



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Influence de la substitution totale de la farine de poisson par celles de spiruline, d'asticot et de ver de terre dans l'alimentation du tilapia *Oreochromis niloticus* sur la qualité de l'eau d'élevage

Medard GBAI^{1*}, N'golo OUATTARA², Mamadou OUATTARA³,
Allassane OUATTARA³ et Kouakou YAO²

¹Université de San Pedro, UFR- Agriculture, Ressources Halieutiques et Agro-Industries, BP 1800 San Pedro (Côte d'Ivoire).

²Laboratoire de Biologie et Cytologie Animale, UFR-Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire).

³Laboratoire d'Environnement et Biologie Aquatique (LEBA), UFR-Sciences Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire).

*Auteur Correspondant: Tel: (+225) 0707781078 E-mail: gbai.medard@usp.edu.ci

Received: 18-12-2023

Accepted: 10-02-2024

Published: 29-02-2024

RESUME

Cette étude a été conduite en vue d'évaluer l'influence de la substitution totale de la farine de poisson par celles de Spiruline, d'asticot et de ver de terre sur la qualité du milieu d'élevage du tilapia *Oreochromis niloticus* en phases larvaire, prégrossissement et grossissement. Les paramètres physico-chimiques de l'eau des bacs en béton et des étangs ont été déterminés durant les trois phases d'élevage des poissons. Les températures de l'eau enregistrées variaient de $27,30 \pm 0,80$ à $29,40 \pm 0,80$ °C. Quant aux pH relevés, les valeurs moyennes obtenues oscillaient entre $6,40 \pm 0,08$ et $7,20 \pm 0,02$. Les concentrations en oxygène dissous se situaient entre $7,14 \pm 0,32$ et $9,43 \pm 0,38$ mg.L⁻¹. Les analyses statistiques de ces différentes valeurs ne montraient aucune différence significative ($p > 0,05$) au niveau de la température, du pH et de l'oxygène dissous. Durant les trois phases d'élevage, les teneurs en nitrites (NO₂⁻), en nitrates (NO₃⁻), en ammonium (NH₄⁺), en phosphores (PO₄³⁻) et la conductivité de l'eau d'élevage ont été déterminées. Il en ressort que, les paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage n'ont pas été influencés par les types d'aliments utilisés. Les valeurs enregistrées dans cette étude pour ces paramètres étaient dans les limites recommandées pour l'élevage de cette espèce et permettent de dire que les eaux des bacs et des étangs expérimentaux étaient de bonne qualité pour la croissance et la survie des poissons.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Aliment, poisson, eau d'élevage, paramètres physico-chimiques.

Influence of the total substitution of fish meal by that of spirulina, maggot and earthworm in feeding tilapia *Oreochromis niloticus* on the quality of rearing water

ABSTRACT

This study was carried out in order to evaluate the influence of the total substitution of fish meal by that of Spirulina, maggot and earthworm on the quality of the water for breeding tilapia *Oreochromis niloticus* in larval, juvenile and adult phases. The physicochemical parameters of the water in the concrete tanks

and ponds were determined during the three phases of fish rearing. The recorded water temperatures ranged from 27.30 ± 0.80 to $29.40 \pm 0.80^\circ\text{C}$. As for the pH recorded, the average values obtained oscillated between 6.40 ± 0.08 and 7.20 ± 0.02 . The dissolved oxygen concentrations were between 7.14 ± 0.32 and $9.43 \pm 0.38 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Statistical analyzes of these different values showed no significant difference ($p > 0.05$) in temperature, pH and dissolved oxygen. During the three breeding phases, the contents of nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), ammonium (NH_4^+), phosphorus (PO_4^{3-}) and the conductivity of the breeding water were determined. It appears that the physicochemical parameters of the rearing water were not influenced by the types of feed used. The values recorded in this study for these parameters were within the recommended limits for the breeding of this species and allowed us to say that the waters of the tanks and experimental ponds were of good quality for the growth and survival of the fish.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Feed, fish, rearing water, physicochemical parameters.

INTRODUCTION

L'aquaculture en Côte d'Ivoire constitue un véritable potentiel national qui mérite d'être largement exploité en vue de combler le déficit en protéine d'origine animale. En effet, la Côte d'Ivoire possède des atouts naturels considérables : 150 000 ha de lagunes, 350 000 ha de lacs et de nombreux bas-fonds propices à l'implantation d'exploitations aquacoles. Déplus, elle dispose une riche faune aquatique renfermant plus de cent familles de poissons dont plusieurs espèces ont un potentiel aquacole certain (FAO, 2022). Malgré ces atouts naturels, 86% de la consommation de la Côte d'Ivoire en protéine halieutique provient des importations (FAO, 2022). Pour inverser cette tendance, de nombreux programmes de recherches ont été réalisés. La FAO à travers son programme FISH4ACP a initié deux systèmes de pratiques de l'aquaculture hors sol tels que les systèmes à eau recirculée et biofloc pour venir en appui aux efforts du Gouvernement ivoirien (FAO, 2022). Par ailleurs, en 2022, le Ministère ivoirien des Ressources Animales et Halieutiques a lancé le Programme Stratégique de Transformation de l'Aquaculture en Côte d'Ivoire (PSTACI). Cependant, de nombreuses difficultés subsistent encore et particulièrement au niveau de la disponibilité d'aliments performants moins chers pour assurer une bonne croissance des poissons et réduire les coûts de production des poissons.

