

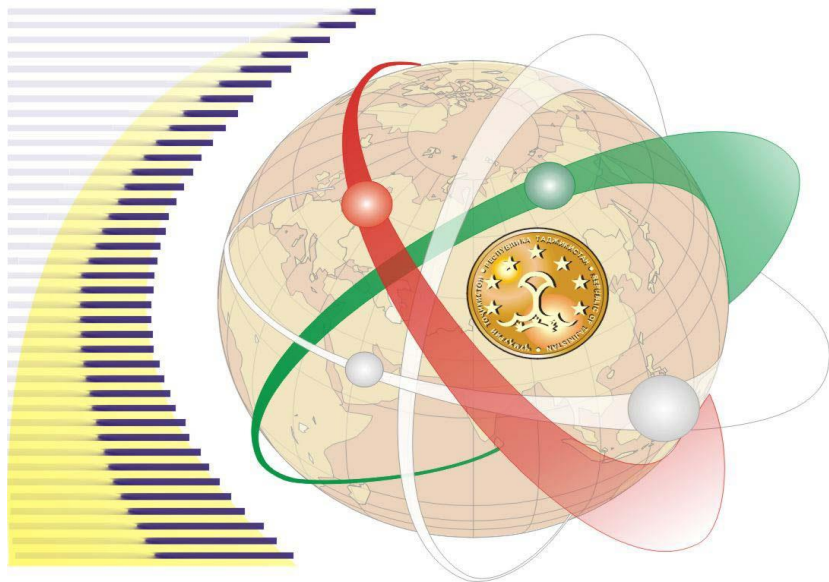


La revue scientifique
**Les Cahiers
du CBRST**

La science au service de la société

DOSSIERS

**Société
Environnement
Développement**



03 BP 1665 Tél (229) 21 32 12 63 2132 09 77

Fax : (229) 21 32 36 71

Mail : cahiersducbrst@yahoo.fr ;

cahiersducbrst@gmail.com

Site Web : <http://www.cbrst-benin.org>



PERFORMANCES DE CROISSANCE ET DE SURVIE DES ALEVINS DE *Oreochromis niloticus* NOURRIS AVEC QUATRE ALIMENTSCOMMERCIAUX AU BENIN

**HINVI¹ Lambert Cloud; ADISSIN¹ Olivier T.;
SOHOU² Zacharie; KINDOMIHOU¹ Valentin**

¹Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-
Calavi

² Institut de Recherches Halieutiques et Océanologiques du Bénin
(CRHOB/CBRST)

coprapp@yahoo.fr ; +229 6626203

RESUME

*Le régime alimentaire du tilapia est plastique et intègre l'utilisation d'aliments composés à faible teneur en protéines. Cette étude évalue les effets de quatre aliments commerciaux sur la croissance en poids, la quantité d'aliment ingéré, le quotient nutritif, leur efficacité protéique, le facteur de condition et la survie des alevins de *Oreochromis niloticus*. A cet effet, une série d'essais expérimentaux de 50 jours a été conduite. Le dispositif expérimental est adapté au bloc aléatoire randomisé constitué de 12 bacs (4 aliments en 3 répétitions) avec une densité de mise en charge de 20 alevins par bac. Les paramètres physico-chimiques de référence (température de l'eau, pH et oxygène dissous) ainsi que des paramètres zootechniques (poids total (Pt), gain de poids journalier (GP_j), taux de croissance spécifique(TCS), Aliment Ingéré (AI), Quotient Nutritif (Qn), Coefficient d'Efficacité Protéique (CEP), facteur de condition (Cf) et le taux de survie (T_s) ont été mesurés. Les résultats indiquent globalement une variation sensiblement uniforme chez les paramètres physico-chimiques pendant la période d'essai ($p > 0,05$). Le test de Kruskal-Wallis effectué sur chacun des paramètres*



zootechniques P_t , GP_j , TCS, AI, Q_n , CEP et Cf révèlent des différences significatives ($p < 0,05$) tandis que le taux de survie (T_s) est presque le même pour tous les aliments essayés. Les gains de poids sont les plus élevés chez les alevins nourris sur le Rannan ($4,04 \pm 0,95g$) et les plus faibles chez ceux nourris au Coppens ($3,42 \pm 0,78g$).

Mots-clés : *Oreochromis niloticus*, aliments commerciaux, performance de croissance, efficacité alimentaire.

ABSTRACT

Assessment of growth and survival performances of *Oreochromis niloticus* fingerlings fed on four commercial foods

The diet of the tilapia is very plastic and mainly based on the use of compound feeding stuffs to low protein content. For the rearing of this species several commercial foods are available in Benin, whose Coppens is the most mentioned by the fish farmers. In order to compare the effects of commercial foods named Coppens; Skretting; Raanan and Nicfish (with known nutritional compositions) on growth in weight, the amount of food ingested, the quotient nutritious, their protein efficiency, the factor of condition, and survival of fingerlings of *O. niloticus*, a series of experimental trials with a duration of 50 days has been driving. The experimental device is constituted of 12 trays (with three replicas by food) which are randomly distributed with a density of charging 20 fingerlings by bin. The statistical analysis of abiotic parameters reference (water temperature (T °C), the pH and dissolved oxygen (O_2)) reflects a variation substantially uniform during the trial period ($p > 0.05$). The test of Kruskal-Wallis performs on each of the zootechnical parameters P_t , GP_j , TCS, AI, Q_n , CEP and Cf revealed significant differences ($p < 0.05$) whereas the survival rate (T_s) is almost the same for all foods tested. The results obtained from the comparison of four food show that the food which induces the highest growth underweight among the fingerlings



of *O. niloticus* is the Raanan (4.04 ± 0.95 g) followed by Nicfish, Skretting and then of Coppens (3.42 ± 0.78 g).

Keywords: *Breeding, Oreochromis niloticus, commercial foods, growth performance, food efficiency.*

INTRODUCTION

L'aquaculture est actuellement l'activité de production animale à croissance la plus rapide du secteur avec un taux d'évolution moyen de 8,8% depuis 1970 dépassant, la pêche (1,2%) et la production de viande terrestre (2,8%) (FAO, 2007b). Sa contribution à la production aquatique globale ne cesse d'augmenter, de 3,9% en 1970 à 40,3% en 2010. Les poissons d'eau douce dominent la production aquacole mondiale selon les statistiques de la FAO (2012) soit 56,4% évalué à 33,7 millions de tonnes. Les Tilapia représentent la seconde plus grande production de poissons d'eau douce du groupe des Cichlidae, avec une croissance du secteur de 11,2% par an sur la dernière décennie. La part de production de tilapia nourrit à l'aliment commercial a augmenté de 70% à 82% durant la période de 1995 à 2007. En effet, la production mondiale d'aliments commerciaux pour les Tilapia subit une hausse de 1 à 3,5 millions de tonne sur la période allant de 1995 à 2007 et les prévisions montrent qu'elle atteindra 12 millions de tonnes en 2020 (FAO, 2012). La contribution de l'Afrique à la production mondiale est passée ces dix dernières années de 1,2% à 2,2%, en raison du développement de l'aquaculture en eau douce en Afrique subsaharienne. La modernisation de la production du tilapia ces dernières années a largement contribué à réduire la pression des consommateurs de produits piscicoles. Les innovations dans les techniques d'élevage ont progressivement perfectionné les systèmes extensifs et semi-intensifs de se perfectionner progressivement en pratiques piscicoles plus intensives, de plus en plus dépendantes des aliments formulés (El-Sayed, 2007). Réussir l'élevage du tilapia requiert un bon choix alimentaire et une bonne gestion de l'alimentation. La consommation



élevée des aliments et leur bonne assimilation par le poisson conduisent généralement, à de fort taux de croissance entraînant, une rentabilité maximale. L'espèce a été fort expérimentée aux fins d'alternatives à la farine de poisson à différentes phases de son développement (Akitikpa, (2002) ; Toviwazon (2004) et Soumaïla, (2011).

Les sources de protéines alternatives pour la formulation des aliments sont limitées par leur faible disponibilité qualitative et quantitative sur toute l'année, des prix variables concurrentiels de la farine de poissons et la composition biochimique des aliments formulés.

