

Production de tilapia marchand (*Oreochromis niloticus* Linné, 1758) nourri avec des sous-produits agricoles sans adjonction de farine de poisson

Yacouba BAMBA¹, Allassane OUATTARA¹,
Sebastino DA COSTA KOUASSI² et Germain GOURÈNE¹

Résumé

Trois aliments pulvérulents (A1, A2 et A3) pour poissons formulés uniquement avec des sous-produits agricoles disponibles localement et un aliment industriel commercial contenant de la farine de poisson servant de témoin (At) ont été testés. La croissance des populations de fingerlings du tilapia *Oreochromis niloticus* soumis à ces différents traitements alimentaires a été comparée en étang. Les fingerlings d'un poids moyen initial de 43,53 g ± 4,07 ont été mis en charge à deux densités (1,7 et 3 poissons / m²). Deux essais ont été réalisés pour chaque traitement. Les résultats obtenus montrent une variabilité de poids ($p < 0,05$) entre les lots soumis aux différents traitements. Les poids moyens finaux atteints par les poissons aux densités 1,7 et 3 poissons / m² sont respectivement de 386,17 g ± 59,55 et 249,3 g ± 8,29 (A1), 345,78 g ± 46,54 et 237,27 g ± 11,50 (A2), 303,15 g ± 53,83 et 207,1 g ± 8,13 (A3), puis de 296,66 g ± 44,19 et 206,56 g ± 4,54 (At). Les aliments à base de sous-produits agricoles locaux ont un niveau de production égal ou supérieur à celui du témoin. L'analyse économique montre une réduction des coûts d'utilisation des aliments locaux de l'ordre de 30 % par rapport au témoin (aliment commercial).

Mots-clés : *Oreochromis niloticus*, alimentation, sous-produits agricoles, production marchande.

Production of marketable tilapia (*Oreochromis niloticus* Linné, 1758) fed with agricultural by-products without adding fish meal

Abstract

This study consists of valuing growth performance of different batches of fingerling of *Oreochromis niloticus* fed with different diets. Three powdery test diets (A1, A2 and A3), formulated using agricultural by-products locally available and a commercial one containing fish meal (control diet = At) were used. Experimental fish of initial mean body weight of 43.53 g ± 4.07 were stocked in ponds at two densities (1.7 and 3 fish / m²). Two trials were done for each treatment. Results obtained show a significant variability ($p < 0.05$) between fish population submitted to different treatments. Final mean body weight of fish at stocking densities 1.7 and 3 fish / m² respectively, were 386.17 g ± 59.55 and 249.3 g ± 8.29 (A1), 345.78 g ± 46.54 and 237.27 g ± 11.50 (A2), 303.15 g ± 53.83 and 207.1 g ± 8.13 (A3), then 296.66 g ± 44.19 and 206.56 g ± 4.54 (At). Diets formulated using local agricultural by-products have produced the same or more yield than the control diet (At). Relatively to the assessment economic aspect, local diets reduce the food cost of a rate about 30 %, compared to that of the control diet (commercial diet).

Keywords: *Oreochromis niloticus*, feeding, agricultural by-products, production, marketable size.

¹ Laboratoire 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) E-Mail : gourene@hotmail.com

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

Introduction

En Côte d'Ivoire, le poisson de pisciculture a parfois du mal à être compétitif devant les produits de la pêche. La concurrence observée dans ces deux filières renvoie à l'état du marché ; c'est-à-dire, à la source d'approvisionnement, la taille du poisson et aux prix (LAZARD, 1980). Des études réalisées montrent que, les ménages aspirent à des poissons de pisciculture de taille variant entre 200 et 250 g avec le prix du kilogramme allant de 1000 à 1200 F CFA (GOURENE et VANGA, 1997). Par contre, dans les restaurants, la demande en poisson de taille comprise entre 300 et 500 g est forte, avec des prix fluctuant entre 1500 et 1900 F CFA (WEIGEL, 1989 ; GOURENE et VANGA, 1997 ; GOURENE *et al.*, 2002). Ainsi, le marché du poisson de pisciculture en Côte d'Ivoire reste donc fortement concurrentiel, ce qui nécessite la mise en place d'un système de production piscicole spécifique pour des consommateurs bien ciblés. La réalisation de tels objectifs semble possible avec des tests de densités de mise en charge et l'utilisation d'aliments performants, moins onéreux et disponibles. A ce sujet, JAUNCEY et ROSS (1982) ; BUREL *et al.* (2000) et LIEBERT et PORTZ (2005) indiquent que, l'utilisation des sous-produits agricoles comme substituts aux intrants onéreux comme la farine de poisson dans l'alimentation en aquaculture peut réduire les coûts tout en augmentant la production et la rentabilité de ce secteur d'activité. Ces sous-produits sont abondamment disponibles en Afrique. L'on peut citer les tourteaux d'oléagineux et les sons de céréales. Mais, ces sous-produits utilisés de façon plus ou moins empirique par les pisciculteurs ont besoin d'être formalisés en vue d'une optimisation de la production piscicole. Par ailleurs, jusqu'à ce jour, peu d'études visant l'optimisation de la production marchande de poisson d'aquaculture prenant en compte les considérations zootechniques et socio-économiques dans l'optique d'une production à moindre coût ont été menées.

