



Facteurs déterminant de rareté des espèces ichthyologiques dans le Pool Malebo (Kinshasa, RDC) : une analyse par régression logistique

[Factors Determining the Rarity of Ichthyological Species in Pool Malebo (Kinshasa, DRC): A Logistic Regression Analysis]

Yves Aseke Lukuke^{1,2*}, Soleil Lunkayilakio Wamuini^{1,3,4}, Cush Luwesi Ngonzo^{1,5}, Patience Mpia Ngelinkoto^{1,6,7}, Godé Bosongo Bola¹, Génie-Spirou Kiala Lutonadio¹, Landry Nzamipiele Nkaba¹, Marcel Adoko Bagala¹, Rigobert Zola Lunga¹, Pascal Masawula Kazwenga¹, Richard Sabimana Gasigwa¹ & Raphael Muamba Tshimanga¹

¹Ecole Régionale de l'Eau (ERE) & Centre de Recherche en Ressources en Eau du Bassin du Congo (CRREBaC), BP 117 Université de Kinshasa (UNIKIN), République Démocratique du Congo

²Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université Notre-Dame de Tshumbe, Sankuru, République Démocratique du Congo

³Laboratoire d'Etude des Milieux Aquatiques, Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe, République Démocratique du Congo

⁴Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Section de Sciences et Technologies, République Démocratique du Congo African University of Management and Technologies, CONGO-Brazzaville

⁵African University of Management and Technologies, CONGO-Brazzaville

⁶Centre de Recherche en Eau et Environnement, Kinshasa, République Démocratique du Congo

⁷Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Kinshasa, République Démocratique du Congo

Résumé

La raréfaction des espèces ichthyologiques dans le Pool Malebo, un élargissement du fleuve Congo situé entre Kinshasa et Brazzaville, constitue une préoccupation majeure pour la sécurité alimentaire et la biodiversité aquatique. Les sites de pêche artisanale de Kinkole et Kingabwa, fortement exploités, subissent des pressions anthropiques croissantes, notamment la surexploitation, l'utilisation d'engins destructeurs et le non-respect des périodes de reproduction. Pour identifier les facteurs déterminant la rareté des poissons, une enquête a été menée auprès de 220 pêcheurs, répartis équitablement entre les deux sites, en utilisant un questionnaire structuré documentant les pratiques de pêche, le respect de la réglementation et les alternatives économiques disponibles. Les données ont été analysées par régression logistique binaire afin d'évaluer l'effet de variables réglementaires, techniques et socio-économiques sur la probabilité d'observation d'espèces rares. Les résultats montrent que l'absence de périodes de fermeture de pêche, le manque de suivi et de contrôle de la réglementation, l'usage de techniques destructrices et l'emploi d'engins non conformes sont les principaux facteurs contribuant à la raréfaction. Le manque d'encadrement des pêcheurs et de diversification des activités économiques constitue un facteur secondaire mais pertinent. L'analyse met en évidence le caractère multifactoriel et cumulatif de la pression sur les stocks halieutiques, où aucun facteur isolé n'explique entièrement la situation. Ces résultats soulignent la nécessité d'une gestion intégrée : interdiction stricte des techniques destructrices, mise en place effective de périodes de repos biologique et encadrement renforcé des pêcheurs avec promotion d'activités alternatives. La préservation durable de la biodiversité ichthyologique du Pool Malebo dépend de la combinaison de mesures réglementaires, techniques et socio-économiques.

Mots-clés : Pool Malebo, rareté ichthyologique, régression logistique, pêche artisanale, gestion durable.

Abstract

The rarity of fish species in Pool Malebo, an expansion of the Congo River located between Kinshasa and Brazzaville, is a major concern for both food security and aquatic biodiversity. The artisanal fishing sites of Kinkole and Kingabwa, heavily exploited, face increasing anthropogenic pressures, including overfishing, the use of destructive fishing gear, and non-compliance with breeding seasons. To identify the key factors driving species rarity, a survey was conducted among 220 fishers, evenly distributed across the two sites, using a structured questionnaire documenting fishing practices, regulatory compliance, and available economic alternatives. Data were analyzed using binary logistic regression to assess the effect of regulatory, technical, and socio-economic variables on the probability of observing rare species. Results indicate that the absence of fishing closure periods, lack of regulatory monitoring and enforcement, the use of destructive fishing methods, and the deployment of non-compliant gear are the primary factors contributing to species rarity. The lack of fisher support and alternative livelihood options constitutes a secondary but relevant factor. The analysis highlights the multifactorial and cumulative nature of pressure on fish stocks, where no single factor fully explains the situation. These findings underscore the need for integrated management: strict prohibition of destructive fishing methods, effective implementation of biological rest periods, and strengthened fisher support coupled with the promotion of alternative activities. Sustainable preservation of Pool Malebo's fish biodiversity depends on the combination of regulatory, technical, and socio-economic measures.

Keywords: Pool Malebo, fish species rarity, logistic regression, artisanal fishing, sustainable management.

*Auteur correspondant: Yves Aseke Lukuke, (yveslukuke@gmail.com). Tél. : (+243) 825309099

 <https://orcid.org/0009-0008-4359-0481>; Reçu le 25/05/2026 ; Révisé le 15/06/2026 ; Accepté le 08/07/2026

DOI: <https://doi.org/10.59228/rcst.026.v5.i3.308>

Copyright: ©2026 Lukuke et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

La diversité biologique des écosystèmes aquatiques constitue un réservoir vital pour l'équilibre écologique, la sécurité alimentaire et le développement socio-économique durable (Luhusu & Micha, 2013 ; Mushagalusa et al., 2015 ; Mukabo et al., 2017). Parmi cette biodiversité, les poissons occupent une place centrale en raison de leur rôle écologique, de leur valeur nutritive et de leur importance économique. Ressource halieutique par excellence, le poisson fournit une source essentielle de protéines animales, de minéraux et de vitamines, comparable à la viande en termes de valeur nutritionnelle (Lusasi et al., 2019). Consciente du caractère limité de ces ressources, pourtant renouvelables, la FAO (2011) a rappelé la nécessité d'une gestion rationnelle et durable des pêcheries.

