

Etude comparée de la qualité physico-chimique de l'eau, de la croissance et de la survie de *Oreochromis niloticus* en système aquaponique et en circuit fermé classique

Paul Zango^{1,2,*}, Melvin Mutlen¹, Mamert Fils Onana¹, Jacqueline Onya Epouba¹, Nicolas Irénée Mfeg Mfeg¹, Minette Eyango Tomedi¹, Joseph Tchoumbaou³

¹ Université de Douala, Institut des Sciences Halieutiques, Boite Postale 7236, Bassa Douala, Cameroun

² Centre d'Aquaculture Tropicale de Bona Anja Siga Bonjo, Université de Douala, Cameroun

³ Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département des productions Animales, Boite Postale 222 Dschang, Cameroun

Mots clés	Résumé
<p>Circuit fermé classique ; Croissance ; Survie ; Système aquaponique ; <i>Oreochromis niloticus</i>.</p>	<p>L'objectif de ce travail a été de comparer la qualité physico-chimique de l'eau, la croissance et la survie de <i>Oreochromis niloticus</i> en système aquaponique et en circuit fermé classique. C'est ainsi que de mars à avril 2020, 230 adultes de <i>Oreochromis niloticus</i> de poids moyen initial $53,2 \pm 1,03$ g ont été répartis en nombre égal au hasard dans deux bacs en béton fonctionnant en système aquaponique et en circuit fermé classique. Les paramètres physico-chimiques de l'eau ont été mesurés <i>in situ</i> tous les cinq jours et les caractéristiques de croissance de <i>Oreochromis niloticus</i> ont été relevées tous les 15 jours. Par ailleurs, la taille de chaque plant de <i>Capsicum chinense</i> a été mesuré au terme des 45 jours de l'expérimentation et la date de début de floraison a été notée. Au terme de 45 jours d'élevage, les principaux résultats ont été les suivants: Les valeurs d'azote ammoniacal ($0,30 \pm 0,05$ mg/l) et de nitrates ($3,31 \pm 0,70$ mg/l) ont été plus élevées en circuit fermé. Le poids moyen final ($118,30 \pm 25,40$ g) et le gain de poids moyen ($65,10 \pm 28,30$ g) de <i>Oreochromis niloticus</i> ont été plus élevées en système aquaponique qu'en circuit fermé classique. Les valeurs du facteur de condition K ont révélé un meilleur état physiologique de <i>Oreochromis niloticus</i> en système aquaponique ($K = 3,80 \pm 1,60$) qu'en circuit fermé classique ($2,10 \pm 0,70$). Le système aquaponique offre un meilleur milieu de vie et une bonne croissance à <i>Oreochromis niloticus</i> que le circuit fermé classique. Le taux de survie ($91,0 \pm 0,2$ %) et la taille finale de <i>Capsicum chinense</i> ($52,03 \pm 0,5$ cm) ont été plus élevés et l'âge à la floraison ($30,0 \pm 2,0$ j) plus courte en système aquaponique.</p>
<p>Keywords: Aquaponic system; Classical Closed Circuit; Growth; Survival rate; <i>Oreochromis niloticus</i>.</p>	<p>Abstract The aim of this trial was to compare the physicochemical characteristics of water, the survival rate and growth of <i>Oreochromis niloticus</i> under aquaponic and closed classical circuit. To achieve this aim, from March to April 2020, 230 adults of <i>Oreochromis niloticus</i>, with initial mean weight of 53.2 ± 1.03 g were randomly distributed in equal number into two concrete tanks corresponding to an Aquaponic System and Classical Closed system. The physicochemical characteristics were recorded every five days, and data for growth characteristics were collected after 15 days. After 45 days of rearing, the high of <i>Capsicum chinense</i> were measured and age of flowering plants noted. the mains results were as follows: Dissolved Oxygen values (9.0 ± 1.7 mg / l), ammoniac nitrogen (0.3 ± 0.05 mg / l) and nitrates (3.31 ± 0.7 mg / l) were higher in a closed classical circuit as compared to the aquaponic system, the final mean weight (118.3 ± 25.4 g), the mean weight gain (65.1 ± 28.3 g), the condition factor K ($K = 3.8 \pm 1.6$) and survival rate (100%) were higher in aquaponic system. The survival rate (91.0 ± 0.2 %) and the final high of <i>Capsicum chinense</i> (52.03 ± 0.5 cm) were higher and the flowering age (30.0 ± 2.0 j) was very short in aquaponic system. The aquaponic system offers a better environment for life and growth to <i>Oreochromis niloticus</i> and <i>Capsicum chinense</i> as compared to the classical closed circuit.</p>
<p>Historic Received : 08 November 2023 Received in revised form : 13 February 2024 Accepted : 17 March 2024</p>	

1. Introduction

Par sa contribution non négligeable à l'économie nationale, la pêche est un élément important des politiques d'autosuffisance alimentaire [1]. Malgré les politiques de gestion durable des pêcheries, les États restent confrontés au fait que de nombreux stocks de poissons sont surexploités. En effet, plus de 35% des pêcheries les plus riches du monde connaissent actuellement une baisse de leurs stocks [2,3].