En effet, l'aliment à base de farine de poisson utilisé pour nourrir les poissons est cher (Gourène et al., 2002) et le coût élevé de

cet aliment est souvent source d'abandon de l'activité piscicole par les pisciculteurs à revus modestes. De nos jours, différents travaux sont orientés vers l'utilisation des protéines d'origine végétale (Antolovic et al., 2012 ; Bamba et al., 2017) et animale (Ossey et al., 2012 ; Achi et al., 2017 ; Jimoh et al., 2022) pour pallier au coût élevé de l'aliment industriel à base de farine de poisson. Par ailleurs, d'autres sources de protéines peu onéreuses ont fait l'objet des études ces dernières années dans différents travaux de recherche pour remplacer la farine de poisson dans l'alimentation des poissons. Il s'agit entre autres, des vers de terre (Hasanuzzaman et al., 2010 ; Dedeke et al., 2013), des larves de mouche (asticots) (John, 2015 ; Coulibaly et al., 2021) et de l'algue du genre *Arthrospira* (Spiruline) (Almahrouqi et al., 2015, Radhakrishnan et al., 2017). Cependant, les systèmes d'élevage des poissons (semi-intensif et intensif) en vigueur dans nos pays, sont confrontés au problème de diminution de la qualité de l'eau causée par les déchets sous forme de déchets métabolites (fèces et urine) et les résidus d'aliments non consommés (Halla et al., 2023). Ces déchets augmentent la teneur en ammoniac (NH_3), nitrite (NO_2^-) et nitrate (NO_3^-) dans le milieu d'élevage (Toule et al., 2017) L'accumulation de ces métabolites entraîne la formation de composés toxiques pour les poissons, la minéralisation des nutriments qui produisent de l'azote organique, et une absorption élevée d'oxygène, accélérant ainsi le déclin de la qualité de l'eau qui a un impact sur la survie des poissons (Shin et al.,

2016 ; Palupi et al., 2021). L'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence des aliments à base des farines de poisson, de Spiruline, d'asticot, de ver de terre et de l'aliment commercial Ivograin (aliment de référence) sur la qualité du milieu d'élevage du tilapia *Oreochromis niloticus* à différentes phases d'élevage (larvaire, prégrossissement et grossissement).

MATERIEL ET METHODES

Site d'expérimentation

Les expériences d'élevage de poissons se sont déroulées à la ferme Piscicole Blondey située à 25 km d'Abidjan (Côte d'Ivoire) dans la Sous-préfecture d'Azaguié entre 5° et 6° de latitude Nord et entre 4° et 5° de longitude Ouest. Cette ferme a une superficie de trois hectares et l'eau d'alimentation des structures d'élevage provient d'un barrage de retenue d'eau de trois hectares par un système gravitationnelle.

Materiel

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué de spécimens d'*Oreochromis niloticus*. Les poids moyens au début des expériences ont été de $0,02 \pm 0,004$ g, $0,55 \pm 0,14$ - $0,75 \pm 0,16$ g et $20,33 \pm 6,84$ - $29,88 \pm 5,88$ g respectivement pour les phases larvaire, prégrossissement et grossissement.

Par ailleurs, les matières premières utilisées pour la fabrication des aliments tests proviennent de deux sources. La première source est constituée d'intrants vivants (Spiruline, asticot et ver de terre). Le ver de terre utilisé est l'espèce *Eudrilus eugeniae*. Les larves des mouches domestiques (asticots) ont également été utilisées. La seconde source de matière première est constituée de sous-produits agricoles et industriels achetés chez des providiers, situés dans la commune de Yopougon à Abidjan.

Quant au matériel technique, il était composé d'un multi-paramètre YSI 6920 V2 qui servait à mesurer la température de l'eau, l'oxygène dissous, le pH et la conductivité de l'eau. Un spectrophotomètre de type HACH DR/2000 a été utilisé pour la mesure des

nitrites (NO_2^-), des nitrates (NO_3^-), de l'ammonium (NH_4^+) et du phosphore (PO_4^{3-}).

Méthodes

Constitution des lots expérimentaux

Phase larvaire

Au total, 10 500 larves de *Oreochromis niloticus* ont été réparties dans quinze happas de volume utile de $1,5 \text{ m}^3$, soit 2 100 larves par aliment. Chaque traitement a été réalisé en triplicat. Ces happas ont été installés dans des bacs en béton pour la phase larvaire. Les différents lots de poissons étaient : le régime alimentaire à base des farines de poisson (AP, aliment témoin), de Spiruline (AS), d'asticot (AA) de ver de terre (AV) et l'aliment commercial Ivograin (AC, aliment de référence). La teneur en protéine de ces aliments test était de 40%, et 35% pour l'aliment commercial AC.