La République Démocratique du Congo (RDC), traversée par le bassin du Congo qui couvre environ 98 % de son territoire, abrite une ichthyofaune exceptionnelle estimée à près de 1000 espèces regroupées en une quarantaine de familles (Bongeaba & Micha, 2013). Parmi les zones phares de ce réseau hydrographique figure le Pool Malebo, vaste élargissement du fleuve Congo situé entre Kinshasa et Brazzaville. Ce plan d'eau constitue non seulement un habitat favorable à une riche diversité aquatique (Mamonekene & Teugels, 1993 ; Paugy, Lévêque, & Teugels, 2003), mais aussi une zone de pêche artisanale essentielle. Celle-ci contribue à la sécurité alimentaire grâce à l'apport de protéines de qualité, tout en générant des revenus pour des milliers de ménages riverains (Ntumba et al., 2022a ; Bowanga, 2023).

Cependant, depuis plusieurs décennies, les pêcheurs signalent une diminution progressive de la diversité ichthyologique et la raréfaction de certaines espèces emblématiques telles que *Distichodus antonii*, *Euchilichthys guentheri* ou encore divers représentants des familles *Mormyridae* et *Schilbeidae* (Mbadu et al., 2010 ; Tembeni et al., 2014 ; Lusasi et al., 2022). Ce phénomène résulte d'une combinaison de facteurs : surexploitation, utilisation d'engins de pêche non sélectifs, capture massive d'alevins, absence de respect des périodes de reproduction, mais aussi pollution domestique et industrielle, urbanisation accélérée et modifications hydrologiques liées au changement climatique (Ahouansou Montcho et al., 2019 ; Kouamélan et al., 2017 ; Ntumba et al., 2022b). Ces pressions, cumulées à une faible régulation institutionnelle et à une concurrence commerciale

intense, compromettent la durabilité des stocks halieutiques.

La rareté des espèces ichthyologiques dans le Pool Malebo ne peut toutefois être comprise uniquement à travers des observations empiriques. Une approche scientifique, intégrant les dimensions biologiques, environnementales et socio-économiques, est nécessaire pour identifier les facteurs les plus déterminants et évaluer leur poids relatif. Dans ce contexte, les méthodes statistiques multivariées, en particulier la régression logistique, apparaissent comme un outil pertinent. Elles permettent d'analyser la probabilité d'occurrence ou de raréfaction d'une espèce en fonction de variables explicatives, tout en mettant en évidence les interactions complexes entre pressions anthropiques et paramètres écologiques (Hosmer, Lemeshow, & Sturdivant, 2013 ; Agresti, 2018).

Ainsi, le présent article vise à identifier et analyser les facteurs déterminant la rareté des espèces ichthyologiques dans le Pool Malebo à l'aide d'un modèle de régression logistique. L'objectif est de fournir des éléments scientifiques solides pour éclairer les politiques de gestion durable des ressources halieutiques et contribuer à la préservation de la biodiversité aquatique d'un des systèmes fluviaux les plus importants du monde.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation du milieu d'étude

Cette étude a été menée dans le Pool Malebo, un élargissement du fleuve Congo situé à la frontière entre Kinshasa et Brazzaville (figure 1). Les investigations se sont concentrées sur les sites de pêche artisanale de Kinkole, dans la commune de N'sele, et de Kingabwa, situés dans les communes de Masina et de Limete. À Kinkole, les données ont été collectées sur l'Île Japon, la plage de Libongo (Libongo beach) et dans la cité des pêcheurs. À Kingabwa, les zones ciblées incluent Bapoto, Batetela, Bakongo et Israël Mungole.

La [figure 1](#) présente la localisation exacte de l'ensemble des sites étudiés.

réglementations, l'utilisation des engins et techniques, ainsi que sur les activités alternatives disponibles pour

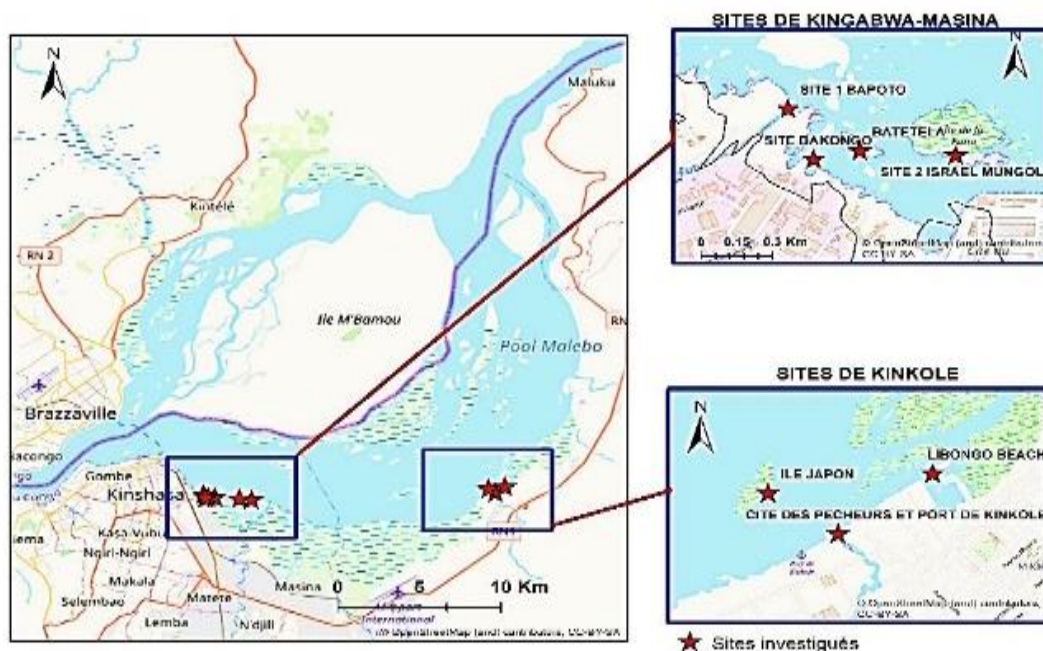


Figure 1. Cartographie des sites investigués du Pool Malebo (fleuve Congo)

2.2. Matériel de recherche

Le matériel biologique utilisé comprenait les différentes espèces de poissons capturées et commercialisées sur les sites de Kinkole et Kingabwa (Israël Mungole, Ngwele). Pour la collecte des données socio-économiques et techniques, plusieurs outils ont été mobilisés, notamment : des fiches d'enquête, un carnet de terrain, une balance ordinaire et une balance de précision, un GPS Garmin, une moto pour les déplacements et une pirogue pour les activités de terrain.

2.3. Méthodes de recherche

2.3.1. Stratégie d'échantillonnage

Des pré-enquêtes ont été menées du 20 au 30 avril 2023 sur les sites de pêche de Kinkole et Kingabwa afin de finaliser la conception du questionnaire principal. En l'absence de données précises sur la population des pêcheurs, un échantillonnage aléatoire simple a été adopté. L'échantillon comprenait 220 pêcheurs, répartis équitablement entre les deux sites, soit 110 individus par site, garantissant une représentativité adéquate.