Les inquiétudes des pisciculteurs concernant la qualité et les performances des aliments commerciaux (Coppens (Cps), Skretting (Sk), Raanan (Rn) et Nicfish (Nf)) largement utilisés et disponibles sur le marché sont préoccupantes. A cet effet, la présente étude cherche à améliorer les critères du choix des aliments les mieux adaptés en pisciculture, en s'appuyant sur les la précision des facteurs responsables de forte croissance des alevins de *Tilapia* nourris aux aliments commerciaux. Les objectifs spécifiques sont : (i) déterminer l'aliment permettant d'obtenir les meilleures performances de croissance en poids vif associé au plus faible taux de mortalité chez *O. niloticus* ; (ii) d'identifier les relations entre la variation des paramètres physico-chimiques de l'eau et les paramètres de performances zootechniques et de croissance des alevins de *O. niloticus* ; (iii) d'expliquer les interactions entre les facteurs favorables à la prise de l'aliment et la qualité de l'eau durant l'essai.

1.- Matériel et méthode

1.1.- Matériel

Le matériel utilisé lors des essais est composé de plusieurs instruments que nous regroupons en trois catégories à savoir : les



instruments de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau (oxythermomètre de marque Hanna, pH-mètre, thermomètre). Les mesures morphométriques effectuées étaient essentiellement la taille des poissons à l'aide d'un ichthyomètre, les masses des alevins ainsi que celles des rations alimentaires correspondants à l'aide d'une balance KERN 440/331, diverses manipulations, contentions et pêches de contrôle des poissons à l'aide d'une table et de 12 bacs plastiques et d'une grande épuisette . Par ailleurs, les déchets de fonds de bac résultants de restes d'aliments et déjections d'alevins sont siphonnés à l'aide d'un tuyau de diamètre 0,8 cm. Les rations alimentaires sont distribuées dans 12 paniers en plastique couvert de filet moustiquaire. Les données physiques et bromatologiques des aliments utilisés sont rapportées dans le Tableau 1.

Tableau 1: Caractéristiques physiques et bromatologiques des aliments commerciaux utilisés dans l'expérimentation

Aliments	Coppens	Raanan	Skretting	Nicfish
Position dans l'eau	Forte flottaison	Forte flottaison	Descente lente	Descente rapide
Diamètre des granules (mm)	2	2	1,5	2,2
Protéine (%)	45	45	46	50
Lipide (%)	12	9	14	7
Fibre (%)	1,5	5,5	2,9	4
Cendre (%)	9,5	8	7,5	19,5
Minéraux P (%)	1,2	0,9	1,1	0,9
Minéraux Ca (%)	1,7	1,8	1	1,5
Minéraux Na (%)	0,4	0,42	0,4	0,015
Vitamines A	10000IU/kg	7500IU/kg	7300IU/kg	7500IU/kg
Vitamines C	150mg/kg	150mg/kg	125mg/kg	150mg/kg
Vitamines D ₃	2000UI/kg	2000IU/kg	2000IU/kg	2000IU/kg
Vitamines E	200mg/kg	200mg/kg	200mg/kg	200mg/kg
Humidité (%)	8,5	9.5	9,5	12.5



1.1.2.- Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de 12 bacs plastiques de 40 litres chacun, disposés sur un amas de briques en terre de barre de 0,5 m de haut couvrant 3 m² environ en vue de prévenir toutes interférences de facteurs induits (radiations lumineuses, réchauffement du sol etc.) du milieu sur le déroulement de l'expérience. Ils sont disposés en deux rangées de six avec quatre traitements et trois répliques. Les douze bacs (Nf1, Cps1, Sk1, Rn1, Nf2, Cps2, Sk2, Rn2, Nf3, Cps3, Sk3 et Rn3) sont chacun remplis d'eau traitée à la chaux avec 15 litres. L'eau d'élevage est journalièrement renouvelée et manuellement par vidange. Le volume d'eau dans les bacs est maintenu à 15 litres durant toute la période d'expérimentation (Figure1). Les bacs sont disposés de façon aléatoire selon les quatre aliments et les trois répliques (Figure 1): Sg2 = Aliment Sk, bac2; Cps3= Aliment Cps, bac3; Sk1 = Aliment Sk, bac1; Nf3= Aliment Nf, bac3; Cps2= Aliment Cps, bac2; Rn1 = Aliment Rn, bac1; Cs1= Aliment Cps, bac1; Rn3 = Aliment Rn, bac3; Nh1= Aliment Nf, bac1; Rn2 = Aliment Rn, bac2; Sg3 = Aliment Sk, bac3 et Nh2= Aliment Nf, bac2.

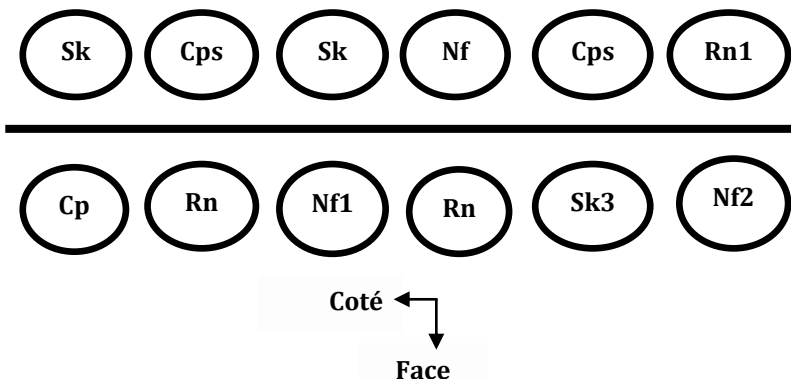


Figure 1: Vue de haut du dispositif expérimental



1.2.- Méthode

Chaque bac estensemencé de 20 alevins de *Oreochromis niloticus*, soit au total, 240 alevins pour l'ensemble de l'essai dans les 12 bacs (4 traitements * 3 répétitions * 20 alevins). Quatre aliments (traitements) sont chacun distribués en trois répétitions. Au contrôle de départ « Co », les mensurations des alevins par bac sont effectuées (masse en g ; longueur total Ltd et Longueur standard Ls en cm) ; les poissons par lot de 20 individus sont repartis dans chaque seau. Les poissons sont sevrés le jour du contrôle. Différentes quantités d'aliments sont apportées à chaque lot dans les bacs en fonction de leurs biomasses correspondantes. La ration est évaluée à 10% de la biomasse durant les deux premiers contrôles puis, décroît jusqu'à la fin de l'essai et prend en compte les valeurs 7% et 4%. Chaque jour, très tôt le matin les restes d'aliments et déjections sont retirés dans chaque seau à l'aide d'un siphon puis, de l'eau traitée est ajoutée pour atteindre le volume de référence, c.-à-d. 15 L; les poissons sont nourris deux fois par jour (9h et 16h). Les rations journalières sont pesées suivant la biomasse dans chaque bac et fractionnées en deux puis distribuées dans 12 petits récipients en plastique.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau dans chaque bac sont mesurés 3 fois par jour (7h30, 12h30 et 17h30) à trois reprises dans la semaine. Les relevés de paramètres sont synchrones du renouvellement complet de l'eau des seaux effectué trois fois par semaine de manière à ce qu'il coïncide avec le jour où sont relevés la température de l'air (T_{air} °C) et les paramètres physico-chimiques de l'eau (la température de l'eau (T_{eau} °C), de l'oxygène dissous en mg/l, le pH, la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à 25°C, le TDS (mg/l)). La hauteur d'eau est maintenue à 15 L dans chaque bac.

Le contrôle quotidien des mortalités assure le retrait des individus morts avant leur décomposition. Les poids et longueurs ainsi que les



causes de mortalités sont enregistrées sur fiches. A chaque contrôle hebdomadaire les paramètres morphométriques (poids vifs P_t , longueur totale L_t et longueur standard L_s sont mesurés tôt le matin (6h30) sur chaque individu. Au total, les mensurations ont couvert 50 jours d'expérimentation.

Différents paramètres de croissance des alevins de *O. niloticus* sont calculés au niveau de chaque bac plastiques : Gain en Poids Moyen GPM (g), du Gain de Poids journalier GP_j (g/j), du Taux de Croissance Spécifique TCS ($\%_{g/j}$), et du Taux de survie T_s (%) et la détermination des performances de chaque aliment (Quotient Nutritif Q_n , du Coefficient d'Efficacité Protéique CEP, la quantité d'Aliment Ingéré AI (g/j), du facteur de condition C_f .)

1.2.1.- Analyses statistiques

Le test des échantillons aléatoires et indépendants, le test des échantillons tirés de populations normales et l'égalité des variances des populations sont effectuées sur la matrice de données relevées sur 240 alevins. Les paramètres de croissance ont fait l'objet de test de comparaison des moyennes ou analyse de variance (ANOVA) 1 facteur « Aliments » à l'aide du logiciel Statistica. Le test de Kruskal-Wallis a été effectué sur chacun des paramètres zootechniques P_t , GP_j , TCS, AI, Q_n , CEP et C_f au seuil de 5%. Des analyses supplémentaires (Post-hoc, telles que réalisées dans les travaux de Ogunji (2008)) ont été faites à partir du test de Duncan avec un niveau de confiance à 5% à fin de déterminer, les groupes de moyennes homogènes.