Face à ce constat, il est nécessaire d'encourager et d'accroître la production de poisson par le biais de l'aquaculture qui est une pratique qui permet de valoriser et rentabiliser les plans d'eau. Toutefois, le développement d'une aquaculture rentable et durable présente non seulement des défis biologiques et technologiques mais aussi environnementaux [4]. L'une des contraintes majeures en aquaculture porte sur la maîtrise des techniques de productions intensives

*Corresponding author : Université de Douala, Institut des Sciences Halieutiques, Boite Postale 7236, Bassa Douala, Cameroun.
Email: paul1zango@hotmail.com, Tel.: +237 694023823.

respectueuses de l'environnement et donc engendrant moins de pollutions. L'aquaponie repose sur l'intégration de processus de production aquacole et hydroponique permettant le recyclage et la valorisation des nutriments émis par l'élevage aquacole par des cultures végétales. Cette démarche innovante attire les filières aquacoles - car la co-production permet de réutiliser l'eau en permanence pour l'élevage [5]. Ainsi, l'aquaponie, perçue comme une pratique innovante pour la production végétale et animale permet de minimiser les quantités de rejets dans l'environnement est donc une réponse aux défis écologiques de l'aquaculture [5, 6]. Elle fait partie intégrante de la nécessaire diversité des agricultures de demain, orientées autant que faire se peut vers la durabilité et la complémentarité entre systèmes agricoles. Elle a également l'avantage d'être une technique très attractive pour le grand public, et de nombreux porteurs de projets tendent à vouloir développer des activités en lien avec cette pratique novatrice, souvent en milieu urbain ou péri-urbain [6].

L'aquaculture intensive repose généralement sur une approche de monoculture [1,5]. Elle est dépendante de la qualité et de la quantité d'eau disponible, et utilise des quantités importantes d'aliments composés qui génèrent en conséquence des rejets, sous forme de matières organiques solides et d'éléments inorganiques dissous [7]. En effet, la maîtrise des méthodes de productions écologiques des poissons à forte rentabilité constitue actuellement un enjeu capital dans l'amélioration des rendements de l'aquaculture et dans la protection de l'environnement [8]. Les systèmes intensifs intégrés plantes et poissons tels que l'aquaponie constituent une réponse adéquate aux problèmes écologiques posés par l'aquaculture classique. Au Cameroun, les travaux menés en système aquaponique poisson - chat africain (*Clarias Gariepinus*) basilic (*Ocimum Basilicum*) ont montré l'influence de la densité de mise en charge sur la qualité physico-chimique de l'eau et sur les performances de croissance des poissons [9]. Les travaux concernant d'autres espèces animales et végétales restent limités.

C'est dans cet optique que la présente étude s'est donnée pour objectif de comparer les caractéristiques physicochimiques de l'eau, le taux de survie et quelques caractéristiques de croissance de *Oreochromis niloticus* associé à la culture du piment en système aquaponique et en système recirculé classique.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Site de l'étude

L'expérimentation s'est déroulée à la ferme aquacole Agro World Group dans la localité de Bonaloka, Arrondissement de Douala 3^{ème} (LN 4 °04' - 10 °10' et LE 4 °20' - 9 °41) Région du Littoral Cameroun.

2.2. Dispositif expérimental

Il a été composé de deux bacs en bétons de 2,4 m x 1,3 m x 0,85 m. soit 2,65 m³ chacun et remplis au 1/2 avec de l'eau de forage (Figure 1). L'un des deux bacs a été aménagé en système aquaponique (SAQ) et l'autre en circuit fermé classique (CFC).

Dans le bac dédié à l'aquaponie, une pompe à eau de marque EHEIM et de caractéristiques 100 V, 50/60 Hz et 5/6 Watt y a été installée dans un angle. La pompe à eau a été reliée à une extrémité d'un tuyau en PVC de 12 cm de diamètre dans lequel circule l'eau pompée. Le tuyau en PVC est maintenu en équilibre, horizontalement et à environ 80 cm au-dessus du bac à l'aide de supports vissés à un mur. Ce tuyau a été perforé de trous dans sa face en regard avec la toiture ; chaque trou étant séparé de l'autre par un espace de 15 cm. Sur chaque trou, un bocal en PVC de 8 cm de diamètre et de 12,5 cm de hauteur a été introduit et fixé. Dans chacun des 30 bocaux ainsi disposés, de la pouzzolane (préalablement lavée et rincée à l'eau du forage) a été introduite au 2/3 de la contenance du bocal et des plants de *Capsicum chinense* (Piment) de taille moyenne initiale 14,01 ± 0,35 cm y ont été repiqués (Figure 1a).

Ces deux dispositifs étaient installés à l'intérieur d'une maison dont la toiture est faite de tôles en plastique transparent qui laissent passer les rayons lumineux nécessaires à la photosynthèse de plants de *Capsicum chinense*.



a : système aquaponique ; b : circuit fermé classique

Figure 1 : Dispositif expérimental

2.3. Fonctionnement et suivi du système expérimental

La durée de l'expérimentation a été de 45 jours. Les pompes à eau introduites dans chaque bac ont été mises en marche 1 jour avant le début de l'expérimentation afin de vérifier le bon fonctionnement des deux systèmes. Par ailleurs, 230 juvéniles de *Oreochromis niloticus* de poids moyen 53, 2 ± 1, 03 g ont été placés pendant 5 jours dans un bac en plastique contenant 200 litres d'eau de forage pour acclimatation. Au terme de ces 5 jours d'acclimatation, les bacs des deux systèmes d'élevage (système aquaponique et circuit fermé classique) ont été empoissonnés à raison de 115 juvéniles par bac ; soit une biomasse de mise en charge de 4,62 kg/m³ d'eau. Cette biomasse de mise en charge correspond au système intensif.