Ainsi, les expérimentations réalisées constituent une approche de réponse à cette préoccupation. Dans ce contexte, nous avons évalué la faisabilité d'une production marchande du tilapia *O. niloticus* à l'aide d'aliments formulés à base de sous-produits agricoles disponibles localement et peu coûteux. L'objectif visé était de réduire le coût alimentaire de production du poisson d'aquaculture, de le rendre concurrentiel face aux produits de pêche et plus accessible à la majorité des consommateurs.

Matériel et méthodes

Infrastructures d'élevage

L'expérimentation a été réalisée de février 2004 à mai 2005 à la ferme piscicole de Blondéy située à environ 25 kilomètres d'Abidjan. Les expérimentations ont été conduites dans huit étangs de 600 à 900 m² (densité 1, 7 poissons /m²) et huit étangs de 900 à 1100 m² (densité 3 poissons /m²). Ces étangs sont alimentés en eau par gravité à partir d'une retenue collinaire. Ils sont dotés d'un système de canalisation en PVC enterré, dont le tuyau d'arrivée d'eau dans la structure d'élevage est équipé d'une toile moustiquaire (maille : 1 mm).

Matériel biologique : les poissons

Les essais ont porté sur des lots de fingerlings mâles de *Oreochromis niloticus* âgés de 120 jours et d'un poids moyen de 43.53 g ± 4.07. Ces fingerlings sont issus du sexage manuel d'alevins prégressés en étangs avec les aliments testés. Pour l'empeisonnement des étangs, les poissons

ont été comptés par lots de 100, puis pesés. Le prédateur *Hemichromis fasciatus* a été ajouté à chaque élevage à raison de 5 % de l'effectif de la population de *O. niloticus* (LAZARD, 1980). Ce prédateur provient des étangs de stockage des géniteurs de *O. niloticus* et de poissons marchands de la ferme de Blondey.

Aliments expérimentaux

Le choix des ingrédients entrant dans la composition des aliments locaux (A1, A2 et A3) est fondé sur leur qualité, leur quantité, leur disponibilité ainsi que leur prix sur le marché local (DE SILVA et ANDERSON, 1995 ; GUILLAUME, 1999). Les ingrédients de base sont : le tourteau de soja, le tourteau de coton, le son de maïs, le son de mil, le son de riz, la farine d'os calciné et l'huile végétale. Ces aliments (A1, A2 et A3) ont été formulés selon la méthode des « carrés de Pearson » (DE SILVA et ANDERSON, 1995 ; KANANGIRE, 2001). Cette méthode consiste en une résolution des paires d'équations. On constitue deux groupes d'ingrédients. Sur le côté gauche d'un carré, en face de chaque sommet, est disposé chacun des lots d'ingrédients avec sa teneur en protéines. La teneur protéique désirée dans l'aliment est placée au centre. Sur le côté droit (sur les sommets), est calculé le niveau de participation nécessaire de chaque lot d'ingrédients à la formulation de l'aliment (KANANGIRE, 2001). Les tourteaux d'oléagineux (soja et coton) ont été utilisés comme substituts aux farines de poisson (JAUNCEY et ROSS, 1982). En ce qui concerne les sous-produits céréaliers et l'huile de palme, ils sont des composants énergétiques. La farine d'os calciné, riche en ions calcium et phosphore, est ajoutée comme source de minéraux (CAMPBELL, 1978 ; RIVIERE, 1978). Pour la fabrication des aliments (A1, A2 et A3), les différents intrants (tourteaux de soja et de coton) ont été achetés auprès des fournisseurs locaux et broyés. Les sons céréaliers ont été séchés au soleil. Les aliments ont été fabriqués, simultanément, conformément à la procédure de CAMPBELL (1978) ; RIVIERE (1978) et MELCION (1999). Le taux de participation du son de maïs, du son de mil, du son de riz et des tourteaux d'oléagineux (soja et de coton) à la formulation des aliments A1, A2 et A3 est présenté dans le tableau I. L'aliment témoin (At) est constitué essentiellement de maïs concassé (2-3 mm de diamètre), de tourteau de coton, de son de blé, de farine de poisson et d'un mélange vitaminique. La composition biochimique de ces quatre aliments expérimentaux est présentée dans le tableau II. Les analyses ont été effectuées selon les méthodes de NAUMANN et BASSLER (1997), par l'Institut de Physiologie Animale et de Nutrition Animale de Göttingen (Allemagne) « Georg-August-University Goettingen, Kellnerweg 6, D-37077 Goettingen, Germany ».

Tableau I. Composition en sous-produits agricoles des aliments mis au point (A1, A2 et A3).