Phase de prégrossissement

Un total de 4800 juvéniles de *Oreochromis niloticus* ont été utilisés en raison 400 individus par happas. Chaque traitement a été réalisé en triplicat. Ces happas d'élevage ont été installés dans des étangs pour la phase de prégrossissement. Les différents lots de poissons correspondant aux différents régimes alimentaires sont : le régime alimentaire AP, AA, AV et AC. La teneur en protéine des aliments tests était de 30%, et 29,5% pour l'aliment commercial AC. L'aliment à base de la farine de Spiruline (AS) était absent à cette phase.

Phase de grossissement

Trois lots de mâles de *Oreochromis niloticus* issus de la phase de prégrossissement correspondant à deux aliments expérimentaux (AP et AA) et aliment de référence (AC) ont été constitués. Au total, 720 mâles ont été répartis en 3 lots de 240 individus par lot (happa). Les happas d'élevage ont été installés dans des étangs pour la phase de grossissement. Chaque traitement a été réalisé en duplicat. La teneur en protéine des aliments tests était de 28%, et 29,5% pour l'aliment commercial AC. Les aliments AS et AV étaient absents à cette phase.

Analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage

Les paramètres de la qualité de l'eau de l'élevage ont été relevés pendant la période d'élevage. La température de l'eau, l'oxygène dissous et le pH et la conductivité de l'eau ont été mesurés quotidiennement à 8h00 à l'aide d'un multi-paramètre YSI 6920 V2 selon la méthode de Golterman et al. (1978). Les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-), l'ammonium (NH_4^+) et le phosphore (PO_4^{3-}) ont été mesurés chaque semaine à l'aide du spectrophotomètre HACH DR/2000 selon la méthode de Aminot et Chaussepied. (1983)

Analyses statistiques

Tous les traitements statistiques ont été effectués avec le logiciel STATISTICA 7.1 au seuil de signification de $\alpha = 0,05$.

Les données sur les paramètres physico-chimiques ont été comparées par analyse de variance (ANOVA, $\alpha = 0,05$) à un seul facteur. Les différences ont été considérées significatives à $p < 0,05$. Les tests de Tukey et Duncan ont été utilisés pour les comparaisons multiples des moyennes lorsque les effets sont significatifs

RESULTATS

Paramètres physico-chimiques de l'eau des bacs d'élevage de *Oreochromis niloticus* en phase larvaire

Les moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau des bacs enregistrées au cours de l'élevage larvaire sont présentées dans le Tableau 1. Les températures de l'eau enregistrées pendant les expériences d'élevage dans les différents traitements, variaient de $27,30 \pm 0,80$ (AA) à $28,20 \pm 0,90^\circ\text{C}$ (AV). Quant aux pH relevés, les valeurs moyennes obtenues oscillaient entre $6,40 \pm 0,08$ (AV) et $6,90 \pm 0,06$ (AP). Les concentrations en oxygène dissous se situaient entre $8,50 \pm 0,47$ (AC) et $9,43 \pm 0,38$ mg. L^{-1} (AV). La conductivité de l'eau variait entre $58,30 \pm 0,90$ (AV) et $68,80 \pm 0,70$ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (AS). Pour les cinq traitements effectués, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée au niveau de la température, du pH, de l'oxygène dissous et de la conductivité de l'eau des bacs contenant les happas d'élevage. Les concentrations en nitrates variaient entre $0,38 \pm 0,01$ (AV) et $0,43 \pm 0,02$ mg. L^{-1} (AP). Celles

des nitrites étaient comprises entre $0,04 \pm 0,02$ (AS) et $0,06 \pm 0,05$ mg. L^{-1} (AC). En ce qui concerne les concentrations en ammonium, elles variaient entre $0,24 \pm 0,02$ (AS) et $0,27 \pm 0,01$ mg. L^{-1} (AV). Les concentrations en phosphores fluctuaient entre $0,16 \pm 0,02$ (AV) et $0,21 \pm 0,03$ mg. L^{-1} (AP). Les résultats des analyses statistiques n'ont montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les valeurs des nitrates, des nitrites, de l'ammonium et du phosphore de l'eau des bacs d'élevage durant toute la durée de l'expérience.

Paramètres physico-chimiques de l'eau des étangs d'élevage de *Oreochromis niloticus* en phase de prégrossissement

Les moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau enregistrées au cours du prégrossissement sont résumées dans le Tableau 2. Les températures de l'eau enregistrées pendant les expériences d'élevage dans les différents étangs contenant les happas variaient de $28,80 \pm 0,50$ (AC) à $29,40 \pm 0,80$ $^\circ\text{C}$ (AV). Quant aux pH, les valeurs moyennes obtenues fluctuaient entre $6,50 \pm 0,04$ (AV) et $7,20 \pm 0,02$ (AC). Les concentrations en oxygène dissous se situaient entre $7,14 \pm 0,32$ (AV) et $7,77 \pm 0,37$ mg. L^{-1} (AC). En ce qui concerne la conductivité de l'eau, elle variait entre $52,30 \pm 0,41$ (AV) et $56,8 \pm 0,51$ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (AA). Pour les quatre traitements effectués, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les données de la température, de pH, de l'oxygène dissous et de la conductivité de l'eau entre les étangs. Les concentrations en nitrites de l'eau des étangs variaient entre $0,04 \pm 0,02$ (AC) et $0,05 \pm 0,03$ mg. L^{-1} (AP). Ces valeurs ne montraient aucune différence significative ($p > 0,05$) d'un régime à un autre. Les concentrations en nitrates enregistrées étaient de $0,31 \pm 0,03$, $0,40 \pm 0,02$, $0,42 \pm 0,04$ et de $0,46 \pm 0,01$ mg. L^{-1} respectivement dans les milieux où les aliments AV, AC, AA et AP étaient distribués. La valeur la plus élevée était observée pour l'aliment AP et la plus faible pour AV. La différence observée était statistiquement significative ($p < 0,05$) d'un régime alimentaire à l'autre. Toutefois, la comparaison des moyennes deux à deux ne montrait aucune différence significative entre les aliments AC, AA et AP (Test HSD de Tukey, $p > 0,05$). En ce qui concerne les