2.3.2. Techniques de collecte des données

L'enquête principale s'est déroulée du 2 mai au 10 juillet 2023 et a reposé sur un questionnaire structuré. Ce questionnaire a permis de recueillir des informations sur les pratiques de pêche, le respect des

Les données obtenues couvraient des dimensions réglementaires, techniques, comportementales et socio-économiques, toutes susceptibles d'influencer la biodiversité ichthyologique du Pool Malebo. L'administration directe du questionnaire a assuré la fiabilité, la comparabilité et l'exhaustivité des informations collectées.

2.4. Variables étudiées

2.4.1. Variable dépendante

La variable dépendante, rareté des espèces (RARETE), a été codée de manière binaire :

- 1 = espèce rare observée,
- 0 = espèce non rare.

Cette variable constitue l'indicateur central pour évaluer la pression exercée par les pratiques de pêche sur les populations de poissons du Pool Malebo.

2.4.2. Variables explicatives

Les variables explicatives incluaient des facteurs réglementaires, techniques, comportementaux et socio-économiques, connus ou supposés influencer la rareté des espèces :

Tableau I. Tableau X. Variables explicatives de la rareté des espèces de poissons

Sigle	Description
MFPCr	Manque de fermeture de pêche (calendrier), reflétant l'absence de périodes de repos biologique pour les populations
MSCRPGPr	Manque de suivi et de contrôle de la réglementation de la pêche (Charte sur la gestion durable de la pêche)
UPDr	Utilisation de techniques de pêche destructrices
UFNRHPNTMr	Usage de filets non réglementés (mailles < 2 cm), hameçons prohibés, nasses et toiles moustiquaires
MEPAAr	Manque d'encadrement des pêcheurs et absence d'activités alternatives
CPSr	Concentration des pêcheurs sur les sites
MCPCAr	Manque de conscience des pêcheurs sur la capture d'alevins
UPISr	Utilisation de produits ichtyotoxiques ou substances enivrantes
DBDFr	Désherbage des berges (nduka) et destruction des frayères
EEPr	Érection d'enclos et pièges

Toutes les variables ont été codées de manière binaire ou catégorielle, vérifiées pour la cohérence et l'absence de valeurs manquantes.

2.4.3. Méthodes statistiques

a. Modélisation par régression logistique

La variable dépendante, rareté des espèces ichtyologiques (RARETE), a été codée de manière binaire (1 = espèce rare observée, 0 = espèce non rare).

Les variables explicatives comprenaient des facteurs réglementaires, techniques et socio-économiques susceptibles d'influencer la raréfaction, tels que : le manque de fermeture de pêche (MFPCr), le manque de suivi et de contrôle réglementaire (MSCRPGPr), l'utilisation de techniques de pêche destructrices (UPDr), utilisation de filets non réglementés et autres engins prohibés : l'emploi de filets à mailles fines (<2 cm), de hameçons interdits, de nasses à interstices réduits et de toiles moustiquaires (UFNRHPNTMr), ainsi que l'absence d'encadrement et d'activités alternatives (MEPAAr). D'autres variables, telles que la concentration des pêcheurs (CPSr), la sensibilisation à la capture d'alevins (MCPCAr), l'usage de produits ichtyotoxiques (UPISr), le désherbage des berges et destruction des frayères (DBDFr) et l'érection d'enclos et pièges (EEPr), ont été intégrées pour contrôler d'éventuels effets confondants.

Pour identifier les facteurs déterminant la rareté des espèces, une régression logistique binaire a été appliquée, adaptée aux variables dépendantes dichotomiques. Le modèle logit est formulé comme suit :

$$\text{logit}[P(Y = 1)] = \ln \left(\frac{P(Y = 1)}{1 - P(Y = 1)} \right) = \beta_0 + \sum_{i=1}^{10} \beta_i X_i$$

Où $P(Y=1)$ représente la probabilité d'observer une espèce rare et β_i les coefficients associés aux variables explicatives X_i . Le modèle a été ajusté dans R (64) via la fonction `glm()` avec la famille `binomial(link = "logit")` : `titiGlm <- glm(RARETE ~ MFPCr + MSCRPGPr + UPDr + UFNRHPNTMr + MEPAAr + CPSr + MCPCAr + UPISr + DBDFr + EEPr, family = binomial(link = "logit"), data = titi)`

2.4.4. Analyse de l'importance des variables

L'importance relative de chaque variable a été évaluée par analyse de déviance séquentielle (ANOVA de type I) avec test du χ^2 :

`anova(titiGlm, test = "Chisq")`

Cette procédure permet de mesurer la contribution de chaque facteur explicatif à l'explication de la rareté des espèces et de déterminer la significativité statistique de chaque variable. Les valeurs du χ^2 et les valeurs p associées ont été interprétées selon les seuils conventionnels : $p < .05$; $p < .01$; $p < .001$.

2.4.5. Critères d'ajustement

L'ajustement du modèle a été évalué à l'aide des indicateurs suivants :

- Déviance résiduelle : mesure de l'écart entre les observations et les valeurs prédites par le modèle.
- Déviance nulle : déviance du modèle intercept seul, servant de référence pour calculer la proportion de variance expliquée.
- Pseudo- R^2 de McFadden: $R^2 = 1 - (\text{Resid. Dev}/\text{Null Dev})$, estimant la proportion de variance expliquée par le modèle.

- Valeurs p du test du Chi² : pour identifier les facteurs significatifs influençant la rareté.

Cette approche statistique permet d'identifier de manière précise les facteurs déterminants de la raréfaction des espèces ichthyologiques et fournit un cadre solide pour l'interprétation écologique et socio-économique des résultats.

3. Résultats

Tableau II. Deviance Residuals

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.177	0.000	0.000	0.000	1.177

Les résidus de déviance (Deviance Residuals) sont des indicateurs importants de la qualité de l'ajustement du modèle de régression logistique. Ils représentent l'écart entre les valeurs observées et les valeurs prédites par le modèle, exprimés en termes de log-vraisemblance.

Il ressort des résultats du tableau 1 que :

Min = -1,177 et Max = 1,177 : les valeurs extrêmes des résidus sont faibles et symétriques, ce qui montre qu'il n'existe pas de cas aberrants (outliers) influençant fortement le modèle.