Les juvéniles de *Oreochromis niloticus* ont été nourris chaque jour à 10 h et à 15 h à l'aliment importé de marque Biomar à 45% de protéines brutes. Les quantités d'aliments distribuées à 5% de l'ichthyobiomasse.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau (la température, le potentiel d'hydrogène (pH), l'oxygène dissous, les nitrates (NO₃⁻), et l'azote ammoniacal (NH₄⁺) des deux systèmes d'élevage ont été mesurés entre 8 h et 9 h [9 et 10] tous les cinq jours alors que les caractéristiques de croissance (poids, longueur totale et longueur standard) ont été mesurées tous les 15 jours. La taille de chaque plant de *Capsicum chinense* a été mesurée au terme des 45 jours de l'expérimentation et la date de début de floraison a été notée.

Les individus morts de *Oreochromis niloticus* et de *Capsicum chinense* (Piment) ont été dénombrés tous les matins. Les individus morts de *Oreochromis niloticus* ont été retirés des bacs.

La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure et les résultats ont été exprimés en °C.

L'oxygène dissous a été mesuré à l'aide d'un oxymètre de marque Milwaukee. Les résultats ont été exprimés en mg/L.

Le pH a été mesuré à l'aide d'un kit-test de marque aquaread. La mesure s'est faite en prélevant 5 ml d'eau de chaque bac et en y introduisant 5 gouttes de réactif de pH.

L'azote ammoniacal (NH₄⁺) et les nitrates (NO₃⁻) ont été mesurés au moyen d'un kit test de marque aquaread. En effet, le dosage de l'azote ammoniacal s'est fait en prélevant 5 mL d'eau de chaque bac et en y introduisant 4 gouttes de réactif de NH₄⁺. L'échantillon a été agité et laissé reposer pendant 2 min. La lecture du résultat obtenu a été faite en comparant la couleur de l'échantillon à celle des fiches colorées des résultats. Le dosage des nitrates a été fait suivant le même procédé en utilisant le réactif de nitrates. Les résultats ont été exprimés en mg/l.

2.4. Mesure des caractéristiques de croissance de *Oreochromis niloticus*

Des pêches de contrôle ont été effectuées une fois tous les 15 jours. Les caractéristiques de croissances ont été mesurées sur un échantillon de 10 individus prélevés dans chacun des deux systèmes d'élevage. Les individus ayant servis à la prise de mesures ont été remis progressivement dans leur système d'élevage respectif. Ainsi, la longueur totale qui représente la distance allant de l'extrémité de la bouche à celle de la nageoire caudale a été mesurée au moyen d'un ichtyomètre de fabrication locale. De même, la longueur standard qui représente la distance allant de l'extrémité de la bouche au début de la nageoire caudale a été mesurée à l'aide du même ichtyomètre.

Le poids de chacun des 10 individus de *Oreochromis niloticus* pêchés a été mesuré à l'aide d'une balance de marque Terrailon. Les tailles et le poids des individus ont respectivement été exprimés en centimètre (cm) et en gramme (g).

Paramètres de croissance étudiés :

- **Le poids moyen** est le rapport entre la somme des poids des 10 individus de *Oreochromis niloticus* pesés à chaque pêche de contrôle sur le nombre d'individus pesés. $P_m = \sum P_i / N$. Avec N = nombre d'individus pesés et P_i le poids de chacun des individus. P_i est exprimé en gramme

- **Le Gain de Poids Moyen (GPM)** est le rapport entre le poids moyen des individus à la fin de l'essai (P_{mf}) et le poids moyen des individus au début de l'essai (P_{mi}). $GPM = P_{mf} - P_{mi}$. GPM , P_{mf} et P_{mi} sont en grammes. **Le Taux de Croissance Spécifique (TCS)** représente la vitesse instantanée de croissance des différents individus de *Oreochromis niloticus*. Sa formule est $TCS = 100 \times (\ln P_{mf} - \ln P_{mi}) / \Delta t$. Avec Δt = durée de l'expérience en jours et TCS en pourcentage du poids par jour (%g/j).

- **Le Taux de Survie (TS)** est le rapport entre le nombre d'individus obtenus à la fin de l'essai sur le nombre d'individus de départ. Il est exprimé en pourcentage et calculé grâce à la formule : $TS (\%) = 100 \times (N_{pf} / N_{pi})$. Avec N_{pi} le nombre de poissons au début de l'essai et N_{pf} le nombre de poissons à la fin de l'essai.

- **Le coefficient ou facteur de condition K**
- Il est donné par la formule: $K = (P_t / L_t^3) \times 100$. Avec P_t = poids total du poisson en g ; L_t = longueur totale du poisson en cm

- **Relations poids-longueur** : La relation entre la longueur totale des poissons et leur poids est en général de type exponentiel. Elle est représentée par la relation $Y = aX^b$ (Gayon, 1936). Avec Y = poids total du poisson ; X = longueur totale du poisson; a et b sont des facteurs caractéristiques du milieu et de l'espèce. Avec a = l'ordonné à l'origine, b = coefficient d'allométrie. Le type de croissance est déterminé en fonction de b .