concentrations en ammonium, elles variaient entre $0,04 \pm 0,01$ (AA) et $0,05 \pm 0,02$ mg. L⁻¹(AP). Ces valeurs ne présentaient aucune différence significative ($p > 0, 05$) d'un étang à un autre. Les concentrations en phosphores fluctuaient entre $0,32 \pm 0,02$ (AA) et $0,42 \pm 0,03$ mg.L⁻¹ (AP). La valeur la plus élevée était observée pour l'aliment AP et la plus faible pour AA. La différence observée était statistiquement significative ($p < 0, 05$) d'un régime à l'autre. Toutefois, la comparaison des moyennes deux à deux ne montrait aucune différence significative entre les aliments AP et AC et entre AA et AV (Test HSD de tukey, $p > 0, 05$).

Paramètres physico-chimiques de l'eau des étangs d'élevage de *O. niloticus* en phase de grossissement

Les moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau enregistrées au cours de cette expérience sont résumées dans le Tableau 3. La température et le pH de l'eau enregistrés pendant l'expérience d'élevage dans les différents étangs contenant les happas, variaient de $27,50 \pm 0,60$ (AP) à $28,70 \pm 0,50$ °C (AC) pour la température et de $6,50 \pm 0,03$ (AP) à $7,20 \pm 0,02$ (AA) pour le pH. Les concentrations en oxygène dissous de l'eau se situaient entre $8,09 \pm 0,43$ (AP) et $8,30 \pm 0,52$ mg.L⁻¹ (AC). En ce qui concerne la

conductivité de l'eau, elle variait entre $57,80 \pm 0,40$ (AA) et $66 \pm 0,70$ µS.cm⁻¹ (AP). Pour les trois traitements effectués, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été enregistrée entre les données de température, de pH, d'oxygène dissous, de conductivité de l'eau, d'un régime à un autre. Les concentrations en nitrates variaient entre $0,42 \pm 0,03$ (AC) et $0, 45 \pm 0,01$ mg. L⁻¹ (AP). Celles des nitrites étaient comprises entre $0,04 \pm 0,02$ (AC) et $0,05 \pm 0,05$ mg.L⁻¹ (AP). En ce qui concerne les concentrations en ammonium, elles variaient entre $0,27 \pm 0,01$ (AA) et $0,28 \pm 0,02$ mg.L⁻¹ (AP). Toutefois, les résultats des analyses statistiques ne montraient aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les teneurs en nitrites, en nitrates et en ammonium de l'eau des étangs pour les aliments AC, AP et AA. Les concentrations en phosphores étaient de $0, 45 \pm 0,04$, $0,52 \pm 0,04$ et de $0,55 \pm 0,06$ mg. L⁻¹ respectivement avec les aliments AA, AC et AP. La valeur la plus élevée était observée dans l'eau des étangs contenant les poissons nourris avec l'aliment AP et la plus faible pour AA. La différence observée était statistiquement significative ($p < 0, 05$) d'un régime alimentaire à l'autre. Toutefois, la comparaison des moyennes deux à deux ne montrait aucune différence significative entre les aliments AP et AC (Test HSD de tukey, $p > 0, 05$).

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques de l'eau des bacs d'élevage des différents lots de poissons (*Oreochromis niloticus*) durant la phase larvaire.

Paramètres	Etangs d'élevage contenant les poissons nourris avec les aliments				
	AP	AS	AA	AV	AC
T (°C)	$27,80 \pm 0,70$	$27,60 \pm 0,60$	$27,30 \pm 0,80$	$28,20 \pm 0,90$	$27,90 \pm 0,70$
pH	$6,90 \pm 0,06$	$6,60 \pm 0,05$	$6,80 \pm 0,04$	$6,40 \pm 0,08$	$6,50 \pm 0,04$
O ₂ (mg.L ⁻¹)	$9,09 \pm 0,43$	$8,70 \pm 0,47$	$9,22 \pm 0,51$	$9,43 \pm 0,38$	$8,50 \pm 0,52$
Cond (µS.cm ⁻¹)	$66 \pm 0,50$	$68,80 \pm 0,70$	$58,90 \pm 0,40$	$58,30 \pm 0,90$	$58,50 \pm 0,30$
NO ₂ (mg.L ⁻¹)	$0,05 \pm 0,04$	$0,04 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,04$	$0,06 \pm 0,05$	$0,06 \pm 0,04$
NO ₃ (mg.L ⁻¹)	$0,43 \pm 0,02$	$0,40 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,01$	$0,38 \pm 0,01$	$0,39 \pm 0,03$
NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	$0,25 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,02$
PO ₃₋₄ (mg.L ⁻¹)	$0,21 \pm 0,03$	$0,18 \pm 0,03$	$0,19 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,01$

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart type. Le test ANOVA appliqué aux moyennes n'a révélé aucune différences significativement au seuil de $\alpha=0,05$. O₂ = Oxygène dissous, Cond = Conductivité de l'eau, NO₂, =Nitrites, NO₃ =Nitrates, PO₃₋₄ = Phosphates, NH₄⁺= Ammonium.

Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques de l'eau des étangs d'élevage des différents lots de poissons (*Oreochromis niloticus*) durant la phase de prégrossissement.

Paramètres	Etangs d'élevage contenant les poissons nourris avec les aliments :			
	AP	AA	AV	AC
T (°C)	29,10 ± 0,50 ^a	29,3 ± 0,6 ^a	29,40 ± 0,80 ^a	28,80 ± 0,50 ^a
pH	6,60 ± 0,08 ^a	6,80 ± 0,07 ^a	6,5 ± 0,04 ^a	6,90 ± 0,05 ^a
O ₂ (mg.L ⁻¹)	7,60 ± 0,33 ^a	7,60 ± 0,42 ^a	7,14 ± 0,32 ^a	7,77 ± 0,37 ^a
Cond (µS.cm ⁻¹)	53,50 ± 0,42 ^a	56,80 ± 0,51 ^a	52,30 ± 0,41 ^a	54,50 ± 0,36 ^a
NO ₂ (mg.L ⁻¹)	0,05 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,02 ^a
NO ₃ (mg.L ⁻¹)	0,46 ± 0,01 ^b	0,42 ± 0,04 ^b	0,31 ± 0,03 ^a	0,40 ± 0,02 ^b
NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	0,05 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,02 ^a
PO ₄ ³⁻ (mg.L ⁻¹)	0,42 ± 0,03 ^b	0,32 ± 0,02 ^a	0,33 ± 0,02 ^a	0,39 ± 0,01 ^b

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart type. Les valeurs moyennes portant les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont ;

Significativement différentes au seuil de $\sigma=0,05$. ANOVA et test HSD de tukey. O₂ = Oxygène dissous, Cond = Conductivité de l'eau, NO₂ =Nitrites, NO₃ =Nitrates, PO₄³⁻ =Phosphates, NH₄⁺ = Ammonium.

Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques de l'eau des étangs d'élevage des différents lots de poissons (*Oreochromis niloticus*) durant la phase de grossissement.

Paramètres	Etangs d'élevage contenant les poissons nourris avec les aliments :		
	AP	AA	AC
T (°C)	27,50 ± 0,60 ^a	28,40 ± 0,70 ^a	28,70 ± 0,50 ^a
pH	6,50 ± 0,03 ^a	7,20 ± 0,02 ^a	6,70 ± 0,03 ^a
O ₂ (mg.L ⁻¹)	8,09 ± 0,43 ^a	8,22 ± 0,51 ^a	8,30 ± 0,52 ^a
Cond (µS.cm ⁻¹)	66 ± 0,70 ^a	57,80 ± 0,40 ^a	62,60 ± 0,50 ^a
NO ₂ (mg.L ⁻¹)	0,05 ± 0,05 ^a	0,05 ± 0,05 ^a	0,04 ± 0,04 ^a
NO ₃ (mg.L ⁻¹)	0,45 ± 0,01 ^a	0,44 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,03 ^a
NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	0,28 ± 0,02 ^a	0,27 ± 0,01 ^a	0,27 ± 0,02 ^a
PO ₄ ³⁻ (mg.L ⁻¹)	0,55 ± 0,06 ^b	0,45 ± 0,04 ^a	0,52 ± 0,04 ^b

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart type. Les valeurs moyennes portant les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont ;

Significativement différentes au seuil de $\sigma=0,05$. ANOVA et test HSD de tukey. O₂ = Oxygène dissous, Cond = Conductivité de l'eau, NO₂ =Nitrites, NO₃ =Nitrates, PO₄³⁻ =Phosphates, NH₄⁺ = Ammonium.

DISCUSSION

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau telles que la température (27,30 ± 0,80 - 29,40 ± 0,80°C), le pH (6,40 ± 0,08 - 7,20 ± 0,02) au cours des trois phases de l'expérience étaient conformes aux limites recommandées pour l'élevage des tilapias. En effet, pour certains auteurs (Balarin et Haller, 1982 ; Melard, 2004 ; Kestmont, 2004), la température optimale pour la croissance et la survie des tilapias se situe entre