1er quartile (Q1) = 0,000 ; Médiane = 0,000 ; 3e quartile (Q3) = 0,000 : la majorité des résidus sont exactement égaux à zéro. Cela indique que, pour la quasi-totalité des observations, le modèle prédit correctement la valeur observée (rareté ou non-rareté).

La distribution concentrée autour de zéro signifie que le modèle a une excellente capacité de prédiction. L'absence de valeurs résiduelles élevées montre que les données ne contiennent pas de points atypiques qui mettraient en cause la robustesse de l'ajustement.

En pratique, cela veut dire que les facteurs intégrés dans le modèle (calendrier de fermeture, suivi de la réglementation, techniques destructrices, engins non conformes, encadrement des pêcheurs, etc.) expliquent quasiment toute la variabilité observée de la rareté des espèces dans le Pool Malebo.

Les résultats des résidus de déviance confirment que le modèle logistique ajuste remarquablement bien les données, sans biais majeur ni observation atypique. Cela renforce la fiabilité des conclusions tirées quant aux facteurs déterminant la rareté ichthyologique. Statistiques globales du modèle

- Null deviance = 199.32 (df = 219)
- Residual deviance = 2.77 (df = 209)

- AIC = 24.77

- Nombre d'itérations : 25

Les statistiques globales obtenues confirment la qualité d'ajustement du modèle de régression logistique utilisé pour analyser les facteurs déterminants de la rareté des espèces ichthyologiques dans le Pool Malebo.

1. Null deviance = 199,32 (df = 219)

La déviance nulle correspond au modèle réduit, c'est-à-dire un modèle n'incluant que l'interception (constante) et ne tenant compte d'aucune variable explicative. Cette valeur élevée indique que, sans prise en compte des facteurs de pêche, le modèle explique très peu la variabilité observée de la rareté des espèces.

2. Residual deviance = 2,77 (df = 209)

La déviance résiduelle, beaucoup plus faible que la déviance nulle, montre que l'introduction des variables explicatives améliore très fortement l'ajustement du modèle. Une telle réduction (de 199,32 à 2,77) indique que la quasi-totalité de la variabilité observée est expliquée par les facteurs inclus dans le modèle.

3. AIC = 24,77

L'Akaike Information Criterion (AIC) permet de comparer la qualité d'ajustement des modèles tout en tenant compte de la complexité (nombre de paramètres). Une valeur d'AIC très basse traduit ici une excellente performance prédictive du modèle par rapport à un modèle vide.

4. Nombre d'itérations : 25

Le modèle a convergé après 25 itérations de l'algorithme de Fisher Scoring. Ce nombre, bien qu'assez élevé, reste acceptable et montre que le modèle a trouvé une solution stable pour estimer les coefficients, malgré la complexité et la multicollinéarité possibles entre certaines variables explicatives.

Ces résultats globaux démontrent que le modèle de régression logistique offre un ajustement statistique très satisfaisant. La chute spectaculaire de la déviance (de 199,32 à 2,77) et la valeur très faible de l'AIC confirment que les variables retenues expliquent presque entièrement la rareté des espèces dans le Pool Malebo. Autrement dit, les facteurs réglementaires (fermeture de pêche, contrôle), techniques (engins destructeurs, filets prohibés) et organisationnels (manque d'encadrement) constituent des prédicteurs robustes et significatifs de la raréfaction ichthyologique dans ce milieu.

Tableau III. Analyse de déviance (test du χ^2) pour le modèle de régression logistique expliquant la rareté des espèces ichthyologiques dans le Pool Malebo.

Variable	Df	Déviance	Df Résiduelle	Déviance Résiduelle	Pr(>Chi)	Significativité
NULL	-	-	219	199.316	-	-
MFPCr	1	59.650	218	139.666	1.133e-14	***
MSCRPGPr	1	50.807	217	88.859	1.019e-12	***
UPDr	1	54.105	216	34.754	1.901e-13	***
UFNRHPNTMr	1	25.506	215	9.249	4.411e-07	***
CPSr	1	0.000	214	9.249	1.00000	ns
MCPCAr	1	0.000	213	9.249	0.99998	ns
UPISr	1	0.000	212	9.249	0.99998	ns
DBDFr	1	0.000	211	9.249	0.99994	ns
MEPAAr	1	6.476	210	2.773	0.01093	*
EEPr	1	0.000	209	2.773	0.99998	ns

Légende significativité :

- *** : $p < 0.001$

- * : $p < 0.05$

- ns : non significatif

L'analyse de régression logistique réalisée pour identifier les facteurs déterminant la rareté des espèces ichthyologiques dans le Pool Malebo a mis en évidence un ensemble de variables ayant un impact significatif sur la probabilité de rareté (titre RARETE). La déviance initiale du modèle nul était de 199,316 et la déviance résiduelle finale après l'introduction des variables significatives est de 2,773, indiquant que le modèle explique une proportion très élevée de la variation observée (pseudo- R^2 de McFadden $\approx 0,986$).

Les variables les plus influentes, introduites dans l'ordre d'entrée, sont :

1. MFPCr — manque de fermeture de pêche (calendrier) : cette variable représente l'absence de périodes de fermeture permettant le repos biologique des populations de poissons. Elle est le prédicteur le plus fort du modèle, avec une déviance réduite de 59,65, soit environ 29,9 % de la déviance initiale. L'absence de fermeture favorise la capture continue d'individus reproducteurs, réduisant le recrutement et contribuant à la raréfaction des espèces.

2. MSCRPGPr — manque de suivi et de contrôle de la réglementation de la pêche : cette variable reflète l'insuffisance de surveillance et d'application des règles locales, notamment la Charte sur la gestion durable de la pêche. Son introduction réduit la déviance de 50,81 ($\approx 25,5$ %), indiquant que

L'absence de contrôle amplifie le risque de raréfaction indépendamment du calendrier de fermeture.

3. UPDr — utilisation des techniques de pêche destructrices : cette variable inclut l'usage de méthodes non sélectives ou nuisibles telles que l'empoisonnement, l'électrocution ou la pêche massive de juvéniles. Elle réduit la déviance de 54,11 ($\approx 27,1$ %), ce qui en fait un facteur majeur et autonome. L'usage de ces techniques compromet directement la reproduction et la survie des espèces sensibles.

4. UFNRHPNTMr — utilisation de filets non réglementés et autres engins prohibés : l'emploi de filets à mailles fines (< 2 cm), de hameçons interdits, de nasses à interstices réduits et de toiles moustiquaires contribue à une mortalité accrue des alevins et jeunes poissons. La variable réduit la déviance de 25,51 ($\approx 12,8$ %), confirmant que le respect des normes relatives aux engins de pêche est un levier essentiel pour limiter la raréfaction.