Aliments	Tourteau de soja (%)	Tourteau de coton (%)	Son de maïs (%)	Son de mil (%)	Son de riz (%)	Farine de poisson (%)
A 1	27	25	23	21	0	0
A 2	27	25	27	0	17	0
A 3	27	25	0	29	15	0

A1= Aliment n°1 ; A2 = Aliment n°1 ; A3 = Aliment n°1

Tableau II. Composition biochimique et des aminoacides des l'aliments expérimentaux.

composants (% matière sèche)	Aliment à 10- 12 % d'humidité				
	A1	A2	A3	At	Œuf de poisson (étalon)*
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 (sur étiquette)					
Vit. D3, I.U. / kg	+	+	+	1000	+
Vit. A, I.U. / kg	+	+	+	4500	+
Vit. E, I.U / kg	+	+	+	6	+

A1= Aliment n°1 ; A2 = Aliment n°1 ; A3 = Aliment n°1 ; At = Aliment témoin

Méthode / Dispositif expérimental

Les essais ont été effectués pendant 180 jours. Pour l'empoisonnement des étangs, les fingerlings mâles ont été comptés par lots de 100, puis pesés afin d'obtenir pour chaque lot expérimental un poids moyen initial identique ($43,53 \text{ g} \pm 4,07$). Le prédateur *Hemichromis fasciatus*, d'un poids moyen de $20 \text{ g} \pm 3,18$, a été ajouté à chaque élevage à raison de 5 % de l'effectif de *O. niloticus* (LAZARD, 1980) (tableau III).

Tableau III. Paramètres d'élevage chez *Oreochromis niloticus* soumis à différents traitements.

Paramètres	1,7 poissons / m ²				3 poissons / m ²			
	A1	A2	A3	At	A1	A2	A3	At
Durée de l'élevage (j)	180	180	180	180	180	180	180	180
Durée de l'alimentation (j)	180	180	180	180	180	180	180	180
Biomasse initiale (kg)	96,07	119,14	129,24	106,65	263,79	205,90	248,12	290,82
Production exploitée (kg)	699,9	811,4	775,9	640,4	1370,9	1222,1	1052,2	1205,9
Rendement (= Rdt) (kg/a/an)	102,14	86,68	79,3	77,91	113,22	105,58	88,35	86,32
Poids individuel initial (= Pi) (g)	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53	43,53
Poids individuel final (= Pf) (g)	386,17 ^c	345,78 ^b	303,15 ^a	296,66 ^a	249,3 ^c	237,27 ^b	207,1 ^a	206,56 ^a
Gain de poids (= GP) (g)	342,64 ^c	302,25 ^b	267,03 ^a	260,55 ^a	205,77 ^c	193,74 ^b	163,57 ^a	163,77 ^a
Croissance individuelle journalière (= Cj) (g/j)	1,90 ^c	1,68 ^b	1,48 ^a	1,45 ^a	1,14 ^c	1,08 ^b	0,91 ^a	0,91 ^a
Nombre d'étangs	2	2	2	2	2	2	2	2
Superficie des étangs (are)	6-6,98	8-8,1	8,1-9,36	8-6,41	11-9,2	10-9,1	10-9	10,4-11,87
Nombre de poissons à la mise en charge	2207	2737	2969	2450	6060	4730	5700	6681
Nombre de poissons à la récolte	1908	2258	2500	2075	5674	4341	5230	6083
Taux de survie (= Ts) (%)	86,33 ^a	83,11 ^a	86,01 ^a	86,47 ^a	90 ^a	87 ^a	91,68 ^a	90,75 ^a
Quantité d'aliment distribué (kg)	1298	1678	1718	1450	2796,3	2596,21	2470,27	2851,09
Indice de conversion (= Qn)	2,18 ^c	2,36 ^b	2,64 ^a	2,69 ^a	2,48 ^c	2,62 ^b	2,99 ^a	3 ^a
Coefficient d'efficacité protéique (= CEP)	1,86 ^d	1,64 ^b	1,76 ^c	1,18 ^a	1,61 ^d	1,53 ^c	1,50 ^b	1,03 ^a
Nombre de <i>Hemichromis fasciatus</i> (poids moyen = 20 g)	112	137	149	123	303	237	285	335
Biomasse de <i>Hemichromis fasciatus</i> (kg)	2,24	2,74	2,98	2,46	6,06	4,74	5,7	6,7

A1= Aliment n°1 ; A2 = Aliment n°1 ; A3 = Aliment n°1 ; At = Aliment témoin ;

1,7 poissons / m² = 1ère densité de mise en charge ;

3 poissons / m² = 2ème densité de mise en charge.

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 ($p > 0,05$).

Quatre types d'aliment (A1, A2, A3 et At) ont été appliqués pour deux densités de charge : 1,7 et 3 poissons / m². Les rations journalières ont été servies manuellement à la volée en deux repas (9 h et 15 h) aux différents lots constitués pendant 180 jours. Les aliments ont été respectivement distribués à des ratios de 4 % (premier mois), 3 % (deuxième au quatrième mois d'élevage), 2,5 % (cinquième mois) et 2 % (sixième mois) du poids total vif (YI et LIN, 2001). Chacun des traitements (aliment- densité) a été répété une fois. Des contrôles mensuels de