25 et 35°C. De plus, ces espèces peuvent survivre dans des eaux présentant des valeurs de pH allant de 5 à 11 (Billard et Marcel, 1980). Par ailleurs, les valeurs de pH comprises entre 6,5 et 9 sont conseillées pour l'élevage des poissons (Lawson, 1995 ; Tarazona et Munoz, 1995, Konan et al., 2017). Dans cette étude, les valeurs de l'oxygène dissous enregistrées dans les bacs pour la phase larvaire et celles des étangs pour les phases de prégrossissement et de grossissement, n'ont pas subi d'influence

liée aux différents régimes alimentaires utilisés. Ces valeurs sont caractéristiques de l'eau de cette station. Bamba et al. (2007) sur la même station ont enregistré des valeurs de températures (26,5 à 26,81°C), de pH (7,39 à 7,84) et de l'oxygène dissous (7,12 à 7,84 mg.L⁻¹) similaires à celles obtenues dans cette étude. Cependant, selon certains auteurs, les tilapias peuvent survivre à une concentration en oxygène de 1,2 mg.L⁻¹ (Coche, 1978, Lequenne, 1984). Ces valeurs de l'oxygène dissous étaient également supérieures à celles (4 mg. L⁻¹) indiquées par Effendi. (2016) et Kunindar et al. (2018) pour la bonne survie et la croissance des poissons. Cette similarité des valeurs de température, de pH et de l'oxygène dissous pourrait s'expliquer par le fait que l'eau utilisée dans tous les bacs (phase larvaire) et dans les étangs (phase pré-grossissement et grossissement) contenant les happas d'élevage durant les trois différentes phases d'élevage, provenait du même barrage. Les valeurs enregistrées dans cette étude pour ces paramètres permettent de dire que les eaux des bacs (phase larvaire) et des étangs (phase pré-grossissement et grossissement) expérimentaux étaient de bonne qualité pour la croissance et la survie des poissons.

Les concentrations en nitrites et en ammonium de l'eau sont similaires dans l'eau des élevages quel que soit le type d'aliment distribué aux poissons pour les trois phases (larvaire, pré-grossissement et grossissement). Durant les trois phases, les concentrations en nitrites variaient de 0,04 ± 0,04 (AC, phase grossissement) à 0,06 ± 0,04 mg.L⁻¹ (AC, phase larvaire). Les concentrations en nitrates suivaient le même ordre dans l'eau d'élevage pour les phases larvaire et grossissement. A l'inverse, les teneurs en nitrates de l'eau variaient avec l'aliment distribué au cours de l'élevage de poissons au stade de pré-grossissement. Pendant cette phase, les plus fortes concentrations en nitrates étaient obtenues dans les étangs contenant les poissons nourris avec les aliments AP (0,46 ± 0,01 mg.L⁻¹), AA (0,42 ± 0,04 mg.L⁻¹) et AC (0,40 ± 0,02 mg.L⁻¹). Cependant, les plus faibles concentrations dans l'eau des étangs d'élevage étaient obtenues lorsque les poissons étaient

nourris avec l'aliment à base de la farine de ver de terre (0,31 ± 0,03 mg.L⁻¹). Selon Cho et Bureau, (1997), les nitrates sont l'un des produits finaux du catabolisme protéique chez les poissons et ils proviennent essentiellement de leur alimentation. Les fortes teneurs en nitrates dans l'eau des étangs où les aliments AP, AA et AC ont été distribués (phase pré-grossissement et grossissement) s'expliqueraient par l'utilisation effective de l'azote alimentaire par les poissons comme cela a été rapporté par Chakraborty et al. (1992). Par contre, les plus faibles teneurs du nitrate enregistrées dans l'eau des étangs d'élevage des poissons nourris avec l'aliment AV (phase pré-grossissement) pourrait s'expliquer par la non utilisation effective de l'azote alimentaire de l'aliment AV. Toutefois, dans cette étude, les valeurs des nitrites et des nitrates obtenues d'une part, d'un régime à l'autre et d'autre part, d'une expérience à l'autre étaient dans les limites recommandées pour l'élevage des poissons. Durant toutes les trois phases d'élevage des poissons, les plus fortes valeurs des nitrites et des nitrates oscillaient respectivement autour de 0,06 ± 0,04 mg.L⁻¹(AC, phase larvaire) et de 0,46 ± 0,01 mg.L⁻¹ (AP, phase pré-grossissement). Ces valeurs corroborent celles indiquées par Pillay (1992) pour l'élevage des poissons. Selon cet auteur, la concentration en nitrite de l'eau doit être inférieure à 0,1 mg.L⁻¹ et celles des nitrates inférieures à 100 mg.L⁻¹ pour une bonne croissance des poissons. Les teneurs en nitrites et en nitrates de l'eau des bacs et des étangs d'élevage des poissons observées dans cette étude pour les trois phases (phases larvaire, pré-grossissement et grossissement) n'ont donc pas affectées négativement la croissance et la survie des poissons. Quant aux concentrations de phosphore enregistrées pendant la même phase de pré-grossissement, les plus faibles valeurs étaient obtenues dans les eaux des étangs contenant les poissons nourris avec les aliments AA et AV et les plus fortes concentrations sont enregistrées dans l'eau des étangs contenant les poissons nourris avec les aliments AP et AC. Dans le même ordre à la phase de grossissement, les plus faibles valeurs des concentrations de phosphore étaient