2.5. Analyses statistiques

Le tableur Microsoft Excel 2010 a été utilisé pour calculer les moyennes, les écarts types et pour tracer les diagrammes. Le logiciel XLSTAT 2007 a permis de réaliser le test de student au seuil de signification de 5%. Le logiciel SPSS version 16.0 a permis d'établir les relations allométriques entre les différentes caractéristiques de croissance et pour déterminer les corrélations entre les variables.

3. Résultats

3.1. Evolution des caractéristiques physico-chimiques de l'eau en fonction du système d'élevage au cours du temps

La valeur la plus élevée de pH (8,2) en système aquaponique a été observée au 45^{ème} jour de l'expérimentation tandis que la plus faible (6,8) a été enregistrée au jour 25 (Figure 2A). Le pH moyen dans le système aquaponique a été de $7,5 \pm 0,4$. Dans le circuit fermé classique, les valeurs de pH les plus élevées (7,4) ont été observées aux jours 10 et 15

alors que la valeur la plus faible (6,1) a été observée au jour 40 (Figure 2A). En outre, dans le système aquaponique les valeurs de pH ont été significativement plus élevées que le circuit fermé classique ($p = 0,037$; $\alpha = 0,05$).

Dans le système aquaponique, la valeur de température la plus élevée (29,3°C) a été observée au 25^{ème} jour et les valeurs les plus faibles (28°C) ont été enregistrées respectivement aux jours 15, 40 et 45. La température moyenne dans le système aquaponique est de $28,6 \pm 0,5$ (Figure 2 B). En circuit fermé classique, la valeur la plus élevée de température (30°C) a été observée au 20^{ème} jour et la plus faible (28°C) a été observée au jour 40. La température moyenne en circuit fermé classique a été de $28,9 \pm 0,7$ (figure 2 B). Cependant, aucune différence significative n'a été notée entre les deux systèmes d'élevage

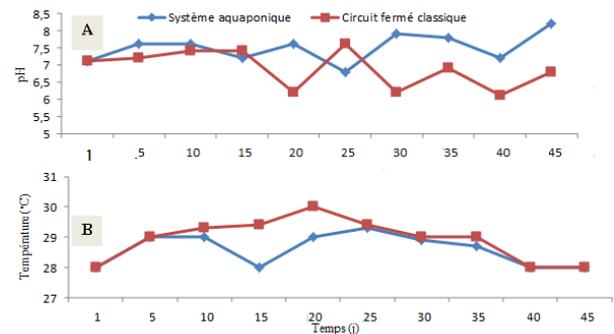


Figure 2 : Evolution journalière du pH (A) et de la température (B) dans les deux systèmes d'élevage

Le système aquaponique a montré des teneurs en oxygène dissous élevées avec des pics atteignant 11,2 mg/l (jours 35 et 45). Dans ce système, la plus faible (7,1 mg/L) concentration en oxygène dissous a été observée au 10^{ème} jour de l'expérimentation. La teneur moyenne en oxygène dissous dans le système aquaponique est de $9 \pm 1,70$ mg/L. Dans le circuit fermé classique, les teneurs en oxygène dissous les plus faibles (4,2 mg/L) ont été observées au 40^{ème} et au 45^{ème} jour de l'essai alors que les teneurs les plus élevées (7,2mg/L) ont été observées au 5^{ème} jour de l'expérimentation (figure 3A). La teneur moyenne en oxygène dissous du circuit fermé est de $5,70 \pm 1,00$ mg/L. Le système aquaponique a montré des teneurs significativement plus élevées que le circuit fermé classique ($p < 0,0001$; $\alpha = 0,05$). L'essentiel des teneurs en azote ammoniacal en système aquaponique est compris entre 0,18 et 0,3 mg/L. La plus forte teneur en azote ammoniacal a été observée au 20^{ème} jour de l'expérimentation tandis que la plus faible a été observée au 30^{ème} jour (Figure 3B). La valeur moyenne d'azote ammoniacal est de $0,22 \pm 0,04$ mg/L. Dans le circuit fermé classique, les plus faibles teneurs (0,23 mg/L) d'azote ammoniacal ont été observées au 5^{ème} jour de l'expérimentation et les plus élevées (0,38 mg/L) ont été observées aux jours 20 et 30 de l'essai (Figure 3B). En circuit fermé classique, la teneur moyenne d'azote ammoniacal est de $0,30 \pm 0,05$. En outre, le circuit fermé classique a montré des teneurs significativement plus élevées que le système aquaponique ($p = 0,0001$; $\alpha = 0,05$).

Dans le système aquaponique, la teneur en nitrates la plus élevée a été de 2,3 mg/L obtenue au 40^{ème} jour de l'expérimentation et la plus faible (1,3 mg/L) a été observée au 25^{ème} jour (figure 3C). La teneur moyenne des nitrates en système aquaponique est de $2,0 \pm 0,3$ mg/L. En circuit fermé classique, la teneur en nitrates la plus élevée (4,01 mg/L) a été observée au 25^{ème} jour de l'essai tandis que la plus faible (2,3mg/L) a été observée au 5^{ème} jour (Figure 3C). La teneur moyenne des nitrates dans ce système est de $3,31 \pm 0,7$ mg/L. Ainsi, le circuit fermé a montré des teneurs en

nitrites significativement plus élevées que le système aquaponique ($p = 0,0001$; $\alpha = 0,05$).

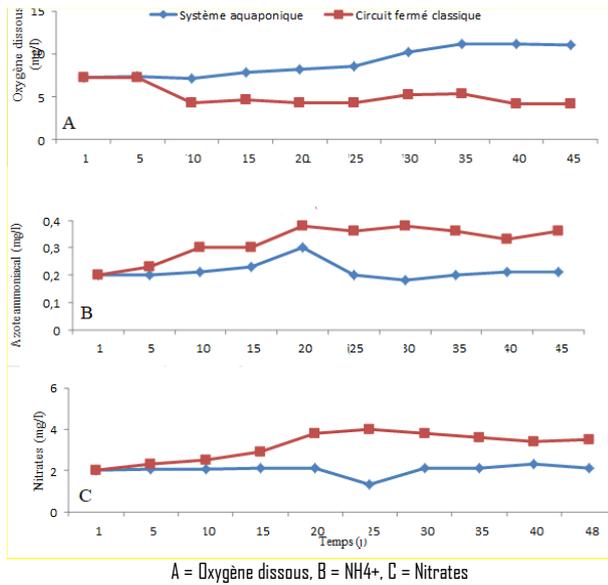


Figure 3: Evolution journalière de la physico-chimie de l'eau des deux systèmes d'élevage

3.2. Performances de croissances de *Oreochromis niloticus* en fonction du système d'élevage

Entre le jour 1 et le jour 15 de l'expérimentation, le gain de poids moyen des individus de *Oreochromis niloticus* est sensiblement égal dans les deux systèmes d'élevage. En effet, les juvéniles de *Oreochromis niloticus* sont passés d'un poids moyen de $53,2 \pm 6,14$ g à $72,4 \pm 7,51$ g en système aquaponique et de $53,2 \pm 6,14$ g à $72,3 \pm 7,25$ g en circuit fermé classique. Du jour 15 au jour 30, le gain de poids moyen en système aquaponique a été de $27,1 \pm 5,18$ g tandis qu'en circuit fermé classique, il a été de $23,4 \pm 4,28$ g. Entre le jour 30 et le jour 45, les poids moyens des individus en système aquaponique sont passés de $99,5 \pm 2,23$ g à $118,3 \pm 25,42$ g et en circuit fermé classique de $95,7 \pm 2,96$ g à $109,8 \pm 12,77$ g (Figure 4 A).

Au terme de l'essai, en système aquaponique, les poissons sont passés en moyenne de $53,2$ g à $118,3$ g soit un gain de poids moyen final de $65,1 \pm 28,3$ g. En circuit fermé classique le gain de poids moyen final a été de $56,6 \pm 15,9$ g ; les juvéniles de *Oreochromis niloticus* étant passés d'un poids moyen initial de $53,2$ g à un poids moyen final de $109,8$ g. en outre, le système aquaponique a enregistré un gain de poids moyen significativement plus élevé que le circuit fermé classique (Tableau 1).

La longueur totale des individus de *Oreochromis niloticus* entre le jour 1 et le jour 15 est passé de $11,1 \pm 1,04$ cm à $14,7 \pm 0,74$ cm en système aquaponique et de $11,1 \pm 1,04$ cm à $14,65 \pm 1,15$ cm en circuit fermé classique. Du jour 15 au jour 30, les individus de *Oreochromis niloticus* ont gagné en longueur $1,79 \pm 0,28$ cm en système aquaponique tandis qu'en circuit fermé classique, il a été de $1,46 \pm 0,47$ cm. Entre les jours 30 et 45, de l'expérimentation, la longueur des individus est passée de $16,5 \pm 1,02$ cm à $18,55 \pm 25,42$ cm en système aquaponique et de $16,1 \pm 2,96$ cm à $18 \pm 2,097$ cm en circuit fermé classique (Figure 4 B). Le gain de longueur final entre les deux systèmes d'élevage a été de $7,45 \pm 3,13$ cm pour le système aquaponique et de $6,9 \pm 2,097$ cm pour le circuit fermé classique. Toutefois, la longueur totale des deux systèmes d'élevage n'a pas significativement varié.

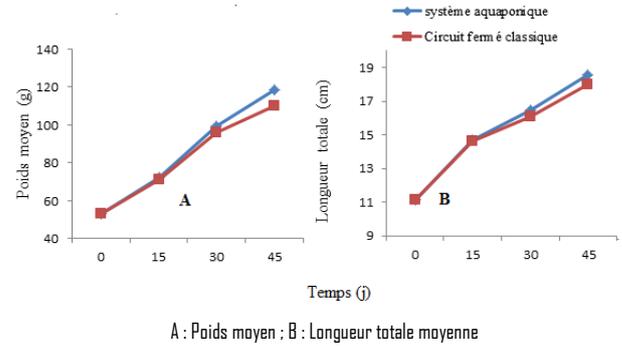


Figure 4: Evolution journalière du poids moyen et de la longueur totale des systèmes d'élevage

3.3. Taux de croissance spécifique et du facteur de condition des deux systèmes d'élevage

Le taux de croissance spécifique n'a pas significativement varié d'un système à un autre. Ainsi, un taux de croissance spécifique final de $1,7 \pm 0,6$ %g/j a été obtenu en système aquaponique tandis qu'en circuit fermé classique, ce taux a été de $1,6 \pm 0,4$ %g/j.

Globalement, le facteur de condition k a été > 1 dans les deux systèmes d'élevage au cours de l'expérimentation. Toutefois, le facteur de condition K a été plus élevé ($3,8 \pm 1,6$) en système aquaponique qu'en circuit fermé classique où il a été de $2,1 \pm 0,7$ (Tableau 1). Ces valeurs de condition K traduisent un meilleur embonpoint de *Oreochromis niloticus* en système aquaponique qu'en circuit fermé classique.

Tableau 1: Taux de croissance spécifique et du facteur de condition des deux systèmes d'élevage

Paramètres	Système aquaponique (SAQ)	Circuit fermé classique (CFC)
Poids moyen final (g)	$118,3 \pm 25,4^a$	$109,8 \pm 12,7^b$
GPm (g)	$65,1 \pm 28,3^a$	$56,6 \pm 15,9^b$
TCS (%g/j)	$1,7 \pm 0,6^a$	$1,6 \pm 0,4^b$
K (g/cm ³)	$2,1 \pm 0,7^a$	$3,8 \pm 1,6^b$

(a, b) : les chiffres affectés de la même lettre dans la colonne ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

3.4. Relation poids / longueur totale en fonction du système d'élevage

Les droites de régressions des deux systèmes d'élevage ont montré une corrélation positive dans les deux systèmes d'élevage.

L'ajustement du nuage de points obtenu donne une équation de type $Y = aX^b$. Les équations de régression révèlent que le coefficient d'allométrie b a été inférieur à 3 (Figure 5 A) dans les deux systèmes d'élevage, ce qui traduit une allométrie minorante avec une croissance en longueur qui est plus rapide que le cube de poids (figure 5 B) dans les deux systèmes d'élevage.

Le coefficient de détermination R^2 a été de 0,8608 en système aquaponique ; ce qui explique à 86,06% que le développement du poids est fonction de la taille dans ce système. Ce coefficient a été de 0,744 en circuit fermé classique, cette valeur explique à 74,4% un développement du poids qui est fonction de la taille dans ce système.

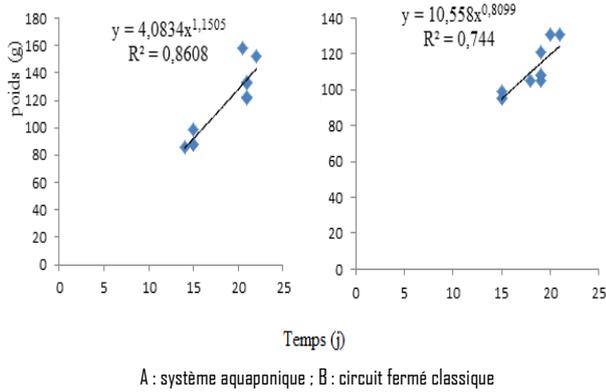


Figure 5: Evolution journalière du poids moyen et de la longueur totale des systèmes d'élevage

3.5. Taux de survie de *Oreochromis niloticus* en fonction du système d'élevage

Le taux de survie des individus de *Oreochromis niloticus* obtenu dans les deux systèmes d'élevage n'a pas significativement varié. En effet, un seul individu a été retrouvé mort en circuit fermé classique alors qu'en système aquaponique, aucun individu n'a été retrouvé mort. Ainsi, un taux de survie de 100% a été obtenu en système aquaponique tandis qu'en circuit fermé classique, ce taux a été de 99,13%.

3.6. Taux de survie des plantes de piment en fonction du système de culture

Le taux de survie des plantes de piment en système aquaponique a été plus élevé par rapport au système de culture classique (Figure 6).

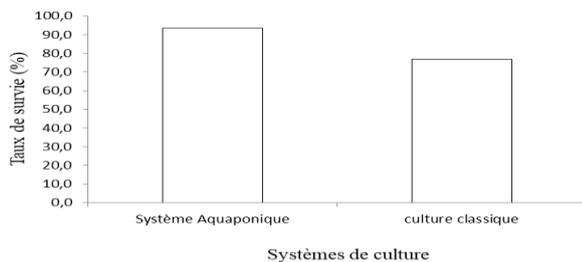


Figure 6: Taux de survie des plantes de piment en fonction du système de culture

3.7. Taille finale des plantes de piment et début de floraison en fonction du système d'élevage

Tout comme le taux de survie, la taille finale des plantes a été plus élevée en système aquaponique (Figure 7) comparé au système de culture classique.

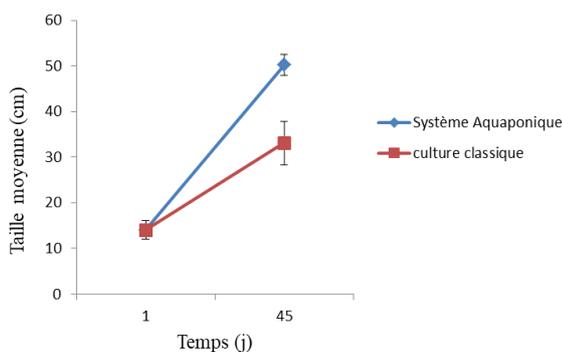


Figure 7: Taille moyenne finale des plantes de piment en fonction du système de culture

3.8. Age au début de floraison des plantes de piment en fonction du système d'élevage

Tel qu'il ressort de la Figure 8, la floraison débute plus tôt en système aquaponique qu'en système de culture classique.