croissance pondérale ont été effectués sur un échantillon de 25 % de la population élevée. Les poissons sont pêchés à l'aide d'une senne de 14 mm de vide de maille. Ces contrôles mensuels de poids ont permis de réajuster conséquemment, la ration alimentaire du mois subséquent au prorata de la biomasse totale. A la fin de chaque essai d'élevage, tous les étangs sont vidés pour évaluer la survie et la production. En outre, le poids et la longueur standard de 100 individus, choisis au hasard dans chaque étang, ont été mesurés individuellement pour les tests statistiques de comparaison des poids finaux (Pf) et des indicateurs techniques de croissance et d'utilisation des aliments (Cj, Qn et CEP) (CARLSTEIN, 1993 ; KANANGIRE, 2001). A l'issue des essais, différents paramètres de performances de croissance (Cj), d'utilisation des aliments (Qn et CEP), de production (Ts, BN et Rdt) et de coût (Tr, T Ag, CAU, TxR et TR C U A) utilisés ont été calculés selon les formules ci-dessous indiquées par KANANGIRE (2001), NEW et SINGHOLKA (1985) : Gain de poids (GP) (g) = Poids final (Pf) – Poids initial (Pi) ; Biomasse nette (BN) (kg) = Biomasse finale - Biomasse initiale ; Croissance journalière (Cj) (g/j) = Gain de poids / Durée d'élevage en jours ; Coefficient d'efficacité protéique (CEP) = Gain de poids frais / Quantité de protéine ingérée ; Indice de conversion ou Quotient nutritif (Qn) = Quantité d'aliment sec distribuée / Gain de poids frais ; Taux de survie (Ts) = Nombre de poissons final / Nombre de poissons initial) x 100 ; Rendement (Rdt) (kg / a / an) = Biomasse nette (BN) x 365 x 100 / (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.

Evaluation du coût des aliments testés

L'analyse économique réalisée ne prend en compte que les coûts liés à l'alimentation. Cela, dans la mesure où le système de production testé est plus fondé sur la participation du paysan pisciculteur. Le coût d'utilisation se rapporte ici au coût d'achat des ingrédients, aux coûts de fabrication et de transport pour les aliments locaux, et au prix de revient pour l'aliment industriel commercial utilisé comme référence.

Dans cette partie, la comparaison entre les 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.

Analyse statistique

Les paramètres de croissance (Cj), d'utilisation des aliments (Qn, CEP), de production (Ts et Rdt) et les poids finaux (Pf) ont été soumis à une analyse de variance à un critère (ANOVA 1) et à des analyses de variance 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. Par ailleurs, des analyses non-paramétriques (KRUSKALL-WALLIS et MANN-WHITNEY) ont été utilisées pour tester les différences de poids et de taille entre les lots (JOBLING *et al.*, 1994). Ces analyses ont été effectuées à l'aide des logiciels SPSS 7.5 et STATISTICA 7. 1.

Résultats

Distribution de poids et de taille

Pour une même densité de mise en charge, on observe une variabilité significative du poids ($p < 0,05$) procuré par les différents aliments (figures 1 : a et b). En revanche, au niveau de la taille des poissons (figure 1b), aucune différence significative n'a été révélée. Les croissances en poids et en taille décroissent graduellement de la faible densité (1,7 poissons / m²) à la forte densité de mise en charge (3 poissons / m²). En outre, la croissance pondérale baisse progressivement et spécifiquement de l'aliment A1, A2 aux aliments A3 et At (figure 1a). Les aliments A3 et At ont assuré aux poissons des croissances similaires ($p > 0,05$). A la densité de charge 1,7 poissons / m², le poids et la taille varient respectivement de 225 à 510 g et de 18 à 23 cm. Environ, 75 % de la population ont eu un poids supérieur à 300 g (taille : 19 - 23 cm). Tandis qu'avec la densité de 3 poissons / m², les classes de poids respectives enregistrées sont environ de 175 à 200 g, 200 à 225 g et de 225 à 260 g (taille : 15 - 20 cm). Les taux respectifs correspondant à ces classes de poids sont de 25 %, 50 % et 25 %, soit des tailles comprises entre 15 - 20 cm.

