, **188**, 285 – 298.
- Campbell D., 1978. Formulation des aliments destinés à l'élevage de *Tilapia nilotica* dans le lac de Kossou. Bouaké, Côte d'Ivoire : Rapport Technique. 31 pp.
- Davis R. A., & Stickney R. R., 1978. Growth responses of *Tilapia aurea* to dietary protein quality and quantity. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 479 – 483.
- Gourène G., Kobena K. B. & Vanga A. F, 2002. Etude de la rentabilité des fermes piscicoles dans la région du moyen Comoé. Abidjan, Côte d'Ivoire, Université Abobo-Adjamé : Rapport Technique. 41 pp.
- Guillaume J., 1999. Formulation des aliments en aquaculture. *In* : Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. & Metailler R., Eds. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Paris, France : INRA. pp. 379 - 395.
- Hogendoom, H., & Koops, W. J., 1983. Growth and production of the African catfish, *Clarias lazera*. Effects of stocking density, pond size and mixed culture with tilapia (*S. niloticus* L.) under extensive field conditions. *Aquaculture* **34** : 253-263.

- Jauncey K., & Ross B., 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. University of Stirling, Scotland : Institute of Aquaculture. 111 pp.
- Jobling M., Meløy O. H., & Dos Santos Christiansen J. S., 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquacult. Int.* **2** (2) : 75– 90.
- Kanangiré C. K., 2001. Effet de l'alimentation des poissons avec *Azolla* sur la production d'un écosystème agro-piscicole en zone marécageuse au Rwanda. Thèse de Doctorat. Université Notre Dame de la Paix, Namur, Belgique. 222 pp.
- Khwanjai Hengsawat F. J., & Pornchai Jaruratjamorn W., 1997. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) cultured in cages. *Aquaculture*, **152** : 67-76
- Köprücü K., & Özdemir Y., 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* **250** : 308 – 316.
- Lazard J., 1984. L'élevage du Tilapia en Afrique. Données techniques sur la pisciculture en étang. *Bois et Forêts des Tropiques* **206** : 33 – 50.
- Lazard J., Lecomte Y., Stomal B., & Weigel J. Y., 1991. Pisciculture en Afrique Sub-saharienne. Situation et projets dans les pays francophones : Propositions d'actions. Paris, France : MCD/ CIRAD-CTFT. pp156.
- Liebert F., & Portz L., 2005. Nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed with plant based low phosphorus diets supplemented with graded levels of different sources of microbial phytase. *Aquaculture* **248** : 111– 119.
- Melard C., 1999. Bases biologiques de l'aquaculture : Notes de cours. Université de Liège, Belgique : Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture. 238 pp.
- Melcion, P., 1999. Fabrication des aliments. . In : Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., & Metailler R., Eds. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Paris, France : INRA. pp. 397-412.
- Naumann, C., & Bassler R., 1997. VDLUFA-Methodenbuch, Vol. III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Neumann-Neudamm, Darmstadt : ISBN 3- 922712-14-2.
- Ouattara N. I., 2004. Etude du potentiel aquacole d'une population de tilapia estuarien *Sarotherodon melanotheron* Rüppell (1852) isolée dans le lac de barrage d'AYAMÉ (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université de Liège, Belgique. 275 pp.
- Parrel P., Ali I., & Lazard J., 1986. Le développement de l'aquaculture au Niger : Un exemple d'élevage de tilapia en zone sahélienne. *Bois et Forêts des Tropiques* **212** : 71-94.
- Rivière R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Paris, France : Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux. 527 pp.
- Rønnestad I., Conceic A. O. L. E. C., Aragao C., & Dinis, M. T., 2000. Free amino acids are absorbed faster and assimilated more efficiently than protein in postlarval Senegal sole (*Solea senegalensis*). *J. Nutr.* **130** : 2809–2812.
- Siddhuraju P., & Becker K., 2003. Comparative nutritional evolution of differentially processed *mucuna* seeds (*Mucuna pruriens* (L.) DC. *Var. utilis* (Wall ex Wight) (Baker ex Burck) on growth performance, feed utilization and body composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquac.. Res.* **34** : 487 – 500.
- Slebrouck J., Cisse A., & Kerchuen N., 1991. Etude préliminaire sur l'incorporation de liants dans un aliment composé pour poisson d'élevage en Côte d'Ivoire. *J. Ivoir. Océanol. Limnol.*, CRO, Abidjan **1** (1) : 17-22.
- Viola S., Angeoni H. & Lahav E., 1994. Present limits of protein sparing by amino acid supplementation of practical carp and tilapia feeds. *J. Aquacult. -Bamidgeh*, **46** : 203– 211.