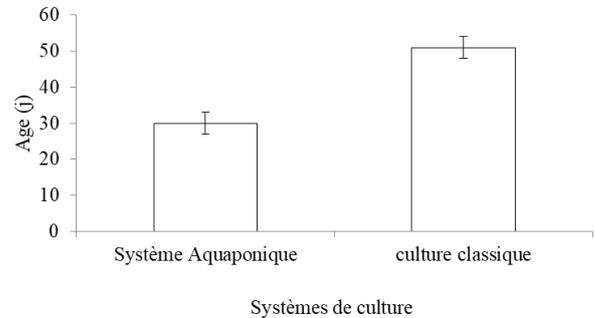


Figure 8: Age au début de floraison en fonction du système de culture

4. Discussion

Les valeurs moyennes de pH, de température, d'oxygène dissous, d'azote ammoniacal et de nitrates de l'eau en système aquaponique sont restées dans l'optimum vital de *Oreochromis niloticus* [11, 12]. En effet, l'optimum vital de *Oreochromis niloticus* proposé par cet auteur est : $OD > 6\text{mg/l}$; $NH_4^+ < 0,3\text{mg/l}$ et $NO_3^- < 3\text{mg/l}$; pH 6-9; et température 25-30°C. Par contre, les valeurs d'azote ammoniacal, de nitrates et d'oxygène dissous obtenus en circuit fermé classique sont légèrement sorties de cet optimum vital. Les valeurs de pH et d'oxygène dissous ont été plus élevées en système aquaponique. Par contre les nitrates ont été plus élevés en circuit fermé classique.

Les fortes teneurs en oxygène dissous s'expliqueraient par l'activité photosynthétique des plantes en système aquaponique. En effet, par le processus de photosynthèse, les plantes libèrent de l'oxygène qui est ensuite utilisé par les poissons dans leur milieu de vie [12]. Par ailleurs, les fortes teneurs d'azote ammoniacal et de nitrates observées dans le circuit fermé traduiraient l'abondance de matières organiques dissoutes qui lorsqu'elle est couplé à une pauvreté du milieu en oxygène dissous, elle entraîne une minéralisation prolongée par conséquent une forte prolifération des bactéries. Toutefois, les teneurs moyennes de nitrates légèrement au-dessus de 3 mg/l [13] traduisent une tendance à l'eutrophie de ce système. Par ailleurs, l'absorption des nutriments par les plantes empêche leur accumulation et prolonge l'utilisation de l'eau [14]. Les résultats de l'azote ammoniacal et des nitrates sont conformes à ceux obtenus dans un système aquaponique avec du Basilic en Islande [15]. Le poids moyen, la longueur totale et le gain de poids moyen de *Oreochromis niloticus* ont été plus élevés en système aquaponique alors qu'en circuit fermé classique, ces valeurs ont été plus faible. Cette différence s'expliquerait par des teneurs en oxygène dissous relativement faible et des composés azotés élevés en circuit fermé classique. Les composés azotés et les teneurs en oxygène dissous font partie des éléments qui favorisent où limitent la croissance de la biomasse en pisciculture [16]. La relation poids/longueur totale a montré une allométrie négative dans les deux systèmes d'élevage traduisant une croissance en longueur plus développée que la croissance pondérale. Les valeurs du facteur de condition K ont montré un meilleur embonpoint de *Oreochromis niloticus* en système aquaponique qu'en circuit fermé classique. Ces résultats montrent que l'aquaponie assure un meilleur état physiologique des poissons d'élevage [14, 17]. Le taux de survie des

individus de *Oreochromis niloticus* n'a pas significativement varié d'un système d'élevage à un autre. Toutefois, ce taux a été plus fort en système aquaponique qu'en circuit fermé classique. Ceci pourrait s'expliquer par les conditions de vie des individus à travers le facteur de condition K qui a été plus élevé en système aquaponique [18, 19]. La taille moyenne finale des plantes en système aquaponique plus élevée traduirait une disponibilité en éléments nutritifs plus importante [20, 21].

5. Conclusion

Les résultats des analyses physico-chimiques révèlent que le système aquaponique offre une meilleure qualité de l'eau aux individus de *Oreochromis niloticus* que le circuit fermé classique. Les caractéristiques de croissance ont montré une croissance plus élevée des individus de *Oreochromis niloticus* en système aquaponique qu'en circuit fermé classique. Les relations allométriques établies entre le poids et la longueur totale ont révélées que la longueur totale a une évolution plus rapide que celle du poids. En somme, le système aquaponique offre un meilleur milieu de vie et une bonne croissance aux individus de *Oreochromis niloticus* ainsi qu'un bon développement des plantes à travers les effluents d'élevage.

Remerciements

Nous remercions infiniment Monsieur Boris Youdom, responsable de la ferme aquacole Agro World Group pour la mise à notre disposition des infrastructures et de l'assistance technique.

Références

1. FAO., 2018. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2014. Possibilités et défis, Rome, 2014
2. Monica N., Zahidah H., Sumadi, Herman H., Yuli A., Ujang S., 2020. Growth of striped catfish fingerlings (*Pangasianodon hypophthalmus*) in aquaponic system with fine bubbles (FBs) application. *Asian J Fish Aquat Res.* 7(2): 1-9.
3. Goodman E.R., 2005. Aquaponics community and economic development. Arizona State Univ. Aquaponic University. Master in city planning at the Massachusetts Institute of Technology. 100p.
4. IFREMER., 2009. VI-Fiche réalisée pour Bibliomer <http://www.bibliomer.com/> et le centre de veille des produits aquatiques <http://veilleproduitsaquatiques.com/> IFREMER Brest, Pointe du Diable, 29280 Plouzané, 9p.
5. Foucard P., Tocqueville A., Gaumé M., Lejolivet C., Labbé L., Darfeuille B., Baroiller J.F., 2016. Premières expérimentations d'aquaponie associant aquaculture et horticulture. Rapport technique. <https://www.researchgate.net/publication/322716308>. Consulté le 21/12/2023 à 19h15.
6. Foucard P., Tocqueville A., Gaumé M., Labbé L., Baroiller J.F., Lejolivet C., Lepage S., Darfeuille B. 2015. Tour d'horizon du potentiel de développement de l'aquaponie en France : présentation et regard critique sur cette voie de développement alternative pour les productions piscicoles et horticoles. *Innov Agron.* 45 (2015), 125-139
7. Foucard P., Tocqueville A., Lejolivet C., Gaume M., Labbe L., Darfeuille B., Baroiller J.F., 2016. Aquaponie innovation végétale et aquaculture : mise en place de pilotes. *5^{èmes} Journées de la Recherche Filière Piscicole*, 5 et 6 juillet 2016.
8. Diver S., 2006. Aquaponics-integration of hydroponics with aquaculture, attra national sustainable agriculture information service- 1-800-346-9140.
9. Nana T. A., Djousse K. B. M., Kouayep S., Djakou Y. R., Youmsi M. A., and Ali N. H. T. 2022. Conception et évaluation d'un système aquaponique poisson-chat (*Clarias Gariepinus*) basilic (*Ocimum basilicum*) avec biofiltration en fonction de la densité des poissons. *International Journal of Innovation and Scientific Research* ISSN 2351-8014 Vol. 61 No. 1 Jun. 2022, pp. 22-33 © 2022 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijisr.issr-journals.org/>
10. Lavenant, M., La Pomelie, C., Paquette, P., 1995. Aquaculture en système clos : estimation des coûts de production pour l'élevage du bar et du turbot. IFREMER - Service Economie Maritime., 155: 5-11.
11. Sara M. P., Giovanni L.M., Kevin M. F. & Mauricio G. C. E., 2018. Integrated production of fish (pacu *Piaractus mesopotamicus* and red tilapia *Oreochromis* sp.) with two varieties of garnish (scallion and parsley) in aquaponics system. Springer International Publishing AG. *Aquacult Int* (2018) 26:99–112 DOI 10.1007/s10499-017-0198-y. .
12. Nguyen P. C. T., Tran Q. N., Thai T. T. and Nguyen N. T., 2023. Influence of different hydroponic units on fish and plant performance and water quality in a snakehead fish-mint aquaponics system. *Earth Environ. Sci* 1155 012006
13. Rakocy J. E., Masser, M. P., Losordo, T. M., 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture, Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 454, 1-16.
14. Turcios A.E., Papenbrock J., 2014. Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents —What Can We Learn from the Past for the Future? *Sustainability* 6, 836-856.
15. Tyson R., Simonne J., Eric H.S., White J.M., Lamb M., 2004. Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the pH levels. *Hort. Soc.* 117, 79-83.
16. Tyson R., Simonne J., Eric H.S., Treadwell D., 2008. Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponics system with perlite biofilters. *Hort Science* 43(3), 719-724.
17. Yuli A., Zahidah H., Irfan Z., Isni N., Iskandar, Rahmadi K., 2021. The effectiveness of filters on catfish *Clarias gariepinus* fry performance in the aquaponic system. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 20 (2), 101–114.
18. Mohd J.K., Nur S.I. A. D., Muhammad H.A. B., Anwar J., and Mimi H. H., 2019. Performance of Water Treatment Techniques on Cocopeat Media Filled Grow Bed Aquaponics System. *E3S Web of Conferences* 90, 0 2019) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199002001>.
19. Zipporah G., Paul M. Erick D., Silke D., Werner Z., David L., Peter A. and Herwig W., 2019. Growth and nutrient removal efficiency of sweet wormwood (*Artemisia annua*) in a recirculating aquaculture system for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Water* 11, 923.
20. Mirela C., Lorena D., Marian T.C., Cristian R., Săndița P. Maria D. S., Ion V., 2022. Comparative Study on the Growth and Development of Thyme and Basil Herbs in Aquaponic System and Hydroponic System *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. Vol. LXV, No. 1, 2022.
21. Murat Y., Mehmet A. T. K., Hüseyin S., Edis K., 2023. Effect of different hydraulic loading rates on growth of basil (*Ocimum basilicum* L. 'Genovese') in nutrient film technique aquaponics. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40(3), 155-165.