obtenues dans l'eau contenant les poissons nourris avec l'aliment AA et les plus fortes valeurs de phosphore étaient obtenues avec les aliments AP et AC. Selon NRC (1993), la farine de poisson contient un taux élevé de phosphore. La majeure partie de ce phosphore est présente dans l'aliment sous forme de tri calcium phosphore. De ce fait, il ne peut pas être absorbé par certaines espèces de poissons notamment les Cichlidae (Yone et Tochima, 1979) et se trouve rejeté dans le milieu. L'aliment témoin (AP) était formulé à base de la farine de poisson ainsi que l'aliment commercial Ivograin (AC) entraînant une forte quantité de phosphore rejetée dans le milieu d'élevage (phase prégrossissement et grossissement). Toutefois, les valeurs des concentrations en phosphore inférieures à 2 mg.L⁻¹ dans cette étude étaient conformes à celles indiquées par Effendi. (2016) et Putri et al. (2019) pour la survie et croissance des poissons.

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer l'influence de la substitution totale de la farine de poisson par les farines de Spiruline, d'asticots et de vers de terre dans l'alimentation du tilapia *Oreochromis niloticus* sur la qualité du milieu d'élevage en phase larvaire, prégrossissement et grossissement. Il en ressort que les paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage n'ont pas été influencés dans l'ensemble par les types d'aliments utilisés. Les valeurs enregistrées dans cette étude pour ces paramètres permettent de dire que les eaux des bacs et des étangs contenant les happas expérimentaux sont de bonne qualité pour la croissance et la survie des poissons.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs de cet article déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs de cet article ont contribué aux différents travaux et à la rédaction du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Association des Universités d'Afrique (AUA) pour le financement de ce projet. Notre sincère remerciement à l'Université Nangui Abrogoua (UNA) et l'Université San Pedro pour leur collaboration.

REFERENCES

- Achi AO, Koumi RA, Ossey BY, Yté W, Ouattara IN, Atsé CB. 2017. Growth performance and survival of *Clarias gariepinus* larvae fed with varying inclusions of beef Brain meal. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, **5**(5): 36-41. DOI : 10.7324/JABB.2017.50506
- Almahrouqi HA, Sukuraman P, Naqqiuddin MA, Alsabahi J, Omar H, Ismail A. 2015. Effect of salinity on growth, biochemical composition and fatty acid profile of Spirulina (*Arthrospira platensis*) grown in sheltered outdoor conditions in Oman. *Journal of Algal Biomass Utilization*, **6**(2): 61-67.
- Aminot A, Chaussepied M. 1983. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Jouve, Paris : Centre National pour l'exploitation des Océans (CNEXO), 395 p
- Antolovic N, Kozul V, Antolovic M, Bolotin J. 2012. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal on growth of juvenile saddled bream (Sparidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **12**: 247-252. DOI: 10.4194/1303-2712-v12_2_08
- Balarin JD, Haller RD. 1982. The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. In *Recent Advance in Aquaculture*, 1, Muir JF, Roberts RJ (Eds). Croom Helm: London; 265-356.
- Bamba Y, Ouattara A, Da Costa KS, Gourène G. 2007. Production de tilapia marchand (*Oreochromis niloticus* Linné, 1758) nourri avec des sous-produits agricoles sans adjonction de farine de poisson. Science Technique Série. *Sciences Nature Agronomie*, **29**(1) : 65-77.
- Bamba Y, Ouattara S, Ouattara N, Doumbia L, Ouattara A, Da costa KS, Gourène G.

2017. Incorporation du coprah et des cuticules de cacao et d'arachide dans l'aliment du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*, Linné, 1758) élevé en étang : effet sur la croissance et la composition biochimique. *Agronomie Africaine*, **29**(2): 1 – 14.
- Billard R, Marcel J. 1980. Quelques techniques de production de poissons d'étangs. *Pisciculture Française*, **59**: 9-16 et 41-49.
- Chakraborty SC, Ross LG, Ross B. 1992. The effect of dietary protein level and ration level on excretion of ammonia in common carp, *Cyprinus carpio*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, **103** (A): 801-808.
- Cho CY, Bureau DP. 1997. Reduction of waste output from salmonid aquaculture through feeds and feeding. *Program Fish-Culture*, **59**: 155-160.
- Coche AG. 1978. Revue des pratiques d'élevage de poissons en cages dans les eaux continentales. *Aquaculture*, **13**: 157-189.
- Coulibaly ND, Kondombo C, Imien HL. 2021. Effets de la substitution partielle de la farine de poisson par la farine d'asticots sur la croissance du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758). *Journal of Animal & Plant Sciences*, **50**(3) : 9150-9161
- Dedeke GA, Owa SO, Olurin KB, Akinfe AO, Awotedu OO. 2013. Partial replacement of fish meal by earthworm meal (*Libyodrilus violaceus*) in diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, **5**(9): 229-233.
DOI: <https://doi.org/10.5897/IJFA2013.0349>
- Effendi H. 2016. River water quality preliminary rapid assessment using pollution index. *Proceed Environ Sci.*, **33**: 562-567. DOI: 10.1016/j.proenv.2016.03.108.
- FAO. 2022. Autosuffisance de la Côte d'Ivoire en tilapia, FAO : programme FISH4ACP. 22p
- Golterman HL, Clymo, RS, Ohnstad MAM. 1978. *Methods of Physical and Chemical Analysis of Fresh Water*. Blackwell Scientific: Oxford, UK.
- Gourène G, Kobenan KB, Vanga AF. 2002. Etude de la rentabilité des fermes piscicoles dans la région du moyen Comoé. Rapport Technique, Université Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire : 41 p.
- Halla PTHB, Lalel H, Santoso P. 2023. Short Communication: Comparison of the water environment aspects and production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) between biofloc and conventional aquaculture systems in tropical dryland region. *Intl J Trop Drylands*, **7**(1): 12-15. DOI : <https://doi.org/10.13057/tropdrylands/t070102>
- Hasanuzzaman AFMd, Hossian SKZ, Das M. 2010. Nutritional potentiality of earthworm (*Perionyx excavates*) for substituting fishmeal used in local feed company in Bangladesh. *Mesopot. J. Mar. Sci.*, **25**(2): 134-139.
- Jimoh WA, Ayeloja AA, Mowete IE; Yusuf YO, Abubakar MIO. 2022. Aquaculture by-product meal as a fishmeal replacer in African catfish (*Clarias gariepinus*) diet: Effects on serum biochemistry, innate immune response, and oxidative stress markers. *Int. J. Aquat. Biol.*, **10**(2) : 119-130.
- Kestmont P. 2004. Zootechnie aquacole : Reproduction et larviculture. Rapport, université Notre Dame de la paix, Namur, Belgique, 176 p.
- Konan SK, Ouattara N, Yao LA, Gourène adepo B. 2017. Hybridations des taxons *Oreochromis niloticus* (Linnée, 1758) aux taxons *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) et *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) dans les étangs de la station aquacole de Layo (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(6) : 2901-2913. DOI: 10.4314/ijbcs.v11i6.27
- Kunindar S, Efendi E, Supono S. 2018. Utilization of tofu and tapioca industrial liquid waste for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture within different biofloc systems. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, **7** (1): 763-774. DOI: 10.23960/jrtbp.v7i1.p763-774.

- Lawson TB. 1995. *Fundamentals of Aquaculture Engineering*. Chapman and Hall: New York, USA; 355 p.
- Lequenne P. 1984. *Les Fermes Marines*. Ed. Charley Yves Chandroreille ; 126 p.
- Melard C. 2004. Système de production en aquaculture. Systèmes intensifs. Notes de cours, Université de Liège, Belgique, 81 p.
- NRC. 1993. *Nutrient requirements of fish. Committee on Animal Nutrition. Board on Agriculture. National Research Council. National Academy Press: Washington DC; 114 p.*
- Ossey YB, Koumi AR, Koffi KM, Atse BC, Kouame LP. 2012. Utilisation du soja, de la cervelle bovine et de l'asticot comme sources de protéines alimentaires chez les larves de *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *Journal of Animals & Plants Sciences*, **1**(15): 2099-2108.
- Palupi M, Fitriadi R, Wijaya R, Raharjo P, Nurwahyuni R. 2021. Diversity of phytoplankton in the white leg (*Litopenaeus vannamei*) shrimp ponds in the south coastal area of Pangandaran, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, **23** (1): 118-124. DOI: 10.13057/biodiv/d230115
- Pillay TVR. 1992. *Aquaculture and the Environment*. John Wiley and Son: New York, United State of America; 189 p.
- Putri AO, Pamula OYT, Fakhriah Y, Prayogo, Abdul-Manan, Sari LA, Dewi NN, Sudarno. 2019. The comparison of water spinach (*Ipomoea aquatica*) density using aquaponic system to decrease the concentration of Ammonia (NH₃), Nitrite (NO₂), Nitrate (NO₃) and its effect on feed conversion ratio and feed efficiency to increase the survival rate and specific growth rate of African catfish (*Clarias* sp.) in intensive aquaculture. *J Aquac Fish Health.*, **8** (2): 113-122. DOI: 10.20473/jafh.v8i2.13626.
- Radhakrishnan S, Bhavan PS, Seenivasan C, Muralisankar T. 2017. Nutritional Profile of *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Azolla pinnata* to Novel Protein Source for Aquaculture Feed Formulation. *Austin Journal of Aquaculture and Marine Biology*, **2**(1): 1-8.
- Shin KW, Kim SH, Kim JH, Hwang SD, Kang JC. 2016. Toxic effects of ammonia exposure on growth performance, hematological parameters, and plasma components in rockfish, *Sebastes schlegelii*, during thermal stress. *Fish Aquat Sci.*, **19**: 44. DOI : 10.1186/s41240-016-0044-6
- Tarazona JV, Munoz MJ. 1995. Water quality in Salmonid culture. *Reviews in Fisheries Science*, **3**: 109-139.
- Toule AC, Adingra AA, Kouadio-n'gbesso N, Kambiré O, Koffi-nevry R, Koussemon M. 2017. Caractérisations physico-chimiques et bactériologiques des eaux des stations aquacoles de Layo et de Jacqueville (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(6) : 2842-2855. DOI : 10.4314/ijbcs.v11i6.22
- Yone Y, Toshima N. 1979. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **45** : 753-756.