

Effets des régimes extrudés contenant du son de riz et du son de blé sur les performances de croissance du tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) élevé en enclos

Kouadio Jean - Luc BROU¹, Kouamé Richmond N'ZUE¹, Marc OSWALD^{2,3} et BAMBA Yacouba^{1*}

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

² École Supérieure d'Agro-Développement International (ISTOM), UR ADI-Suds, 4 rue Lakanal, F49000 Angers, France

³ Association Pisciculture et Développement Rural en Afrique (APDRA), 9 avenue de France, F91300 Massy, France

* Correspondance, courriel : bamb_yacoub@yahoo.fr

Résumé

Une étude d'alimentation a été menée à la Société Agro-Piscicole de la Mé (2017 - 2018) avec *Oreochromis niloticus* pour évaluer la croissance et le coût-efficacité. Cette étude porte sur les voies d'amélioration de la production du tilapia. Des tilapias de 219 ± 2 g sont nourris avec six régimes locaux dans 12 enclos. Tous les régimes sont à base de son de riz (SR) et de son de blé (SB). Leur composition est : G50/P50 (50 % SR, 50 % de SB) ; G70/P70 (70 % SR ; 30 % SB) et G100/P100 (100 % SR). Les régimes P100, P70 et P50 sont non extrudés. En revanche, G100, G70 et G50 sont extrudés. La densité de stockage était de 1,7 poissons/m². Deux enclos ont été attribués au hasard à chacun des six régimes. Les enclos sont implantés dans un étang de 10000 m² fertilisé avec de la fiente de poulet. Deux cycles de production sont réalisés. Après 100 jours d'élevage, les meilleurs conversions alimentaires (G50 : $4,16 \pm 0,46$; G70 : $4,7 \pm 1,02$) et croissances journalières (G50 : $1,38 \pm 0,16$ g/jour ; G70 : $1,13 \pm 0,21$ g/jour) ont été obtenues avec les régimes extrudés. La plus faible croissance journalière ($0,56 \pm 0,17$ g/jour) et l'indice de conversion alimentaire le plus élevé ($10,37 \pm 5$) ont été enregistrés avec le régime P100. Comparés aux aliments non extrudés, les régimes extrudés G100, G70 et G50 réduisent respectivement les coûts de nourrissage par unité de gain de poids de 13,33 % ; 17,24 % et 21,38 %.

Mots-clés : pisciculture, *Oreochromis niloticus*, alimentation, son de céréales, extrusion.

Abstract

Effects of extruded diets containing rice bran and wheat bran on growth performances of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) reared in pens

A feeding trial was conducted in 2017 -2018 at fish farm "Société Agro-Piscicole de la Mé" with *Oreochromis niloticus* to assess the growth and cost - benefit. This study focus on ways to improve

tilapia production. Tilapia weighing 219 ± 2 g were grown in 12 pens and reared on six practical diets. All diets were formulated with rice bran (RB) and wheat bran (WB). The composition of these practical diets is : G50/P50 (50 % RB, 50 % WB); G70/P70 (70 % RB; 30 % WB) and G100/P100 (100 % RB). Diets P100, P70 and P50 were non-extruded. In contrast, diets G100, G70 and G50 were extruded. The used stocking density was 1.7 fish/m². Two replicate pens were randomly assigned to each of the six dietary treatments. The pens were implanted in a fertilized pond. This pond of 10000 m² of area was fertilized with chicken manure. Two production cycles were accomplished. After 100 days of rearing, the best feed conversion ratios (G50 : 4.16 ± 0.46 ; G70 : 4.7 ± 1.02) and the highest daily weight gain (G50: 1.38 ± 0.16 g/day; G70 : 1.13 ± 0.21 g/day) were obtained in fish fed extruded diets. The lowest daily weight gain (0.56 ± 0.17 g/day) and the highest feed conversion ratio (10.37 ± 5) have been recorded for fish fed diet P100. Compared to non-extruded diets, extruded diets G100, G70 and G50 reduce feeding costs per unit of weight gain by 13.33 %; 17.24 % and 21.38 %, respectively.

Keywords : *fish culture, Oreochromis niloticus, feeding, cereal brans, extrusion.*

1. Introduction

L'utilisation des aliments artificiels est l'un des principaux facteurs qui a contribué à l'expansion et à la croissance rapide de l'aquaculture [1, 2]. Cependant, le coût élevé de cette alimentation (40 à 60 % du coût de production) [3, 4] rend son développement marginal dans la majorité des pays africains [5, 6]. En Côte d'Ivoire par exemple, l'activité piscicole est pratiquée sur toute l'étendue du territoire national. Toutefois, malgré des efforts consentis, la contribution de la pisciculture (4 500 tonnes) à la production nationale de poisson est encore marginale et ne représente qu'environ 2,4 % [7]. La consommation annuelle de poissons estimée à plus de 300 000 tonnes est soutenue par une importation massive d'environ 90 % [8, 7]. Les difficultés identifiées qui entravent le développement de la pisciculture sont entre autres (i) le coût élevé des aliments ; (ii) la non maîtrise des technologies de fabrication des aliments ; (iii) et parfois le faible niveau de technicité des acteurs de la filière [7]. Les principales formes de pisciculture qui enregistrent un développement continu en Côte d'Ivoire sont pratiquées dans des étangs, sous forme d'élevage extensif et semi-intensif, avec des proportions respectives de 46 % et 52 % [9, 7]. Dans le système extensif, l'alimentation du poisson est à base de nourritures naturelles endogènes. Quant au système intensif (2 %) pratiqué par quelques petites et moyennes entreprises (PM), les producteurs utilisent des aliments industriels extrudés importés mais chers. Ainsi, ces exploitants produisent des poissons dont les prix de vente sont supérieurs au prix du poisson de consommation courante [10]. Pour ce qui concerne l'élevage semi-intensif, 11 % des exploitants utilisent des aliments composés formulés par eux-mêmes et 71 % ont recours à des sons de céréales (essentiellement sons de riz et de maïs) et des fertilisants pour nourrir les poissons [9, 11]. Dans ce système d'exploitation, le son de riz, la farine basse de riz et l'association sons de riz/maïs sont les plus employés avec des proportions respectives de 52 %, 7 % et 28 % [9]. L'utilisation de ces sons de céréales bruts se solde par une faible efficacité alimentaire et un faible rendement piscicole [6, 12]. Les faibles productivités piscicoles engendrées par l'emploi de ces sous-produits bruts sont dues à la présence de teneurs élevées en éléments non assimilables par les poissons et aux importants rejets et pertes alimentaires [12, 13]. Pourtant, largement utilisée dans les pays développés en alimentation des poissons, la technologie de l'extrusion est connue

pour améliorer les différentes propriétés physiques et fonctionnelles et rehausser les performances de l'aliment [14 - 17]. Dans les pays ouest africains en général, et en Côte d'Ivoire en particulier, l'emploi des sons de céréales extrudés (aliment local) dans l'alimentation de *O. niloticus* est très peu décrit, voire inexistant. L'objectif général du présent travail a été de contribuer à l'amélioration de la production du tilapia à travers la mise au point d'aliments locaux extrudés peu onéreux contenant les sons de céréales. Pour ce faire, nous avons testé dans l'alimentation du tilapia, les sons de riz et de blé extrudés. De façon particulière, il s'est agi de déterminer les effets des régimes expérimentaux sur les performances zootechniques de *O. niloticus* élevé en phase de grossissement. Ensuite, un éventuel gain économique des régimes testés a été évalué.

