Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2026 ; 9(2), 438-453
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Évaluation de l'intégration d'*Amaranthus cruentus* (L.) Thell et d'*Oreochromis niloticus* L. au sein d'un dispositif aquaponique en conditions réelles à Kinshasa

Alain Asha Nkoso[1], Willy Lusasi Swana[2]*, Jean-Jacques Woto Onyake[1], Clément Munganga Kilingwa[1], Camille Nsimanda Ipey[1], Victor Pwema Kiamfu[2], Shango Mutambwe[1]

[(1)]Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologies. Mention Sciences et Gestion de l'Environnement. BP 127 Kinshasa XI (RDC). E-mail : willy.lusasi@unikin.ac.cd
[(2)]Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologies. Mention Sciences de la Vie. Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture. BP 127 Kinshasa XI (RDC).

Reçu le 28 avril 2026, **accepté le** 05 juin 2026, **publié en ligne le** 27 juin 2026
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i2.42

RESUME

Description du sujet. En milieu urbain, l'aquaponie représente une solution innovante pour accroître la production alimentaire locale et répondre aux défis de la sécurité nutritionnelle.
Objectif. Cette étude évalue la co-culture de l'amarante (*Amaranthus cruentus*) et du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) dans un système aquaponique à Kinshasa (RDC), afin de diversifier les techniques de production durable.
Méthodes. L'expérimentation a été menée durant 60 jours. Les paramètres physico-chimiques du milieu, ainsi que les performances zootechniques des poissons et phytotechniques de l'amarante, ont été évalués régulièrement.
Résultats. Les données confirment la viabilité du système pour la production de protéines animales et végétales. Chez *les poisons Oreochromis niloticus*, bien que le taux de survie soit passé de 100 % à 75 %, le poids moyen a progressé de 12 ± 1,05 g à 89,0 ± 6,12 g, et la taille de 31 ± 0,12 mm à 118 ± 4,92 mm. Concernant *Amaranthus cruentus*, la croissance est significative : la hauteur moyenne des plants est passée de 3,7 ± 0,63 cm à 27,3 ± 2,07 cm, le diamètre au collet de 0,48 ± 0,04 cm à 2,37 ± 0,23 cm, et le nombre moyen de feuilles de 2,0 ± 0,03 à 9 ± 1,5.
Conclusion. Ces résultats démontrent le potentiel de l'aquaponie comme levier de lutte contre la pauvreté et la malnutrition en RDC. Ils fournissent une base technique essentielle pour le déploiement de programmes de résilience alimentaire en milieux urbains et ruraux.

Mots-clés : Aquaponie, *Oreochromis niloticus*, *Amaranthus cruentus*, croissance, Kinshasa.

ABSTRACT

Evaluation of the Integration of *Amaranthus cruentus* (L.) Thell and *Oreochromis niloticus* L. into an Aquaponic System Under Real-World Conditions in Kinshasa
Description of the subject. In urban areas, aquaponics offers an innovative solution for increasing local food production and addressing food security challenges.
Objective. This study evaluates the co-culture of amaranth (*Amaranthus cruentus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in an aquaponics system in Kinshasa (DRC), with the aim of diversifying sustainable production techniques.
Methods. The experiment was conducted over 60 days. The physicochemical parameters of the environment, as well as the zootechnical performance of the fish and the phytotechnical performance of the amaranth, were regularly evaluated.
Results. The data confirm the viability of the system for the production of animal and plant proteins. In *Oreochromis niloticus* (*O. niloticus*) fish, although the survival rate decreased from 100% to 75%, the

average weight increased from 12 ± 1.05 g to 89.0 ± 6.12 g, and the size from 31 ± 0.12 mm to 118 ± 4.92 mm. Regarding *A. amaranthus* cruentus, growth was significant: the average plant height increased from 3.7 ± 0.63 cm to 27.3 ± 2.07 cm, the collar diameter from 0.48 ± 0.04 cm to 2.37 ± 0.23 cm, and the average number of leaves from 2.0 ± 0.03 to 9 ± 1.5.
Conclusion. These results demonstrate the potential of aquaponics as a tool for combating poverty and malnutrition in the DRC. They provide an essential technical foundation for the implementation of food security programs in urban and rural areas.

Keywords: Aquaponics, *Oreochromis niloticus*, *Amaranthus cruentus*, growth, Kinshasa.

1. INTRODUCTION

Actuellement, 55 % de la population mondiale vit en zones urbaines et cette proportion devrait passer à 68 % d'ici 2050. Les projections montrent que l'urbanisation, combinée à la croissance pourrait ajouter 2,5 milliards d'habitant supplémentaires aux zones urbaines d'ici 2050 dont près de 90 % en Asie et en Afrique. Il est donc vital de trouver de l'espace pour produire de la nourriture de qualité au plus près de consommateurs (Hounsa, 2019). Ce problème reste réel pour beaucoup de pays et malgré les grands efforts déployés dans ce domaine. Pour certains d'auteurs, la persistance de cette situation serait dû à la diversification et à la croissance des besoins alimentaires des individus et à l'exploitation irrationnelles des ressources disponibles (Kifufu *et al.,* 2025).

C'est suite à cette réalité dans bon nombre de pays en développement, l'agriculture urbaine et périurbaine fut reconnue comme enjeu majeur en termes d'approvisionnement des villes, d'emplois, d'activités génératrices de revenus et de gestion de l'environnement mais aussi et surtout en termes de lutte contre l'insécurité alimentaire (Maty, 2003). C'est le cas à Kinshasa, où la ceinture verte qui entourait la ville à l'époque coloniale, avait une vocation maraîchère et assurait l'approvisionnement de la ville en légumes mais qui depuis les années 70 est envahie par des habitants à la recherche de terres pour un usage résidentiel (Kifufu *et al.,* 2025).

Récemment, le développement de la technologie a rendu possible des avancées majeures dans le domaine de l'agriculture de précision qui a énormément augmenté les rendements et les profits tout en diminuant les impacts environnementaux de l'agriculture traditionnelle (McBratney *et al.,* 2014). Parallèlement, les avancées technologiques ont aussi entraîné l'apparition de nombreuses techniques agricoles innovantes (Kozai *et al.,* 2016) respectueuses de l'environnement (Castonguay et Berge, 2013) et qui selon certains auteurs, permet d'avoir une production annuelle jusqu'à 100 fois plus importante grâce à une production non-interrompue et un environnement acceptable (Kifufu *et al.,* 2025).

La République Démocratique du Congo avec ces forêts tropicales et son réseau hydrographique, est le deuxième plus grand massif forestier tropical du monde, après celui de l'Amazonie (Pwema *et al.,* 2021). Elle possède d'énormes ressources naturelles caractérisées par leurs plus grandes diversités faisant de ce pays, l'un des points de la diversité mondiale. Malgré ces ressources qui devaient améliorer les revenus des congolais et favoriser la production de nombreux produits utilisés dans l'alimentation, le pays est classé parmi les pays les plus pauvres du monde possédant aussi le plus grand nombre de personnes vivant en insécurité alimentaire élevé touchant 70 % de la population (ACF, 2002 et 2009).

Par ailleurs, selon la FAO *et al.* (2022), 80 % de la population congolaise vit en deçà du seuil de la pauvreté et dépense moins d'un dollar américain/personne/jour pour se nourrir. Les résultats des enquêtes menées par FAO (2003) indiquent encore que les congolais consomment en moyenne 1349 calories et 36 g de protéines/personnes/jour. Les congolais consomment ainsi environs deux fois moins de calories que la moyenne subsaharienne (2150 calories) et mondiale (2750 calories). A Kinshasa, dans les quartiers centraux, les moyennes sont de 1579 g calories et 46 g de protéines contre 1165 calories et 27 g de protéines dans les quartiers périphériques (ACF, 2002, 2009).

Pour combler ce déficit en protéines animales, les consommateurs font alors recours aux produits importés congelés (Lusasi *et al.,* 2019a ; Masua *et al.,* 2020). Ceci a créé une dépendance

du pays vis-à-vis de l'extérieur et constitue un véritable manque à gagner pour l'économie congolaise (ACF, 2002 ; 2009). Malgré le volume croissant de ces importations, la consommation per capita des poissons estimée environs à 5.600 g/habitant/an reste largement en dessous de 24 kg/habitant/an recommandée dans l'alimentation humaine (FAO, 2008).

Alors que la RD Congo est confrontée à d'importants défis en matière de sécurité alimentaire, exacerbés par une combinaison complexe de facteurs tels que l'urbanisation grandissante, les conflits armés, le changement climatique, la faible fertilité des sols et les limitations des ressources foncières (Anonyme, 2024) ; le développement de l'aquaponie en milieu urbain pourrait contribuer à relever ces défis en augmentant la production alimentaire à proximité du consommateur (Kifufu, 2025).

C'est dans cet optique que s'inscrit la présente étude qui a pour objectif de co-cultiver le légume *Amaranthus cruentus* (L.) Thell ainsi que les poissons *Oreochromis niloticus* Linné, 1758 (*Cichlidae*) dans un système aquaponique dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo.