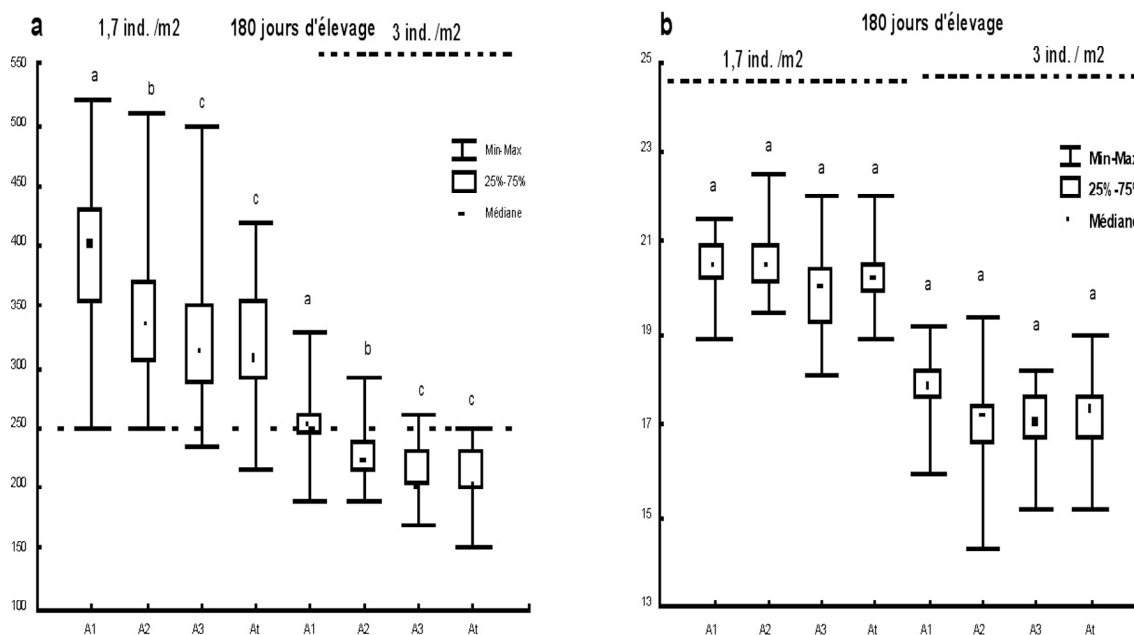


Figure 1. Distribution de poids (a) et de la taille (b) en fonction des aliments et des densités de charge.

Les différentes lettres alphabétiques sur les boxes indiquent une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les traitements alimentaires.

Les boxes partageant au moins une lettre alphabétique en commun (même densité de charge) ne diffèrent pas ($p > 0,05$).

A1 = Aliment n°1 ; A2 = Aliment n°2 ; A3 = Aliment n°3 ; At = Aliment témoin ;

1,7 poissons / m² = 1^{re} densité de mise en charge ;

3 poissons / m² = 2^e densité de mise en charge.

Utilisation des aliments et croissance des poissons

Les données relatives aux paramètres de croissance (Cj), d'utilisation des aliments (Qn, CEP) et aux poids finaux (Pf) varient significativement ($p < 0,05$; ANOVA 1) entre les traitements alimentaires A1 et A2, puis, entre A2 et les deux autres (A3 et At). De même, les performances de croissance et d'utilisation des aliments décroissent significativement ($p < 0,05$) de la faible densité (1,7 poissons / m²) à la forte (3 poissons / m²). Quelle que soit la densité de mise en charge testée, les performances zootechniques enregistrées chez les populations nourries avec les aliments A1 et A2 sont significativement meilleures ($p < 0,05$; ANOVA 1) que celles ayant reçu les aliments A3 et témoin (At). Egalement, elles diffèrent significativement ($p < 0,05$) entre les régimes A1 et A2. La croissance des populations témoins et celles nourries avec A3 sont similaires ($p > 0,05$; ANOVA 1). Les poids moyens finaux atteints par les poissons aux densités 1,7 et 3 poissons / m² sont respectivement de $386,17 \text{ g} \pm 59,55$ et $249,3 \text{ g} \pm 8,29$ (A1), $345,78 \text{ g} \pm 46,54$ et $237,27 \text{ g} \pm 11,50$ (A2), $303,15 \text{ g} \pm 53,83$ et $207,1 \text{ g} \pm 8,13$ (A3), puis de $296,66 \text{ g} \pm 44,19$ et $206,56 \text{ g} \pm 4,54$ (At). Dans le même ordre de comparaison, les valeurs moyennes de la croissance (Cj) sont de $1,90 \text{ g} / \text{j} \pm 0,32$ et $1,14 \text{ g} / \text{j} \pm 0,05$; $1,68 \text{ g} / \text{j} \pm 0,26$ et $1,08 \text{ g} / \text{j} \pm 0,06$; $1,48 \text{ g} / \text{j} \pm 0,30$ et $0,91 \text{ g} / \text{j} \pm 0,05$, puis de $1,45 \text{ g} / \text{j} \pm 0,24$ et $0,91 \text{ g} / \text{j} \pm 0,02$. Ces aliments se sont caractérisés par des quotients nutritifs (Qn) respectifs de 2,18 et 2,48 (A1), 2,36 et 2,62 (A2), 2,64 et 2,99 (A3), puis de 2,69 et 3 (At), respectivement aux densités de 1,7 et 3 poissons / m². Les coefficients d'efficacité protéiques (CEP) correspondants aux mêmes densités de mise en charge (1,7 et 3 poissons / m²) sont de 1,86 et 1,61 ; 1,64 et 1,53 ; 1,76 et 1,50 ; puis de 1,18 et 1,03 pour les aliments A1, A2, A3 et At (témoin).

L'analyse de variance à deux facteurs (aliment et étang) effectuée sur ces paramètres ne révèle pas de différence significative ($p > 0,05$, ANOVA 2) entre les réplicats. En revanche, en se fondant sur les critères aliment et densité, cette même analyse indique une différence significative ($p < 0,05$, ANOVA 2) entre les performances zootechniques des populations élevées aux densités 1,7 et 3 poissons / m².

Les taux de survie enregistrés varient faiblement d'un traitement à l'autre (aliment / densité) et sont compris entre 83 % et 90 %. Les rendements (Rdt) procurés par les expérimentaux (A1, A2, A3 et At) sont respectivement de 102,14 ; 86,68 ; 79,30 et 77,91 kg / a / an (1,7 poissons / m²) et de 113,21 ; 105,58 ; 88,35 et 86,32 kg / a / an (3 poissons / m²). Comparés au témoin, deux aliments tests font état d'une augmentation de la biomasse par are de 13 et 21 % (A1), puis, de 18 et 25 % (A2), respectivement aux densités de 1,7 et 3 poissons / m².