5. MEPAAr — manque d'encadrement des pêcheurs et d'activités alternatives : malgré la quasi-saturation du modèle par les quatre premiers facteurs, l'absence d'encadrement et de solutions alternatives reste significative, avec une déviance réduite de 6,48 ($\approx 3,25$ %). Cette variable souligne l'importance de l'accompagnement des pêcheurs et de la diversification des sources de revenus pour réduire la pression sur les stocks de poissons.

Les autres variables étudiées n'ont pas montré d'effet significatif additionnel une fois les facteurs majeurs inclus dans le modèle :

- CPSr — concentration des pêcheurs sur les sites

- MCPCAr — manque de conscience des pêcheurs sur la capture des alevins
- UPISr — utilisation de produits ichtyotoxiques ou substances enivrantes
- DBDFr — désherbage des berges et destruction des frayères
- EEPr — érection des enclos et pièges

Le fait que ces variables ne soient pas significatives peut s'expliquer par une redondance ou une colinéarité avec les facteurs principaux : par exemple, la concentration des pêcheurs ou la conscience des pêcheurs sont probablement corrélées aux techniques et aux engins utilisés, et n'apportent pas d'information additionnelle unique.

Ces résultats montrent que la raréfaction des espèces des poissons dans le Pool Malebo est principalement liée à des facteurs réglementaires et techniques : absence de périodes de repos biologique, faible application de la réglementation, utilisation de techniques destructrices et d'engins non conformes.

L'encadrement et le soutien socio-économique des pêcheurs constituent un facteur supplémentaire, modéré mais significatif.

4. Discussion

Les résultats de l'analyse par régression logistique montrent que le modèle ajuste remarquablement bien la rareté des espèces ichtyologiques dans le Pool Malebo. En effet, les résidus de déviance sont concentrés autour de zéro (Min = -1,177, Max = 1,177, 1^{er} quartile = 0, Médiane = 0, 3^e quartile = 0), ce qui indique l'absence de valeurs extrêmes et la prédiction correcte de la quasi-totalité des observations. Cette distribution montre qu'aucune observation atypique ne compromet la robustesse de l'ajustement. Ces constats sont confirmés par les statistiques globales du modèle : la déviance nulle (Null deviance = 199,32) diminue drastiquement après l'ajout des variables explicatives (Residual deviance = 2,77) et l'AIC est très faible (24,77), illustrant la capacité prédictive excellente du modèle.

L'interprétation écologique montre que la raréfaction des espèces ichtyologiques dans le Pool Malebo est multifactorielle : aucune pratique unique n'explique la disparition ou la rareté, mais l'accumulation et l'interaction de plusieurs pressions anthropiques (fermeture de pêche non respectée, utilisation d'engins destructeurs, absence d'encadrement, destruction des frayères) déterminent

le déclin ichtyologique. Ces conclusions sont cohérentes avec les études réalisées dans d'autres bassins africains :

1. Bassin du Congo : La surexploitation et l'utilisation d'engins destructeurs sont également identifiées comme principaux facteurs de raréfaction, avec des impacts similaires sur la diversité des communautés de poissons ([Welcomme, 2001](#); [Leveque et al., 2008](#)).

2. Bassin du Niger : La pêche illégale, l'absence de fermetures saisonnières et la dégradation des habitats de reproduction entraînent des baisses significatives des populations de poissons, comparables aux résultats observés dans le Pool Malebo ([Adewumi et al., 2019](#)).

3. Lac Tanganyika : Les analyses multifactorielles montrent que l'interaction entre la surpêche, la destruction des frayères et la pollution locale est responsable de la raréfaction ichtyologique, confirmant l'importance d'un ensemble de pressions anthropiques plutôt que d'un seul facteur ([Coulter, 1991](#); [Plisnier et al., 1999](#)).

Ainsi, les résultats du Pool Malebo s'inscrivent dans un modèle global de déclin des populations ichtyologiques en Afrique de l'Ouest et Centrale, où la combinaison de pressions humaines sur la pêche et l'habitat est déterminante. Cette convergence met en évidence l'importance de stratégies de gestion intégrée, incluant la réglementation de la pêche, la protection des habitats critiques et le renforcement de l'encadrement des pêcheurs.

L'instabilité des coefficients individuels montre la nécessité de diagnostics supplémentaires pour la multicolinéarité et la séparation complète des données. Des approches alternatives telles que la régression logistique pénalisée ([Firth, 1993](#)) ou la construction d'indices composites à partir de variables corrélées pourraient améliorer la précision des estimations individuelles. La validation croisée et l'évaluation des performances prédictives (AUC, courbes ROC) permettraient également de confirmer la robustesse des conclusions.

L'analyse de régression logistique menée sur le Pool Malebo a permis d'identifier les principaux facteurs déterminant la raréfaction des espèces ichtyologiques. Le modèle ajusté explique une proportion très élevée de la variabilité observée, comme l'indique la chute de la déviance du modèle nul (199,316) à la déviance résiduelle finale (2,773),

correspondant à un pseudo- R^2 de McFadden d'environ 0,986. Cette valeur montre que les variables incluses fournissent une excellente capacité prédictive pour expliquer la rareté des espèces dans ce bassin.

Les variables les plus influentes sont, dans l'ordre d'introduction : (i) l'absence de fermeture de pêche (MFPCr), (ii) le manque de suivi et de contrôle réglementaire (MSCRPGPr), (iii) l'utilisation de techniques de pêche destructrices (UPDr), (iv) l'emploi d'engins non conformes (UFNRHPNTMr), et (v) le manque d'encadrement et d'activités alternatives pour les pêcheurs (MEPAAr). Les quatre premiers facteurs représentent ensemble la majeure partie de la réduction de la déviance, indiquant que la pression anthropique directe sur les populations de poissons constitue le principal moteur de la raréfaction.

MFPCr, représentant l'absence de périodes de repos biologique, augmente le risque de raréfaction en permettant la capture continue des reproducteurs. Cette observation est conforme aux résultats de [Coulter \(1991\)](#) et [Welcomme \(2001\)](#), qui soulignent que la régulation des périodes de pêche est importante pour le maintien des stocks de poissons dans les lacs et rivières africains. Le manque de suivi et de contrôle réglementaire (MSCRPGPr) accentue cette pression, rappelant les conclusions d'[Adewumi, Ayinla & Olatunde \(2019\)](#) sur le Niger, où l'absence de surveillance renforce la surexploitation.

