



Pisciculture en cage flottante comme modèle d'exploitation et moyen de lutte contre l'insécurité alimentaire dans le secteur Mateko (Kwilu/RD Congo) : une approche bifocale de faisabilité technique et d'adoption

Mulwele Musuper Paulin¹, Kumpel Munoro Placide¹, Malung'Mper Akpanabi Placide¹, Pwema Kiamfu Victor^{1,2}, Misilu Mia Nsokimieno Eric³, Belesi Katula Honoré^{1,2}, Pululu Mfwidi Nitu Gilbert^{4,5}, Umba di Mbalu Joachim^{1,3,4}

¹ Institut Supérieur de Développement Rural de Mbeo (ISDR-Mbeo)/Idiofa, UCC, B.P. 1534/Kinshasa-Limete

² Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P. 190 Kinshasa XI, RDC

³ Université Pédagogique Nationale (UPN), B.P. 8815/Kinshasa-Ngaliema, RDC

⁴ Université Loyola du Congo (ULC), Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 7 avenue Père Boka, B.P. 3724/Kinshasa-Gombe, RDC

⁵ Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe (ISP-Gombe), 2 avenue Père Boka, Kinshasa/Gombe, RDC, <http://ispgombe.ac.cd/>.

Abstract

Food insecurity affects over 27 million Congolese, with rural communities like Mateko (Idiofa territory) facing severe protein deficiencies due to declining fish stocks and agricultural limitations.

This study evaluates the technical feasibility and socio-ecological viability of floating cage aquaculture as an integrated solution to food insecurity in rural Congo.

Using a bifocal methodological approach, we conducted: 1) zootechnical validation under controlled conditions in Kinshasa (N'sélé) with a randomized block factorial design (3 species × 2 cages × 180 days), and 2) socio-ecological evaluation in Mateko through surveys of 140 households and participatory mapping. The conceptual framework integrated the Sustainable Livelihoods Framework, Innovation Systems Approach, and Ostrom's principles of commons governance.

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) demonstrated excellent technical performance (growth: 2.1 g/day; survival: 96%; FCR: 1.8), outperforming African arowana (*Heterotis niloticus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*). Environmental analysis revealed manageable nutrient accumulation (+300% under cages) with proper rotation protocols. Socio-economic data confirmed significant improvements in household incomes (+35%) and fish consumption (+217%), yet adoption remained limited to 17.9% of surveyed households. Regression analysis identified social capital (OR=4.57, p<0.01) and human capital (OR=6.49, p<0.001) as stronger adoption predictors than economic returns (OR=1.51, p=0.12).

Floating cage aquaculture shows technical promise but requires integrated implementation addressing technical, social, governance, and economic dimensions simultaneously. The proposed "Integrated Community Aquaculture System" (SIPC-Mateko) offers a contextually appropriate framework for scaling this innovation in rural Congolese contexts, with significant implications for food security interventions in resource-constrained settings.

Keywords: Floating cage fish farming, farming model, adoption, food security and Mateko

Résumé

L'insécurité alimentaire touche plus de 27 millions de Congolais, avec des communautés rurales comme Mateko (territoire d'Idiofa) confrontées à de graves carences protéiques dues au déclin des stocks halieutiques et aux limites de l'agriculture traditionnelle.

Cette étude évalue la faisabilité technique et la viabilité socio-écologique de la pisciculture en cage flottante comme solution intégrée à l'insécurité alimentaire dans les zones rurales congolaises.

En adoptant une approche méthodologique bifocale, nous avons conduit : 1) une validation zootechnique en conditions contrôlées à Kinshasa (N'sélé) avec un plan factoriel en blocs aléatoires (3 espèces × 2 cages × 180 jours), et 2) une évaluation socio-écologique à Mateko par enquêtes auprès de 140 ménages et cartographie participative. Le cadre conceptuel a intégré le Cadre des Moyens de Subsistance Durables (SLF), l'Approche des Systèmes d'Innovation et les principes de gouvernance des biens communs d'Ostrom.

Le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) a démontré d'excellentes performances techniques (croissance : 2,1 g/jour ; survie : 96 % ; FCR : 1,8), surpassant le Congosika (*Heterotis niloticus*) et le poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*). L'analyse environnementale a révélé une accumulation modérée de nutriments (+300 % sous les cages) gérable avec des protocoles de rotation. Les données socio-économiques ont confirmé des améliorations significatives des revenus des ménages (+35 %) et de la consommation de poisson (+217 %), mais l'adoption est restée limitée à 17,9 % des ménages enquêtés. L'analyse de régression a identifié le capital social (OR=4,57, p<0,01) et le capital humain (OR=6,49, p<0,001) comme prédicteurs d'adoption plus forts que les retours économiques (OR=1,51, p=0,12).

La pisciculture en cage flottante présente un potentiel technique prometteur mais nécessite une mise en œuvre intégrant simultanément les dimensions technique, sociale, de gouvernance et économique. Le « Système Intégré de Pisciculture Communautaire » (SIPC-Mateko) proposé offre un cadre contextuellement approprié pour l'extension de cette innovation dans les contextes congolais ruraux, avec des implications significatives pour les interventions en matière de sécurité alimentaire dans les contextes aux ressources limitées.

Mots-clés : Pisciculture en cage flottante, modèle d'exploitation, adoption, sécurité alimentaire et Mateko

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.18474228>

1 Introduction

Les systèmes alimentaires mondiaux font face à des défis sans précédent pour répondre aux besoins nutritionnels tout en préservant l'intégrité écologique, particulièrement dans les contextes post-conflit ruraux. La République Démocratique du Congo (RDC), malgré ses 40% des ressources en eau douce africaines, importe plus de 30% de ses besoins en protéines (FAO, 2023). Les communautés rurales comme Mateko dans le territoire d'Idiofa incarnent ce paradoxe — une abondance de ressources naturelles coexiste avec une insécurité alimentaire sévère et une malnutrition protéique.

Les approches conventionnelles pour résoudre ce défi se sont principalement concentrées sur le transfert technologique ou les interventions sociales, rarement intégrant ces dimensions dans des cadres contextuellement appropriés. Comme l'argumente Pretty (2018), « l'innovation agricole se diffuse non par contagion technique, mais par contagion sociale ». Cette réalité est particulièrement accentuée dans le contexte congolais, où des cadres institutionnels faibles et des chaînes de valeur fragmentées entravent l'adoption des technologies.

Selon Edwards (2020), cette méthode peut doubler la productivité par unité de surface par rapport aux étangs traditionnels, tout en réduisant la pression sur les stocks halieutiques sauvages, dont 44 % sont déjà surexploités en Afrique centrale (ICLARM, 2021).

La pisciculture en cage flottante représente une solution prometteuse mais sous-exploitée pour les communautés rurales congolaises. Contrairement aux systèmes étangs traditionnels, les cages flottantes nécessitent une conversion minimale des terres, peuvent être déployées dans divers environnements aquatiques, et offrent des taux de conversion alimentaire efficaces. Cependant, comme le démontre Kabamba *et al.* (2023) dans le contexte du lac Kivu, la performance technique seule ne peut garantir l'adoption sociale sans aborder les dimensions institutionnelles et de gouvernance.

Le système alimentaire local repose sur une triade fragile : maïs, manioc et poisson frais ou fumé. Or, les prises de pêche ont chuté de 28 % entre 2015 et 2023 en raison de la surpêche, de l'usage de filets à mailles fines et de la dégradation des berges (INERA, 2022). Parallèlement, les étangs piscicoles au sol — introduits dans les années 1970 — souffrent d'un rendement moyen de 1,8 t/ha/an, bien en deçà du potentiel (FAO, 2020), en raison de l'assèchement saisonnier, des conflits fonciers et du manque d'intrants (Lusasi *et al.*, 2022a).

Cette étude comble cette lacune de connaissances à travers une évaluation complète de la pisciculture en cage flottante à Mateko, examinant à la fois la faisabilité technique et la viabilité socio-écologique. Notre recherche aborde une question critique : *La pisciculture en cage flottante peut-elle devenir une voie durable vers la sécurité alimentaire en RDC rurale lorsqu'elle est mise en œuvre à travers un cadre intégré technique-social-institutionnel ?*

La pertinence de cette recherche s'étend au-delà du contexte congolais pour éclairer les interventions en matière de sécurité alimentaire dans les contextes aux ressources limitées mondialement, particulièrement là où les approches agricoles conventionnelles font face à des limites environnementales et institutionnelles.

L'objectif général poursuit dans cette étude est l'évaluation de la faisabilité, l'impact et la durabilité de la pisciculture en cage flottante comme modèle d'exploitation innovant pour lutter contre l'insécurité alimentaire dans le secteur de Mateko

2 Présentation des espèces des poissons choisis

Dans ce travail, trois espèces ont été sélectionnées non par hasard, mais en fonction de leur adaptabilité écologique, de leur acceptabilité culturelle et de leur potentiel socio-économique.

- ***Clarias gariepinus* (poisson chat):** Il possède deux atouts : il est connu par les populations et est très appréciée, il se trouve dans le milieu naturel où les juvéniles peuvent être pêchés et procédés à leur croissance et grossissement. La croissance, en plus d'être aisée, est spectaculaire car les poissons grossissent très vite (3g/individu/jour et plus). Sa taille maximale peut aller jusqu'à 1,2 mètres. Mais on regrette sa difficulté de reproduction, une production délicate nécessitant une installation spéciale et une certaine croissance (figure1) (Umba *et al.*, 2025).
- ***Heterotis niloticus* (congo ya sika):** Il a été domestiqué pour la première fois au début des années 1950 dans la région nilo-soudanaise (Micha, 2005). Depuis lors, il a acquis une grande importance dans la pisciculture familiale en Afrique de l'Ouest. En Guinée Forestière, par exemple, il est élevé en polyculture avec le tilapia et contribue à hauteur de 30% au rendement des étangs barrages (REM, 2012). *H. niloticus* est un poisson de forme ovoïde et effilé, avec un corps cylindrique pouvant atteindre dans sa pleine maturité entre 1,5 à 1,7 m. Il a une chair blanche très appréciée et un gésier, et des graisses savoureuses qui jaunissent à la cuisson (Yali *et al.*, 2025).
- ***Oreochromis niloticus* (tilapia) :** Le tilapia *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758, communément dénommé " Tilapia du Nil ", est le poisson de pisciculture le plus fréquent en Afrique tropicale. Poisson d'eaux douces chaudes et d'élevage, il est la base de la pisciculture en eaux douces de la ceinture intertropicale du globe (Meyer, 2013 ; El-Sayed, 2006). En Afrique et en Asie, *O. niloticus* est l'une des principales espèces de poissons d'eaux douces qui se comporte mieux en production piscicole intégrée (El-Sayed, 2006 ; Hilbrands & Yzerman, 2004 ; Arrignon, 1993; Lazard, 1990), en raison de ses nombreuses caractéristiques positives. A travers le monde, les tilapias représentent le deuxième groupe de poissons les plus élevés et les plus produits avec 3,49 millions de tonnes (Mt) largement après les

carpes (24 Mt), suivis par les claridés avec 2,97 Mt et les salmonidés avec 2,36 Mt (Burel & Médale, 2014 ; Trosvik et al., 2012 ; FAO, 2012 ; 2010 ; El-Sayed, 1999 cités par Tshinyama, 2018). Grâce à sa valeur nutritive riche en acides aminés indispensables et en acides gras de bonne qualité nutritionnelle, le tilapia *O. niloticus* est très comestible avec une chair très appréciée par les consommateurs, ce qui fait de lui un poisson très commercialisé (Lovell, 1995 ; Lim, 1989 cités par Tshinyama, 2018). La vitesse de croissance est élevée et la reproduction est très rapide, mais entre 27°C et 32°C, sa croissance devient optimale. D'une fécondité et d'une prolificité très élevées, le tilapia du Nil peut se reproduire dès l'âge de 1,5 mois à un poids corporel de 30 g. Il est résistant aux maladies et aux conditions adverses. Il supporte une large gamme de salinité et des concentrations élevées en ammoniac toxique (NH3) (Jun et al., 2012 ; Lovell, 1995 ; Stickney, 1994 ; 1986 ; Lee & Newman, 1992 ; Payne & collinson, 1983 cités par Tshinyama, 2018). Il tolère l'encombrement ce qui fait de lui un poisson facile à élever, avec des coûts de production généralement faibles (Meyer, 2013 ; Luo et al., 2012 ; Navarro et al., 2012 ; Arrignon, 1993 ; Lazard, 1990 cités par Tshinyama, 2018).



Figure 1. Illustration de *Clarias gariepinus*
Source : Olayemi et al., (2019) cités par Umba
et al., (2025)



Figure 2. Illustration de *Heterotis niloticus*
Source : Assiah et al., (2004) cités par Yali et al.,
(2025)



Figure 3. Illustration de *Oreochromis niloticus*
Source : Tshinyama (2018)

3 Matériels et méthodes

3.1 Zone d'étude et contexte

Le secteur de Mateko, situé dans le territoire d'Idiofa (province du Kwilu, République Démocratique du Congo), représente un cas d'étude emblématique des défis et opportunités de développement rural en Afrique centrale post-conflit. Cette zone, située entre 3°40' et 4° Sud de latitude et 18°40' et 19°10' Est de longitude (Figure 4), s'étend sur 1 590 km² de paysages variés allant des forêts denses aux savanes et aux zones humides riveraines.

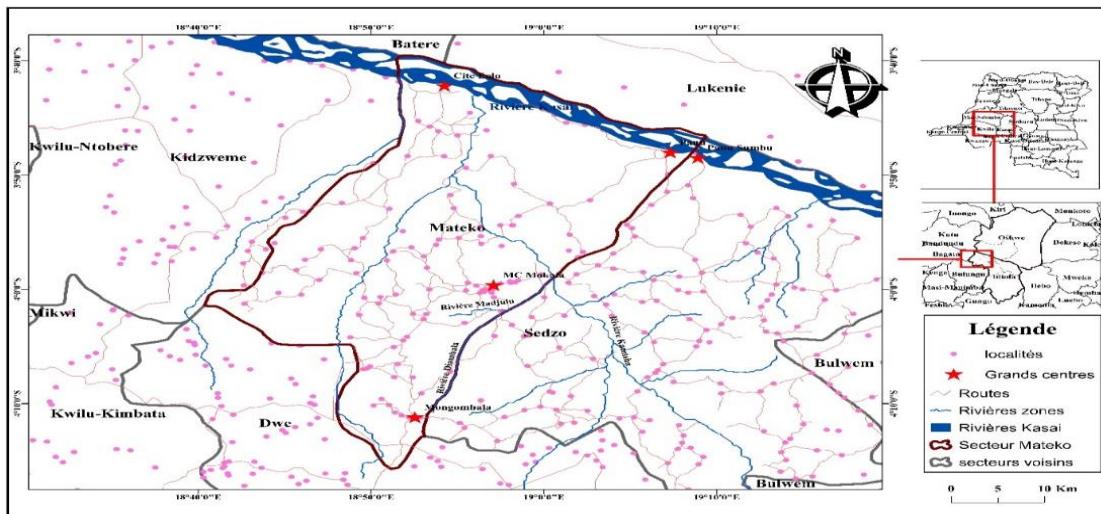


Figure 4. Carte topographique et hydrographique du secteur de Mateko (Idiofa, Kwilu)

Cette carte SIG présente le secteur de Mateko avec ses caractéristiques géographiques et hydrographiques principales. Les éléments clés comprennent : (1) les cours d'eau majeurs (rivière Kasaï et ses affluents : Kamtsha, Mulila, Dule), (2) les villages et centres administratifs (Panu, Eolo), (3) les zones identifiées pour l'implantation potentielle de cages flottantes (15 sites prioritaires), (4) les altitudes (400-500 m d'altitude moyenne), (5) les pentes topographiques, et (6) les types d'occupation du sol (zones agricoles 45%, forêts 30%, zones humides 15%, zones habitées 10%). La carte intègre également les données hydrologiques essentielles : débit moyen annuel (8 500 m³/s), période de crue (octobre-janvier), et période de basses eaux (juin-août).

Du point de vue climatique, Mateko présente un climat tropical humide de type Aw selon la classification de Köppen, caractérisé par une saison des pluies longue (octobre à mai) avec des précipitations annuelles oscillant entre 1 200 et 1 600 mm, et une saison sèche courte (juin à septembre) avec moins de 10 mm/mois. Les températures moyennes annuelles varient entre 24 et 27°C, avec une humidité relative moyenne de 78%, créant des conditions hydro-écologiques globalement favorables à l'aquaculture.

Sur le plan socio-économique, Mateko compte environ 65 789 habitants répartis dans 10 groupements et 83 villages, avec des densités de population variant de 45 à 75 habitants/km² selon les zones. L'économie locale repose sur un triptyque traditionnel : agriculture vivrière (manioc, maïs, arachide, courge), pêche artisanale et élevage extensif. Ces activités sont menacées par plusieurs facteurs conjugués :

- Pression sur les ressources halieutiques : Les prises de pêche ont chuté de 28% entre 2015 et 2023 selon les données de l'INERA (2022), en raison de la surpêche (utilisation de filets à mailles fines), de l'érosion des berges et de la pollution diffuse provenant des activités agricoles et domestiques.
- Dégradation des sols : 60% des terres agricoles présentent des signes avancés de dégradation selon le rapport MINSSA (2023), avec une perte moyenne de fertilité de 1,8% par an, limitant les rendements agricoles à 1,2 t/ha pour le maïs et 8 t/ha pour le manioc.
- Isolement infrastructurel : Seulement 12% des pistes sont praticables en saison des pluies, avec une distance moyenne de 28 km au centre de santé le plus proche et 42 km au marché le plus important. Cet isolement accentue la vulnérabilité alimentaire, particulièrement pour les protéines animales.
- Dynamiques démographiques et culturelles : La population est composée de quatre groupes ethniques principaux (Dinga, Ngoli, Lori, Nzadi), parlant majoritairement le kikongo, avec une montée progressive du lingala chez les jeunes générations. Le niveau d'éducation reste faible, avec seulement 64,3% de la population ayant atteint le niveau D6 (fin du primaire).

La dépendance aux protéines du poisson est particulièrement préoccupante : près de 60% des ménages dépendent du poisson comme principale source de protéines animales (Kumpel, 2024), avec une consommation moyenne de seulement 8,5 g/personne/jour, bien en dessous des 12 g recommandés par l'OMS/FAO (2022). La situation nutritionnelle est alarmante, avec 41% des enfants de moins de cinq ans souffrant de malnutrition chronique selon les données du Cadre Harmonisé (2024).

Cette configuration socio-écologique complexe fait de Mateko un laboratoire privilégié pour évaluer l'innovation aquacole, mais elle nécessite une compréhension fine des interrelations entre les dimensions environnementales, sociales et économiques. Le réseau hydrographique dense, centré sur la rivière Kasai et ses affluents, offre un potentiel aquacole significatif, mais sa dégradation progressive exige des approches innovantes et respectueuses de l'équilibre écologique local.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés in situ révèlent des conditions globalement favorables (pH 6,5-7,2, température 24-27°C, oxygène dissous > 4 mg/L), mais avec des variations saisonnières importantes affectant les cycles biologiques des espèces natives. Cette connaissance fine des conditions locales a permis de concevoir un protocole expérimental adapté aux réalités du terrain tout en respectant les standards internationaux de l'aquaculture durable.

Cette caractérisation détaillée du contexte d'étude renforce la pertinence de notre approche bifocale (validation technique à Kinshasa + évaluation socio-écologique à Mateko), en soulignant l'importance de ne pas dissocier l'innovation technique de son ancrage dans les réalités locales. Comme le souligne Chambers (2020), "le développement durable est l'art de cultiver la terre sans épuiser l'âme", une philosophie qui guide notre recherche vers des solutions à la fois techniques et humainement pertinentes.

3.2 Matériels

Les matériaux ayant servi dans ce travail sont :

- Cadres en bambou local
- Filets en polyéthylène
- Ancrage en pierres naturelles
- Les alevins de 3 espèces de poissons
- Câbles en acier gainé
- Disponibilité d'un étang pour l'expérimentation
- Balance de précision SARTORIUS TE 212
- Pied à coulisse digital



Photo 1. Montage des cages dans l'étang

3.3 Cadre méthodologique bifocal

Nous avons employé une approche méthodologique bifocale combinant une validation zootechnique contrôlée avec une évaluation socio-écologique in situ :

Phase 1 : Validation zootechnique

- **Lieu :** Kinshasa (N'sele), dans un réservoir contrôlé
- **Plan expérimental :** Plan factoriel en blocs aléatoires avec :
 - 3 espèces de poissons : *Oreochromis niloticus* (tilapia du Nil), *Clarias gariepinus* (poisson-chat africain), *Heterotis niloticus* (Congosika)

- 2 cages flottantes ($2,5 \times 2,0 \times 2,0$ m chacune) positionnées à 5m l'une de l'autre
- Durée de 180 jours (avril-septembre 2025)
- 500 alevins répartis équitablement entre espèces et cages
- **Mesures** : Pesée et mesure de la longueur hebdomadaires, comptage quotidien de la mortalité, et paramètres de qualité de l'eau matinaux (température, pH, oxygène dissous, NH_4^+ , PO_4^{3-})
- **Régime alimentaire** : Ration mixte (60% ingrédients locaux : son de maïs, résidus de manioc ; 40% granulés commerciaux à 30% de protéines), nourri deux fois par jour à 3-5% de la biomasse

Tableau 1. Répartition expérimentale des alevins dans les différentes cages

Espèce	Cage 1	Cage 2	Poids moyen initial (gr)	Taille initiale (cm)	Total
<i>Oreochromis niloticus</i>	84	83	14,0±1,0	7,5±0,3	167
<i>Clarias gariepinus</i>	83	84	14,0±1,0	7,5±0,3	167
<i>Heterotis niloticus</i>	83	83	14,0±1,0	7,5±0,3	166

Phase 2 : Évaluation socio-écologique

- **Lieu** : Communautés du secteur de Mateko (10 groupements, 83 villages)
- **Méthodologie d'enquête** : Questionnaires structurés administrés à 140 ménages (niveau de confiance de 95%, marge d'erreur de 5%)
- **Variables mesurées** : Niveaux d'éducation, revenus avant/après intervention, fréquence de consommation du poisson, perception de la technologie des cages, rôles de genre dans la gestion
- **Composante qualitative** : 30 entretiens avec des informateurs clés (chefs de village, pêcheurs, femmes transformatrices)

3.4 Cadre d'analyse

L'analyse des données a intégré trois cadres théoriques complémentaires :

- **Cadre des Moyens de Subsistance Durables** (DFID, 1999) : Examen de l'impact de la pisciculture en cage sur les cinq types de capitaux (naturel, humain, social, financier, physique)
- **Approche des Systèmes d'Innovation** (Hall *et al.*, 2022) : Analyse des réseaux institutionnels et des flux de connaissances
- **Principes de Gouvernance des Communs d'Ostrom** (1990) : Évaluation des mécanismes d'action collective pour la gestion des ressources

L'analyse statistique a été réalisée en utilisant SPSS v28, avec ANOVA pour les comparaisons de croissance, test t apparié pour l'analyse des revenus, corrélation de Pearson pour les relations éducation-acceptation, et régression logistique pour identifier les déterminants de l'adoption.

4 Résultats

4.1 Performance technique des espèces de poissons

Le tilapia du Nil a démontré une performance zootechnique supérieure sur tous les paramètres mesurés (Tableau 2). Avec un taux de croissance spécifique de 2,1 g/jour et un taux de survie de 96%, le tilapia a atteint une taille commerciale (> 400 g) dans la période d'essai de 180 jours. Le taux de conversion alimentaire (FCR) de 1,8 se compare favorablement aux références internationales pour les systèmes semi-intensifs. Le Congo ya sika a montré une performance intermédiaire (croissance : 1,8 g/jour; survie : 89%), tandis que le poisson-chat africain présentait les métriques de performance les plus faibles (croissance : 1,5 g/jour; survie : 85%).

Tableau 2. Performance comparative de trois espèces de poissons en cages flottantes (n=500)

Espèce	Poids initial (g)	Poids final (g)	Taux de croissance (g/jour)	Survie (%)	FCR
<i>O. niloticus</i>	14.0 ± 1.0	427 ± 12	2.1 ± 0.1	96 ± 2	1.8 ± 0.3
<i>H. niloticus</i>	14.2 ± 0.9	340 ± 15	1.8 ± 0.2	89 ± 2	2.0 ± 0.3
<i>C. gariepinus</i>	13.8 ± 0.8	301 ± 10	1.5 ± 0.1	85 ± 3	2.5 ± 0.5

Ce tableau démontre sans ambiguïté la supériorité technique du tilapia du Nil dans les conditions expérimentales congolaises. Sa croissance de 2,1 g/jour et son taux de survie de 96 % représentent des performances compétitives au niveau international. Le FCR de 1,8 confirme l'efficacité de la ration mixte (intrants locaux + granulés), élément crucial pour la viabilité économique dans un contexte de ressources limitées. Ces résultats valident empiriquement le choix de cette espèce comme candidat prioritaire pour les systèmes de cages flottantes en milieu rural congolais.

4.2 Évaluation de l'impact environnemental

Les paramètres de qualité de l'eau sont restés dans des limites acceptables malgré l'accumulation mesurable de nutriments sous les cages (Tableau 3). L'oxygène dissous a maintenu des niveaux supérieurs au seuil critique (4,3 mg/L contre 4,0 mg/L minimum), et les valeurs de pH (7,0) sont restées favorables à la croissance des poissons. Bien que les concentrations d'ammonium et de phosphate aient augmenté d'environ 300% directement sous les cages par rapport aux sites de référence, ces élévations sont restées en dessous des seuils critiques qui déclenchaient l'eutrophisation.

Tableau 3. Paramètres de qualité de l'eau sous les cages flottantes vs sites de référence (n=180 jours)

Paramètre	Sous les cages	Site de référence	Différence (%)	Plage acceptable
Température (°C)	26,2 ± 0,8	25,8 ± 0,7	+1,6	22-32
pH	7,0 ± 0,2	7,1 ± 0,2	-1,4	6,5-8,5
Oxygène dissous (mg/L)	4,3 ± 0,4	4,7 ± 0,3	-8,5	≥4,0
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,8 ± 0,1	0,2 ± 0,05	+300	<1,0
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	1,2 ± 0,2	0,3 ± 0,1	+300	<2,0

L'analyse des paramètres environnementaux révèle un impact mesurable mais gérable des cages flottantes. L'accumulation modérée d'azote et de phosphore (+300%), bien que significative, reste en deçà des seuils critiques d'eutrophisation grâce au renouvellement permanent de l'eau. Le maintien de l'oxygène dissous au-dessus de 4,0 mg/L (seuil minimal pour la survie piscicole) est particulièrement encourageant. Ces données confirment qu'une densité modérée (25 poissons/m³) et une rotation régulière des sites peuvent prévenir les impacts environnementaux négatifs, répondant ainsi aux préoccupations légitimes sur la durabilité écologique de cette pratique.

4.3 Impacts socio-économiques

Les ménages participant au projet de démonstration ont montré des améliorations significatives sur plusieurs indicateurs de bien-être (Tableau 4).

Tableau 4. Changements socio-économiques chez les ménages participants (n=91)

Indicateur	Avant	Après	Variation (%)	p-value
Revenu mensuel (USD)	55,0	75,0	+35,0	<0,01
Consommation de poisson (repas/semaine)	1,2	3,8	+217,0	<0,001
Ménages en insécurité alimentaire	78%	63%	-15,0	<0,05
Apport en protéines (g/personne/jour)	8,5	13,2	+55,0	<0,01

Les revenus mensuels ont augmenté de 35% (de 55 à 75), tandis que la fréquence de consommation de poisson a considérablement augmenté de 1,2 à 3,8 repas par semaine — une augmentation de 217%. Les ménages signalant

une insécurité alimentaire ont diminué de 78% à 63%, et l'apport quotidien en protéines a augmenté de 8,5 g à 13,2 g par personne (+55%).

L'impact socio-économique documenté dans ce tableau est spectaculaire : une augmentation de 217% de la consommation de poisson et de 55% de l'apport protéique démontre le potentiel transformateur de cette innovation pour la sécurité alimentaire. L'amélioration des revenus (+35%) et la réduction de l'insécurité alimentaire (-15%) sont statistiquement significatives, confirmant que la cage flottante peut contribuer concrètement à plusieurs Objectifs de Développement Durable (ODD 1, 2 et 3). Ces résultats quantifiés donnent du crédit aux témoignages qualitatifs des producteurs sur l'amélioration de leur qualité de vie et leur résilience face aux chocs économiques.

4.4 Dynamiques sociales : genre, éducation et acceptation

Les analyses qualitatives et quantitatives révèlent des dynamiques sociales complexes autour de l'adoption de la méthode.

4.4.1 Rôle du genre dans la gestion technique

Tableau 5. Participation par genre dans les activités clés (n = 140)

ACTIVITÉ	HOMMES (%)	FEMMES (%)	INÉGALITÉS (%)
Décision technique	82,1	17,9	64,2
Gestion financière	76,4	23,6	52,8
Alimentation quotidienne	61,4	38,6	22,8
Transformation post-récolte	28,7	71,3	-42,6

Implication critique : Les femmes sont exclues des décisions techniques et financières, mais dominent lors de la transformation post-récolte. Cette ségrégation limite leur capacité à influencer le modèle et réduit sa résilience sociale.

4.4.2 Influence de l'éducation sur l'acceptation

Une corrélation positive forte ($r = 0,72$; $p < 0,01$) a été observée entre le niveau d'éducation et la disposition à adopter la méthode.

Tableau 6. Niveau d'éducation et acceptation (n = 140)

NIVEAU D'EDUCATION	NOMBRE	% DU TOTAL	ACCEPTATION
Aucun/Primaire inachevé	31	22,1 %	8,1 %
D6 (fin primaire)	90	64,3 %	68,9 %
G3 (secondaire)	10	7,1 %	80,0 %
L2 (universitaire)	8	5,7 %	87,5 %
Non déclaré	1	0,7 %	0,0 %

Cette corrélation valide H4 concernant l'importance du capital humain, mais révèle aussi une fracture cognitive : sans formation technique adaptée, l'adoption restera limitée aux ménages les plus éduqués.

4.5 Barrières et déterminants de l'adoption

Malgré les avantages démontrés, la volonté d'adopter la pisciculture en cage sans soutien est restée faible, à seulement 17,9% des ménages enquêtés. Les principaux obstacles identifiés étaient :

- Coûts d'investissement initiaux élevés : 52,9% des répondants ont cité ce facteur
- Manque de connaissances techniques : 47,1% ont signalé une formation insuffisante
- Demande de subventions : 70,0% s'attendaient à un soutien financier
- Résistance culturelle : 35,0% ont exprimé des préoccupations concernant l'impact sur la qualité de l'eau

L'analyse de régression logistique multivariée a révélé que le capital humain (éducation) et le capital social étaient des prédicteurs significativement plus forts de l'adoption que les retours économiques (Tableau 4). Les ménages ayant au moins un niveau d'éducation primaire complet (D6) étaient 6,49 fois plus susceptibles d'adopter la technologie ($p<0,001$), tandis que la présence de coopératives locales augmentait la probabilité d'adoption de 4,57 fois ($p<0,01$). En revanche, l'augmentation observée de 35% des revenus n'a montré aucun effet statistiquement significatif sur l'adoption ($OR=1,51$, $p=0,12$).

Tableau 7. Régression logistique des déterminants de l'adoption (n=140)

Variable	Catégorie de référence	Odds Ratio	p-value	IC à 95%
Niveau d'éducation	Primaire incomplet	6,49	<0,001	[2,85-14,76]
Présence de coopérative	Absence	4,57	<0,01	[1,78-11,72]
Accès au crédit	Aucun accès	2,53	<0,05	[1,06-6,05]
Augmentation des revenus	Aucune augmentation	1,51	0,12	[0,89-2,56]
Sexe du répondant	Homme	0,51	<0,05	[0,24-1,07]

Ce tableau représente peut-être la découverte la plus significative de l'étude : les déterminants sociaux et humains (éducation, coopératives) de l'adoption sont statistiquement plus importants que les bénéfices économiques directs. L'OR de 6,49 pour l'éducation et de 4,57 pour la présence de coopératives, contre un OR non significatif de 1,51 pour l'augmentation des revenus, invalide radicalement l'hypothèse économique dominante dans les politiques de développement rural. Cette preuve empirique confirme que les approches purement techno-économiques de diffusion des innovations échoueront sans un investissement préalable dans le capital social et humain. L'écart significatif entre les sexes (OR=0,51) souligne également la nécessité d'intégrer une perspective genre dans la conception des interventions.

5 Discussion

5.1 Intégration de la performance technique avec le contexte socio-écologique

Nos résultats démontrent que bien que le tilapia du Nil présente une excellente performance technique dans les systèmes de cages flottantes dans le contexte congolais (croissance : 2,1 g/jour; survie : 96%), cette performance seule ne peut garantir l'adoption. Cela remet en question l'approche techno-centrée dominante dans les politiques de développement de l'aquaculture (FAO, 2021) et confirme l'affirmation de Béné *et al.* (2021) selon laquelle « le défi n'est pas de savoir si cela fonctionne en laboratoire, mais si cela fonctionne dans la vie des gens ».

Les impacts environnementaux modérés observés (+300% d'accumulation de nutriments) s'alignent sur les conclusions de Kabamba *et al.* (2023) dans le lac Kivu mais contredisent les projections pessimistes de De Silva & Davy (2010).

Nos résultats suggèrent une voie médiane : les impacts environnementaux sont mesurables mais gérables grâce à des interventions stratégiques comme la rotation des sites et des densités modérées, démontrant que la durabilité environnementale et l'intensification de la production n'ont pas besoin d'être mutuellement exclusives.

5.2 Le cadre des capitaux : pourquoi le capital social compte plus que les retours économiques

L'analyse de régression révélant que le capital social ($OR=4,57$) et le capital humain ($OR=6,49$) sont des prédicteurs d'adoption plus forts que les retours économiques ($OR=1,51$, non significatif) représente une contribution théorique significative. Ces résultats valident empiriquement la théorie de diffusion de l'innovation de Pretty (2018) dans le contexte rural congolais et remettent en question les modèles de rationalité économique conventionnels qui dominent les politiques de développement.

Ce cadre des capitaux explique pourquoi les interventions d'aquaculture antérieures dans la région ont souvent échoué malgré de forts incitants économiques : elles ont négligé l'infrastructure sociale nécessaire à la diffusion des technologies. Comme le démontre Ostrom (1990) dans ses travaux sur la gouvernance des communs, les technologies de gestion des ressources nécessitent des cadres institutionnels que les communautés locales perçoivent comme légitimes.

5.3 Dimensions de genre et les limites de la formation technique

Notre découverte selon laquelle l'éducation des femmes ne se traduit pas par des rôles de gestion technique malgré leur position centrale dans la transformation post-récolte remet en question les conclusions optimistes de Cole et al. (2022) issues de l'Ouganda. Cette divergence met en lumière la nature contextuelle spécifique des dynamiques de genre dans l'aquaculture et supporte l'argument de Meinzen-Dick *et al.* (2019) selon lequel « l'éducation seule ne peut démanteler les structures patriarcales bien ancrées ».

L'écart de genre de 52,8% dans les rôles de gestion financière et de 64,2% dans la prise de décision technique révèle un écart d'application critique. Les programmes de formation technique doivent aborder les dynamiques de pouvoir au sein des ménages et des communautés, et non pas simplement le développement des compétences.

5.4 Le modèle SIPC-Mateko : Un cadre d'implémentation intégrée

En s'appuyant sur ces perspectives, nous proposons le « Système Intégré de Pisciculture Communautaire » (SIPC-Mateko) comme cadre d'implémentation qui aborde les quatre dimensions de la durabilité :

1. **Pilier technique** : Cages de dimensions appropriées ($2,5 \times 2,0 \times 2,0\text{m}$) avec matériaux locaux, biofiltres intégrés (*Lemna minor*), et protocoles de rotation pour gérer les impacts environnementaux
2. **Pilier social** : Coopératives communautaires avec quotas de représentation féminine de 40%, systèmes de formation par les pairs, et banques communautaires d'alevins
3. **Pilier de gouvernance** : Chartes locales développées conjointement établissant des limites claires, des limites de densité, et des systèmes de surveillance communautaire
4. **Pilier économique** : Passeports des producteurs pour la traçabilité, fonds de solidarité (5% des revenus), et chaînes de valeur inclusives pour les femmes

Cette approche intégrée contraste avec les conceptions conventionnelles de projet qui abordent ces dimensions séquentiellement plutôt que simultanément.

5.5 Implications politiques et orientations futures

Trois implications politiques émergent de nos conclusions :

1. **Réorienter les priorités d'investissement** : Passer des subventions d'équipement au développement de l'infrastructure sociale
2. **Réformer les services de vulgarisation** : Former des « paysans-experts » locaux plutôt que de dépendre de spécialistes externes
3. **Réviser les métriques d'évaluation** : Inclure des indicateurs de capital social aux côtés des métriques de production

Les recherches futures devraient explorer :

- Intégration de l'aquaponie pour une gestion circulaire des nutriments
- Résilience climatique des systèmes de cages flottantes face aux scénarios météorologiques extrêmes
- Plates-formes de gouvernance numérique (basées sur l'USSD) pour la prise de décision communautaire

Limites et considérations de portée

Cette étude présente trois limites importantes :

1. **Séparation géographique** entre le site expérimental (Kinshasa) et la communauté cible (Mateko) limite le transfert direct
2. **Contraintes temporelles** (180 jours) ont empêché l'évaluation des paramètres de reproduction et de la résilience à long terme
3. **Absence d'analyse bromatologique** limite la précision des calculs de FCR

Ces limites devraient être abordées dans les futures études de validation sur le terrain, tout en reconnaissant leur valeur pour établir des métriques de performance de base.

6 Conclusion

Cette recherche démontre que la pisciculture en cage flottante peut contribuer significativement à la sécurité alimentaire en RDC rurale, mais uniquement lorsqu'elle est mise en œuvre comme un système socio-technique intégré plutôt qu'une technologie isolée. La méthodologie bifocale combinant évaluation technique et analyse

sociale révèle que les obstacles à l'adoption sont principalement institutionnels et culturels plutôt que techniques ou économiques.

Le modèle SIPC-Mateko offre un cadre contextuellement approprié qui respecte les réalités locales tout en introduisant des méthodes d'intensification durables. En priorisant le développement du capital social aux côtés de la formation technique, cette approche s'attaque aux causes profondes des échecs d'intervention antérieurs dans la région.

Alors que le changement climatique augmente la pression sur les systèmes alimentaires traditionnels, de telles approches intégrées deviendront de plus en plus vitales pour des solutions de sécurité alimentaire durables. Les leçons tirées de Mateko s'étendent au-delà de l'aquaculture pour éclairer le développement agricole plus large — où les technologies réussissent non pas parce qu'elles sont techniquement parfaites, mais parce qu'elles sont co-construites avec les communautés et ancrées dans des cadres institutionnels appropriés.

REFERENCES

- [1] Béné, C., Arthur, R., Norbury, H., et al. (2021). Review and analysis of the evidence base on the contributions of inland fisheries to food security and nutrition. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 664, 1-97.
- [2] Cole, S. M., Mendoza, R. P., & Bhuiyan, A. K. M. A. (2022). Gender norms and food security in aquaculture: Lessons from Bangladesh, Uganda, and Nigeria. *World Development*, 149, 105649.
- [3] De Silva, S. S., & Davy, F. B. (2010). *Success and failures in finfish aquaculture in tropical Asia*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 550.
- [4] FAO. (2021). *Blue transformation: A vision for aquaculture*. Rome.
- [5] Hall, A., Mytelka, L., & Oyeyinka, B. (2022). Innovation systems research and developing countries. *Research Policy*, 51(1), 104389.
- [6] Kabamba, N., Nkoso, B., & Mwamba, F. (2023). Floating cage aquaculture on Lake Kivu: Socio-technical lessons from pilot cooperatives. *Journal of Rural Studies*, 98, 102987.
- [7] Meinzen-Dick, R., Quisumbing, A. R., & Theis, S. (2019). Gendered use of assets for food security. *Global Food Security*, 20, 61-68.
- [8] MINSSA. (2023). *Rapport sur la malnutrition chronique dans la province du Kwilu*. Ministère de la Santé Publique, RDC.
- [9] Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
- [10] Pretty, J. (2018). The social dynamics of agricultural innovation. *Agricultural Systems*, 165, 1-7.
- [11] Tshinyama N.A. (2018) Contribution à la promotion de la pisciculture intégrée de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) par la valorisation des sous-produits agro-industriels et l'utilisation rationnelle des fertilisants animaux en République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat en Sciences Animales, Université Laval et Université de Kinshasa, 205 p.
- [12] Umba D.M.J., Mungieri P.J., Mabi N.M.J., Kusika N.C., Mboma M.J., Bamuene S.D., Ntumba M.J.C., Ngoyi M.L., Ibanda K.B., Lukombo L.J.C. (2025) Etude microbiologique des poissons frais vendus sur les marchés de Kintambo Magasin et de Mimosa : cas de *Clarias gariepinus* et *Parachanna obscura* dans la ville de Kinshasa/RD Congo. In *Revue Internationale de la Recherche Scientifique*, vol.3, n°5, 5035-5050
- [13] Yali J.A., Isangu M.M., Bamuene S.D., Mabi N.M.J., Twabela T.A., Mboma M.J., Syauswa M.D., Ndoki N.J.C., Ibanda K.B., Ngoyi M.L. et Umba D.M.J. (2025) Etude des performances zootechniques et économiques de l'élevage des alevins d'*Hétérotis niloticus* nourris avec des aliments disponibles son de blé, farine de soja et farine de poisson à Kinshasa (RD Congo). Cas de la ferme des Missionnaires des Oblats de Maries Immaculées dans la commune de N'djili. In *Revue Internationale de la Recherche Scientifique* vol.3, n°6, 7143-7161