2. Matériel et méthodes

2-1. Infrastructures d'élevage

L'expérimentation a été réalisée à la Société Agro-Piscicole de la Mé (SAP Mé) située à 6°09'06"N et 3°44'32"O au Sud-est de la Côte d'Ivoire à environ 80 à kilomètres d'Abidjan. Les essais ont été conduits en duplicata dans 12 enclos (Longueur x largeur x hauteur : 6 m x 4 m x 2m) (*Photo 1*). Ces enclos utilisés ont été installés dans un étang de 10000 m² fertilisé. La hauteur d'eau dans les enclos était de 1,20 m (6 m x 4 m x 1,2), soit un volume d'eau utile de 28,8 m³. Les poches de filet des enclos ont une superficie de 24 m² et une hauteur de 2 mètres (*Photo 1*). Ces filets utilisés sont faits de nappes (210/48, mailles de 14 mm) selon les méthodes standard [18, 19]. Les piquets de soutien de poche de filet sont en bambou. La poche en filet de chaque infrastructure d'élevage est maintenue rigide aux quatre côtés par des piquets en bambous solidement enfoncés dans la vase. La ralingue supérieure de la poche en filet est fixée à 0,80 m au-dessus du niveau de l'eau à des bambous fixés horizontalement aux piquets. La ralingue inférieure est enterrée à 0,30 m de profondeur dans un sillon creusé dans la vase du fond de l'étang. Un cadre solide fait de lattis de bambous a été utilisé pour encadrer chaque poche de filet afin d'empêcher d'éventuelle entrée et sortie d'aliments distribués [20]. Les 12 enclos ont été regroupés sur deux rangées dans le sens de la longueur de l'étang [21] (*Photo 1*). Chaque rangée était constituée de 6 enclos. Un écart de 10 m a été maintenu entre les deux rangées. Dans une même rangée, une distance de 6m sépare les enclos. Tout comme les autres étangs de Société Agro-Piscicole, l'étang d'accueil des enclos est alimenté en eau par gravité à partir d'un barrage de retenue d'eau de 9 hectares. Ces étangs sont tous dotés d'un système de canalisation en PVC dont le tuyau d'arrivée d'eau dans la structure d'élevage est équipé d'une toile moustiquaire de maille 1 mm de côté (1 mm x 1 mm) pour prévenir l'entrée d'animaux indésirables.



Photo 1 : *Dispositif expérimental installé dans l'étang d'accueil à la Société Agro-Piscicole de la Mé (SAP Mé) : vue d'ensemble des enclos*

2-2. Poissons expérimentaux

Les essais ont porté sur des spécimens mâles de tilapia *O. niloticus* d'un poids moyen initial de 219 ± 2 g. Ces poissons sont produits à la ferme de la Société Agro-Piscicole de la Mé (SAP Mé). En effet, à ladite Société Agro-Piscicole, la production de poissons commercialisables se déroule en deux étapes. Une première étape où les poissons mâles de 25-30 g sont grossis pour atteindre 200 g. La deuxième phase consiste à élever les spécimens pesant environ 200 g pour atteindre 300 g à 400 g. C'est sur cette deuxième étape que la présente étude a été conduite.

2-3. Régimes expérimentaux

Les matières premières entrant dans la composition des régimes expérimentaux sont constituées de son de riz (SR) et de son de blé (SB). Ces ingrédients utilisés ont été achetés auprès des fournisseurs locaux. Six régimes locaux (P100, P70, P50, G100, G70 et G50) (**Tableau 1**) ont été fabriqués pour les essais. Dans ces régimes, le son de blé est incorporé graduellement à des taux respectifs de 0 %, 30 % et 50 %. La composition des aliments fabriqués est la suivante : P100/G100 (100 % SR) ; G70/P70 (70 % SR et 30 % SB) et P50/G50 (50 % SR, 50 % SB). Les régimes désignés P100, P70 et P50 n'ont pas été extrudés. Contrairement à ceux-ci, les régimes dénommés G100, G70 et G50 ont été transformés en granulés extrudés flottants. Signalons que l'adjonction du son de blé a été faite afin de favoriser une éventuelle amélioration des performances des aliments et du processus d'extrusion. Pour la fabrication des aliments, les sons de riz et de blé bruts ont été finement broyés dans un broyeur à marteau «DSM 500, Electra, France » muni d'un tamis en acier inoxydable ayant des mailles de 1,5 mm d'ouverture. Pour chacun des régimes tests, les ingrédients ont été pesés et mélangés pendant 30 minutes jusqu'à l'obtention d'un produit homogène à l'aide d'un mélangeur horizontal « MH-1000, electra, France ; capacité 500 kg ». Six régimes (P100, P70, P50, G100, G70 et G50) ont été ainsi élaborés sous la forme pulvérulente. Les régimes nommés P100, P70 et P50 ont été ensachés à l'état brut et stockés sur des palettes en bois. Quant aux aliments désignés G100, G70 et G50 (initialement farineux), ils ont été transformés en granulés extrudés flottants à l'aide d'un extrudeur monovis (Henan Bedo Machinery DGP-80) (**Photo 2**). Le processus d'extrusion a consisté d'abord à ajouter à chacun des

régimes une proportion d'eau de 30 % du poids sec du mélange qui, introduit dans l'extrudeur (Henan Bedo Machinery DGP-80), donne des granulés extrudés flottants de 3 mm de diamètre. La température d'extrusion a été de 140°C avec un débit d'alimentation en produit de 3,6 kg/mn. Les granulés obtenus ont été séchés au soleil à la température ambiante durant deux jours, conditionnés dans des sacs de 25 kg, puis stockés sur des palettes en bois. Le **Tableau 1** présente la formule et la composition bromatologique des régimes testés. Les analyses bromatologiques ont été effectuées par « Techna nutrition » de France.



Photo 2 : *Présentation de l'extrudeur monovis utilisé à la Société Agro-Piscicole de la Mé (SAP Mé)*

Tableau 1 : Proportions d'incorporation des ingrédients (g/100 g), composition chimique (% matière sèche) et en acides aminés indispensables (en % de protéine) des régimes expérimentaux