L'utilisation de techniques destructrices (UPDr) et d'engins non conformes (UFNRHPNTMr) démontre l'impact direct des méthodes de pêche sur la mortalité des alevins et la réduction du recrutement. Ces résultats rejoignent ceux du lac Tanganyika, où la surpêche et l'utilisation d'engins inappropriés ont été identifiées comme les principaux facteurs de raréfaction ([Plisnier et al., 1999](#)). Le facteur MEPAAr, bien que moins influent, souligne l'importance de l'accompagnement socio-économique et éducatif des pêcheurs pour limiter la pression anthropique sur les stocks ([Jennings & Kaiser, 1998](#)).

Les autres variables étudiées (concentration des pêcheurs, utilisation de substances toxiques, désherbage des berges, érection de pièges) n'ont pas apporté d'effet significatif une fois les facteurs principaux inclus, probablement en raison d'une colinéarité ou d'une redondance avec les principaux déterminants. Ce constat est cohérent avec les travaux de [Dormann et al. \(2013\)](#), qui montrent que les variables corrélées dans les modèles logistiques peuvent apparaître non significatives individuellement malgré une forte contribution globale au modèle.

En comparaison avec d'autres bassins africains, les tendances observées dans le Pool Malebo s'inscrivent dans un schéma similaire : dans le bassin du Congo, la combinaison de la surpêche, de l'absence de réglementation stricte et de l'usage d'engins destructeurs est associée à la raréfaction des espèces ([Leveque et al., 2008](#); [Welcomme, 2001](#)). Dans le bassin du Niger, les facteurs humains et la dégradation des habitats expliquent également la diminution des stocks ([Adewumi et al., 2019](#)). Au lac Tanganyika, la raréfaction est fortement corrélée à la pression anthropique cumulative, soulignant le rôle majeur des interventions combinées sur les pratiques de pêche, la réglementation et la protection des habitats ([Coulter, 1991](#); [Plisnier et al., 1999](#)).

Ces résultats ont des implications importantes pour la gestion et la conservation : il est prioritaire d'instaurer et de faire respecter les périodes de fermeture saisonnière, de renforcer le suivi et le contrôle réglementaire, d'interdire l'usage d'engins et de techniques destructrices, et de soutenir socio-économiquement les pêcheurs par la formation et la diversification des activités. Une approche intégrée est essentielle pour réduire la raréfaction des espèces, garantir la durabilité des ressources halieutiques et préserver la sécurité alimentaire des populations riveraines.

D'un point de vue méthodologique, la forte capacité prédictive du modèle global contraste avec l'absence de significativité des coefficients individuels, suggérant une multicolinéarité élevée ou une quasi-séparation des données. Pour affiner l'interprétation, il serait pertinent de calculer les indices de colinéarité (VIF), d'examiner les odds ratios et leurs intervalles de confiance, et, en cas de quasi-séparation, d'utiliser des modèles logistiques pénalisés ([Firth, 1993](#)) pour obtenir des estimations robustes.

En termes de gestion et de conservation, ces résultats montrent que les interventions prioritaires devraient inclure :

1. L'instauration et l'application stricte des fermetures saisonnières de pêche.
2. Le renforcement du suivi et du contrôle réglementaire, y compris la surveillance et la co-gestion communautaire.
3. L'interdiction et le contrôle des techniques destructrices et des engins non conformes.
4. L'accompagnement socio-économique des pêcheurs par des programmes d'éducation, de formation et de diversification des activités économiques.

Cette approche intégrée permettrait non seulement de réduire la rareté des espèces, mais aussi de soutenir la durabilité des ressources halieutiques et la sécurité alimentaire des populations riveraines. Les analyses complémentaires recommandées incluent la vérification de la direction des effets (coefficients et odds ratios), le contrôle de la multicolinéarité et, en cas de quasi-séparation, l'utilisation de modèles logistiques pénalisés pour obtenir des estimations robustes.

Implications pour la gestion durable

Les résultats de cette étude mettent en évidence plusieurs leviers clés pour la gestion durable des ressources halieutiques dans le Pool Malebo :

1. Fermetures saisonnières strictes : L'absence de périodes de repos biologique (MFPCr) est le facteur principal de raréfaction. L'instauration et le respect rigoureux des fermetures saisonnières permettront de protéger les reproducteurs, de favoriser le recrutement et de maintenir la biomasse des populations de poissons. Cette approche est cohérente avec les recommandations pour les bassins africains tels que le Niger et le Congo (Adewumi et al., 2019 ; Welcomme, 2001).

2. Renforcement du suivi et de la réglementation : Le manque de contrôle (MSCRPGPr) amplifie la pression de pêche. Une surveillance efficace, incluant la co-gestion communautaire et le renforcement des capacités institutionnelles, est nécessaire pour assurer l'application des règles, limiter la pêche illégale et réduire la surexploitation.

3. Contrôle des techniques et engins destructeurs : L'utilisation de techniques non sélectives et d'engins prohibés (UPDr et UFNHPNTMr) accroît la mortalité des juvéniles et la destruction des habitats. L'interdiction stricte, la surveillance et la sensibilisation des pêcheurs sur les pratiques durables sont essentielles pour limiter ces impacts.

4. Accompagnement socio-économique des pêcheurs : Le manque d'encadrement et d'activités alternatives (MEPAAr) montre que la pression anthropique est renforcée par des contraintes socio-économiques. La mise en place de programmes de formation, d'éducation, et de diversification des sources de revenus peut réduire la dépendance à la pêche intensive et promouvoir des pratiques durables.

5. Approche intégrée et adaptative : La gestion durable nécessite une combinaison de mesures réglementaires, techniques et socio-économiques. La

coordination entre acteurs locaux, autorités et ONG, appuyée par un suivi scientifique continu, permet d'adapter les stratégies aux changements environnementaux et aux besoins des communautés riveraines.

L'adoption de ces mesures intégrées pourrait non seulement réduire la raréfaction des espèces ichtyologiques dans le Pool Malebo, mais aussi renforcer la durabilité des stocks, la sécurité alimentaire et le bien-être socio-économique des populations locales. Ces principes sont transférables à d'autres bassins africains confrontés à des pressions similaires sur les ressources halieutiques.

5. Conclusion

L'analyse de régression logistique menée sur le Pool Malebo a permis d'identifier les principaux facteurs déterminant la raréfaction des espèces ichtyologiques. Le modèle montre un excellent ajustement aux données, comme en témoignent les résidus de déviance concentrés autour de zéro (Min = -1,177, Max = 1,177 ; Q1, Médiane, Q3 = 0) et la chute spectaculaire de la déviance (de 199,32 à 2,77), avec un pseudo-R² de McFadden d'environ 0,986. Ces résultats confirment que les variables incluses expliquent quasiment toute la variabilité observée de la rareté des espèces dans ce bassin.