Les résultats de cette étude sont d'une grande importance dans la relance des activités agricoles en RD Congo dans le cadre de la lutte contre la pauvreté, la faim et la malnutrition. Les performances de croissance des légumes et poissons expérimentés apportent des informations utiles sur le choix de culture à promouvoir.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Cadre d'étude

L'étude s'est déroulée dans la ville province de Kinshasa, commune de Ngaliema, Quartier Mbinza-Pigeon, avenue Yandonge, N° 9 bis. Cette Commune est située à l'ouest de la ville de Kinshasa en République démocratique du Congo (Figure 1).

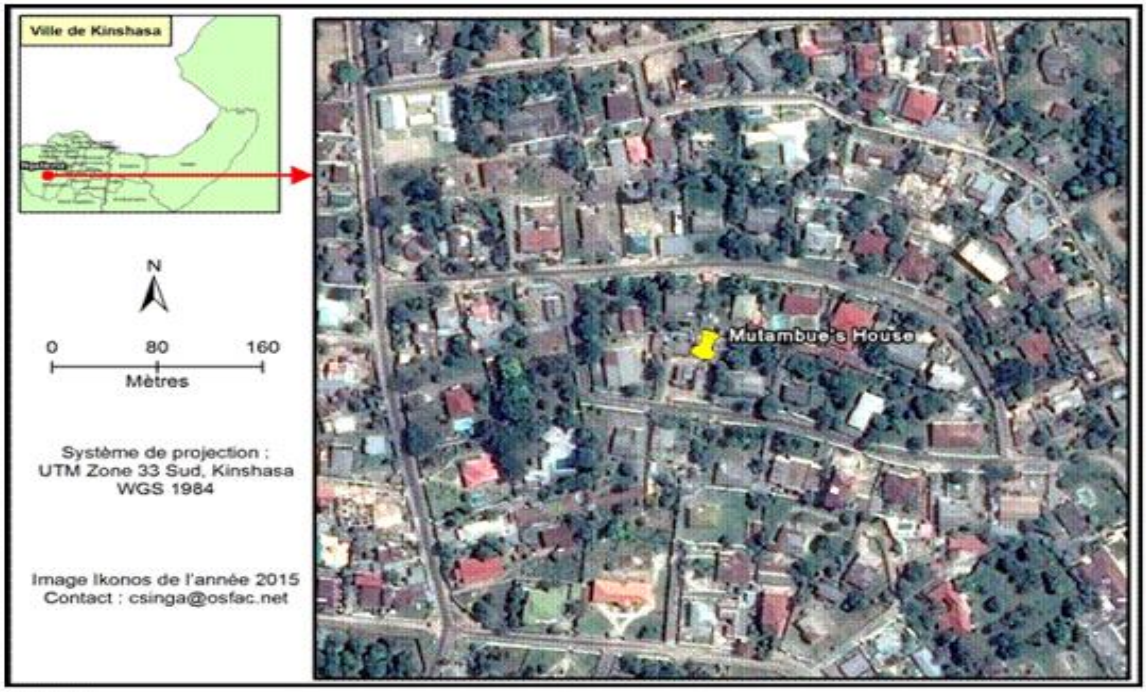

Figure 1. Cartographie de la Commune de Ngalieme reprenant le site expérimental (Google Earth, 2018)

La Commune s'étire de Kitambo vers le sud en montant le Mont-Ngaliema tout au long de la route de Matadi. Elle est bordée au nord par le fleuve Congo et la commune de la Gombe, au nord-est par la Commune de Kitambo, à l'est par les Communes de Bandalungua et Selembao, à l'ouest et au sud par la Commue de Mont-Ngafula. Ses coordonnées géographiques sont : 4° 21' 42'' sud et 15° 13' 06'' Est. Elle s'étend sur une superficie de 6.264 km^2

2.2. Matériel biologique

Deux types de matériel biologique ont fait l'objet de cette étude à savoir : 300 plantules de légume *Amaranthus cruentus* et 400 alevins de poissons *Oreochromis niloticus*.

Origine et choix de légume

Les semences ont été achetées dans une maison de vente de semences située au marché de Mbanza-Lemba/Commune de Lemba dans la ville de Kinshasa en RD Congo. De nombreuses plantes peuvent être cultivées dans des systèmes aquaponiques. Plus de 150 espèces de légumes, d'herbes, de fleurs et de petits arbres différents ont été cultivés avec succès dans des systèmes aquaponiques, y compris des unités de recherche, domestiques et commerciales (Somerville *et al.*, 2014 ; Hounsa, 2019). Les légumes et les herbes à feuilles vertes sont les plus productifs et les plus faciles à planter en aquaponie (Hounsa, 2019).

Le choix porté sur *Amaranthus cruentus* est dû au fait que : (i) Elle fait partie des cultures maraîchères dont les feuilles sont consommées aussi bien à Kinshasa qu'à l'intérieur du pays ; (ii) Elle a une grande valeur dans les zones urbaines et périurbaines, ce qui en fait une culture très appropriée pour une production commerciale à grande ou à petite échelle ; (iii) Elle constitue une denrée parfaitement intégrée dans l'alimentation des congolais et se prête à des combinaisons culinaires variées depuis la préparation jusqu'à la consommation ; (iv) De plus, elle est relativement moins chère et sa croissance plus rapide.

Origine et choix de poisson

Les poissons expérimentés dans le cadre de cette étude proviennent des étangs de la ferme la Kinoise de Poissons située dans la commune de Maluku. Le choix porté sur les poissons *Oreochromis niloticus* se justifie pour plusieurs raisons (Micha *et al.*, 1975 ; Kestemont *et al.*, 1989 ; Lazard, 2007) : (i) Il fait partie de meilleures espèces mondiales pour l'aquaculture : élevage bien connu et parfaitement maîtrisé de façon durable ; (ii) Il est endémique d'Afrique, introduite et produite dans le monde entier ; (iii) Il présente des potentialités biologiques remarquables en élevage tant artisanal qu'intensif ; (iv) Il a une grande rusticité due à une résistance particulièrement grande aux maladies, aux conditions physico-chimiques défavorables du milieu et aux pollutions organiques ; (v) Il est capable de fabriquer des protéines de qualité à partir des détritus et des sous-produits agro industriels de faibles valeurs et non-utilisés par la population ; (vi) Il a une adaptation facile aux différents types d'élevage (élevage en bacs, en étangs ou en étangs) ; (vii) Il a un régime alimentaire fondamentalement herbivore et microphage détritivore. Ainsi, grâce à cette position au niveau inférieur de la chaîne alimentaire, cette espèce est capable de fabriquer des protéines de qualité à partir des sous-produits agro-industriels de faible valeur nutritive ; (viii) Il est caractérisé par une croissance rapide et par une reproduction aisée ; incubation buccale avec nid en cuvette.

2.3. Méthodes

Conduite et structure expérimentale

L'expérience dans le système aquaponique a été conduite pendant 60 jours soit près de 8 semaines. Le dispositif expérimental était constitué : (i) D'un bac polystyrène de 102 cm de hauteur et de 31 cm de largeur destiné à l'élevage des poissons. Son volume était de 306 litres d'eau ; (ii) De deux petits bacs polystyrènes de 15 cm de longueur et de 10 cm de largeur chacun. Le premier contenait des mousses destinées à la rétention des déchets solides issus du bac des poissons, le second des bio filtres qui ont servi des supports des bactéries qui servent de base de nitrification dans le système aquaponique ; (iii) D'un lit de culture fabriqué avec les briques (bloc de 10 et 15) ainsi que du ciment ; (iv) D'une moto pompe Oase qui faisait remonter l'eau du lit de la culture vers le bac à poisson ; (v) De quatre radeaux flottants placés sur le lit de culture. Chacun de ces radeaux était doté de 15 trous ou alvéoles portant des tasseaux contenant des plantes aux racines fixées et supportées par les noix des palmes ; (vi) Un oxygénateur doté de deux diffuseurs d'air installés.

Mise en place des pépinières

Deux pépinières ont été mises en place, l'une hors-sol (hydroponique) et l'autre en terre afin d'assurer un approvisionnement régulier de l'unité aquaponique en plantules d'amarante. La germination en pépinière hydroponique a duré trois jours, contre pratiquement huit jours pour la pépinière en terre. Ainsi, 14 jours plus tard, certains plants issus de la pépinière en terre ont été transplantés pour compléter ceux de l'hydroponie. Le repiquage a été effectué en

soirée afin d'éviter le stress thermique lié au soleil et de permettre aux nouveaux plants de s'acclimater à leur nouvel écosystème.

Fabrication d'aliments

L'aliment utilisé était fabriqué à partir des produits et sous-produits agricoles locaux (son de riz, son de blé, farine de sang, farine de poisson, farine de soja, farine de manioc, huile de palme). Ces ingrédients étaient achetés dans les différents marchés disséminés à travers la ville de Kinshasa.

Chaque ingrédient était pesé à l'aide d'une balance électronique de marque Steinberg (précision 0,1 g), puis mélangé manuellement avant d'être broyé au moulin à manioc (Lusasi *et al.,* 2019b, 2024 ; Pwema *et al.,* 2023). La portion retenue était estimée par tâtonnement à l'aide d'une table de composition établie par le logiciel Excel et mis au point à l'Université Notre Dame de Paix/Namur, Belgique.

La farine moulue était mélangée manuellement puis plongée dans l'eau bouillante puis malaxée jusqu'à l'obtention d'un pate homogène tendre. La pâte ainsi l'obtenue était compactée en spaghettis d'environ 0,5 mm à l'aide d'un hachoir à viande électrique. La ration ainsi obtenue était séchée au soleil pendant 72 heures. Après séchage, les différents spaghettis étaient concassés manuellement en granulés de petite taille puis gardés dans un sac plastique.

Alimentation des poissons

L'aliment destiné à l'alimentation des poissons dans le dispositif d'élevage était distribué manuellement trois fois par jour (8h30', 12h30' et 16h30'). Le taux de nourrissage était calculé en fonction de la biomasse des poissons (Lusasi *et al.,* 2024). Ainsi, après chaque pêche de contrôle la quantité d'aliment à distribuer les jours qui suivent ces pêches était ajustée par rapport à l'évolution de la biomasse moyenne des poissons (Pwema *et al.,* 2020).

Suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau

La surveillance de la qualité de l'eau, élément vital du système aquaponique a été faite à l'aide du Kit d'analyse de l'eau du type VISCOLOR Fish. Durant les deux premières semaines du lancement de système aquaponique, le suivi régulier du recyclage d'azote était effectué. Ensuite, le prélèvement des autres paramètres physico-chimiques notamment les ions nitrites, nitrate, l'ammoniaque, le pH, le phosphore et la température avait lieu une fois par semaine.

Suivi de la croissance de poissons expérimentés

Le suivi de la croissance des poissons a concerné le prélèvement de la croissance en pondérale et linéaire ainsi qu'au suivi du nombre d'individus dans la structure d'élevage. Le poids était prélevé à l'aide d'une balance électronique de marque DAHONGYING et la taille était relevée à l'aide d'un pied à coulisse électronique de 30 cm de portée. Ces prélèvements étaient réalisés tout d'abord au premier jour de l'empoissonnement puis tous les 14 jours durant la pêche de contrôle.

Evaluation des paramètres zootechniques

Pour estimer la croissance des poissons étudiés et caractériser l'efficacité d'utilisation de la ration alimentaire et du système d'élevage mis en place, les différents paramètres zootechniques et indices suivants ont été calculés (Kestemont *et al.* 1989 ; Fermon, 2008, Lusasi *et al*., 2019b ; Pwema *et al.,* 2023) :
(i) TS = (Nf/Ni) x 100 où ; TS (%) = Taux de survie, Nf = Nombre final et Ni = Nombre initial ; (ii) PM = PM = B/NP où ; PM = Poids Moyen (g), B = Biomasse (g) et NP = Nombre des Poissons ; (iii) GPM = Pmf - Pmi où ; GPM = Gain de poids moyen, Pmf = Poids moyen final (g) et Pmi : Poids moyen initial (g) ; (iv) Relation poids-longueur : P x a.Ltb où ; P = Poids, a.Lt = Log Longueur totale et b = pente de la droite de régression.

Suivi de la croissance des plantes d'amarante expérimentées

Le suivi de la croissance des plants d'amarante mis en culture dans le système aquaponique a consisté au prélèvement de diamètre au collet (cm), de la hauteur des plants (cm) et du nombre des feuilles. Les deux premiers paramètres ont été prélevés à l'aide d'un pied à coulisse électronique. Ce suivi avait lieu chaque semaine entre le début et la fin de la semaine.

Analyse et traitement des données

Les données issues des différentes collectes ont été saisies dans un tableur Excel pour le calcul des moyennes et des écarts-types. Les paramètres physico-chimiques de l'eau des bassins, les paramètres zootechniques des poissons (*Oreochromis niloticus*) ainsi que les données

relatives aux plants d'amarante ont été soumis à une analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) via le logiciel Statistix (version 10.8). Cette analyse visait à déterminer la plus petite différence significative entre les moyennes observées. Les résultats sont présentés sous forme de figures afin d'en faciliter l'interprétation et la discussion. Enfin, la cartographie du site expérimental a été réalisée à l'aide du logiciel Google Earth.

3. RESULTATS

3.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau du dispositif

La variation des paramètres abiotiques analysés au cours de l'expérimentation dans le cadre de cette étude est repris dans les sections suivantes.

Variation du potentiel d'hydrogène

Il ressort des résultats repris sur la figure 2 ci-dessous que l'eau de dispositif aquaponique était moins alcaline avec un potentiel d'hydrogène variable d'une semaine à l'autre. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliqué aux données de pH montre une différence statistique très significative (F = 21,05 ; p = 0,0012 ; LSD = 1,834) entre les valeurs moyennes relevées en fonction des semaines. L'eau présente un pH neutre à la troisième semaine (soit 7±0,21), quatrième (soit 7,8±1,06), cinquième (soit 7,2±0,52) et sixième semaine (soit 7±0,2) et légèrement acide durant les reste des semaines avec respectivement un potentiel d'hydrogène de 6,8.

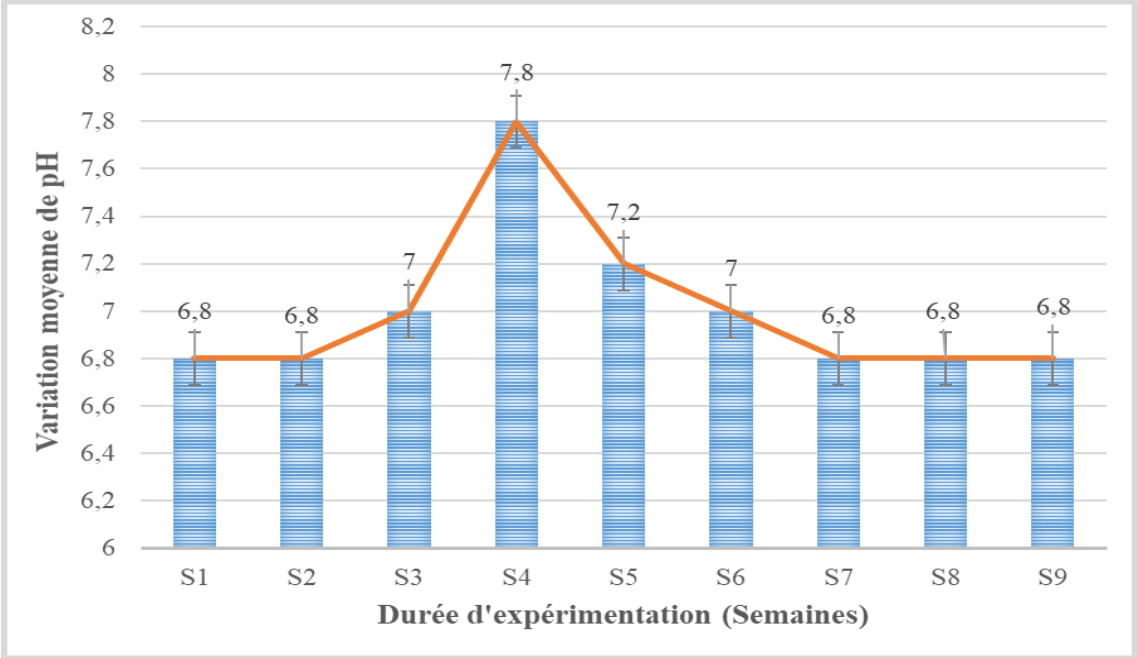

Figure 2. Variation du potentiel en hydrogène dans le dispositif aquaponique au cours de l'expérience

Variation de la température

L'eau du système aquaponique est chaude et présente une variation au cours de l'expérience avec une différence statistique hautement significative (F = 25,09 ; p = 0,0001 ; LSD = 5,835) entre les valeurs moyennes relevées durant les différentes semaines (figure 3). La température moyenne varie entre 27,5±1,02 °C durant la deuxième semaine et 28,7±083 °C durant la sixième semaine.

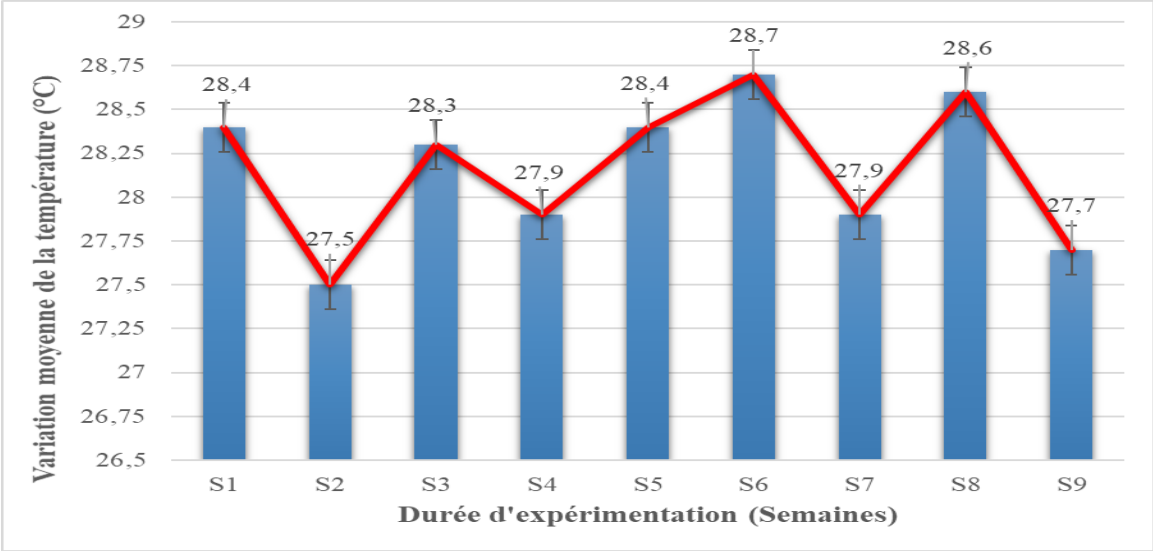

Figure 3. Variation de la température (°) dans le dispositif aquaponique au cours de l'expérience

Variation de l'ammoniac

Le taux de l'ammoniac est très élevé avec une différence statistique très hautement significative (F = 31,22 ; p = 0,0000 ; LSD = 1,183) durant la deuxième semaine (soit 0,5±0,01 mg/L) par rapport à d'autres semaines (figure 4). Des valeurs nulles sont relevées durant d'autres semaines notamment à la neuvième semaine.

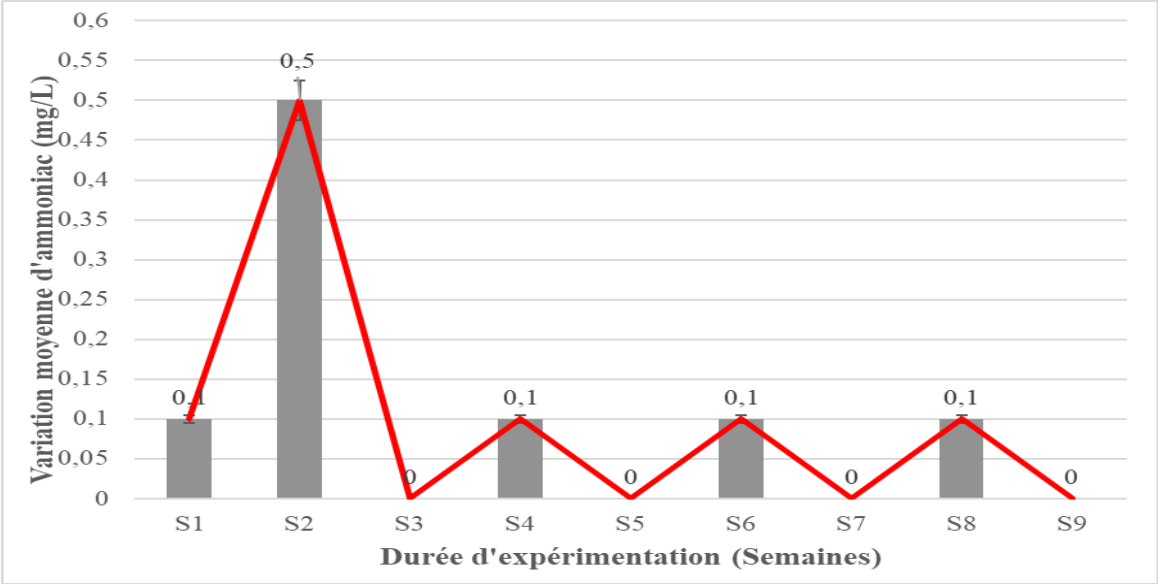

Figure 4. Variation de l'ammoniac (mg/L) dans le dispositif aquaponique au cours de l'expérience

Variation des nitrites

L'analyse de la variance à un facteur appliqué aux données de concentrations de nitrites dans les bassins aquaponiques montrent une différence statistique très hautement significative (F = 11,05 ; p = 0,0000 ; LSD = 3,987) avec une teneur moyenne la plus élevée (soit 0,7±0,02 mg/L) relevée à la deuxième semaine suivie de la troisième et première semaine avec respectivement 0,3±0,01 mg/L et 0,2±0,01 mg/L (figure 5). Des faibles teneurs ont été relevées durant les autres semaines où les valeurs moyennes des ions nitrites restent inférieures à 0,1 mg/L.

Figure 5. Variation des ions nitrites (mg/L) dans le dispositif aquaponique au cours de l'expérience

Variation des nitrates

L'eau présente une augmentation des ions nitrates durant l'expérience avec une différence statistique très hautement significative (F = 32,08 ; p = 0,0000 ; LSD = 6,017) entre les valeurs moyennes relevées au courant des semaines. La teneur la plus élevée est observée à la troisième semaine (soit 60±2,73 mg/L) suivie de la quatrième et septième semaine avec respectivement 40±2,17 mg/L et 40±0,02 mg/L. La faible concentration a été relevée à la première (soit 0,00±mg/L) et deuxième semaine (soit 0,1±0,01 mg/L) (figure 6).

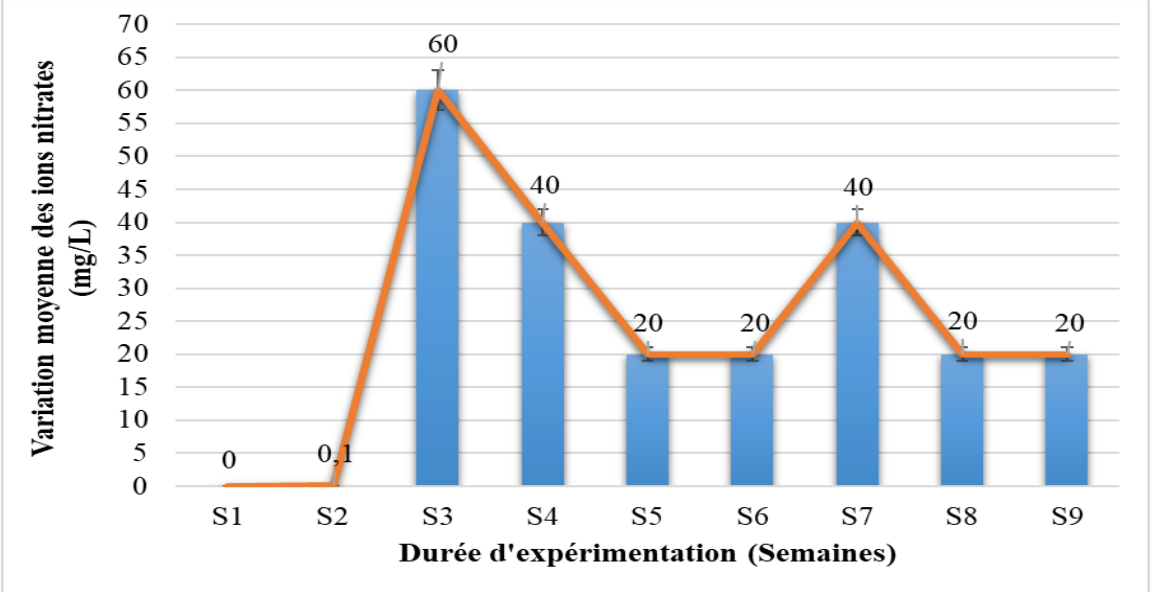

Figure 6. Variation des ions nitrates (mg/L) dans le dispositif aquaponique au cours de l'expérience

Variation des ions phosphates

Des fortes teneurs moyennes des ions phosphates sont relevées dans les bassins aquaponiques avec une différence statistique très hautement significative (F = 14,36 ; p = 0,0000 ; LSD = 3,938) entre les valeurs moyennes observées au courant des différentes semaines (figure 7). Les concentrations les plus faibles se

situent entre 0,00±0,00 mg/L (à la première semaine) et 0,5±0,01 à la deuxième semaine tandis que les valeurs les plus élevées se situent entre 3±0,24 mg/L et 6±0,23 mg/L durant les autres semaines.

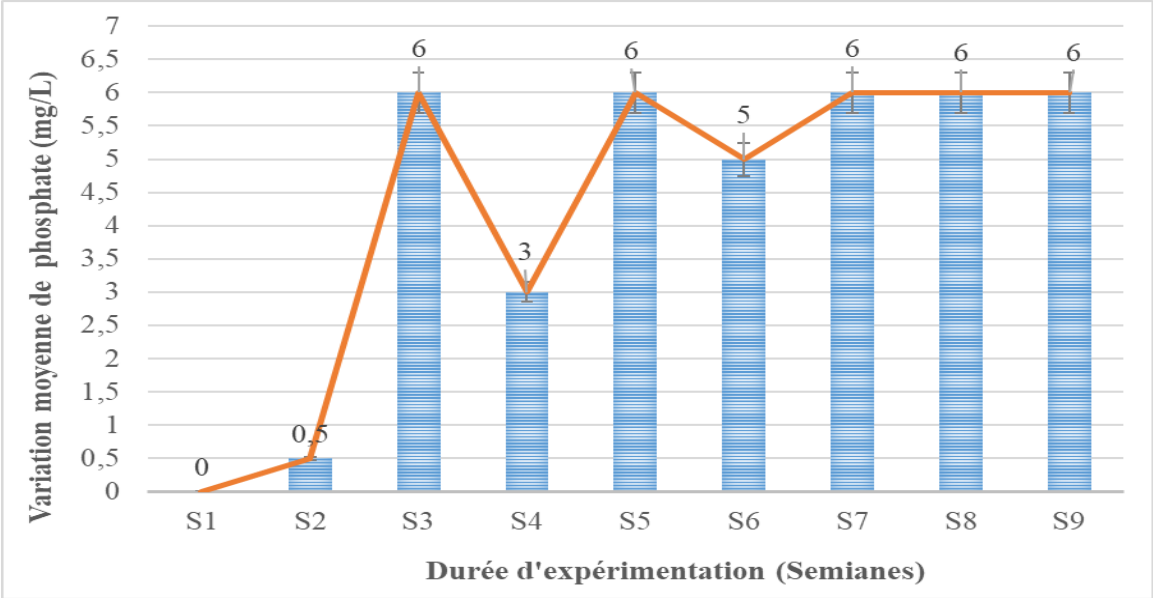

Figure 7. Variation des ions phosphates (mg/L) dans le dispositif aquaponique au cours de l'expérience

3.2. Croissance des poissons

Les poissons *Oreochromis niloticus* expérimentés au cours de l'étude présentent une variation de croissance pondérale et linéaire en fonction de la période de l'étude. Les résultats détaillés obtenus pour les paramètres zootechniques et indices sont repris aux sections ci-après.

Taux de survie

De manière générale, les taux de survie et de mortalité des poissons ont varié selon la période d'expérimentation (figure 8). Le taux de survie est resté satisfaisant tout au long de l'étude, oscillant entre 100 ± 0,00 % au premier jour et 75 ± 0,25 % au terme de l'expérience. Parallèlement, le taux de mortalité a évolué de 0 % à 25 %, ce qui témoigne d'une bonne adaptation globale des poissons.

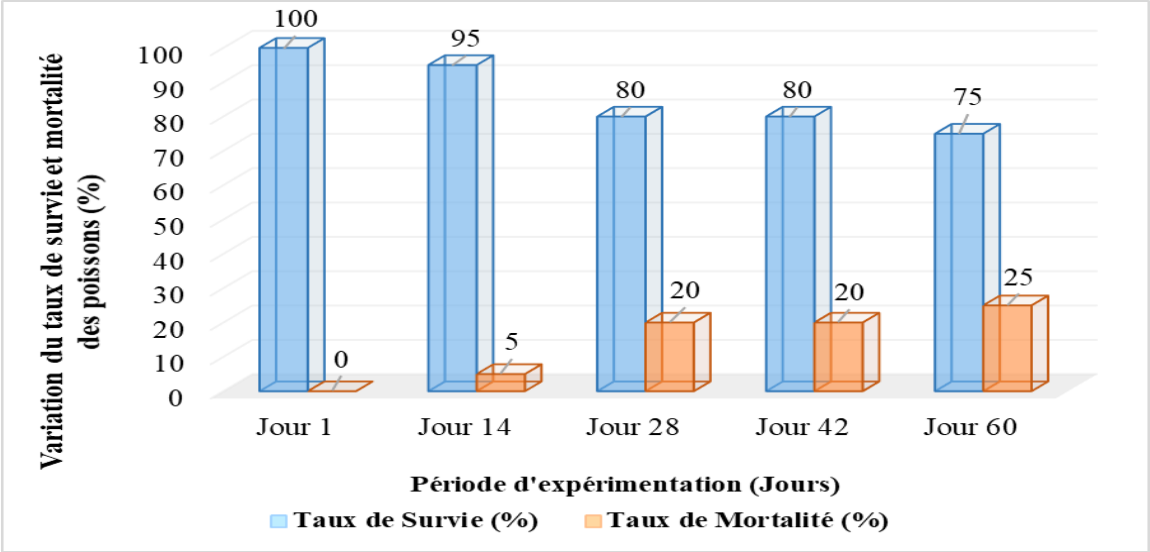

Figure 8. Variation du taux de survie et de mortalité des poissons (%) au cours de l'expérience au cours de l'expérience

Poids moyen

Le poids moyen des poissons a évolué de 12±1,05 g au premier jour à 89±6,12 g au terme de l'expérience, traduisant une croissance pondérale graduelle au fil du temps (figure 9). L'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur révèle une différence statistique très hautement significative (F = 41,95 ; p = 0,0000) concernant l'évolution du poids des poissons. Avec une valeur critique de 31,73, le test LSD montre que le poids moyen final au 60e jour (89±6,12 g) est le plus élevé, suivi par ceux des 42e, 28e, 14e jours et, enfin, du premier jour.

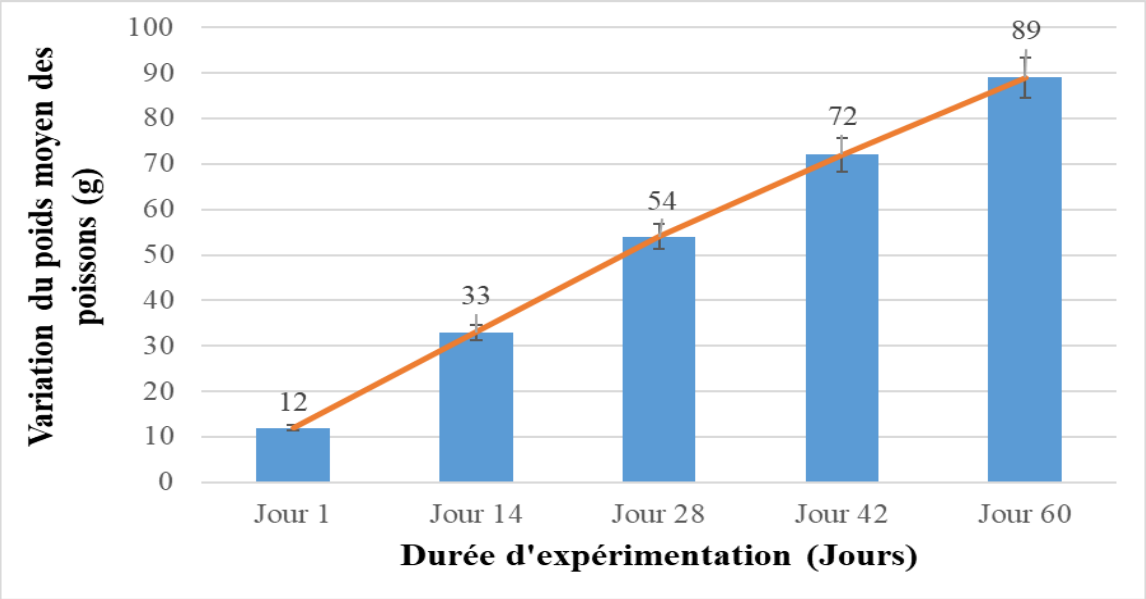

Figure 9. Variation du poids moyen des poissons (g) au cours de l'expérience

Taille moyenne

La croissance en longueur totale des poissons reste exponentielle au cours de l'expérience et présente une variation statistique notable avec une différence statistique très hautement significative (F = 17,94 ; p = 0,0000) entre le premier jour (soit 31±0,12 mm) et le dernier jour de l'expérimentation (soit 118±4,92 mm) (figure 10). Le test de LSD (91,085) montre que la taille la plus élevée est celle observée au soixantième jour (soit 118±4,92 mm), suivis du 42e jour, 28eme jour, 14e jours, et la plus faible taille est celle obtenue au premier jour de l'expérimentation (figure 10).

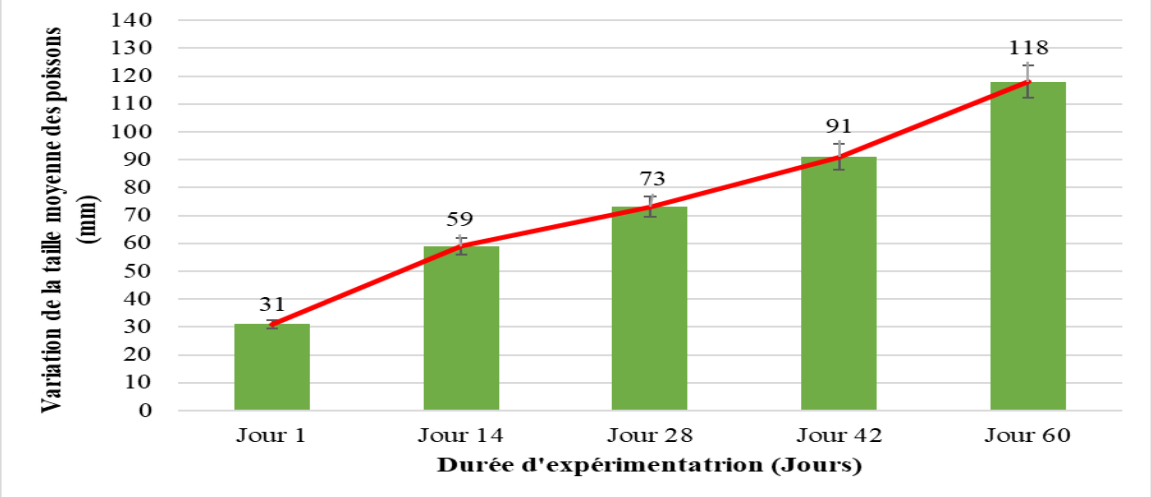

Figure 10. Variation de la taille moyenne des poissons (mm) au cours de l'expérience

Gain de poids moyen

Une évolution positive du gain de poids moyen des poissons a été observée au cours de l'expérience. Le gain de poids le plus élevé a été enregistré au soixantième jour (10,7±0,83 g), présentant une différence statistique très significative (F = 23,34 ; p = 0,0000 ; LSD = 52,923) par rapport aux périodes précédentes (figure 11).

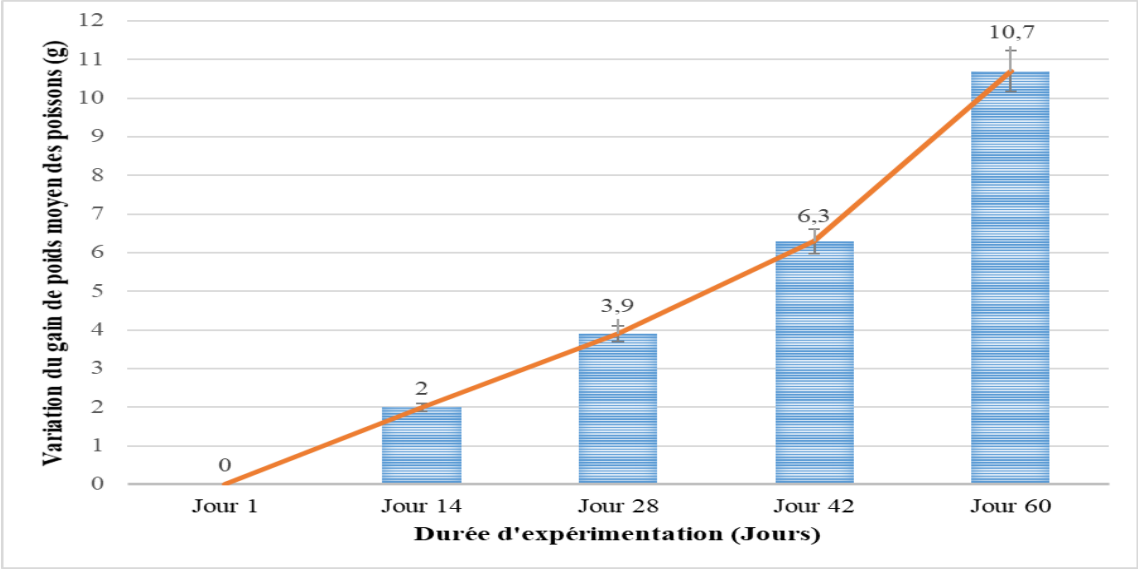

Figure 11. Variation du gain de poids moyen des poissons (g) au cours de l'expérience

Relation entre le poids et la taille de poissons

Les poissons *Oreochromis niloticus* utilisés dans les bassins aquaponiques de cette étude présentent une croissance isométrique. Cela traduit une augmentation proportionnelle du poids et de la taille moyenne (figure 12).

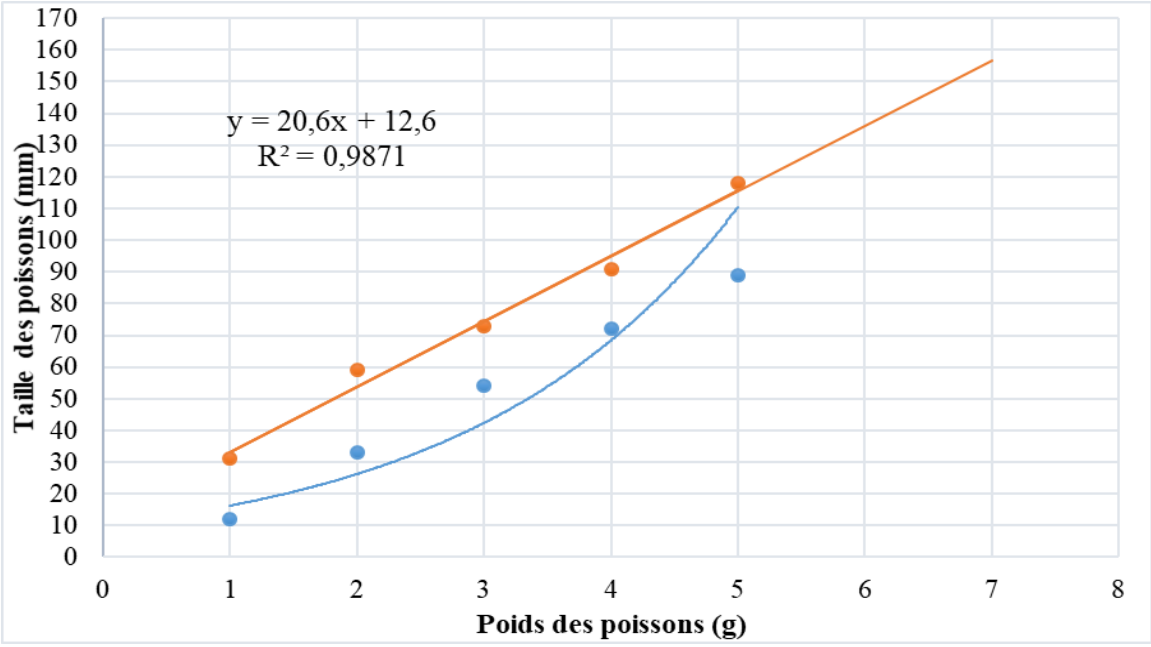

Figure 12. Corrélation entre la croissance pondérale et linéaire de poissons

3.3. Croissance des plants d'amarante

La croissance des plants d'amarante au cours de l'expérimentation a été traduite à travers les paramètres phytotechniques ci-après.

Diamètre au collet des plants d'amarante

Une variation notable de la croissance du diamètre au collet des plants a été mise en évidence avec une différence statistique très hautement significative (F = 27,46 ; p = 0,0000) entre les différents jours de l'expérimentation (figure 13). Le test de LSD (23,093) montre que le diamètre le plus important (soit 2,37±0,23 cm) est relevé à la fin de l'expérience, au 60^{e} jour suivi des autres jours tandis que le faible diamètre est obtenu au début de l'expérimentation.

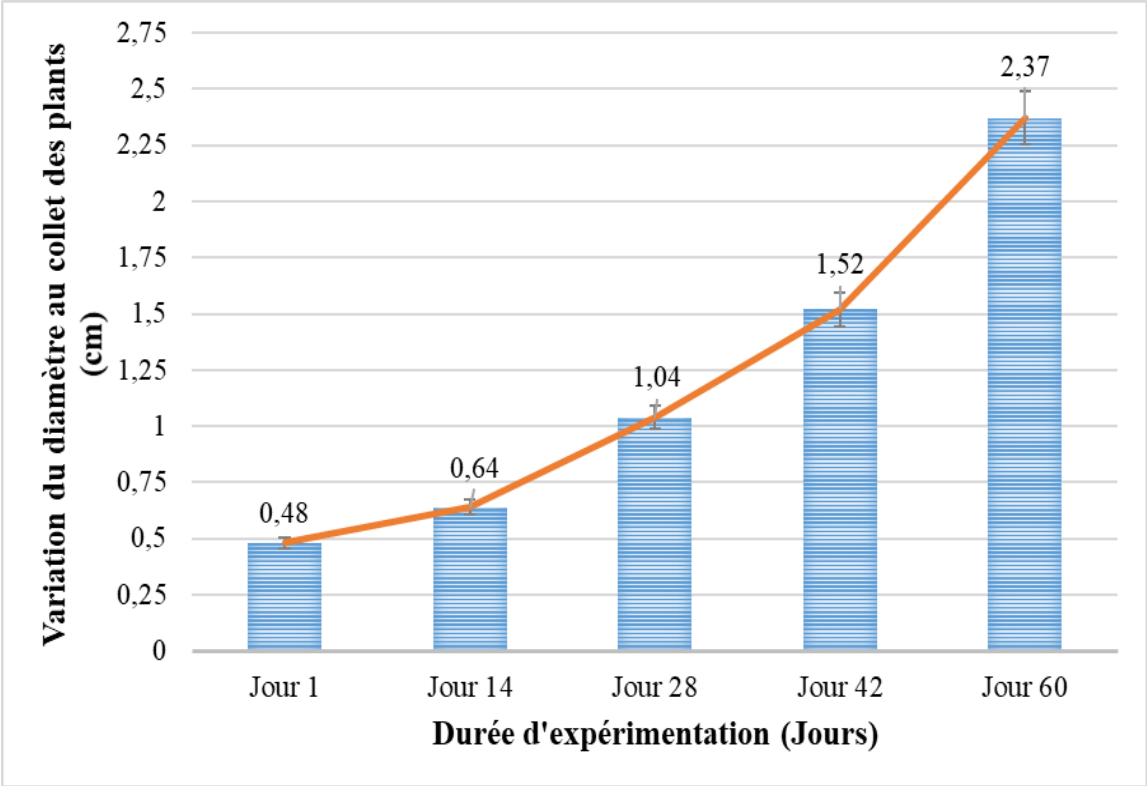

Figure 13. Variation du diamètre au collet des plants d'amarante (cm) au cours de l'expérience

Taille de plants d'amarante

La taille des plantes a augmenté progressivement au fil de l'expérimentation (figure 14). L'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur appliquée aux données met en évidence une différence statistique très hautement significative (F = 11,07 ; p = 0,0000) ; LSD = 1,093) entre les différents relevés. Les plants ont atteint leur taille maximale au 60e jour, marquant une croissance significative par rapport aux périodes précédentes.

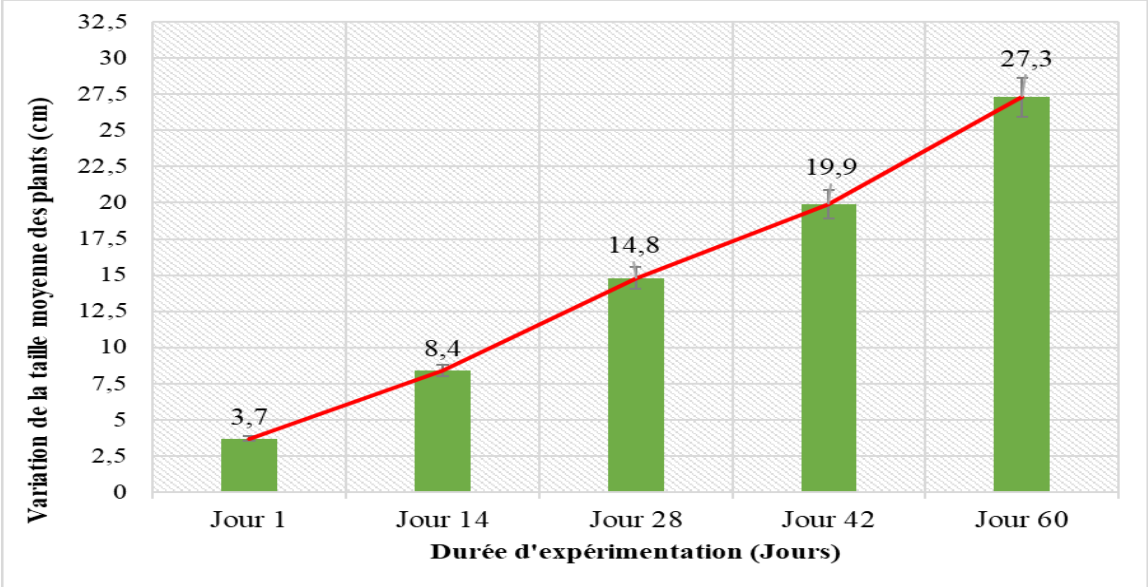

Figure 14. Variation de la taille des plants d'amarante (cm) au cours de l'expérience

Nombre des feuilles par plant

Le nombre de feuilles par plant a augmenté progressivement au fur et à mesure de la mise en culture des plants d'amarante (figure 15). La moyenne a varié de 2 feuilles en début d'expérimentation à 9 feuilles à la fin de celle-ci. L'analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) révèle une différence statistique hautement significative ($p < 0,01$) ; les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au soixantième jour de l'expérience.

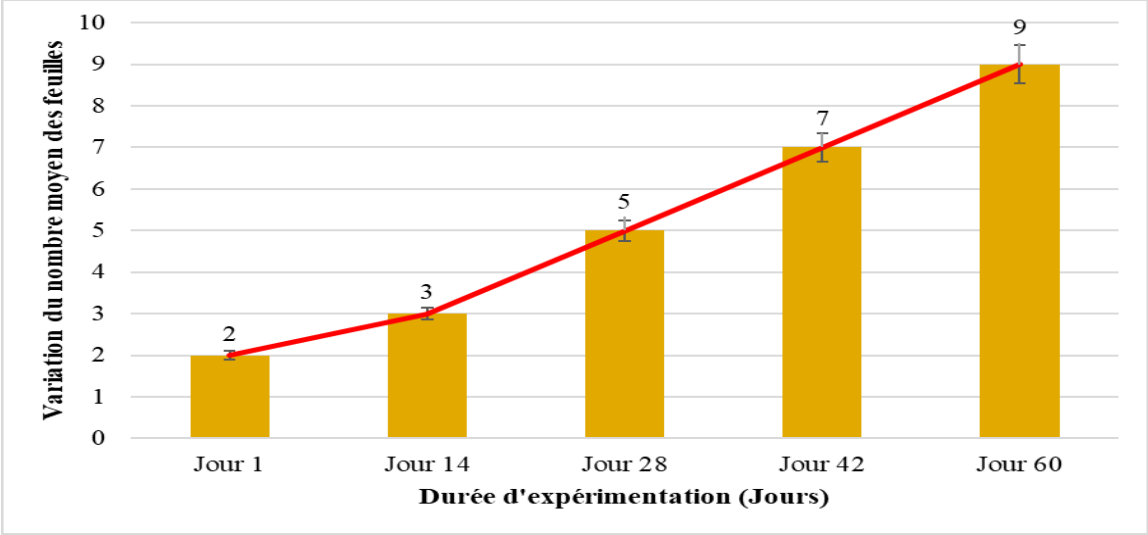

Figure 15. Variation Du nombre des feuilles des légumes (cm) au cours de l'expérience

4. DISCUSSION

Les paramètres physico-chimiques de l'eau influencent profondément le métabolisme et la croissance des poissons, des plantes et des bactéries en aquaponie (Stavrescu *et al.*, 2016). Dans cette étude, la plupart des paramètres analysés, notamment la température et le pH, ont varié selon les périodes d'expérimentation, tout en restant globalement dans les limites tolérables pour le maintien de *Oreochromis niloticus* et des bactéries nitrifiantes (Luizi *et al.*, 2024 ; Kifufu, 2025).

La température moyenne a oscillé entre 27,5 ± 1,02 °C (deuxième semaine) et 28,7 ± 0,83 °C (sixième semaine), révélant une différence statistique très hautement significative (p =

0,0001). Ces résultats corroborent ceux de Kifufu (2025), qui avait relevé des valeurs comprises entre 27,9 ± 1,2 °C et 28,7 ± 1,6 °C. En effet, il existe une corrélation positive entre la température de l'eau et le taux d'évacuation gastrique. Une température élevée accélère la digestion, ce qui peut paradoxalement réduire la digestibilité et l'assimilation des nutriments si elle dépasse l'optimum métabolique.

Le pH est resté neutre de la troisième à la sixième semaine (7 ± 0,2 à 7,8 ± 1,06) et s'est révélé légèrement acide le reste du temps. Ces valeurs sont favorables au développement des colonies de *Nitrosomonas* (Somerville *et al*., 2023) et sont proches de celles de Mikobi *et al.* (2020), qui rapportaient un pH entre 6,8 et 7,2. L'intervalle observé (6,7 à 8) correspond aux recommandations de la FAO (2017) pour optimiser la croissance conjointe des poissons, des plantes et l'activité du filtre biologique. Les observations de cette étude rejoignent celles de Foucard *et al*. (2015) et Saidani (2016), mais divergent des travaux de Loviale (2015), qui notaient une chute acide du pH (4,3 à 5,6) en cours de culture.

Les concentrations en composés azotés (ammoniaque, nitrites, nitrates) sont restées propices à la production, bien que relativement faibles. Les teneurs en ammoniaque ont culminé en deuxième semaine (0,5 ± 0,01 mg/L). Les nitrites ont montré une variation très hautement significative ($p = 0,0000$), avec un pic à 0,7 ± 0,02 mg/L en deuxième semaine. Quant aux nitrates, le maximum a été atteint en troisième semaine (60 ± 2,73 mg/L).

Cette dynamique, marquée par une hausse initiale suivie d'une stabilisation, corrobore les résultats de Mikobi *et al.* (2020) et s'explique par l'apport exogène de l'aliment et la mise en place du cycle de l'azote. Cependant, une accumulation excessive de ces matières azotées pourrait dégrader la qualité de l'eau et nuire à la santé du système mis en place (Colmant et Emmanuel, 2012 ; Kifufu, 2025).

La croissance de *Oreochromis niloticus* a montré une évolution positive. Toutefois, le taux de survie est passé de 100 % à 75 % en fin d'expérience. Le poids moyen a progressé de 12 ± 1,05 g à 89 ± 6,12 g et la taille de 31 ± 0,12 mm à 118 ± 4,92 mm. Bien que ces performances soient supérieures à celles de Mikobi *et al.* (2020), la comparaison avec des élevages en étangs de bas-fonds ou hors-sol (Lusasi *et al*., 2019b ; Pwema *et al*., 2023) suppose que le système aquaponique peut induire un certain stress limitant la croissance. Cette observation rejoint le constat de Kifufu (2025) sur *Clarias gariepinus*. La différence de résultats entre ces études s'explique par la densité d'empoissonnement, la souche utilisée et la qualité de la ration alimentaire.

Les plantes ont bénéficié de la minéralisation des déchets organiques. Tous les paramètres phytotechniques ont montré une croissance significative ($p < 0,05$). Le diamètre au collet est passé de 0,48 ± 0,04 cm à 2,37 ± 0,23 cm, la taille moyenne de 3,7 ± 0,63 cm à 27,3 ± 2,07 cm, et le nombre de feuilles de 2 à 9. Ces rendements sont comparables à ceux obtenus par Diansongi (2018) et Kifufu (2025), confirmant l'efficacité du système pour la production de légumes.

5. CONCLUSION

La présente étude visait à co-cultiver l'amarante - *Amaranthus cruentus* et le tilapia - *Oreochromis niloticus* dans un système aquaponique à Kinshasa (République Démocratique du Congo). L'objectif général est de contribuer à la diversification des techniques de production afin d'accroître la sécurité alimentaire dans le pays.
Les résultats indiquent que la co-culture de légumes et de poissons en système aquaponique est une solution prometteuse pour augmenter l'offre en protéines d'origines animale et végétale. La croissance des poissons a été positive, avec une progression constante du poids moyen, de la taille et du gain de poids, associée à un taux de survie acceptable. De même, les plants d'amarante ont présenté des paramètres phytotechniques performants, affichant une différence statistique hautement significative entre le début et la fin de l'expérimentation.
Des recherches complémentaires sont vivement souhaitées afin d'étendre ces essais à d'autres légumes-feuilles et légumes-fruits, tout en optimisant la capacité de production par unité de surface.

Remerciements

Les auteurs remercient le personnel de la Ferme la Kinoise de Poissons pour leur contribution durant la mise en place du dispositif expérimental, la préparation des aliments expérimentaux et le suivi des poissons.

Références

ACF (Action Contre la Faim), 2002. *Evaluation du programme de sécurité alimentaire*. OFDA/Kinshasa/1er mars 2001- 31 janvier 2002, 80 p.

ACF (Action Contre la Faim), 2009. *Rapport d'étude sur l'agriculture périurbaine maraichage) de Kinshasa Province de Kinshasa République Démocratique du Congo,* 87 p.

Anonyme, 2024. L'aquaponie *en RDC : une solution durable pour renforcer la sécurité alimentaire avec des ressources foncières limitées.* Congo Archives, Agriculture, Inédit, 14 p.

Castonguay M.-J. & Berge J.-M., 2013. Les toits urbains, un gisement vert à exploiter. *Conference Proceedings, Azores, Portugal*, pp. 191-194.

Colmant A. & Emmanuel D., 2012. *Rapport final projet B2FISH : Aquaponie et agriculture urbaine, évaluation et proposition de scénario*. Institut Inspire Marseille, 42 p.

Diansongi K., 2018. *Evaluation de l'effet résiduel de Mycorhizes (Funneli formismossae) sur la production de la laitue dans les conditions Agroécologiques de Kinshasa/Mont-Amba.* Travail de fin de cycle, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, 40 p.

FAO, 2003. Intégration agriculture-aquaculture : Principes de base et exemples. In *Document technique sur les pêches*, 162 p.

FAO, 2008. *Document d'introduction aux concepts de la sécurité alimentaire*. Programme CE-FAO « Sécurité alimentaire l'information pour l'action », 38 p.

FAO, 2015. A *guide to recirculation aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*, 100 p. Disponibilité *https://openknowledge.fao.org/items/f24bea83-0749-4c18-ad6f-511f522cbe27*.

FAO, 2017. *Cultured aquatic* species fact sheets *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), 20 p. *Sheets-Oreochromis-Niloticus-Linnaeus-1758#:~:text=FAO%20Fisheries%20&%20Aquaculture%20-%20Cultured%20Aquatic,2K%20views55%20pages.*

FAO, Union européenne & CIRAD., 2022. *Profil des systèmes alimentaires. République Démocratique du Congo. Activer la transformation durable et inclusive de nos systèmes alimentaires*. Rome, Bruxelles et Montpellier, France, *36 p.*

Fermon Y., 2008. *La pisciculture de subsistance en étangs en Afrique : Manuel technique.* ACF - international net work, 294 p.

Foucard P., *Tocqueville* A., Gaumé M., Labbé L., Baroiller J.F., Lejolivet C., Lepage S. & Arfeuille 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. *Innovations Agronomiques*, 15 p. Disponible sur : *https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/*.

Hounsa P., 2019. *Évaluation de la performance d'un système aquaponique simple pour la production de tilapia et de légumes (Laitue et Amarante) au Bénin*. Mémoire de DEA, Université de Liège Gembloux Agro Bio-Tech, Belgique, 91 p.

Kestemont P., Micha J-.C. & Falter U., 1989. Les Méthodes de Production d'Alevins de *Tilapia nilotica*. *Project reports - ADCP/REP/89/46, PNUD-FAO, Rome*, 132 p.

Kifufu F.G.J., Bolokango G.K., Kinkela P.M. & Mangey H.K., 2025. Atouts, contraintes et stratégies d'adoption et de développement de l'aquaponie en milieux urbains congolais : Synthèse bibliographique. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 8(2), 227–236. *https://doi.org/10.4314/rafea.v8i2.20*.

Kifufu G.F.J., 2025. *Analyse intégrée des déterminants d'un modèle aquaponique low-tech dans une perspective de durabilité alimentaire en milieu urbain congolais*. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, RD Congo, 208 p.

Kozai T., Niu G. & Takagaki M., 2016. *Plant factory an indoor vertical farming system for efficient quality food production*. *Elsevier*, 405 p, ISBN : 978-0-12-801775-3.

Lazard J., 2009. La pisciculture des tilapias. *Cahiers Agricultures*, 18(2-3), 393–401.

Loviale R., 2015. *Expérimentation et démonstration aquaponique à vocation pédagogique, optimisation pilote régionale en aquaponie*. Université Savoie Mont Blanc, 73 p.

Luizi B.A., Lusasi S.W., Kamb T.J.C., Pwema K.V. & Nyongombe U.N.F., 2024. Caractérisation *physico*-chimique des eaux de quelques écosystèmes aquatiques du bassin versant côtier de la République Démocratique du Congo dans la province du Kongo Central, territoire de Muanda. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 47(1), 335 - 366.

Lusasi S.W., Makiese M.P., Kunonga N.L., Munganga K.C., Kavumbu M.S. & Pwema K.V., 2019a. Proportion de vente des poissons frais locaux et importés dans les marchés de Kinshasa en République Démocratique du Congo (cas des marchés de la Liberté de Masina et Central de Kinshasa). *Journal of Applied Biosciences*, 141, 14353 – 14363.

Lusasi S.W., Mbele M.G., Mbomba N.B. & Pwema K.V., 2024. Pre-fattening of fish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (*Siluriformes, Clariidae*) on local feed in an above-ground tank culture system in Kinshasa, Democratic Republic of the Congo. *Orapuh Journal*, 5(4), e1137. *https://dx.doi.org/10.4314/orapj.v5i4.37*.

Lusasi S.W., Pwema K.V., Munganga K.C., Kavumbu M.S. & Mutambwe S., 2019b. Mise au point d'un aliment pour Distichodus maculatus Boulenger, 1898 à base des sous-produits agricoles disponibles localement. *Afrique Sciences*, 15(2), 238-248.

Masua T.B., Lusasi S.W., Munganga K.C., Wumba M.P., Kavumbu M. & Pwema K.V., 2020. Inventory of fresh fish marketed in the markets of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo (case of the Gambela and Matete markets). *International Journal of Applied Research*, 6(4), 102-108.

Maty D.B., 2003. *Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar*. *Cahiers Agricultures***,** 13(1), 39-49.

McBratney A., Whelan B. & Ancev T., 2005. Futur directions of precision agriculture. *Precision agriculture*, 6, 7-23.

Micha J-.C., 1975. Synthèse des essais de reproduction, d'alevinage et de production chez un silure africain : *C. gariepinus* Vol. *Symp. FAO/CPA ou Aquaculture in africa, Ghana. CIFA Techn*. *Pap.*, 4(1), 450-473.

Mikobi M.C., *Kusonika* N.A., Tangou T.T., Mutambwe S., Mulaji K.C., Lusasi S.W. & Pwema K.V., 2020. Mise au point et évaluation d'un système aquaponique domestique dans la ville province de Kinshasa (République Démocratique Du Congo). *European Scientific Journal*, 16(24), 70 – 87. *URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n24p70*.

Pwema K.V., Mayoni M.A., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Bipendu M.N., Kusonika N.A. & Lusasi S.W., 2020. Evaluation of the cost of production of *Clarias gariepinus* Burchell, 1822 (*Siluriformes, Clariidae*) with three types of food based on local agricultural by-products in the Democratic Republic of Congo. *Agricultural Science, 2*(1), 205-216. https://doi.org/10.30560/as.v2n1p205.

Pwema K.V., Mbaki L.J., Kazaba K.B., Mayoni M.A., Yaga N.C. & Lusasi S.W., 2023. Grow-out of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fish (*Perciformes, Cichlidae*) on Local Feed in an Above-ground Tank Culture System in Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 6(1), 23-42. *DOI 10.32734/injar.v6i2.9495.*

Saidani I., 2016. *Essai d'installation d'un système aquaponique dans une ferme agricole : Etude technique, mise en place et premiers résultats d'exploitation*. Projet de fin d'études du cycle d'ingénieur, Département d'Agronomie et Biotechnologie Végétale, Institut National Agronomique de Tunisie, 94 p.

Somerville C., Cohen M., Pantanella E., Stankus A. & Lovatelli A., 2023. *Production alimentaire aquaponique à petite échelle - Élevage intégré de poissons et de plantes.* FAO Document technique sur les pêches et l'aquaculture. Nº 589, Rome, FAO, 209 p. *https://doi.org/10.4060/i4021fr*.

Stavrescu B.M., Scaeteanu G., Roxana M.M., Manole M.S., Staicu A., Aionei F., Plop E., Toba G. & Nicolae C., 2016. Interactions between fish Well-being and water quality : A case stydy from Morii Lake Area, Romania. *Agric. SCi. Procedia*, 10, 328 – 339.