Paramètres	Traitements alimentaires						Besoin en acides Aminés essentiels du tilapia*
	Régimes non extrudés			Régimes extrudés			
	P50	P70	P100	G50	G70	G100	
Proportions d'incorporation des ingrédients : (g /100 g)							
Son de riz (SR)	50	70	100	50	70	100	
Son de blé (SB)	50	30	0	50	30	0	
Compositions chimiques des régimes (% matière sèche)							
Matière sèche (%)	88,6	89,24	90,2	91,46	90,94	92,1	
Protéines brutes (%)	14,85	13,99	12,7	14,60	13,720	12,55	
Lipides (%)	9,15	11,25	14,4	9,85	11,95	14,78	
Fibres (%)	13,15	14,41	16,3	12,9	14,1	15,98	
Cendres (%)	8,95	10,33	12,4	8,79	10,20	12,25	
Amidon (%)	22,7	22,58	22,4	22,7	22,58	22,4	
Sucre totaux (%)	5	4,12	2,8	5	4,12	2,8	
Extractif non azoté (%)	42,5	39,26	34,4	45,32	40,97	36,54	
Energie métabolisable (MJ/kg de MS)	2,92	2,86	2,78	2,98	2,93	2,84	
Compositions en Acides Aminés Indispensables (AAI) (en % de protéine)							
Arginine	7,25	7	7,7	7,25	7	7,2	4,0–4,2
Histidine	2,65	2,55	2,6	2,65	2,55	2,4	1,7
Isoleucine	4,5	4,25	5,8	4,5	4,25	5,3	3,1
Leucine	6,35	6,5	6,7	6,35	6,5	7	3,4
Lysine	4,25	4,2	4,5	4,25	4,2	4,4	5,1–5,7
Méthionine	1,9	1,7	2,3	1,9	1,7	1,9	2,1–2,8
Phénylalanine	4,25	4,15	4,6	4,25	4,15	4,4	3,8
Thréonine	3,25	3,45	3,3	3,25	3,45	3,7	3,8
Tryptophane	1,8	1,96	2,2	1,8	1,96	2,2	1
Valine	5	5	5,4	5	5	5,4	2,8
Taux augmentation							
Taux augmentation d'énergie métabolisable / P100 (%)	4,84	2,90	-	7,24	5,45	1,98	

P50 : Aliment non extrudé contenant 50 % son de riz et 50 % son de blé ; P70 : Aliment non extrudé contenant 70 % son de riz et 30 % son de blé ; P100 : Aliment non extrudé contenant 100 % son de riz et 0 % son de blé ; G50 : Aliment extrudé contenant 50 % son de riz et 50 % son de blé ; G70 : Aliment extrudé contenant 70 % son de riz et 30 % son de blé ; G100 : Aliment extrudé contenant 100 % son de riz et 0 % son de blé, * Besoin en Acides Aminés Indispensables (AAI), (source [12])

2-4. Procédure expérimentale

Les essais ont été effectués durant 100 jours. Deux cycles d'expérimentation ont été exécutés entre septembre 2017 et novembre 2018 (cycle 1 : septembre à décembre 2017 ; cycle 2 : août à novembre 2018). Les expériences ont consisté à donner les aliments expérimentaux au tilapia *O. niloticus* d'un poids moyen initial 219 ± 2 g. L'eau de l'étang d'accueil des enclos a été fertilisée par l'apport de la fiente de poulet. Une quantité de $0,10 \text{ kg/m}^2$ d'étang a été appliquée deux semaines avant l'empoissonnement des enclos [22]. Par la suite, toutes les deux semaines, la fertilisation de l'étang se poursuit avec un apport de 120 kg/ha de fertilisant [23]. Avant l'empoissonnement, les enclos ont été soigneusement pêchés par des coups de sennes pour faire le "blanc théorique" de départ des structures d'élevage [24]. Pour la mise en charge de chacun des enclos, des mesures du poids individuel de 30 poissons ont été effectuées pour déterminer la variabilité du poids en début de l'essai [25]. Ensuite, des pesées par lots de 2 à 3 poissons ont été nécessaires pour atteindre la densité de mise en charge souhaitée qui était de $1,7 \text{ poissons/m}^2$. Six régimes locaux dont trois non extrudés (P100, P70 et P50) et trois extrudés (G100, G70 et G50) ont été distribués aux poissons. Ces poissons ont été répartis aléatoirement dans 12 enclos, formant ainsi six traitements en duplicata. Pour le nourrissage des poissons, les rations alimentaires quotidiennes ont été servies manuellement en trois repas (9h, 11h et 14h). Un taux de rationnement de 3,8 % du poids total vif a été appliqué. Ce taux de nourrissage correspond à celui appliqué à la Société Agro-Piscicole (SAP Mé) à tous les poissons qui pèsent au moins 200 g. Les poissons ont été nourris six jours sur sept dans la semaine. Les contrôles de croissance pondérale ont été effectués dans chaque enclos toutes les deux semaines sur un échantillon de 20 individus, soit environ 48 % de la population élevée. Ces contrôles ont permis de réajuster la ration alimentaire. A l'issue de 100 jours d'élevage, tous les enclos ont été vidés de leur contenu pour évaluer la production piscicole et la survie. Au total, 30 individus ont été prélevés dans chacun des enclos et ont fait l'objet de mesure du poids individuel pour les traitements statistiques de comparaison [25]. A partir de ces données, différents paramètres de performances zootechniques et économiques ont été calculés. Le suivi de la qualité des eaux des enclos a consisté à faire des relevés de pH, oxygène dissous et de la température *in situ* toutes les semaines entre 6 et 7 h. Un multi-paramètre «HANNA Instruments HI 83141 pH & Water Analysis » a été utilisé pour évaluer simultanément les valeurs de la température (degrés Celsius) et le pH. L'oxygène dissous (mg/L) a été mesuré au moyen d'un oxymètre de type « HANNA Instruments HI 9146».

2-5. Evaluation du coût des aliments testés

L'analyse économique vise à évaluer les impacts de l'utilisation de sons de riz et de blé et leur extrusion sur les coûts d'alimentation. L'analyse se fonde principalement sur le prix de revient du kilogramme des régimes et les coûts d'alimentation par unité de gain de poids. L'estimation du prix de revient des régimes a été fondée sur le coût des matières premières, leur transport, la fabrication des aliments et leur conditionnement. La comparaison entre traitements alimentaires a porté sur les coûts de nourrissage pour produire une unité (1 kg) de gain de poids et les taux de réduction par rapport à ceux des régimes non extrudés.

2-6. Paramètres évalués

En l'absence de mesure directe, l'Energie Métabolisable (EM) peut être estimée par des équations faisant appel à l'analyse chimique [26]. Les valeurs des énergies métabolisables des six régimes

expérimentaux ont donc été calculées conformément à l'équation de prédiction de Sibbald [27]. Les paramètres utilisés pour la comparaison entre les traitements alimentaires ont été calculés comme suit :

- Gain de poids (Gp, g) = (poids final (g) - poids initial (g)); - Gain de poids quotidien ($Gpj, g/j$) = (poids final (g) - poids initial (g)) / durée d'élevage ; - Taux de survie (%) = $100 \times$ (nombre final de poisson/ nombre initial de poissons) ; - Taux de croissance spécifique (TCS, %/jour) = $100 \times [\ln(\text{poids final}) - \ln(\text{poids initial})] / \text{durée d'élevage}$; - Indice de conversion (IC) = Quantité d'aliment sec distribuée/ Gain de poids frais ; - Coefficient d'efficacité protéique (CEP) = (gain de poids frais) / (protéines ingérées) ; Rendement (Rdt) (kg/a/an) = (Biomasse nette x 365) / (Durée d'élevage x superficie) ; - Hydrates de carbone (extractif non azoté) (%) = $100 - (\% \text{ d'humidité} + \% \text{ protéines brutes} + \% \text{ matières grasses brutes} + \% \text{ fibres} + \% \text{ teneur de cendres})$; - Energie Métabolisable (EM, MJ/kg de MS) = $3,95 + [0,0544 \times \% \text{ lipides}] - [0,0887 \times \% \text{ fibres}] - [0,0408 \times \% \text{ cendres}]$ [27]. ; - Coût lié au nourrissage par unité de gain de poids = Coût de revient d'un (1) kg d'aliment x IC , où IC est l'indice de conversion alimentaire ; - Taux de réduction du coût des aliments extrudés comparé aux régimes non extrudés (%) = $100 \times [(\text{coût de l'aliment (y) non extrudé} - \text{coût de l'aliment (y) extrudé}) / (\text{coût de l'aliment (y) non extrudé})]$; - Taux d'augmentation de production des aliments extrudés comparé au régime non extrudé P100 (%) = $100 \times [(\text{rendement aliment (P100)} - \text{rendement aliment (x) extrudé}) / (\text{rendement P100})]$.

2-7. Analyses statistiques

Les effets des régimes sur la qualité des eaux et sur les performances de croissance ont été testés en comparant les différents paramètres zootechniques et de la qualité des eaux. Les données collectées ont été traitées par analyse de variance à trois facteurs (ANOVA 3) (régimes, enclos et période d'essai) avec la prise en compte des effets des régimes, des structures d'élevage, de la période d'essai et de l'interaction entre ces trois facteurs principaux. Ces analyses ont été effectuées en utilisant le logiciel STATISTICA 7.1. En cas d'influence significative d'un seul facteur après ANOVA 3, un test d'ANOVA 1 a été repris avec ce facteur. Les comparaisons multiples ont été effectuées entre les moyennes au moyen du test HSD de Tukey en cas de différence significative globale. Les différences ont été considérées significatives au seuil de 5 %.

3. Résultats

3-1. Qualité de l'eau

La température a été relativement élevée dans tous les enclos pendant tous les essais avec des valeurs comprises entre 24,3°C et 29,7°C. Le taux d'oxygène dissous et le pH de l'eau des enclos ont varié respectivement de 3,62 à 6,35 mg/L puis de 6,78 à 9,56. Les valeurs moyennes de la température ont été similaires dans l'ensemble des enclos et ont été comprises entre $27,8 \pm 0,40^\circ\text{C}$ et $28,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Les valeurs moyennes de l'oxygène dissous obtenues ont varié entre $4,63 \pm 0,2$ mg/L et $5,2 \pm 0,1$ mg/L. Pour ce qui est des valeurs moyennes de pH, elles vont de $7,70 \pm 0,7$ à $8,2 \pm 1$. Dans l'ensemble, les valeurs moyennes pour les paramètres étudiés ont été similaires dans toutes les unités expérimentales. Les analyses statistiques (ANOVA 3) ne montrent pas de différence statistiquement significative ($p > 0,05$) entre la qualité des eaux des enclos.

3-2. Evolution de la croissance pondérale

La **Figure 1** illustre l'évolution de la croissance pondérale de tilapia *O. niloticus* nourri avec des régimes extrudés (G100, G70, G50) et non extrudés (P100, P70, P50). Toutes les courbes présentent la même tendance évolutive à l'issue de 14 jours d'élevage. Au-delà de cette période, les poissons nourris aux aliments extrudés montrent une croissance meilleure à celle des lots ayant reçu les régimes non extrudés (P100, P70, P50) et se maintient jusqu'à la fin de l'expérience. Au niveau des régimes extrudés, la croissance pondérale a été meilleure avec l'aliment G50, suivi de G70. Pour ce qui concerne les régimes non extrudés (P100, P70, P50), cette même tendance évolutive des courbes de croissance s'observe. De façon générale, le régime G50 a procuré aux poissons une croissance plus élevée que celles des poissons nourris avec les autres régimes. Les poissons ayant reçu le régime P100 se distinguent des autres et se caractérisent par une croissance pondérale plus faible.

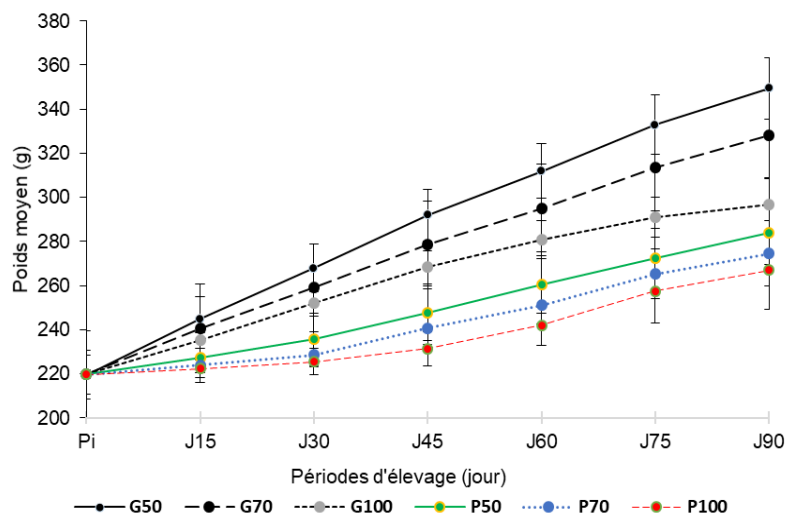


Figure 1 : Evolution du poids moyen (g) de tilapia *O. niloticus* élevé en enclos à la Société Agro-Piscicole de la Mé (SAP Mé)

Les barres verticales indiquent les écart-types inter-duplicata, P50 : Aliment non extrudé contenant 50 % son de riz et 50 % son de blé ; P70 : Aliment non extrudé contenant 70 % son de riz et 30 % son de blé ; P100 : Aliment non extrudé contenant 100% son de riz et 0% son de blé ; G50 : Aliment extrudé contenant 50 % son de riz et 50 % son de blé ; G70 : Aliment extrudé contenant 70 % son de riz et 30 % son de blé ; G100 : Aliment extrudé contenant 100 % son de riz et 0 % son de blé

3-3. Paramètres zootechniques

Les résultats des paramètres de croissance (poids moyen final, gain de poids journalier, taux de croissance spécifique) et d'utilisation des aliments (indice de conversion alimentaire, coefficient d'efficacité protéique) chez *O. niloticus* sont présentés dans le **Tableau 2**. Après 100 jours d'élevage, les poids moyens finaux ont varié de $299,71 \pm 12,53$ g à $357,17 \pm 15,51$ g, puis de $275,09 \pm 17,48$ g à $298,89 \pm 21,70$ g, respectivement pour les régimes extrudés et non extrudés. Les valeurs moyennes du gain journalier de poids (GPj) correspondantes ont été comprises entre $0,8 \pm 0,13$ g/j et $1,38 \pm 0,16$ g/j (régimes extrudés), puis entre $0,56 \pm 0,17$ g/j et $0,79 \pm 0,22$ g/j (régimes non extrudés). Les taux de croissance spécifique

(TCS) calculés vont de $0,31 \pm 0,04$ %/j à $0,49 \pm 0,05$ %/j pour les régimes extrudés (*versus* $0,22 \pm 0,07$ %/j à $0,31 \pm 0,07$ %/j pour les aliments non extrudés). Les indices de conversion alimentaire des régimes testés sont assez élevés (4,16 -10,37) dans l'ensemble. Les valeurs moyennes de ces indices de conversion alimentaire varient de $4,16 \pm 0,46$ (G50) à $6,43 \pm 1,17$ (G100) (régimes extrudés), puis de $6,71 \pm 1,7$ (P50) à $10,37 \pm 5$ (P100) (régimes non extrudés). Les valeurs moyennes de coefficient d'efficacité protéique correspondantes ont été comprises entre $1,21 \pm 0,19$ (G100) et $1,68 \pm 0,20$ (G50 et G70) pour les régimes extrudés contre $0,90 \pm 0,28$ (P100) et $1,10 \pm 0,3$ (P50 et P70) pour les régimes non extrudés. Les analyses statistiques montrent que les performances zootechniques observées chez les lots nourris aux régimes extrudés (G100, G70 et G50) sont significativement ($p < 0,05$; ANOVA 3) meilleures à celles des poissons ayant reçu les régimes non extrudés (P100, P70 et P50). De même, les performances de croissance enregistrées pour le régime G50 sont significativement meilleures ($p < 0,05$; ANOVA 3) à celles obtenues pour G70 et G100, suivi de G70. Cette même tendance est observée chez les régimes P50, P70 et P100. Dans l'ensemble, les performances zootechniques les plus faibles ($p < 0,05$; ANOVA 3) ont été enregistrées avec le régime non extrudé ne contenant que le son de riz (P100).

Tableau 2 : Paramètres de croissance et d'utilisation des aliments d'*Oreochromis niloticus* nourri avec six régimes locaux durant 100 jours

Paramètres	Traitements alimentaires					
	Aliments extrudés			Aliments non extrudés		
	G50	G70	G100	P50	P70	P100
Poids moyen initial: Pmi (g)	219,49 ± 2,12 ^a	219,59 ± 2,05 ^a	219,78 ± 1,78 ^a	219,58 ± 1,93 ^a	219,67 ± 1,63 ^a	219,70 ± 1,99 ^a
Poids moyen final : Pmf (g)	357,17 ± 15,51 ^a	332,70 ± 20,41 ^b	299,71 ± 12,53 ^c	298,89 ± 21,70 ^c	289,84 ± 14,70 ^d	275,09 ± 17,48 ^e
Gain de poids: GP (g)	137,68 ± 16,03 ^a	113,45 ± 21,28 ^b	79,93 ± 12,57 ^c	79,31 ± 21,70 ^c	70,17 ± 14,79 ^d	55,62 ± 17,33 ^e
Gain de poids quotidien : GPj (g/i)	1,38 ± 0,16 ^a	1,13 ± 0,21 ^b	0,8 ± 0,13 ^c	0,79 ± 0,22 ^c	0,70 ± 0,15 ^d	0,56 ± 0,17 ^e
Taux de croissance spécifique : TCS (%/jour)	0,49 ± 0,05 ^a	0,41 ± 0,06 ^b	0,31 ± 0,04 ^c	0,31 ± 0,07 ^c	0,28 ± 0,05 ^d	0,22 ± 0,07 ^e
Indice de conversion alimentaire : IC	4,16 ± 0,46 ^a	4,70 ± 1,02 ^a	6,43 ± 1,17 ^b	6,71 ± 1,7 ^b	7,43 ± 1,87 ^b	10,37 ± 2 ^c
Coefficient d'efficacité protéique : CEP	1,68 ± 0,20 ^a	1,59 ± 0,29 ^a	1,21 ± 0,19 ^b	1,10 ± 0,3 ^c	1,01 ± 0,2 ^c	0,90 ± 0,28 ^d
Taux de survie :Ts (%)	87 ± 7 ^a	96,26 ± 2,3 ^a	86,8 ± 4, ^a	82,3 ± 2,30 ^a	92,7 ± 4,5 ^a	80,2 ± 8 ^a
Rendement : Rdt (kg/ha/an)	7432,4 ± 20 ^a	6776,3 ± 30 ^a	4305 ± 15 ^b	4050,1 ± 35 ^b	4036,2 ± 25 ^b	2767,9 ± 20 ^c
Taux augmentation du rendement /P100 : (%)	168,52	144,82	55,53	46,32	45,82	-

Les résultats ont été exprimés en : Moyenne ± ECT (écart type) de deux répétitions et de deux cycles de production. Sur chaque ligne, les valeurs (Moyennes ± ECT), affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P < 0,05). Sur chaque ligne, les valeurs (Moyennes ± ECT), portant au moins une même lettre en commun, ne sont pas significativement différentes (P > 0,05)

P50 : Aliment non extrudé contenant 50 % son de riz et 50 % son de blé ; P70 : Aliment non extrudé contenant 70 % son de riz et 30 % son de blé ; P100 : Aliment non extrudé contenant 100 % son de riz et 0 % son de blé.

G50 : Aliment extrudé contenant 50 % son de riz et 50 % son de blé ; G70 : Aliment extrudé contenant 70 % son de riz et 30 % son de blé ; G100 : Aliment extrudé contenant 100 % son de riz et 0 % son de blé.

3-4. Paramètres économique

Les résultats des paramètres de charge financière liée à l'alimentation sont résumés dans le **Tableau 3**. Les coûts respectifs d'un kilogramme d'aliment pour les régimes non extrudés (P100, P70 et P50) sont de 46,5 F CFA ; 60 F CFA et 69 F CFA contre 65 F CFA ; 78,5 F CFA et 87,5 F CFA pour G100, G70 et G50 (régimes extrudés). Les coûts d'alimentation par unité de prise de poids engendrés par l'emploi des régimes non extrudés P100, P70 et P50 ont été de 482,21 F CFA ; 445,80 F CFA et 462,99 F CFA respectivement. Pour ce même paramètre, l'utilisation des régimes extrudés G100, G70 et G50 a généré des coûts respectifs de 417,95 F CFA. ; 368,95 F CFA et 364 F CFA. Comparés aux régimes non extrudés (P100, P70 et P50), l'emploi des régimes extrudés a généré des taux de réduction respectifs (coûts par unité de gain de poids) de 13,33 % et 17,24 % 2, et 21,38 % pour G100, G70 et G50.

Tableau 3 : Paramètres d'évaluation de coût d'alimentation chez *Oreochromis niloticus* soumis à six traitements alimentaires durant 100 jours

Paramètres	Traitements alimentaires					
	Aliments extrudés			Aliments non extrudés		
	G50	G70	G100	P50	P70	P100
Charge financière (main d'œuvre) pour produire un kilogramme d'aliment non extrudé (F CFA)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Coût de l'extrusion d'un kilogramme d'aliment (F CFA)	18,5	18,5	18,5	-	-	-
Coût de revient d'un kilogramme d'aliment /kg (F CFA/kg)	87,5	78,5	65,0	69,0	60,0	46,5
Indice de conversion : IC	4,16	4,70	6,43	6,71	7,43	10,37
Coût financier lié à l'alimentation par unité de prise de poids (F CFA/ kg gain de poids)	364	369	418	N	446	482
Taux de réduction du coût d'alimentation par unité de gain de poids par rapport à P100 (%)	24,51	23,49	13,33	3,98	7,55	-
Taux de réduction du coût d'alimentation par unité de gain de poids engendré par l'extrusion (%)	21,38	17,24	13,33	-	-	-

P50 : Aliment non extrudé contenant 50 % son de riz et 50 % son de blé ; P70 : Aliment non extrudé contenant 70 % son de riz et 30 % son de blé ; P100 : Aliment non extrudé contenant 100 % son de riz et 0 % son de blé. G50 : Aliment extrudé contenant 50 % son de riz et 50 % son de blé ; G70 : Aliment extrudé contenant 70 % son de riz et 30 % son de blé ; G100 : Aliment extrudé contenant 100 % son de riz et 0% son de blé. NB : - = Néant

4. Discussion

Les paramètres de la qualité de l'eau des enclos se situent dans les gammes de valeurs recommandées (pH : 6 à 9, oxygène dissous ≥ 3 mg/L et température ≥ 25 °C) [28, 29]. Ceci permet de nous assurer que les eaux des structures d'élevage ont une qualité acceptable pour une bonne productivité piscicole. Les différences observées dans les performances de croissance entre les lots de poissons pourraient donc être attribuées aux performances des aliments testés. D'une manière générale, tous les régimes extrudés

(G50, G70 et G100) ont procuré aux poissons des performances zootechniques significativement meilleures ($p < 0,05$; ANOVA 3) par rapport aux régimes non extrudés (P50, P70 et P100). De même, pour les régimes de nature identique, les aliments à base de sons de riz et de blé ont fourni aux poissons des performances zootechniques meilleures comparées à celles enregistrées chez les poissons nourris avec les régimes à base de son de riz uniquement. Ces résultats mettent en évidence à la fois les effets positifs de l'extrusion et de l'adjonction du son de blé dans les régimes expérimentaux chez le tilapia *O. niloticus*. Au niveau des régimes de même nature (régimes non extrudés par exemple), les meilleures performances de croissance et d'utilisation des aliments ont été obtenues avec P50, suivi de P70. Inversement, le régime P100 s'est caractérisé par un indice de conversion alimentaire le plus élevé. Il est à remarquer par ailleurs, que les croissances enregistrées décroissent régulièrement et spécifiquement avec l'augmentation progressive des proportions de son de riz (50 %, 70 % et 100 %) dans les régimes. Les écarts de performances de croissance observées entre les régimes résulteraient des meilleures valeurs nutritives et du meilleur degré de convertibilité par les poissons des ingrédients incorporés dans ces aliments. En d'autres termes, le régime P50 serait plus digeste et facilement assimilable par les poissons que P70 et P100.

De même, P70 serait plus digestible et mieux convertible que P100. Il est à rappeler que les régimes P50 et P70 qui ont été les plus performants contiennent du son de blé. Ces mêmes tendances évolutives des paramètres zootechniques sont enregistrées aussi pour G50, G70 et G100. L'écart de performances zootechniques observé entre les régimes P100 et P70/P50 ou entre G100 et G70/G50 pourrait donc provenir de son de blé. Pour ce qui est de la différence de performances enregistrée entre P70 et P50 ou entre G70 et G50, celle-ci pourrait être en relation avec les proportions de sons de riz et de blé. En effet, il est bien connu que la digestibilité et l'assimilation d'un aliment dépend de la nature des ingrédients utilisés [12, 13]. Comme l'ont indiqué d'autres sources [26, 27], les sons de riz et de blé n'ont pas les mêmes valeurs nutritives. Le son de riz titre 16,3 % de fibres et 12,7 % de protéines *versus* 10 % et 14 % pour le son de blé. Ce qui expliquerait que la différence de performances zootechniques observée entre les régimes de même nature (extrudés et non extrudés) pourrait résulter de la nature et des proportions des ingrédients utilisés comme l'ont déjà souligné certains auteurs [12, 13]. En se fondant sur la composition bromatologique des régimes distribués aux poissons, particulièrement, les teneurs en protéines, en fibres et en énergies métabolisables sont à considérer. Au niveau des régimes de nature identique (aliments non extrudés par exemple), P50 se distingue de P70 et P100 par une faible teneur en fibres (12,9 %) et de valeurs de protéines (14,60 %) et d'énergies métabolisables (2,92 MJ/kg) plus grandes.

A l'inverse, P100 renferme la plus grande quantité de fibres (16,3 %) et les plus petites teneurs de protéines et d'énergies métabolisables (12,7 % et 2,78 MJ/kg, respectivement). Or, les plus faibles performances zootechniques ont été observées chez les poissons nourris avec les régimes P100 suivi de P70. En revanche, le régime P50 procure aux poissons les meilleures performances de croissance. Ces mêmes résultats ont été également enregistrés chez les poissons nourris avec les régimes extrudés G100, G70 et G50. Au regard ce qui précède, au niveau des régimes de même nature, les de sons de riz et de blé ainsi que leurs proportions dans les régimes pourraient être à l'origine des écarts de performances constatés entre les traitements alimentaires. Nos résultats sont en accord avec les conclusions antérieures obtenues sur les tilapias par Ouattara [28] qui a indiqué que le son de blé favorise une meilleure croissance aux poissons que le son de riz. Les essais montrent une différence de performances de croissance significative ($p < 0,05$) au profit des aliments extrudés. Ce résultat proviendrait de plusieurs facteurs, notamment, la modification de la structure des fibres, la gélatinisation des amidons, le caractère flottant et la disponibilité des aliments [29, 30]. Les valeurs des indices de conversion alimentaires plus élevées enregistrées chez les poissons nourris avec les régimes non extrudés seraient en partie liées à la perte

d'une partie de la ration alimentaire qui n'est pas consommée par les poissons [31, 32], cela du fait du caractère coulant des régimes non extrudés. Selon les mêmes auteurs [31, 32], une bonne partie des aliments non extrudés ne profite pas aux poissons. Ce qui suggère en conséquence que les poissons ayant reçu les régimes non extrudés ont été sous alimentés, du fait qu'une partie de l'aliment distribué s'est retrouvé dans le fond de l'enclos. En revanche, le caractère flottant des aliments extrudés les rend plus disponibles pour les poissons, ce qui réduit, voire évite le gaspillage [31, 32]. Les meilleures performances zootechniques enregistrées au profit des régimes extrudés pourraient aussi provenir de l'amélioration des caractéristiques physiques de l'amidon et des fibres des régimes extrudés. En effet, certaines sources [15, 33] ont signalé que la technique d'extrusion améliore les caractéristiques physiques des fibres, des amidons, la digestibilité et la convertibilité des aliments. En outre, d'autres sources [29, 30, 34, 35] ont indiqué par ailleurs que l'utilisation digestive et métabolique des amidons et des fibres est améliorée par les traitements hydro-thermiques effectués au cours de l'extrusion. En outre, les travaux de Jobling [36] ont montré qu'il n'y a pas de différence de digestibilité des protéines entre les régimes non extrudés et extrudés. Selon cet auteur, le meilleur taux de croissance enregistré chez les poissons nourris avec le régime extrudé était dû à une disponibilité accrue des glucides alimentaires hautement digestibles par le traitement de l'extrusion. Des résultats similaires ont été observés chez *O. niloticus* [37] dont le poids du corps a connu un gain important avec l'aliment extrudé comparé à l'aliment non extrudé.

Les résultats obtenus lors de cette étude corroborent ceux obtenus sur le loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) [42] dont l'essai a révélé de bonnes performances de croissance pour les poissons nourris avec l'aliment extrudé par rapport ceux nourris avec l'aliment non extrudé (pressé). Dans l'ensemble, les taux de survie enregistrés sont satisfaisants et varient de 80,2 % (P100) à 96,26 % (G70). Ces taux sont proches de ceux enregistrés ($85,4 \pm 2$ % et 97 %) par d'autres auteurs [39, 40] chez *O. niloticus* nourri avec des aliments locaux à base de sous-produits agricoles. Tout au long des essais, très peu de poissons morts ou moribonds ont été enregistrés. Les poissons morts ont été généralement observés un à trois jours après chaque contrôle de croissance. Ceci porte à croire que la mortalité observée résulterait vraisemblablement du stress lié à la manipulation. Quant au taux de croissance spécifique (TCS), les valeurs obtenues varient entre $0,28 \pm 0,05$ %/jour et $0,49 \pm 0,05$ %/jour. Ces chiffres sont inférieurs à ceux ($1,4 \pm 0,1$ %/jour - $2,46 \pm 0,05$ %/jour) enregistrés chez des populations de *O. niloticus* d'un poids initial de 30 g [41, 42]. Dans cette étude, le poids initial était de 219 g. Cette différence observée entre les deux travaux pourrait s'expliquer par la différence de poids corporel initial et de la taille des poissons concernés. Il est avéré chez les poissons, comme chez d'autres animaux d'élevage, que le taux de croissance spécifique diminue avec l'augmentation de l'âge, du poids et de la taille [43]. Concernant les indices de conversion alimentaire (IC) ($4,16 \pm 0,46$ - $10,37 \pm 2$) en fin d'expérience, les valeurs recueillies sont moins meilleures à celles ($1,50$ - $2,6$) rapportées antérieurement [39, 44].

La différence de performances d'utilisation des aliments constatée entre cette étude et ces travaux antérieurs résulterait des niveaux protéiques et du meilleur degré de convertibilité (par les poissons) des régimes comparés. En effet, dans les travaux antérieurs [39, 44], les aliments utilisés titraient 27 et 35 % respectivement contre 12 % - 15 % de protéine pour cette étude. Au regard des analyses de rentabilité économique, les résultats ont indiqué que l'utilisation des régimes extrudés (G50, G70 et G100) entraîne un gain économique grâce à de meilleures performances de croissances et d'utilisation des aliments. Les aliments extrudés ont eu des coûts de revient plus chers que ceux des régimes non extrudés. Toutefois, l'utilisation de ces régimes extrudés malgré leur prix de revient pourrait se justifier en raison des économies engendrées par leur efficacité alimentaire. L'emploi des aliments extrudés (G50, G70 et G100) permet une réduction des charges liées au nourrissage du tilapia par unité de gain de poids par des taux respectifs de 21,38 % ; 17,26 % et 13,28 %. En outre, ces aliments extrudés (G50, G70 et G100) ont généré une économie de coûts par unité de gain de poids à des taux de 24,5 ; 23,4 et 13,3 % par rapport à l'aliment P100 constitué uniquement que de son brut. Les résultats de cette étude sont semblables à ceux des travaux antérieurs [45] où le taux de réduction des coûts liés à l'alimentation par unité de prise de poids a été de 20 %.

5. Conclusion

Les résultats de la présente étude montrent que les performances de croissance et la production de tilapia *O. niloticus* ont augmenté de façon significative lorsqu'ils ont été nourris de régimes extrudés, comparativement à des régimes non extrudés. De même, les régimes contenant à la fois le son de blé et de riz offrent au tilapia *O. niloticus* les meilleures performances de croissance et de production comparativement à des régimes ne contenant que le son de riz. Considérant le poste de l'alimentation comme le principal coût de production en pisciculture, l'utilisation des régimes extrudés malgré leur prix de revient au kilogramme relativement élevé peut se justifier du fait des économies résultant des performances de croissance qu'ils procurent aux poissons, et la contribution à une aquaculture durable par la substitution des produits de la pêche par des sous-produits agricoles.

Remerciements

Cette étude a été conduite grâce à un cofinancement de Mr. Jacques SERVANT (Propriétaire de la Société Agro-Piscicole de la Mé : SAP Mé), du Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles (FIRCA) et de l'Agence Française de Développement (AFD). Nous leur adressons nos sincères remerciements pour leur appui financier et logistique. Nous exprimons notre reconnaissance au Père Barnabé Kpéhéléfopé BAKARY (Directeur de SAP Mé) et au Dr. Olivier MIKOLASEK du CIRAD de Montpellier (France) pour leur contribution à la conduite de cette étude. Nous exprimons notre sincère gratitude à l'ensemble du personnel de SAP Mé pour leur assistance pendant la collecte des données.

Références

- [1] - FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. Atteindre les objectifs de développement durable, Rome, (2018) 254 p, <http://www.fao.org/3/i9540fr/i9540fr.pdf>
- [2] - C. I. KOLDITZ, Déterminisme nutritionnel et génétique de la teneur en lipides musculaires chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) : Etude par analyse de l'expression de gènes candidats, du protéome et du transcriptome du foie et du muscle, Thèse de Doctorat de Bordeaux 1, Ecole Doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé, France (2008)
- [3] - R. W. HARDY, Utilization of plant proteins in fish diets : effects of global demand and supplies of fishmeal, *Aquaculture Research*, 41 (2010) 770 - 776
- [4] - S. J. KAUSHIK, Feed formulation, diet development and feed technology, *CIHEAM*, (2000) 43 - 51
- [5] - FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous, Rome, (2016) 224 p, <http://www.fao.org/3/I5555F/I5555f.pdf>
- [6] - C. BUREL et F. MEDALE, Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétale en aquaculture ?, *Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 21(4) D406 (2014) 2 - 15
- [7] - MIRAH (Ministère des Ressources Animales et Halieutiques), Plan Stratégique de Développement de l'Élevage, de la Pêche et de l'Aquaculture en Côte d'Ivoire (PSDEPA 2014-2020), (2014) 102 p.
- [8] - A. F. AMIAN, E. N. WANDAN, M. C. BLÉ, A. F. VANGA et A. J. P. KAUDJIS, Etude des déterminants socioéconomiques et techniques de la pisciculture extensive en Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal*, 13 (6) (2016) 389 - 409

- [9] - A. H. YAO, A. R. KOUM, B. C. ATSE et E. P. KOUAMELAN, Etat des connaissances - sur la pisciculture en Côte d'Ivoire, *Agronomie Africaine*, 29 (3) (2017) 227 - 244
- [10] - M. OSWALD et O. MIKOLASEK, Le secteur piscicole en Afrique subsaharienne : des outils de financement adaptés aux enjeux, *Techniques Financières et Développement*, 124 (2016) 81 - 95
- [11] - N. B. KIMOU, R. A. KOUMI, M. K. KOFFI, C. B. ATSE, I. N. OUATTARA et P. L. KOUAME, Utilisation des sous-produits agroalimentaires dans l'alimentation des poissons d'élevage en Côte d'Ivoire, *Cahiers Agricultures*, 25 (25006) (2016) 1 - 9
- [12] - NRC (National Research Council), Nutrient requirements of fish and shrimp, Animal Nutrition Series, *National Academic Press*, Washington (2011)
- [13] - G. FRANCIS, H. P. S. MAKKAR and K. BECKER, Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish, *Aquaculture*, 199 (2001) 197 - 227
- [14] - Y. FENG and Y. LEE, Effect of specific mechanical energy on in-vitro digestion and physical properties of extruded rice-based snacks, *Food and Nutrition Sciences*, 5 (2014) 1818 - 1827
- [15] - N. CHEVANAN, K. A. ROSENTRATER and K. MUTHUKUMARAPPAN, "Physical properties of extruded tilapia feed with distillers dried grains with solubles", *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 056169 (2005) 1 - 20, <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?JID=5&AID=19550&CID=tf12005&T>
- [16] - M. A. BOOTH, G. L. ALLAN, A. J. EVANS and V. P. GLEESON, Effects of steam pelleting or extrusion on digestibility and performance of silver perch *Bidyanus bidyanus*, *Aquaculture Research*, 33 (2002) 1163 - 1173
- [17] - J. D. HANCOCK and K. C. BEHNKE, Use of ingredient and diet technologies (grinding, mixing, pelleting, and extruding) to produce quality feeds for pigs, In "Swine Nutrition 2nd ed", Lewis A. J. and Southern L. L. Eds., CRC Press, Boca Raton (2001) 469 - 492
- [18] - M. C. M. BEVERIDGE, Cage Aquaculture, 2nd ed, Fishing News, Oxford (1996)
- [19] - A. G. COCHE, Revue des pratiques d'élevage des poissons en cages dans les eaux - continentales, *Aquaculture*, 13 (1978) 157 - 189
- [20] - Y. YI and C. K. LIN, 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 (2001) 253 - 267
- [21] - H. CHARO-KARISA, H. KOMEN, M. REZK, R. PONZONI, J. VAN ARENDONK and H. BOVENHUIS, Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds, *Aquaculture*, 261 (2) (2006) 479 - 486
- [22] - M. OHASHI, W. M. CHIRWA and I. J. CHAGGWA, Project on aquaculture research and technical development of Malawian Indigenous species. Manual of Tilapia culture at the National Aquaculture Center No 2, Japan International Cooperation Agency (2001) 35 p, <http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2009/20093200526.pdf>
- [23] - FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), Engrais et fertilisant : système d'information sur les ressources alimentaires et d'engrais en aquaculture, Rome (2015), <http://www.fao.org/fishery/affris/profil-desespeces/nile-tilapia/besoins-nutritionnels/fr/>
- [24] - S. HEM, L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien, *Aquaculture*, 27 (1982) 261 - 272
- [25] - Y. BAMBA, L. DOUMBIA, S. OUATTARA, A. OUATTARA, K. S. DA COSTA et G. GOURÈNE, Effet de l'incorporation de sous-produits de cacao et d'arachide dans l'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) élevé en bassin, *Afrique SCIENCE*, 11 (5) (2015) 172 - 183
- [26] - W. M. M. A. JANSSEN and B. CARRE, Influence of fibre on digestibility of poultry feeds, In Recent advances in animal nutrition, series Studies in the agricultural and food sciences, Haresign W. and Cole D. J. N. Eds., 19th Nutrition Conference for feed manufacturers, Butterworth, London (1985) 2 - 86

- [27] - I. R. SIBBALD, The effects of dietary cellulose and sand on the combined metabolic plus endogenous energy and amino acid outputs of adult cockerels, *Poultry Science*, 59 (4) (1980) 836 - 844
- [28] - I. N. OUATTARA, Etude du potentiel aquacole d'une population du tilapia estuarien *Sarotherodon melanotheron* Rüppell 1852 isolée dans le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique (2004)
- [29] - L. SPANNHOF and H. PLANTIKOW, Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout, *Aquaculture*, 30 (1983) 95 - 108
- [30] - F. BERGOT and J. BRÈQUE, Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and the intake level, *Aquaculture*, 34 (1983) 203 - 212
- [31] - S. SARR, A. FALL, R. GUEYE, A. DIOP, B. SENE, K. DIATTA et Y. DIOP, Evaluation de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de *Aphania senegalensis* (Sapindaceae) et de *Saba senegalensis* (Apocynaceae), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (6) (2015) 2676 - 2684
- [32] - J. P. KEARNS, Extrusion of aquatic feed, Technical Bulletin, *America Soybean Association*, 40 (1993) 16 - 40
- [33] - N. VAN HOAN, Conditions d'utilisation d'un «cuiser-extrudeur à très faible coût pour la fabrication de farines infantiles au Vietnam, Thèse de Doctorat de Université Montpellier 2, Sciences et Techniques du Languedoc, Ecole doctorale, Sciences des Procédés - Sciences des Aliments, France (2008)
- [34] - A. KROGDAHL, G. I. HEMRE and T. P. MOMMSEN, Carbohydrates in fish nutrition : digestion and absorption in postlarval stages, *Aquaculture Nutrition*, 11 (2005) 103 - 122
- [35] - S. BANDYOBADHYAY and R. K. ROUT, Aquafeed extrudate flow rate and pellet characteristics from low cost single screw extruder, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 10 (2) (2001) 3 - 14
- [36] - M. JOBLING, Influence of body weight and temperature on growth rates of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), *Journal of Fish Biology*, 22 (4) (1983) 471 - 475
- [37] - A. A. AMMAR., A. S. ABD-ELGAWAD and A. A. SALAMA, Effect of extruded and trash fish diets on growth performance and pond productivity of sea bream (*Sparus aurata*), the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and the flat head grey mullet (*Mugil cephalus*) reared in polyculture system in earthen ponds, *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 12 (1) (2008) 43 - 58
- [38] - K. CHEBBAKI, H. AKHARBACH, E. TALBAOUI, A. ABREHOUCHE, A. AIT ALI, S. SEDKI, A. BEN BANI and M. IDAOMAR, Effect of fish meal replacement by protein sources on the extruded and pressed diet of European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*), *Agriculture and Biology Journal of North America* 1 (4) (2010) 704 - 710
- [39] - Y. BAMBA, L. DOUMBIA., A. OUATTARA, K. S. DA COSTA et G. GOURENE, Effets d'alimentation à base de différentes sources de protéine végétale en combinaison avec la pelure de cacao, peau d'arachide et tourteau de coprah sur les performances de croissance du tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Science et technique, Sciences naturelles et appliquées*, Spécial hors-série 4 (2018) 531 - 544
- [40] - E. D. FIOGBE, B. AKITIKPA et J-M. M. ACCODJI, Essais de mise au point de formules alimentaires à base d'azolla (*Azolla microphylla kaulf*) et de sous-produits locaux pour la pisciculture rurale du tilapia *Oreochromis niloticus* L, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 03 (2) (2009) 398 - 405
- [41] - A. R. KOUMI, K. M. KOFFI, B. C. ATSE et L. P. KOUAMÉ, Growth, feed efficiency and carcass mineral composition of *Heterobranchus longifilis*, *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron* juveniles fed different dietary levels of soybean meal-based diets, *African Journal of Biotechnology*, 10 (66) (2011) 14990 - 14998

- [42] - M. AZAZA, K. WASSIM, F. MENSI, A. ABDELMOULEH, B. BRINI and M. KRAÏËM, Evaluation of faba beans (*Vicia faba* L. var. *minuta*) as a replacement for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, *Aquaculture*, 287 (1-2) (2009) 174 - 179
- [43] - J. PERSON-LE RUYET et P. BERGOT, Aliments inertes pour les larves de poisson, In Nutrition et alimentation des poissons et crustacés, Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. et Metailler R. (Eds.), INRA, Paris (1999) 285 - 296
- [44] - . A. SOLTAN, M. A. HANAFY and M. I. A. Wafa, Effect of replacing fish meal by a mixture of different plant protein sources in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diets, *Global Veterinaria*, 2 (2008) 157 - 164
- [45] - S. D. COYLE, J. M. GORDON, H. T. JAMES and D. W. CARL, Evaluation of growth, feed utilization, and economics of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*, fed diets containing different protein sources in combination with distillers dried grains with soluble, *Aquaculture Research*, 35 (2004) 365 - 370