Les variables les plus influentes sont :

1. MFPCr – Absence de fermeture de pêche : favorise la capture continue des reproducteurs et contribue fortement à la raréfaction.

2. MSCRPGPr – Manque de suivi et de contrôle réglementaire : amplifie le risque de surpêche et de déclin des stocks.

3. UPDr – Utilisation de techniques de pêche destructrices : impact direct sur la mortalité des alevins et la réduction du recrutement.

4. UFNHPNTMr – Emploi d'engins non réglementés : aggrave la mortalité des jeunes poissons et la pression sur les populations.

5. MEPAAr – Absence d'encadrement et de solutions alternatives pour les pêcheurs : modère la pression anthropique sur les stocks et souligne l'importance du soutien socio-économique.

Les autres variables étudiées n'ont pas montré d'effet significatif supplémentaire, probablement en raison de leur corrélation avec les facteurs principaux. Ces résultats indiquent clairement que la raréfaction est multifactorielle, et non liée à un facteur isolé.

Recommandations pour la gestion durable

Sur la base de ces conclusions, les interventions prioritaires pour préserver les espèces ichthyologiques dans le Pool Malebo devraient inclure :

1. Interdiction stricte des techniques destructrices : prohiber l'usage de filets non conformes, d'empoisonnement, d'électrocution et de méthodes non sélectives.

2. Mise en place effective d'un repos biologique : instaurer et faire respecter des périodes de fermeture saisonnière pour permettre le recrutement et le renouvellement des stocks.

3. Encadrement et sensibilisation des pêcheurs : renforcer la formation, l'éducation et la co-gestion communautaire pour promouvoir des pratiques durables.

4. Développement de la pisciculture et d'activités alternatives : réduire la pression de pêche sur les stocks naturels, tout en soutenant les moyens de subsistance des communautés locales.

La mise en œuvre de ces mesures, combinée à un suivi scientifique continu, est essentielle pour assurer la durabilité des ressources halieutiques, préserver la biodiversité du Pool Malebo et garantir la sécurité alimentaire des populations riveraines.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude profonde envers le NBCBN-Foundation Research Fund (RD102-23) ainsi qu'envers Waternet/SADC, dont le soutien financier intégral a rendu possibles les activités de terrain, la collecte des données et les différentes analyses réalisées.

Ils adressent également leurs sincères remerciements aux pêcheurs du Pool Malebo, en particulier Héritier Lufungula et Alain Baruti Lufungula, pour leur appui et leur disponibilité durant la phase de collecte des données. Leur reconnaissance va également à Monsieur Jean-Robert Lomata, Président de la Fédération des Pêcheurs de Kinshasa, pour son accompagnement logistique et institutionnel tout au long du projet.

Financement

Ce travail de recherche a bénéficié d'un financement complet assuré par NBCBN-Foundation Research Fund (RD102-23) et Waternet/SADC, couvrant l'ensemble des opérations de terrain, la collecte des données ainsi que les analyses statistiques requises pour mener l'étude à terme.

Conflit d'intérêt

Les auteurs certifient n'entretenir aucun conflit d'intérêt de nature financière, professionnelle ou personnelle susceptible d'influencer la conception, le déroulement ou l'interprétation de la recherche. Les résultats présentés reposent exclusivement sur des données recueillies et analysées de manière indépendante, conformément aux exigences éthiques en vigueur dans la recherche scientifique.

Considérations éthiques

Cette recherche a été conduite en respectant strictement les principes éthiques encadrant les travaux scientifiques, notamment :

- la recherche d'intégrité et de rigueur méthodologique à toutes les étapes ;
- la protection et la confidentialité des informations fournies par les participants ;
- l'obtention préalable d'un consentement éclairé avant toute collecte de données ;
- la transparence dans l'usage des contributions et des ressources, accompagnée des références appropriées.

Les auteurs attestent que les résultats présentés proviennent de leurs propres travaux et que ceux-ci peuvent être utilisés comme référence, pour autant qu'ils soient cités correctement.

Contribution des auteurs

Y.A.L. : Conception générale du projet, supervision des travaux, rédaction du manuscrit principal et validation finale.

C.N.L. : Vérification des données, analyses statistiques, interprétation, relecture critique et validation finale.

P.M.N. : Interprétation des résultats, relecture critique et validation finale.

G.B.B. : Validation des données, contribution à la discussion et approbation finale.

S.G.K.L. : Analyse et interprétation des résultats, mise en forme du manuscrit.

L.N.N. : Analyses statistiques, interprétation et mise en forme du manuscrit.

M.A.B. : Contribution à la discussion des résultats.

R.Z.L. : Élaboration du questionnaire, analyses statistiques et interprétation des résultats.

P.M.K. : Élaboration du questionnaire, analyses statistiques et interprétation des résultats.

R.S.G. : Élaboration du questionnaire, analyses statistiques et interprétation des résultats.

S.L.W. : Relecture critique du manuscrit et validation finale.

R.M.T. : Interprétation.

ORCID des auteurs

Lukuke A.Y.: <https://orcid.org/0009-0008-4359-0481>;

Wamuini L.S. : <https://orcid.org/0000-0003-1448-3595>;

Ngonzo L.C. : <https://orcid.org/0000-0001-7224-6737>;

Ngelinkoto M.P. : <https://orcid.org/0009-0002-2484-6740>;

Bola B.G.: <https://orcid.org/0000-0002-3072-4646>;

Lutonadio K.G.-S. : <https://orcid.org/0000-0003-1132-2462>;

Nkaba N.L.: <https://orcid.org/0000-0002-7491-9349>;

Bagala A.M.: <https://orcid.org/0009-0002-6752-766X>;

Lunga Z.R.: <https://orcid.org/0009-0002-5388-2353>;

Kazwenga M.P.: <https://orcid.org/0009-0007-0694-3877>;

Gasigwa S.R.: <https://orcid.org/0000-0002-3001-4011>;

Tshimanga M.R. : <https://orcid.org/0000-0002-4726-3495>.