Les mensurations morphométriques sont effectuées les dates de contrôles, soit une fois par semaine. Une vérification de la normalité des distributions via le test de normalité W de Shapiro-Wilk, puis l'homoscédasticité (via le test de Hartley, Bartlett) est réalisée sur les variables telles que le poids vif (P_t), le gain en poids journalier (GP_j), le taux de croissance spécifique (TCS), la quantité d'aliment ingéré



(AI), le taux de conversion alimentaire TCA ou le coefficient nutritif (Q_n), le coefficient d'efficacité protéique (CEP), le facteur de condition (Cf) et le taux de survie (T_s). Les tests sont effectués dans le logiciel Statistica et ont donné comme résultats le rejet des deux hypothèses pour l'ensemble des variables sauf le poids vif. Il est recommandé dans ce cas d'utiliser un test ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs. Pour la variable Pt, les conditions d'application du test ANOVA de Fisher à un facteur sont remplies.

2.- RESULTATS

2.1.- Variations des paramètres physico-chimiques d'un aliment à l'autre

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau dans les douze bacs sont illustrées dans le Tableau 3. Le test Kruskal-Wallis ne montre aucune variation significative entre paramètres physico-chimiques de référence ($p > 0,05$). Les paramètres physico-chimiques sont homogènes sur l'ensemble des bacs. Cette homogénéité apparente traduit-elle aussi un comportement uniforme chez les alevins.

Tableau 1: Qualité de l'eau d'élevage de *O. niloticus* aux différentes heures de mesures durant la période d'expérimentation (moyenne $\pm$ écart type)

Paramètres abiotiques	T _{air} °C	T _{eau} °C	Ph	O ₂ mg/l
Matin (7h)	27,16 $\pm$ 0,76	26,76 $\pm$ 0,6	7,84 $\pm$ 0,55	4,84 $\pm$ 0,15
Midi (12h)	29,5 $\pm$ 1,39	28,13 $\pm$ 0,86	7,23 $\pm$ 0,41	3,69 $\pm$ 0,29
Soir (17h)	29,02 $\pm$ 0,93	28,65 $\pm$ 1,12	7,01 $\pm$ 0,47	2,77 $\pm$ 0,31

L'analyse du tableau 3 indique une température de l'air peu variable pendant l'essai. Elles varient de 27,16°C à 29,50°C, avec les valeurs

faibles le matin et élevée à la mi-journée. Dans l'eau, les températures plus faibles s'associent à des pH basiques et des teneurs en Oxygène élevés le matin et les températures élevées associés à de pH acides et faible teneurs en Oxygène dissous le soir.

2.2.- Variation de l'oxygène dissous, comportement et croissance des alevins

En effet, l'oxygène dissous contrôle le métabolisme des poissons. La Figure 2 montre la variation de la teneur en oxygène dissous des bacs sous différents traitements d'aliments du 7^e au 49^e jour de l'essai. La concentration en oxygène dissous varie de 3,55mg/l (au 11^{ème} jour) à 4,05mg/l (au 4^{ème} jour). Cette amplitude est plus significative dans les bacs traités au Skretting et uniforme chez les trois autres (Copens, Raanan et Nicfish). Par ailleurs, les alevins vivants dans les bacs à faibles teneurs en O₂ viennent respirer à la surface de l'eau.

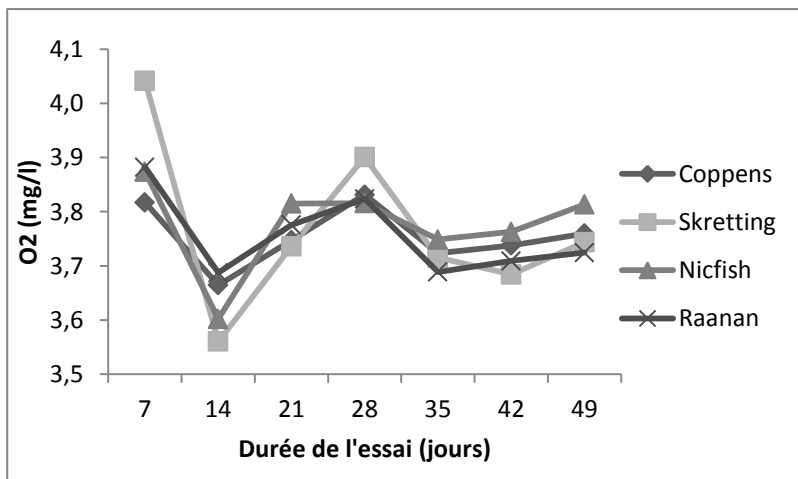


Figure 2: Variation de l'oxygène dissous dans l'eau sur toute la période de l'essai

2.3.- Effet de la qualité de l'eau sur les performances de croissance de *Oreochromis niloticus*

La figure 2 traduit les variations des températures moyennes journalières des eaux d'élevage sur toute la durée de l'expérimentation.

2.4.- Variation du pH des milieux d'élevage des alevins

Le pH d'une eau indique si elle est acide ou alcaline et se faisant valorise la qualité du milieu. La Figure 4 montre l'évolution temporelle du pH ambiant en fonction des 4 aliments commerciaux testés. L'allure identique pour ces quatre aliments qu'ils entretiennent une qualité basique de l'eau ($7,1 < \text{pH} < 7,6$). Deux phases d'acidification du milieu s'observent respectivement du jour 7^{ème} au 14^{ème} jour et 28^{ème} au 35^{ème} jour de l'essai.

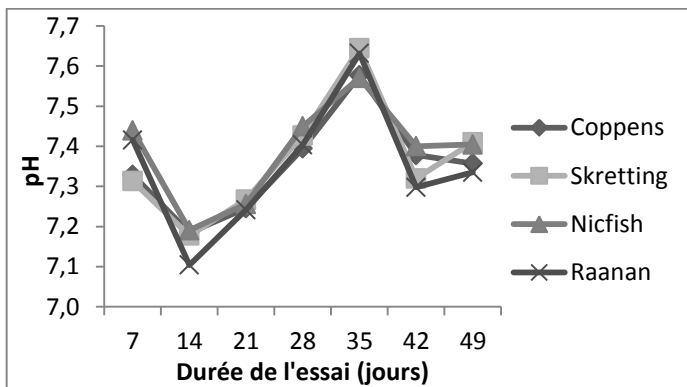


Figure 4: Variation du pH dans les bacs sur toute la période de l'essai

Cependant une seule phase d'augmentation du pH débute le 9^{ème} jour (7,1) et atteint un pic le 32^{ème} jour (7,6). Ces différentes variations du pH ne sont pas de nature à limiter le développement normal des alevins de *O. niloticus*.

2.4.- Variation de la température des milieux d'élevage des alevins

La température de l'eau est un facteur limitant dans la croissance des alevins. La figure 5 indique les variations des températures moyennes journalières des eaux d'élevage sur la durée de l'expérimentation

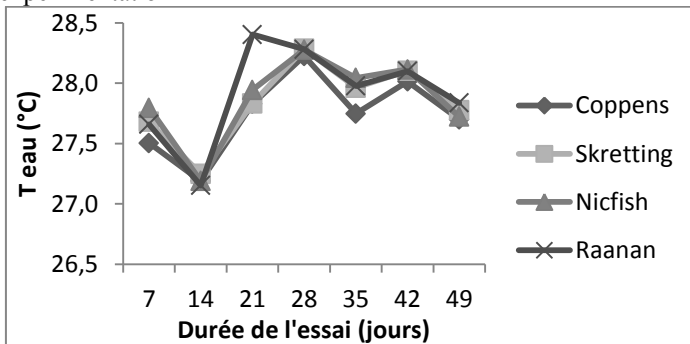


Figure 5: Variation de la température de l'eau des bacs sur toute la période de l'essai

La température minimale est de 27,2°C et relevée pour tous les quatre aliments au 10^{ème} jour. Le pic est de 28,4°C relevé au 18^{ème} jour chez le Rn et de 28,2°C au 25^{ème} jour chez les 3 autres. Bien que les variations thermiques de l'eau ne soient pas une menace à la survie d'*O. niloticus*, toutefois les traitements au Raanan et Coppens peuvent réagir différemment au cours de l'essai compte tenu des allures des courbes correspondantes.

2.5.- Qualité nutritive des aliments et effets sur la croissance

Après une semaine de nourrissage une croissance aussi bien en poids qu'en taille des alevins de *O. niloticus* est observée. La figure 6 indique l'évolution des poids vifs durant l'essai en fonction des aliments commerciaux testés. Les poids varient de 3,42 à 4,04 kg/individu. Les résultats d'ANOVA indiquent des différences significatives entre les poids vifs, les longueurs Standards et largeur corporelles la différence significative des variables (Pt, Lt et Ls) d'une date de contrôle à l'autre. Le facteur « Aliments » a un effet significatif sur les variables mesurées ($p < 0,05$). L'expérience menée sur les alevins de *O. niloticus* montre que les aliments utilisés (Coppens, Skretting, Nicfish et Raanan) affectent très significativement la croissance en poids vif des poissons ($p < 0,05$). Les alevins du Tilapia du Nil gagnent en poids vif de manière non uniforme lorsque nous comparons par exemple les individus nourris au Cps et ceux nourris au Nf. Le type d'aliment affecte par conséquent la croissance en taille des poissons avec une différence significative pour la longueur totale ($P < 0,05$).

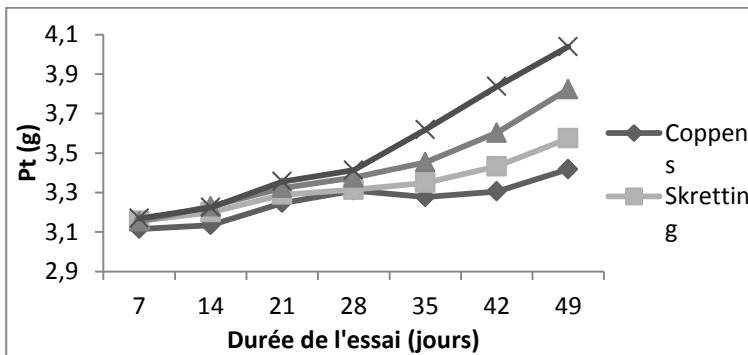


Figure 6: Croissance en poids des alevins de *O. niloticus* nourris aux différents aliments commerciaux

Les différents résultats obtenus suite à l'analyse statistique sont confirmés par l'allure des courbes de la figure 6 où les alevins nourris au Rn ont de meilleures performances de croissance (Pt) par rapport aux alevins nourris au Nf, au Sk et au Cp en dernier avec la plus faible croissance.

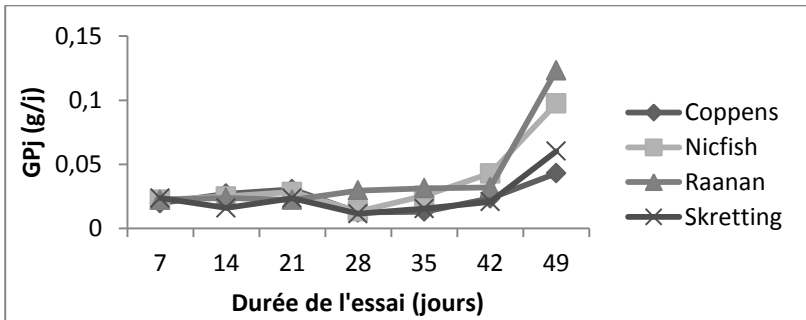


Figure 7: Variation du gain en poids journalier par type d'aliment

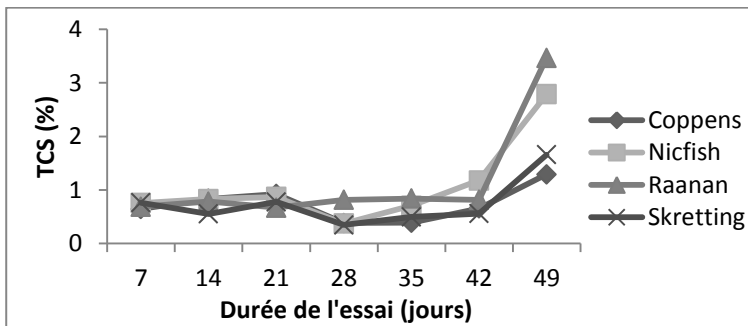


Figure 8: Variation du taux de croissance spécifique par type d'aliment

Les figures 7 et 8 traduisent respectivement les variations du gain en poids journalier et le taux de croissance spécifique selon les traitements en fonction du temps. L'évolution de ces indices de croissance pour les différents aliments commerciaux est la même d'une figure à l'autre. Ainsi l'indice TCS varie faiblement de 0,5% à 1% du début de l'essai jusqu'au 45^{ème} jour à partir duquel de fortes croissances sont observées. Les performances de croissance les plus élevées sont enregistrées au niveau du traitement Rn et les plus faibles au niveau de Cps d'après les figure 7 et 8.

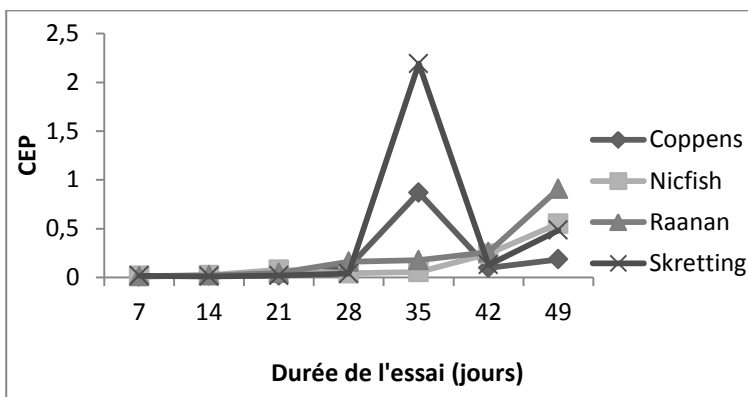


Figure 9: Variation du coefficient d'efficacité protéique par type d'aliment

Les coefficients d'efficacité protéique des différents aliments utilisés dans notre essai présentent sur la figure 9 des valeurs identiques proche de zéro dès le début jusqu'au 32^{ème} jour. Les alevins nourris au Sk enregistrent la plus forte valeur du CEP (2,3 au jour 38) suivis des traitements Cps (0,9 au jour 38), Rn (0,9 au jour 53) et enfin Nf (0,6 au jour 53).

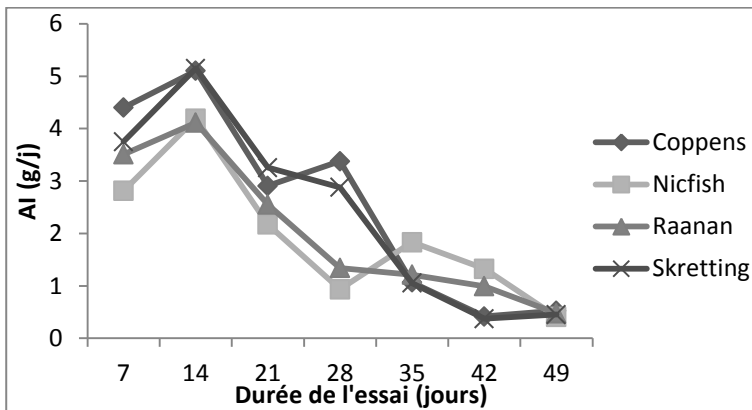


Figure 10: Variation de la quantité de granulés consommés par type d'aliment

La quantité d'aliment consommé décroît sensiblement pour tous les traitements du début de l'essai jusqu'à la fin. Cette allure des courbes observées sur la Figure 9 s'explique par la réduction des rations alimentaires distribuées aux alevins de 10% à 4%. Néanmoins au niveau du 15^{ème} au 21^{ème} jour une hausse de la consommation des granulés se produit pendant que la ration alimentaire est passée de 10% à 7%.

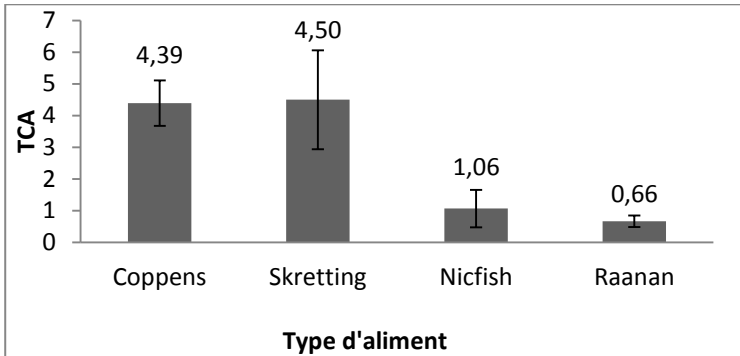


Figure 11: Variation du taux de conversion alimentaire par type d'aliment commerciaux

Le taux de conversion alimentaire relevé pour les traitements Rn et Nf est intéressant pour la pisciculture (0,5 et 1) contrairement aux valeurs élevées ($TCA > 4$) du TCA correspondant aux traitements Cps et Sk (figure 11). L'utilisation de Rn ou Nf assure une meilleure rentabilité économique de l'élevage puisqu'il ne faut que 0,5kg de Rn pour la croissance d'une unité en poids vif d'un alevin de *O. niloticus*. Les aliments commerciaux (Cps, Rn, Sk et Nf) se différencient dans leur composition bromatologique au niveau des éléments essentiels de croissance (protéine, lipide et fibre), Figure 12. Ainsi, les proportions de protéine dans Cps, Rn et Sk sont sensiblement égales (45%) tandis que, celle de Nf est la plus élevée (50%). La teneur en lipides des aliments Cps et Rn sont proches de 10% contrairement aux aliments Sk et Nf dont les compositions sont extrêmes des valeurs des valeurs relevées soit respectivement 14% et 7%. La présence des fibres dans les aliments Rn et Sk est plus élevée et proche de 4,5%. Par contre ses teneurs dans Cps et Nf sont les plus faibles avec des proportions respectives égales à 1,5% et 2,9%.

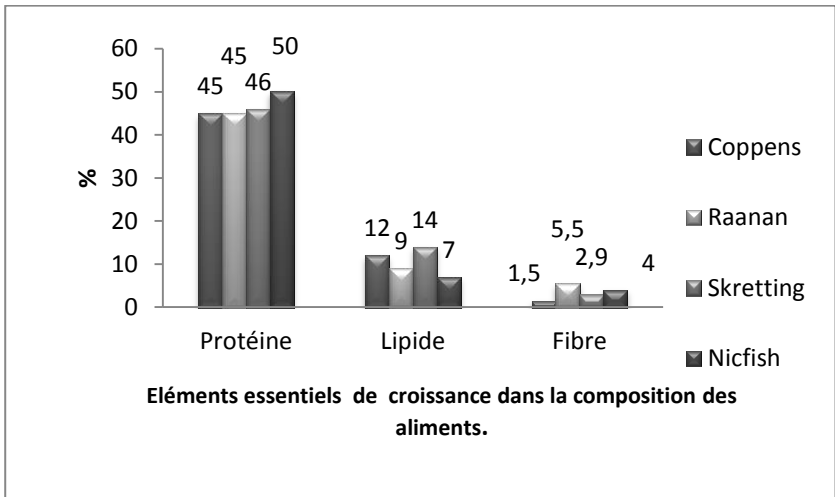


Figure 12: Comparaison des composants essentiels des aliments commerciaux utilisés.

2.6.- Performance de croissance de *Oreochromis niloticus*

La répartition des alevins de biomasse égale à $3,17 \pm 0,74\text{g}$ au début de l'essai explique la différence non significative identifiée au niveau du poids initial. Au terme de l'essai le Poids vif varie suivant les types d'aliments et nous pouvons observer de forte croissance des alevins nourris au Rn ($4,04 \pm 0,95\text{g}$) et une croissance significativement faible pour ceux nourris au Cps ($3,42 \pm 0,78\text{g}$). Le Sk et le Nf assurent une croissance dont les valeurs sont sensiblement égales et forment une troisième catégorie différente des deux aliments restant (Tableau 4). Les valeurs moyennes des paramètres zootechniques des alevins de *Oreochromis niloticus* nourris au quatre types d'aliment sont indiquées dans le tableau (4).



Tableau 2: Résultats comparatifs des paramètres de croissance des alevins de *O. niloticus* nourris à quatre aliments commerciaux (Moyenne $\pm$ Ecart-type) ; Ni = 60 alevins ; N = 240 alevins ; 8 dates d'observation

	Coppens	Skretting	Nicfish	Raanan	Test
Poids vif final (Pt Date 8)	3,42 $\pm$ 0,78 ^a	3,57 $\pm$ 0,88 ^{ab}	3,82 $\pm$ 0,98 ^{bc}	4,04 $\pm$ 0,95 ^c	ANOVA (1 facteur)
Poids vif (Pt 1 à 8)	3,24 $\pm$ 0,76 ^a	3,31 $\pm$ 0,79 ^{ab}	3,39 $\pm$ 0,86 ^{abc}	3,48 $\pm$ 0,86 ^c	Kruskal-Wallis
Gain en Poids journalier (GP_j)	0,024 $\pm$ 0,025 ^a	0,024 $\pm$ 0,03 ^a	0,035 $\pm$ 0,04 ^b	0,038 $\pm$ 0,04 ^b	Kruskal-Wallis
Taux de croissance spécifique (TCS)	0,72 $\pm$ 0,69 ^a	0,74 $\pm$ 0,79 ^a	1,03 $\pm$ 1,14 ^b	1,09 $\pm$ 1,16 ^b	Kruskal-Wallis
Aliment Ingéré (AI)	2,77 $\pm$ 1,81 ^b	2,58 $\pm$ 1,82 ^b	2,06 $\pm$ 1,28 ^a	2,21 $\pm$ 1,51 ^a	Kruskal-Wallis
Taux de conversion alimentaire (TCA)	4,39 $\pm$ 0,72 ^b	4,50 $\pm$ 3,56 ^b	1,06 $\pm$ 0,59 ^a	0,66 $\pm$ 0,18 ^a	Kruskal-Wallis
Coefficient d'efficacité protéique (CEP)	0,16 $\pm$ 0,59 ^a	0,36 $\pm$ 1,46 ^b	0,13 $\pm$ 0,23 ^a	0,19 $\pm$ 0,45 ^b	Kruskal-Wallis
Le facteur de condition (Cf)	0,60 $\pm$ 0,70 ^a	1,40 $\pm$ 0,42 ^b	1,2 $\pm$ 0,97 ^b	0,90 $\pm$ 1,05 ^a	Kruskal-Wallis
Le taux de survie (T_s)	98,95 $\pm$ 2,03 ^a	98,12 $\pm$ 3,48 ^a	98,95 $\pm$ 2,03 ^a	98,75 $\pm$ 2,98 ^a	Kruskal-Wallis

NB : Les valeurs sur la même ligne avec en exposant des lettres différentes sont significativement différent à ($P < 0,05$).

Le test de Kruskal-Wallis effectué sur les valeurs du taux de survie n'a indiqué aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les essais répétés de chaque type d'aliment commercial. Les paramètres physiques et chimiques sont uniformes pour tous les traitements. Le



taux de survie chez les alevins de *O. niloticus* mis en charge pour un test alimentaire de 50 jours est très élevé bien que nous relevons des mortalités dont les causes semblent ne pas être liées aux traitements. En revanche, des différences significatives ($p < 0,05$) ont été relevées pour chacun des paramètres zootechniques P_t , GP_j , TCS, AI, TCA, CEP et C_f calculés par type d'aliment.

2.7.- Facteur de condition

L'analyse statistique (Tableau 4) du facteur de condition C_f montre une diminution significative pour les traitements Cps et Rn contrairement aux traitements Sk et Nf où une augmentation significative du C_f est enregistrée.

2.8.- Le gain en poids et le taux de croissance spécifique

Les alevins de *Oreochromis niloticus* nourris aux quatre aliments commerciaux en granulé valorisent chaque aliment par une croissance en poids vif différente. Il en résulte suite à l'analyse de variance la distinction de trois groupes de moyenne. Selon les résultats du test de Kruskal-Wallis, l'aliment qui assure la plus forte croissance en poids chez les alevins du Tilapia du Nil est le Rn (groupe c) suivi dans l'ordre décroissant en performance du Nf et Sk (groupe b) puis le Cps (groupe a). L'analyse statistique du gain en poids journalier (GP_j) et du taux de croissance spécifique (TCS) révèlent une similitude dans la croissance des alevins regroupés dans deux catégories dont la première Cps et Sk puis le second Nf et Rn. Ainsi le gain en poids journalier et le taux de croissance spécifique sont plus élevés chez les alevins du groupe 2 que chez les alevins du groupe 1. Cette différence significative ($p < 0,05$) relevée au niveau du taux de croissance spécifique indique que les aliments contiennent des substances nutritives assimilées plus facilement par les alevins nourris au Rn que par les alevins nourris au Cps.



2.9.- La quantité d'aliment consommé : le taux de conversion alimentaire (quotient nutritif)

Les quantités d'aliment ingérées par traitement ne sont pas identiques. Nous obtenons deux groupes significativement différents où d'une part les alevins nourris au Cps et Sk et d'autre part ceux nourris au Nf et Rn. Le taux de conversion alimentaire présente les mêmes regroupements d'aliment que le paramètre relatif à l'aliment ingéré. La distribution de l'aliment Cps et Sk conduit à une forte consommation de ces granulés par les alevins tandis que les alevins nourris au Rn et Nf consomment de faible quantité d'aliment (Tableau 4). Ce comportement alimentaire au sein des deux groupes justifie l'obtention de valeurs élevées pour le TCA dans les bacs à Cps et Sk. Dans ces bacs nous remarquons qu'il faut au pisciculteur approximativement 4g d'aliment (Cps et Sk) pour un gramme de croissance par alevin.

2.10.- Le coefficient d'efficacité protéique

Les coefficients d'efficacité protéique des alevins des bacs à Cps et Nf sont statistiquement égaux. Nous remarquons aussi une égalité entre les traitements de Sk et Rn. L'analyse du paramètre CEP apporte une précision importante sur l'utilisation des protéines fournies par les aliments commerciaux. Les alevins de *O. niloticus* utilisent dans une proportion plus grande les protéines des aliments Rn et Sg par contre les protéines fournies par les aliments Cps et Nf sont moins bien assimilées par les alevins du Tilapia du Nil. Les paramètres tels que le gain en poids journalier, la croissance spécifique et l'efficacité protéique sont significativement faibles pour le Cps tandis qu'ils sont significativement élevés pour Rn. Nous remarquons une augmentation régulière des trois paramètres biotiques précédents de telle manière que nous obtenons la disposition suivante : « Cps < Sk < Nf < Rn ».



2.11.- Les relations poids-longueur

Le coefficient de variation « CV » traduit la dispersion des séries de données au sein de la variable. Les valeurs du coefficient de variation peuvent être regroupées en deux catégories soit le CV de la variable Pt 25% et le CV de Lt, Ls respectivement 7,3% et 7,5%. Il est aisé de déduire suite au regroupement des coefficients de variation que les variables Lt et Ls ont des séries de données plus homogènes que les séries de données du poids vif (Pt). Cette différence dans la distribution des observations témoigne d'une croissance des alevins non seulement en poids mais aussi en la taille. Une étude des courbes de relation poids-longueurs va nous fournir les précisions sur les tendances de croissance.

Tableau 3: Matrice de corrélation et coefficient de variation des variables biotiques

Variables	Pt	Lt	Ls	CV(%)
Pt	1	0,85	0,83	24,6
Lt	*	1	0,85	7,3
Ls	*	*	1	7,5

L'analyse de la matrice de corrélation des variables Pt, Lt et Ls montre que la liaison entre les variables Poids vif et Longueur totale puis Longueur total et Longueur standard est forte ($p < 0,05$). Les coefficients de corrélation sont positifs ainsi, le gain en poids des alevins s'accompagne d'une augmentation de la longueur totale des individus. Pour avoir une meilleure analyse de cette relation poids-longueur nous interprétons le coefficient b propre aux courbes de tendances issues du programme Excel. A partir de la formule de la relation poids-longueur de Le Cren E.D. (1951), $Pt = aLt^b$ nous pouvons relever le facteur de condition égale dans la formule au « coefficient a ».

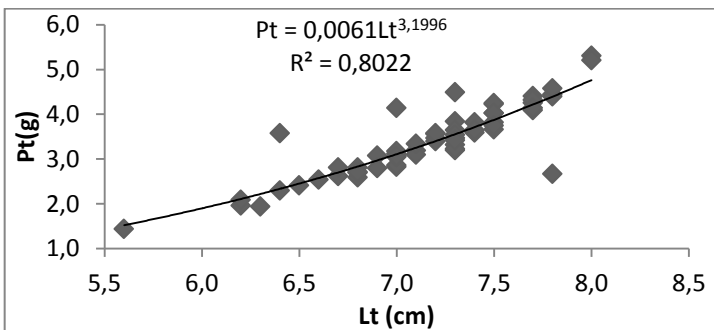


Figure 13: Relation poids-longueur des alevins de *O. niloticus* nourris au Coppens

La courbe de tendance sur la figure 13 traduit, l'évolution du poids corporel des alevins de *Oreochromis niloticus* par rapport à leur longueur totale. Les alevins de *O. niloticus* d'après la figure 13 ont une croissance relativement plus en poids qu'en longueur car $b > 3$. Cette croissance est allométrique pour les alevins nourris au Coppens.

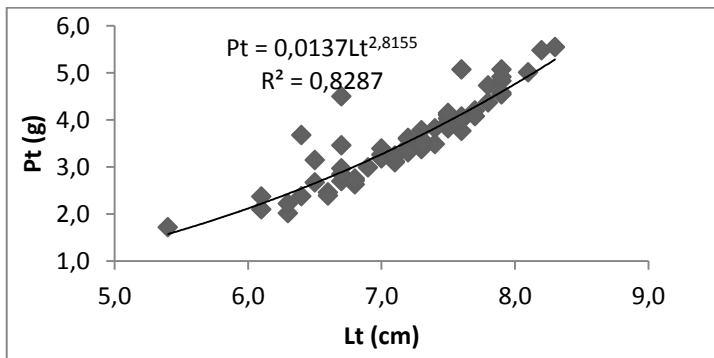


Figure 14: Relation poids-longueur des alevins de *O. niloticus* nourris au Skretting

La figure 14 traduit l'évolution du poids des 60 alevins de *Oreochromis niloticus* par rapport à la longueur totale de ces poissons. Les alevins ont une forte croissance relativement plus en longueur qu'en poids car $b < 3$. Cette croissance est allométrique dans les bacs à traitement Sk.

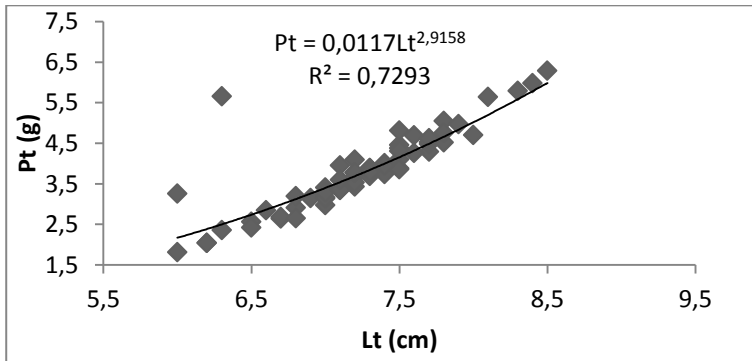


Figure 15: Relation poids-longueur des alevins de *O. niloticus* nourris au Nicfish

La figure 15 traduit l'évolution du poids des 60 alevins de *Oreochromis niloticus* par rapport à la longueur totale de ces poissons. Les alevins ont une croissance plus en longueur qu'en poids car $b = 2,91$ est différent de la valeur 3 ($b < 3$). La croissance est allométrique chez les alevins de *O. niloticus* nourris au Nf.

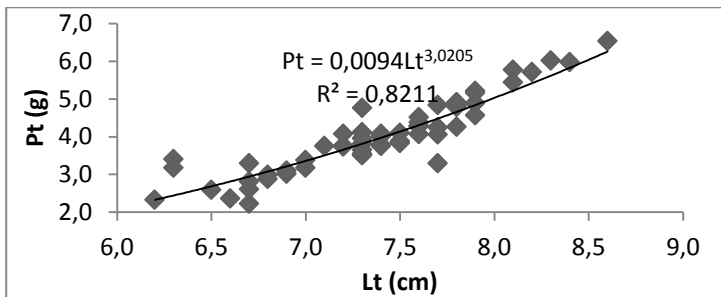


Figure 16: Relation poids-longueur des alevins de *O. niloticus* nourris au Raanan

La figure 16 traduit l'évolution du poids des 60 alevins de *Oreochromis niloticus* par rapport à la longueur totale de ces poissons. Les alevins ont une croissance en longueur et en poids égal car le coefficient b (3,02) est très proche de la valeur 3. La tendance de croissance est isométrique pour une alimentation des alevins nourris au Raanan. Les valeurs du coefficient « b » obtenues à partir de la formule de puissance des relations poids-longueur sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4: Valeurs du coefficient "b" chez les alevins de *O. niloticus*

Aliments	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Coppens	2,786	3,452	3,235	2,874	2,475	3,37	3,102	3,2
Skretting	2,911	3,123	3,389	2,686	3,115	3,053	2,799	2,815
Nicfish	3,135	2,656	3,486	2,358	3,523	3,529	3,682	2,916
Raanan	3,268	3,057	3,524	2,278	2,965	2,931	2,872	3,021



Tableau 5: Valeurs du coefficient "a" au niveau des bacs d'essai des différents aliments chez les alevins de *O. niloticus*

Aliments	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Coppens	0,15	0,004	0,006	0,012	0,026	0,004	0,007	0,006
Skretting	0,011	0,007	0,004	0,017	0,007	0,008	0,014	0,014
Nicfish	0,008	0,018	0,004	0,032	0,003	0,003	0,002	0,012
Raanan	0,006	0,008	0,003	0,039	0,01	0,011	0,012	0,009

Tableau 6: Valeurs des coefficients des relations poids-longueur de *O. niloticus* obtenues dans les essais

Aliments	Cf	a	b	R ²
Coppens	0,6	0,006	3,2	0,802
Skretting	1,4	0,014	2,815	0,828
Nicfish	1,2	0,012	2,916	0,729
Raanan	0,9	0,009	3,021	0,821

3.- DISCUSSION

3.1.- Variation des paramètres abiotiques

L'eau dans les bacs d'élevage n'est oxygénée que de façon naturelle. Les variations de la température de l'eau, de l'oxygène dissous et du pH reflètent les phénomènes biologiques qui se déroulent dans les bacs. Les conditions optimales de croissance de *O. niloticus*, définies d'après les auteurs Denzer (1968), Malcom *et al.* (2000), sont analogues à celles relevées dans le cadre des essais pour certains paramètres physico-chimiques tels que, la température de l'eau (26,76°C et 28,65°C) et le pH (7,01 et 7,84).

3.2.- Qualité de l'eau et performances de croissance de *Oreochromis niloticus*

Les différences constatées au niveau des performances zootechniques ne pourraient être attribuables que dans une faible



proportion à un effet “milieu”. On remarque que, les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques enregistrées dans tous les bacs, sauf la concentration d’oxygène dissous, se situent dans les intervalles des normes indiquées pour l’élevage du Tilapia du Nil. La diminution progressive de l’oxygène dissous du matin jusqu’au soir s’explique par l’effet combiné de l’absence d’apport en oxygène dans le milieu et la respiration des alevins de *O. niloticus*. Le stress causé par la teneur en oxygène dissous relevée durant les essais affecte le comportement des alevins dans la consommation de l’aliment occasionnant, de faible croissance en poids vif et entraîne parfois des mortalités. Les Tilapia sont très tolérants à la plupart des facteurs environnementaux. Néanmoins des conditions stressantes peuvent affecter défavorablement et rendre plus vulnérables les Tilapia aux maladies. Le stress peut provenir de différentes sources telles que la déficience nutritive ; la qualité environnementale ; les conditions d’élevage ; l’interférence chimique et biologique (El-Sayed, 2006).

3.3.- La variation de l’oxygène dissous

La variation de l’oxygène dissous (4,84mg/l et 2,77mg/l) (Figure 1) est largement en dessous des valeurs optimales de croissance énoncées dans les travaux de Popma et Masser (1999). Ces résultats expliquent bien le fait que, l’élevage d’*O. niloticus* nécessite des conditions écologiques plus favorables surtout en ce qui concerne la quantité de l’oxygène dissous qui doit avoisiner la saturation. Selon Jeppe Kolding (2008) la croissance, la taille à la maturité, l’indice gonadosomatique (IGS), la taille des œufs et la fécondité absolue de Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) sont significativement affectés par les faibles concentrations en oxygène dissous. Kolding (2008) a remarqué au cours de ces essais que, la concentration moyenne en oxygène dissous soit 2,8mg/l pouvait être prise sensiblement pour un seuil au-dessus duquel, la concentration en oxygène peut avoir peu ou pas d’influence sur la croissance. Aussi appelé « niveau critique d’oxygène » pour *O. niloticus* il a été



rapporté à un intervalle allant de 2,5mg/l à 3,1mg/l, compte tenu des facteurs tels que la température, la teneur en protéines des aliments, la proportion des rations, la manipulation facile, et le poids vif (Abdel-Magid et Babiker 1975 ; Fernandes et Rantin 1989; Ross 2000). Néanmoins les Tilapia peuvent avoir recours à l'oxygène atmosphérique dans les conditions où de faibles concentrations en O₂ dissous tels que inférieures ou égales à 1mg/l sont mesurées (Chervinsky 1982 ; Ross 2000). L'observation au cours de l'essai d'un comportement des alevins qui consiste à venir respirer au niveau de la surface, ou « le gobage d'air » est spécifique aux bacs où les concentrations d'oxygène dissous sont faibles. Des chercheurs (Burggren 1982 ; Kramer et McClure 1982 ; Ross 2000) ont décrit ce phénomène et ont remarqué que ce comportement était commun parmi les poissons tropicaux d'eau douce. La respiration à la surface a probablement facilité la survie des alevins de *O. niloticus* sous des périodes hypoxiques extrêmes dans l'expérience actuelle.

Les faibles teneurs en oxygène, relevées dans les bacs le soir favorisent le changement du comportement des alevins qui, ont une fréquence plus élevée de ventilation des branchies et respirent à la surface et mange peu ou pas l'aliment distribué. Dans ces conditions les restes d'aliments qui se posent sur le fond sont non négligeables. Il est donc évident que les concentrations réduites en oxygène dissous agissent en tant que facteur pour la réduction de l'appétit chez les poissons. Ce comportement des poissons suite aux faibles teneurs en oxygène dissous fut étudié par Brett (1979) ; les résultats obtenus à l'époque confirment nos observations. Ainsi, les poissons stressés dans un milieu à faible teneur en oxygène ont un métabolisme d'entretien plus élevé et une très faible capacité à prendre l'aliment ce qui conduit à des retard de croissance (individu de petite taille mature).

Les résultats de différents travaux de recherches confirment que les stimulants dans l'alimentation jouent un rôle important par l'amélioration les quantités d'aliments consommés et la croissance



des individus. Cependant, les comportements et les préférences alimentaires des Tilapia dépendent de l'espèce et de sa taille (Turker *et al.*, 2003), la période de la journée (Fortes- Silva *et al.*, 2011), la photopériode (Biswas et Takeuchi 2002 ; EL-Sayed et Kewanna 2004 ; Rad *et al.*, 2006), la forme et taille des granulés (Santiago *et al.*, 1987), la couleur des granulés (Arumugam 1997 ; EL-Sayed 2004), la couleur de fond (Volpato et Barreto 2001 ; Volpato *et al.*, 2004 ; Luchiar *et al.*, 2007) et les conditions de culture (EL-Sayed 2006).

La forte assimilation protéique des alevins nourris au Raanan est responsable entre autre de la forte croissance spécifique, le gain en poids journalier élevé et des faibles valeurs du TCA calculés dans les bacs à Raanan.

Les compositions biochimiques des aliments Coppens et Raanan sont similaires sur le plan de la teneur en protéine soit 45%. Néanmoins l'assimilation de l'ensemble des substances nutritives des deux aliments conduits à une très faible croissance des alevins dans les bacs à Coppens. Il faut remarquer que dans les bacs à Coppens de grande quantité d'aliment ingéré sont enregistrée (Tableau 4). Les quantités d'aliment consommées dans les bacs à Raanan sont inférieures à celle des bacs à Coppens pourtant la meilleure croissance en Poids vif se retrouve chez les alevins nourris au Raanan. Ce phénomène s'explique d'une part à travers la digestion et l'assimilation efficace des nutriments fournis par Raanan et d'autre part dans l'intervention de substance additive présent dans les granulés de Coppens qui jouent le rôle de stimuli afin d'inciter les alevins à manger l'aliment.

CONCLUSION

De nombreux travaux ont en effet été réalisés sur la nutrition et l'alimentation du Tilapia du Nil, et de nombreux sous produits végétaux ont été incorporés dans les formulations de régimes



expérimentaux destinés à l'étude de la faisabilité de la substitution des farines de poissons par ces substituts agroindustriels. L'axe de recherche des essais entrepris porte sur l'évaluation de la qualité nutritive de quatre aliments commerciaux disponibles sur le marché des provendes piscicoles au Bénin.

L'ingestion efficace de l'aliment chez les alevins de *O. niloticus* nourris avec divers aliments commerciaux ne fit l'objet que de très peu d'étude expérimentale approfondie. De ce fait nous avons entrepris un essai portant sur l'évaluation de l'effet des aliments (Coppens, Raanan, Skretting et Nicfish) sur la croissance des alevins de *Oreochromis niloticus* élevés en captivité. L'analyse des résultats mettent en évidence l'effet significatif des différents aliments commerciaux sur la croissance des poissons. Les performances zootechniques des alevins nourris au Raanan sont significativement élevées avec des indices de croissance élevés tels que le gain en poids, le taux de conversion alimentaire, l'indice de consommation et la croissance spécifique tandis que les spécimens des bacs à Coppens révèlent les plus faibles accroissements. Les causes de ces différences sont essentiellement liées aux comportements alimentaires des alevins et leurs interactions avec le milieu d'élevage. Les aliments distribués agissent différemment sur les alevins par le biais de substance attractive et la perception des granulés par les poissons. L'action combinée de ces deux éléments concourent aux fortes valeurs de l'indice de consommation et du quotient nutritif relevées dans les bacs à Coppens. De tels résultats ne permettent pas aux alevins nourris au Coppens d'obtenir les meilleures croissances à cause de la mauvaise assimilation protéique fournis par l'aliment.

RÉFÉRENCES

1. Abdel-Magid, A.M., et Babiker, M.M. (1975) Oxygen consumption and respiratory behaviour of three Nile fishes. doi:10.1007/BF00028279. Hydrobiologia, 46: 359–367.



2. Akitikpa, B.I., (2002) Essais de mise au point de formules alimentaires à base d'Azolla et de sous-produits locaux pour la pisciculture rurale. Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux (DIT) en Production Animale (PA)/EPAC/UAC. 89p.
3. Arumugam, P.T. (1997) Suitability of a continuous-flow chamber for investigating fish larvae/fry growth responses. *Aquaculture*, 151: 365–370.
4. Bamba, Y., Ouattara, A., Da Costa, K.S. et Gourène, G. (2008) Production de *Oreochromis niloticus* avec des aliments à base de sous-produits agricoles. *Sciences et Nature*, 5 (1): 89-99.
5. Brett, J.R. (1979) Environmental factors and growth. Edited by W.S. Hoar et D.J. Randall. In *Fish physiology*. (8) Academic Press, New York. pp. 599–673.
6. Burggren, W.W. (1982). "Air gulping" improves blood oxygen transport during aquatic hypoxia in the goldfish *Carassius auratus*. *Physiol. Zool.*, 55: 327–334.
7. Biswas, A.K. et Takeuchi, T. (2002) Effect of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed adult tilapia *Oreochromis niloticus*: part II. *Fish., Sci.*, 68: 543– 553.
8. Cren E.D., 1951. The length-weight relationship and season cycle in gonad weight and condition of Perch (*Perca fluviatilis*). *J. Animal. Ecol.* 20, 179-219.
9. El-Sayed, A.-F.M. et Kawanna, M. (2004) Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings. *Aquaculture*, 231: 393–402.
10. El-Sayed, A.-F.M. (2004) Feed colour affects growth, feed utilization of Nile Tilapia. *Global Aquacult. Adv.*, 7: 76.
11. El-Sayed, A.-F.M. (2006) *Tilapia Culture*. CABI publishing, CABI International, Wallingford, Oxfordshire, UK, 274p.
12. El-Sayed, A.-F.M. (2007) Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in Egypt. In M.R. Hasan, T. Hecht, S.S. De Silva et A.G.J. Tacon (eds.). *Study and*



-
- Analysis of Feeds and Fertilizers for Sustainable Aquaculture Development. FAO Fisheries Technical Paper. No. 497. Rome, pp. 401-422.
13. El-Sayed, A.-F.M., El-Ghobashy, A. E., El-Mezayen, M.M. (2013) Effect of feed colour on growth and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae and fingerlings. Aquaculture Nutrition journal. Oceanography Department faculty of Science Alexandria University Egypt.
 14. Fanta, E. (1995) Influence of background colour on the behavior of the fish *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). Arq. Biol. Tecnol., 38: 1237–1251.
 15. FAO, (1989) Aquaculture production. FAO Fisheries Circular, 815, FIDI/C815: 106p.
 16. FAO (2007) The State of Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FAO (2007a) Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Version 2.3. 2000. Rome, Italy: FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit.
 17. FAO, (2012) Food and Agriculture Organization of the United Nations Global Aquaculture Production 1950–2010. FAO, Rome, Italy (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquacultureproduction/en>).
 18. FAO, (2012) La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, Rome. ISBN 978-92-5-207225-6.
 19. Fernandes, M.N. et Rantin, F.T. (1989) Respiratory responses of *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) to environmental hypoxia under different thermal conditions. doi:10.1111/j.1095-8649.1989.tb03002., J. Fish Biol. 35: 509–519.
 20. Fiksen, Ø., Utne, A.C.W., Aksnes, D.L., Eiane, K., Helvik, J.V. et Sundby, S. (1998) Modelling the influence of light, turbulence and ontogeny on ingestion rates in larval cod and herring. Fish. Oceanogr., 7: 355–363.



21. Fernandes, M.N. et Rantin, F.T. (1989) Respiratory responses of *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) to environmental hypoxia under different thermal conditions. doi: 10.1111/j.1095-8649.1989.tb03002., J. Fish Biol. 35: 509–519.
22. Fortes-Silva, R., Martinez, F.J. et Sanchez-Vazquez, F.J. (2011) Macronutrient selection in Nile tilapia fed gelatin capsules and challenged with protein dilution/restriction. Physiol. Behav., 102: 356–360.
23. Kolding, J., Haug L., Stefansson S. (2008) Effect of ambient oxygen on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Department of Biology, University of Bergen, N-5020 Bergen, Norway, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 65: 1413–1424.
24. Kramer, D.L., et McClure, M. (1982) Aquatic surface respiration, a widespread adaption to hypoxia in tropical freshwater fishes. doi:10.1007/BF00011822., Environ. Biol. Fishes, 7: 47–55.
25. Ogunji J. (2004) Alternative protein sources in diets for farmed tilapia. Animal Science Reviews No. 13 Nutrition Abstracts and Reviews Series B, 74 (9): 23N-34N.
26. Ogunji J., Summan Toor R., Schulz C., Kloas W. (2008) Growth Performance, Nutrient Utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Fed Housefly Maggot Meal (Maggot Meal) Diets. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8: 141-147.
27. Popma, T. et MASSER, M. (1999) Tilapia – Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center.
28. Rad, F., Bozaoglu, S., Ergene Gozukara, S., Karahan, A. et Kurt, G. (2006) Effects of different long-day photoperiods on somatic growth and gonadal development in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 255: 292–300.
29. Ross, L.G. (2000) Environmental physiology and energetics. In Tilapias: biology and exploitation. Edited by M.C.M. Beveridge et B.J. McAndrew. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp. 89–128.



30. Santiago, C.B., Aldaba, M.B. et Reyes, O.S. (1987) Influence of feeding rate and diet form on growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquaculture*, 64: 277–282.
31. Soumaïla, A.O.M. (2011) Effet de la substitution de la farine de poisson par les feuilles séchées de *Moringaoleifera* sur la croissance des alevins mono sexes mâles de *Oreochromis niloticus*. UFRP/DSTPA/FSA/UAC. 83p.
32. Toviwazon, S.B., (2004) Etude de l'effet de la substitution de la farine de poisson par le tourteau de Soja sur la croissance en bassins des juvéniles de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Agricoles Tropicales (DEAT). Lycée Agricole Mèdji de Sékou. 59p
33. Turker, H., Eversole, A.G. et Brune, D.E. (2003) Effect of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, size on phytoplankton filtration rate. *Aquacult. Res.*, 34: 1087–1091.
34. Utne-Palm, A.C. (1999) The effect of prey mobility, prey contrast, turbidity and spectral composition on the reaction distance of *Gobiusculus flavescens* to its planktonic prey. *J. Fish Biol.*, 54, pp. 1244–1258.
35. Van der Salm, A.L., Metz, J.R., Bonga, S.E. et Flik, G. (2005) Alpha-MSH, the melanocortin-1 receptor and background adaptation in the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 144: 140–149.
36. Villamizar, N., Garcia-Alcazar, A. et Sanchez-Vazquez, F.J., (2009). Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, 292: 80–86.
37. Volpato, G.L. et Barreto, R.E. (2001) Environmental blue light prevents stress in the fish Nile tilapia. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 34: 1041–1045.
38. Volpato G.L., Duarte C.R.A. et Luchiari, A.C., (2004). Environmental color affects Nile tilapia reproduction. *Braz J. Med. Biol. Res.*, 37: 479–483.