Evaluation des coûts d'élevage

Les coûts d'utilisation des aliments locaux 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 (tableau IV). Ces valeurs observées engendrent, conséquemment, des taux de réduction respectifs de 32 %, 30 % et 30 %, comparés à l'aliment témoin (At). Les coûts de l'alimentation rapportés à l'are sont de 16 244 (A1), 17 524 (A2), 16 569 (A3), et 24 119 F CFA (At), puis de 22 485 (A1), 22 853 (A2), 21 898 (A3) et 306 85 F CFA (At), respectivement aux densités de charge 1,7 et 3 poissons / m² (tableau IV). Comparés à l'aliment témoin, les taux de réduction correspondants sont de 33 et 27 % (A1), 27 % et 26 % (A2), puis 31% et 29 % (A3) aux densités 1,7 et 3 poissons / m² (tableau IV).

Tableau IV. Evaluation des coûts de production

Paramètres	1,7 poissons / m ²				3 poissons / 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
Taux de réduction du coût d'utilisation du kg d'aliment/témoin (%)	32,23	29,85	29,72	-	32,23	29,85	29,72	-
Superficies totales (are)	12,98	16,1	17,46	14,41	20,2	19,1	19	22,27
Biomasse totale (kg)	699,9	811,4	775,9	640,4	1370,9	1222,1	1052,2	1205,9
Biomasse /are (kg)	53,92	50,40	44,44	44,44	67,86	63,98	55,38	54,15
Taux d'augmentation de la biomasse/témoin (%)	21,33	13,40	0,00	-	25	18	2	-
Quantités d'aliment utilisées (kg)	1298	1678	1718	1450	2796,30	2596,21	2470,27	2851,09
Coûts d'aliment utilisé (F CFA)	210847	282139	289298	347553	454202	436485	416068	683350
Coûts d'aliment utilisé/are (F CFA)	16244	17524	16569	24119	22485	22853	21898	30685
Coûts alimentaires par kg de poissons (F CFA)	301	348	373	543	331	357	395	567
Taux de réduction du coût de production /are/témoin (%)	33	27	31	-	27	26	29	-
Taux de réduction du coût alimentaire par kg de poissons /témoin (%)	44	36	31	-	42	37	30	-

A1= Aliment n° 1 ; A2 = Aliment n° 1 ; A3 = Aliment n° 1 ; At = Aliment témoin ;
 1,7 poissons / m² = 1^{re} densité de mise en charge ;
 3 poissons / m² = 2^e densité de mise en charge

Discussion

Les meilleures performances zootechniques aux deux densités de charge (1,7 et 3 poissons / m²) ont été enregistrées dans les lots de poissons nourris avec les aliments A1 et A2 comparés à ceux ayant reçu les aliments A3 et At. La différence de croissance et d'utilisation des aliments observée entre les lots de poissons soumis aux différents traitements alimentaires testés proviendrait de la nature et des proportions des ingrédients utilisés (notamment, les sons de maïs, de mil et de riz) dans la formulation de ces aliments. En effet, l'aliment A1 se distingue des deux autres aliments locaux fabriqués (A2 et A3) par l'absence du son de riz dans sa composition. Or, selon RIVIERE (1978) et ARZEL *et al.* (1999), le son de riz présente une teneur élevée en cellulose (11 %) et en silice, ce qui réduit sa digestibilité et sa valeur énergétique par rapport aux sons de mil et de maïs présents dans l'aliment A1. Ces observations corroborent celles de

CAMPBELL (1978) ; JONES *et al.* (1997) ; BUREL *et al.* (2000) et OUATTARA (2004) qui soulignent que le son de maïs procure une meilleure croissance aux poissons que celui de riz. D'après RIVIERE (1978) et ARZEL *et al.* (1999), la présence d'une substance antinutritionnelle dans le son de mil diminue sa digestibilité rapport au son de maïs. L'aliment A3 étant conçu en partie de sons de riz et de mil, les performances zootechniques de croissance (Cj) et d'utilisation des aliments (Qn, CEP) des poissons nourris à partir de cet aliment ne peut qu'être faibles par rapport aux aliments A1 et A2 qui n'ont qu'un de ces deux ingrédients. En revanche, les performances zootechniques des poissons nourris avec l'aliment témoin sont en deçà des aliments A1 et A2 à cause du maïs concassé (2-3 mm) et du son de blé qui entrent dans sa composition. En effet, selon CAMPBELL (1978) le maïs concassé n'est pas bien digéré par le tilapia. Il en est de même pour le son de blé à cause de la présence du phytate, une substance anti-nutritionnelle (RIVIERE, 1978 ; ARZEL *et al.*, 1999). Par ailleurs, VIOLA *et al.* (1994) mentionnent que les fabricants d'aliments industriels utilisent couramment les acides aminés cristallisés afin de combler des éventuels déficits en acides aminés. Pourtant, RØNNESTAD *et al.* (2000) signalent que les tilapias et même d'autres poissons utilisent et assimilent moins efficacement ces acides aminés synthétisés artificiellement que ceux provenant des sous-produits. En outre, selon MELARD (1999), les coefficients de digestibilité protéique du soja et du maïs chez le tilapia *Oreochromis niloticus* sont respectivement de 96 % et 85 % contre 87 % pour la farine de poisson. Par ailleurs selon DABROWSKI *et al.* (1989), la disponibilité de la méthionine peut être réduite quand le soja est incorporé dans l'aliment à plus de 50 %. Dans la présente étude, le taux d'incorporation du tourteau de soja n'atteint pas 40 %. De plus, les différences de croissance observées pourraient également être liées à la perte d'une partie de la ration alimentaire qui n'est pas consommée par les poissons ; cela du fait du caractère pulvérulent des aliments distribués. Comme l'indiquent LIM et DOMINY (1990), une bonne partie des éléments nutritifs de ces aliments est dissoute dans l'eau et ne profite pas aux poissons. Les résultats de notre étude sont comparables à ceux de DAVIS et STICKNEY (1978) et EL-SAIDY et GABER (2003). Ces auteurs n'ont observé aucune différence de croissance chez *O. aureus* nourri avec deux aliments titrant 36 % de protéine, dont l'un contenait de la farine de poisson, et l'autre sans farine de poisson, mais avec adjonction de 74 % de tourteau de soja. Selon WEBSTER *et al.* (1995), les aliments contenant le soja (sans addition de farine de poisson) peuvent procurer au poisson une croissance similaire à celle des régimes qui en contiennent. L'analyse des résultats zootechniques en fonction de la densité des poissons indiquent, que les poids moyens finaux atteints par les différentes populations sont inversement proportionnels à la densité de mise en charge appliquée. A l'opposé, la biomasse a augmenté avec la densité de charge. Les plus fortes biomasses ont été obtenues avec l'élevage réalisé à la densité de 3 ind. / m². Par contre, les résultats des paramètres de croissance (Cj) et d'assimilation des aliments (CEP) enregistrés dans les différentes populations d'élevage concordent avec les poids finaux atteints par celles-ci. Les valeurs relevées décroissent de la faible densité (1,7 poissons / m²) à la forte densité de charge (3 poissons / m²). Les poissons élevés à la densité de 3 poissons/m² ont atteint les plus bas poids moyens finaux, tandis que les plus élevés ont été relevés dans l'élevage réalisé à la charge de 1,7 poissons / m². Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par HOGENDOOM et KOOPS (1983) ; KHWUANJAI HENGSAWAT et PORNCHAI JARURATJAMORN (1997) et RIDHA (2006). En ce qui concerne la relation inverse entre la densité d'élevage et l'augmentation du poids du poisson, celle-ci est liée comme l'indiquent IRWIN *et al.* (1999), à plusieurs facteurs dont la compétition alimentaire et la limitation d'espace vital.

Pour ce qui est de la survie, les taux enregistrés (83 à 90 %) sont satisfaisants. Ces taux sont plus élevés que ceux obtenus (82 à 85 %) par KANANGIRE (2001).

L'analyse économique des résultats zootechniques obtenus à l'issue des expérimentations montre, que les aliments tests ont des coûts de production de poisson et d'utilisation de l'aliment plus faibles, comparés à ceux de l'aliment commercial (témoin). Il en ressort 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 ont une faible valeur marchande par ce qu'ils sont disponibles localement.

Conclusion

Cette étude nous informe sur l'utilisation de sous-produits agricoles dans l'alimentation du tilapia *Oreochromis niloticus* en phase de grossissement en étang et souligne une production à moindre coût de ce poisson en aquaculture. Comparée à l'aliment industriel commercial, des taux de réduction de 27 à 33 %, puis de 26 % à 29 %, respectivement aux densités d'empoissonnement de 1,7 et 3 poissons/m² ont été enregistrés avec les aliments testés. Les aliments mis au point dans notre étude présentent l'avantage d'être localement disponibles, relativement moins onéreux et à la portée des pisciculteurs, contrairement à l'aliment commercial industriel.

Remerciements

Ce travail a été financé par la Mission de Coopération française et l'ONG NGH. Nous leur exprimons nos sincères remerciements. Nous remercions également l'Unité de Recherche et d'Enseignement Supérieur de Korhogo (URES-Korhogo), puis, l'Université de Bouaké pour leur assistance technique. Enfin, Nous exprimons notre gratitude à M. Détoh Kouassi Alexis, propriétaire de la ferme Blondey.

Références citées

- ARZEL J., GUILLAUME J. et KAUSHIK S., 1999.** Composition et valeur nutritive des matières premières utilisées. In : « Nutrition et alimentation des poissons et crustacés », Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R., INRA, Paris, France, p. 429-455.
- BUREL C., BOUJARD T., TULLI F. et 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. Rapport Technique n° 46, Centre de Développement des Pêches du Lac de Kossou, Bouaké, Côte d'Ivoire. 31 p.
- CARLSTEIN M., 1993.** Natural food and artificial, dry starter diets: effects on growth and survival in intensively reared European grayling. *Aquaculture Internationale*, 1 (2) : 112-123.
- DABROWSKI K. POCZYCZYNSKI P., KOCK G. et BERGER B., 1989.** Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean meal protein on growth, food utilization and proteolytic enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). New in vivo test for exocrine pancreatic secretion. *Aquaculture*, 77 : 29- 49.
- DAVIS R. A. et STICKNEY R. R., 1978.** Growth responses of *Tilapia aurea* to dietary protein quality and quantity. *Transactions of American Fisheries Society*, 107 : 479- 483.

- DE SILVA S. S. et ANDERSON T. A., 1995.** Fish nutrition in aquaculture. Chapman and Hall, London, England, 319 p.
- EL-SAIDY D. M. S. et GABER M. M. A., 2003.** Replacement of fish meal with a mixture of different plant protein sources in juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) diets. *Aquaculture Research*, 34 : 1119-1127.
- GOURENE G. et VANGA A. F., 1997.** Etude socio-économique de la pisciculture dans l'Est de la Côte d'Ivoire. Rapport, Unité de Formation et de Recherche en Biosciences, Université de Cocody Côte d'Ivoire. 45 p.
- GOURENE G., KOBENA K. B. et VANGA A. F., 2002.** Etude de la rentabilité des fermes piscicoles dans la région du moyen Comoé. Rapport, Unité de Formation et de Recherche en Science et Gestion de l'environnement, Université Abobo-Adjamé Côte d'Ivoire. 41 p.
- GUILLAUME J., 1999.** Formulation des aliments en aquaculture. In : « Nutrition et alimentation des poissons et crustacés », Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R., INRA, Paris, France, p. 379 - 395.
- HOGENDOOM H. et KOOPS W. J., 1983.** Growth and production of the African catfish, *C. lazera* (C. and V.).I. Effects of stocking density, pond size and mixed culture with tilapia (*S. niloticus* L.) under extensive field conditions. *Aquaculture*, 34 : 253-263.
- IRWIN S., O'HALLORAN J. et FITZGERALD R. D., 1999.** Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). *Aquaculture*, 78 : 77- 88.
- JAUNCEY K. et ROSS B., 1982.** A guide to tilapia feeds and feeding. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, 111 p.
- JOBLING M., MELØY O. H. et DOS SANTOS CHRISTIANSEN J. S., 1994.** The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquaculture Internationale*, 2 (2) : 75- 90.
- JONES P. L., DE SILVA S. S. et MITCHELL B. D., 1997.** Effect of dietary protein source on growth and carcass composition in juvenile Australian freshwater crayfish. *Aquaculture Internationale*, 4 (4) : 361 - 376.
- KANANGIRE C. K., 2001.** Effet de l'alimentation des poissons avec *Azolla* sur la production d'un écosystème agropiscicole en zone marécageuse au Rwanda. Thèse de Doctorat, Université Notre Dame de la Paix de Namur Belgique. 222 p.
- KHWUANJAI HENGSAWAT F. J. et 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.
- LAZARD J., 1980.** La pêche en eau libre et le développement de la pisciculture dans les eaux continentales ivoiriennes, cas de ferme piscicole pilote de Natio-Kobadara (Korhogo). Thèse de Doctorat, Université des Sciences et techniques du Languedoc Montpellier France. 213 p.
- LIEBERT F. et 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.
- LIM C. et DOMINY W., 1990.** Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 87 : 53- 63.
- MELARD C., 1999.** Bases biologiques de l'aquaculture. Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture, Université de Liège Belgique. 238 p.
- MELCION P., 1999.** Fabrication des aliments. In : « Nutrition et alimentation des poissons et crustacés », Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R., INRA, Paris, France, p. 397- 412.
- NAUMANN C. et BASSLER R., 1997.** Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Methodenbuch Band III, VDLUFA-Verlag Darmstadt, Deutschland.
- NEW M. B. et SINGHOLKA S., 1985.** Production des crevettes d'eau douce. Manuel d'élevage de *Macrobrachium rosenbergii*. FAO Document Technique sur les pêches, Rome Italie. 132 p.

OUATTARA N. I., 2004. Etude du potentiel aquacole d'une population du tilapia estuarien *Sarotherodon melanoth - eron* Rüppell 1852 isolée dans le lac de barrage d'Ayamé (Côte d' Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Liège Belgique. 275 p.

RIDHA M. T., 2006, Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloti - cus*, L. at two stocking densities. *Aquaculture Research*, 37 : 172– 179.

RIVIERE R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, Paris, France, 527 p.

RØNNESTAD I., CONCEICAO L. E. C., ARAGAO C. et DINIS M. T., 2000. Free amino acids are absorbed faster and assimilated more efficiently than protein in post-larval Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Journal Nutrition*, 130 : 2809–2812.

VIOLA S., ANGEONI H. et LAHAV E., 1994. Present limits of protein sparing by amino acid supplementation of practical carp and tilapia feeds. *Journal Aquaculture-Bamidgeh*, 46 : 203– 211.

WEBSTER C. D., TIDWELL J. H., TIUL S. et YANCEY D. H., 1995. Use of soybean meal as partial or total substitute of fish meal in diets for blue catfish (*Ictalurus furcatus*). *Aquatic Living Resources*, 8 (4) : 379 – 384.

WEIGEL J. Y., 1989. La commercialisation du poisson en pays lagunaire ivoirien. Etudes et Thèses. ORSTOM, Paris, France. 138 p.

YI Y. et LIN C. K., 2001. Effects of biomass of caged Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and aeration on the growth and yields in an integrated cage-cum-pond system. *Aquaculture*, 195 : 253–267.