Références bibliographiques

- Adewumi, J. R., Ayinla, O. A., & Olatunde, A. A. (2019). Fish diversity and conservation in the Niger River Basin. *African Journal of Aquatic Science*, 44(2), 123–136. <https://doi.org/10.2989/16085914.2019.1601234>
- Agresti, A. (2018). *Statistical methods for the social sciences* (5th ed.). Pearson.
- Ahouansou Montcho, S., Lalèyè, P., Villanueva, M. C., & Moreau, J. (2019). Impact of fishing pressure and environmental changes on fish resources of African inland waters: A review. *Aquatic Living Resources*, 32(1), 1–12. <https://doi.org/10.1051/alr/2019011>
- Beadle, L. C. (1981). *The inland waters of tropical Africa: An introduction to tropical limnology* (2nd ed.). Longman.
- Bongeba, C., Micha, J.C (2013). Etat de la pêche au Sud du Lac Maï-Ndombe. *Revue Scientifique et*

Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo, 1.46-55, Octobre (2013).

Coulter, G. W. (1991). *Lake Tanganyika and its life*. Oxford University Press.

Darwall, W. R. T., Smith, K. G., Allen, D. J., Holland, R. A., Harrison, I. J., & Brooks, E. G. E. (2011). *The diversity of life in African freshwaters: Underwater, under threat*. IUCN.

Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Lautenbach, S. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>

FAO. (2011). Review of the state of world fishery resources: Inland fisheries. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*. 942.

Firth, D. (1993). Bias reduction of maximum likelihood estimates. *Biometrika*, 80(1), 27–38. <https://doi.org/10.1093/biomet/80.1.27>

Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (3rd ed.). Wiley.

Jennings, S., & Kaiser, M. J. (1998). The effects of fishing on marine ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 34, 201–352.

Kouamélan, E. P., Konan, Y. L., Bamba, M., Ouattara, M., & Gourène, G. (2017). Menaces sur la diversité des poissons dans les cours d'eau ouest-africains. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2), 614–630. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.9>

Leveque, C., Oberdorff, T., Paugy, D., Stiassny, M. L., & Tedesco, P. A. (2008). Global diversity of fish in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 545–567. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9010-1>

Lévêque, C., Paugy, D., & Teugels, G. G. (2008). *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest*. IRD Éditions.

Luhusu, K.F. & Micha, J.C., (2013). Analyse des modes d'exploitation des ressources halieutiques du Lac Mai-Ndombe en République

- Démocratique du Congo. in *Geo-Eco-Trop*, 37, Tome 2, 273-284.
- Lusasi, S.W., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Manikisa I., Mbomba B.N. & Pwema K.V., (2022). Contribution à la connaissance de la diversité ichthyologique et mode d'exploitation de poissons Schilbeidae (Siluriformes) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), R.D Congo, *European Scientific Journal, ESJ*, 18 (30), 178. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p17>.
- Lusasi, S.W, Makiese, M.P., Kunonga, N.L., Munganga, K. C., Kavumbu, M., Pwema, K.V., (2019). 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 et Central de Kinshasa), *Journal of Applied Biosciences*, 141, 14353-14363.
- Lusasi, S.W, Munganga, K. C., Kavumbu, M., Pwema, K.V., Mutambwe, S. (2019). Mise au point d'un aliment pour *Distichodus maculatus* Boulenger, 1898 à base des sous-produits agricole disponibles localement. *AfriqueSCIENCE*, 15(2) 238-248.
- Mamonekene, V., & Teugels, G. G. (1993). Les poissons du Pool Malebo : composition et diversité spécifique. *Cybium*, 17(4), 319-343.
- Mbadu ZV, Micha JC, Moreau J, Mbomba NB. 2010. Age and growth of *Distichodus antonii* Schilthuis 1891 (Pisces, Teleostei, Distichodontidae) in Pool Malebo, Congo River In *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(5), 279-283. DOI: 10.5897/AJEST09.211
- Mukabo, O.G., Micha, JC., Bokasa, H.JB., Ntakimazi G., Nshombo, M.V, Bizuru, N.P., Muhirwa, BG., (2017). Socio-économie de la pêche artisanale dans les eaux burundaises du Lac Tanganyika à Mvugo et Mugaruka. In *International Journal of Biological and chemical Sciences*, 11(1), 247-265.
- Mushagalusa, C, Micha, J-C, Ntakinazi, G. et Muderhwa, N., 2015 : Brief evaluation oh the current state oh fish stocks landed by artisanal fishing units from the extreme northwest part of Tanganyika lake. *IJFAS*, 2 (4), 48-51.
- Ntumba, M.J.M, Mbadu, Z.V., Michaux, J.R & Micha, J.C (2022a). Biologie de la reproduction des *Marcusenius* (*M. monteiri*, *M. stanleyanus*, *M. schilthuisiae* et *M. macrolepidotus*) du Pool Malebo, fleuve Congo, *Kinshasa In International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(2), 564-580.
- Ntumba, M.J.M, Mbadu, Z.V., Michaux, J.R & Micha, J.C (2022b). Sustainable exploitation and participative conservation of Mormyridae fishes in the Malebo Pool, Congo River. *Kinshasa In African Journal of Biological Sciences*, 4(4) (2022) 77-91.
- Paugy, D., Lévêque, C., & Teugels, G. G. (2003). *The fresh and brackish water fishes of West Africa*, 1 & 2. IRD Éditions, MNHN.
- Plisnier, P. D., Coenen, E., & Kimirei, I. (1999). Impact of fisheries and environmental change on fish populations in Lake Tanganyika. *Hydrobiologia*, 407, 63-86. <https://doi.org/10.1023/A:1003748206036>
- Tembeni, J.M, Micha, JC., Mbomba, B.N.S., Vandewalle, P., & Mbadu, V.Z, (2014). Biologie de la reproduction d'un poisson chat Africain *Euchilichthys guentheri* (Schilthuis, 1891) (Mochokidae, Siluriformes) au Pool Malebo, Fleuve Congo (République Démocratique du Congo) In *Tropicultura*, 2014, 32, 3, 129-137.
- Teugels G.G. & Guegan J. F. (1994). Diversité biologique des poissons d'eaux douces de la basse Guinée et de l'Afrique Centrale in Teugels et al. (eds). Diversité biologique des poissons des eaux douces et saumâtres d'Afrique. Synthèses géographiques. Symposium Paradis. *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.*, Zool., 275, 67 – 85.
- Welcomme, R. L. (2001). *Inland fisheries: Ecology and management*. Blackwell Science.
- Welcomme, R. L., Cowx, I. G., Coates, D., Béné, C., Funge-Smith, S., Halls, A., & Lorenzen, K. (2010). Inland capture fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554), 2881-2896. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0168>
- Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., Sáenz, L. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128-129. <https://doi.org/10.1126/science.aac7082>
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer.