UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Diversité, relations poids-longueurs et facteurs de condition de l'ichtyofaune des rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda dans le nord de la plaine de l' Imbo.

NSHIMIRIMANA, Cyriaque; Sous la direction de : Directeur : Pr Charles NIYONKURU; Co-directeur : Pr Emile NIBONA

2024

UB-ENS, MASTER EN DIDACTIQUE DES SCIENCES

https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1008

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI-ECOLE NORMALE SUPERIEURE

MASTER EN DIDACTIQUE DES SCIENCES (MASTER CONJOINT)

INSTITUT DE PEDAGOGIE APPLIQUEE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE-CHIMIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES NATURELLES

SECTION DE BIOLOGIE

DIVERSITE, RELATIONS POIDS-LONGUEURS ET FACTEURS DE CONDITON DE L'ICHTYOFAUNE DES RIVIERES MUTIMBUZI, KINYANKONGE ET MPANDA DANS LE NORD DE LA PLAINE DE L'IMBO.

Par

NSHIMIRIMANA Cyriaque

Sous la direction de :

Directeur : Pr Charles NIYONKURU

Co-directeur : Pr Emile NIBONA

Mémoire présenté et soutenu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Didactique des Sciences Biologiques

Bujumbura, Février 2024

MEMBRES DU JURY

Président : Professeur SIBOMANA Claver / Faculté des Sciences / Université du Burundi

Directeur : Professeur NIYONKURU Charles / Institut de Pédagogie Appliquée / Université du Burundi

Co-Directeur : Professeur NIBONA Emile / Institut de Pédagogie Appliquée / Université du Burundi

Secrétaire : Professeur NDIHOKUBWAYO Noël / Département des Sciences Naturelles / Ecole Normale Supérieure

DEDICACE

A

Dieu Tout-Puissant,

Mon cher regretté père BIGIRIMANA Joseph,

Ma chère mère KIGEME Bernadette,

Mon cher oncle paternel NDIKUMANA Patrice,

La famille NISUBIRE Gilbert,

Tous ceux qui me sont chers

Je dédie

Ce mémoire

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout-Puissant et Miséricordieux, je voudrais exprimer mes chaleureux sentiments de gratitude et reconnaissance à toute personne qui, de près ou de loin a contribué à la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent particulièrement aux Professeurs Charles NIYONKURU et Emile NIBONA respectivement promoteur, directeur et codirecteur de ce mémoire. Malgré leurs multiples préoccupations, ils se sont investis dans la réalisation de ce travail et m´ont appris le sens de la recherche. Je n'oublierai jamais leurs conseils judicieux, leurs remarques pertinentes, leur compétence, leur amour de travail, leur rigueur scientifique et leur dévouement car ils m´ont été bénéfiques et me serviront toujours de guide.

C´est également un grand honneur pour moi de remercier du fond de mon cœur toute l´équipe pédagogique de notre master. C´est grâce à sa formation pluridisciplinaire que j´ai pu appréhender et mener à bon port ce mémoire.

Je dis sincèrement merci aux pêcheurs qui m´ont aidé à exécuter les travaux de terrain. C'est grâce à leur franche collaboration et dévouement que j´ai pu collecter les données de terrain tel qu'il m'a été recommandé.

Je tiens aussi à remercier réellement monsieur RUBERABIRORI Alberic, technicien de la pêche et gardien du Musée Nationale des poissons du lac Tanganyika à l'Université du Burundi, faculté des sciences, département de Biologie. C'est grâce à lui que les travaux de laboratoires se sont bien déroulés.

Les mots me manquent pour exprimer ma profonde reconnaissance à ma tendre mère KIGEME Bernadette qui, malgré le départ anticipé de mon cher Père BIGIRIMANA Joseph, est restée forte, s´est donnée corps et âme pour assurer ma survie et n'a cessé de m'apprendre à distinguer le bon grain de l'ivraie.

Mes plus profonds sentiments de reconnaissance et remerciements s'adressent également à mon cher oncle paternel NDIKUMANA Patrice pour voir joué le rôle de mon père depuis ma toute petite enfance et pensé à me mettre sur le banc de l'école. N'eut été son courage, ses conseils et surtout son suivi rigoureux, je ne serais pas parvenu à ce stade.

Je n'oublierai non plus mon cher oncle paternel NISUBIRE Gilbert et sa famille restreinte pour leur amour, leur soutien tant moral que financier depuis la 4 ème année de l'école primaire. Je les remercie vivement car le présent travail est le fruit de leurs efforts.

J´adresse enfin mes sincères remerciements à mes camarades de classe du Master en didactiques des sciences, Spécialité : Biologie, première promotion. Leur solidarité et collaboration m´ont été bénéfiques pendant toute la période de formation.

Que Dieu vous bénisse.

Cyriaque NSHIMIRIMANA

RESUME

Les données sur la diversité et les aspects de la biologie sont peu nombreuses chez les poissons des rivières. Afin de contribuer à leur connaissance et la gestion rationnelle des ressources halieutiques des rivières, une étude sur la diversité, les relations poids-longueurs et facteurs de condition de quelques espèces de poissons des rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda a été menée sur une période de six mois répartis sur la grande saison de pluies (mai), la grande saison sèche (juillet et août), la petite saison de pluies (octobre et novembre) et petite saison sèche (janvier). Deux sites par rivière soit six sites au total ont été retenus et la collecte des données a été faite trois fois le mois en raison d'une fois par rivière soit dix-huit sorties pendant toute la période d'échantillonnage. L'objectif général était de contribuer à la gestion rationnelle et durable des ressources halieutiques de la plaine de l'Imbo. La collecte des échantillons de poissons a été faite au moyen de la pèche coutumière. Les données ont été traitées à l'aide des logiciels EXCEL 2013, MVSP 3.1 et PAST 4.03.

Au total 935 spécimens répartis en 9 ordres, 12 familles, 21 genres et 30 espèces ont été collectés dont 23 espèces, 6 espèces et 17 espèces respectivement dans les rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda. Dans l'ensemble, la famille la plus abondante est celle des Cichlidae (13 espèces soit 43,03%) suivie de celle des Cyprinidae (5 espèces soit 16.6%).

La comparaison de la riche spécifique par les tests ANOVA et Student a révélé que quelle que soit la rivière, la richesse spécifique varie considérablement d'un site à l'autre ($p<0,05$) alors que la différence n'est pas significative suivant les saisons ($p>0.05$). La rivière Kinyankonge est moins diversifiée que les deux autres rivières dont la cause est probablement sa pollution physico-chimique.

Avec leurs indices de diversité spécifique de Shannon ($H'<3$), toutes les trois rivières sont spécifiquement pauvres et la rivière Kinyankonge garde toujours la première place. Dans la rivière Kinyankonge, la valeur de l'indice de Simpson est basse (IS=0,7463) par rapport aux valeurs de deux autres rivières ce qui signifie que la codominance des espèces est faible. Ce résultat confirme davantage sa diversité ichtyologique faible car plus dans un peuplement, il y a une forte codominance, plus la diversité est importante. Les valeurs de l'indice d'équitabilité de Piélou des rivières Mutimbuzi (E=0,3678) et Mpanda (E=0,4566) sont plus faibles que celle de la rivière Kinyankonge (E=0,7448) ce qui signifie que leur ichtyofaune est inégalement répartie que celle de la rivière Kinyankonge. Ainsi, les espèces des rivières Mutimbuzi et Mpanda vivent dans les habitats où les contraintes environnementales sont plus dures pour un meilleur ajustement avec leur milieu alors que le peu d'espèces qui peuplent la rivière Kinyankonge auraient pu s'adapter aux contraintes environnementales.

Une forte corrélation entre le poids et la taille a été constatée pour toutes les espèces de poissons dont les paramètres de relations poids-longueur et coefficients de condition ont été étudiées. Sur dix espèces étudiées, six espèces (60%) croissent beaucoup en longueur qu'en poids (allométrie négative) tandis que deux espèces (20%) croissent aussi bien en poids qu'en longueur (croissance isométrique) quelle que soit la rivière.

Les fluctuations saisonnières ont eu un impact sur la croissance de certaines espèces pour lesquelles la croissance a changé d'une saison à une autre notamment *Oreochromis tanganicae* (rivière Mutimbuzi) et *Enteromius lineomacultus* (rivière Mpanda).

Il ressort des résultats du facteur de condition que quelle que soit la rivière, sur dix espèces étudiées, huit espèces (80%) vivent dans des conditions écologiques qui ne sont pas trop dures (K>1) tandis que deux espèces (20%) se heurtent à conditions écologiques précaires (K<1) notamment *Clarias alluaudi* (rivière Kinyankonge) et *Tilapia rendalli* (rivière Mutimbuzi).
Cette étude a montré également que pour les espèces dominantes dans les deux saisons, quel que soit l'habitat, le facteur de condition a changé d'une saison à une autre ce qui nous a permis de conclure que la variation saisonnière des facteurs écologiques a eu un effet sur l'état de l'embonpoint des espèces étudiées.

Mots clés : Diversité, indice de diversité spécifique de Shannon, indice de Simpson, indice d'équitabilité de Piélou, relation poids-longueur, facteur de condition.

ABSTRACT

The data on diversity and aspects of biology are few in river fishes. In order to contribute to their knowledge and the rational management of river fishery resources, a study on the diversity, weight-length relationships and condition factors of some fish species from Mutimbuzi, Kinyankomge and Mpanda rivers was carried out over a period of six months divided into great rainy season (May), great dry season (July and August), low rainy season (October and November) and low dry season (January). Two sites per river or six sites in total were selected and data collection was done three times a month, once per river or eighteen outings throughout the sampling period. The general objective was to contribute to the rational and sustainable management of fisheries resources in the Imbo plain. The collection of fish samples was done using customary fishing. The data were processed using EXCEL 2013, MVSP 3.1 and PAST 4.03 software.

A total of 935 specimens divided into 9 orders, 12 families, 21 genera and 30 species were collected including 23 species, 6 species and 17 species respectively in the Mutimbuzi, Kinyankonge and Mpanda rivers. Overall, the most abundant family is that of the cichlidae (13 species or 43.03%) followed by that of the cyprinidae (5 species or 16.6%). The comparison of the specific richness by the ANOVA and Student tests revealed that whatever the river, the specific richness varies considerably from one site to another ($p<0.05$) while the difference is not significant depending on the season. ($p>0.05$). The Kinyankonge river is less diversified than the other two rivers, the cause of which is probably its physico-chemical pollution. With their Shannon specific diversity index ($H'<3$), all three rivers are specifically poor and the Kinyankonge river retains the first place. In the Kinyankonge river, the value of the Simpson index is low (IS=0.7463) compared to the values of two other rivers which means that the codominance of species is low. This result further confirms its low ichthyological diversity because the greatt codominance in a population means that the diversity is important. The values of the Piélou equitability index of the Mutimbuzi (E=0.3678) and Mpanda (E=0.4566) rivers are lower than that of the Kinyankonge river (E=0.7448) which means that their ichthyofauna is unevenly distributed than that of the Kinyankonge river (E=0.7448). Thus, the species of the Mutimbuzi and Mpanda rivers live in the habitats where the environmental constraints are harsher for a better adjustment with their environment while the few species that populate the Kinyankonge river could have adapted to the environmental constraints. A strong correlation between weight and size was observed for all fish species whose weight-length relationship parameters and condition coefficient were studied. Out of ten species studied, six species (60%) grow more in length than in weight (negative allometry) while two species (20%) grow in both weight and length (isometric growth) whatever the river. Seasonal fluctuations had an impact on the growth of certain species for which the growth changed from one season to another notably *Oreochromis tanganicae* (Mutimbuzi river) and *Enteromius linomaculatus* (Mpanda river). It appears from the results of the condition factor that whatever the river, out of ten species studied, eight species (80%) live in the ecological conditions which are not too harsh ($K>1$) while two species (20%) encounter precarious ecological conditions ($K<1$) notably *Clarias alluaudi* (Kinyankonge river) and *Tilapia rendalli* (Mutimbuzi river). This study also showed that for the dominant species in the two seasons, whatever the habitat, the condition factor changed from one season to another which allowed us to conclude that the seasonal variation of ecological factors has had an effect on the body condition of the species studied.

Key words: Diversity, Shannon specific diversity index, Simpson index, Piélou equitability index, weight-length relationship, condition factor.

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACE ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT vi
TABLE DES MATIERES vii
LISTE DES FIGURES x
LISTE DES TABLEAUX xii
SIGLES ET ABBREVIATIONS……..**xiv**
AVANT PROPOS…….. **xv**
INTRODUCTION GENERALE 1
CHAPITRE I : GENERALITES 5
I.1. Situation géographique et caractéristiques du milieu d'étude 5
I.1.1. Situation géographique et données physiques de la région naturelle de l'Imbo 5
I.1.2. Situation géographique et données physiques du nord de la plaine de l'Imbo 6
I.1.3. Caractéristiques de la rivière Mutimbuzi 6
1.1.4. Caractéristiques de la rivière Kinyankonge 7
I.1.5. Caractéristiques de la rivière Mpanda 7
I.2. Ichtyofaune des milieux fluviatiles 8
I.3. Exploitation des ressources halieutiques en milieux fluviatiles 9
I.3.1. Pêche au filet maillant dormant 9
I.3.2. Pêche au filet maillant encerclant 10
1.3.3. Pêche à nasse-piège localement appelée « umugono » 10
1.3.4. Pêche au filet moustiquaire. 10
I.3.5. Pêche au harpon localement appelée « gutega igisonga » 11
I.3.6. Pêche à la ligne « gutega amagera » 11
I.3.7. Pêche à la main 12
I.4. Principales menaces de l'ichtyofaune des milieux fluviatiles du Burundi- 12
I.5. Indices de diversité et quelques aspects de la biologie des poissons 13
I.5.1. Indices de diversité 13
I.5.1.1. Indice de similarité 13
I.5.1.2. Indice de diversité spécifique Shannon 14
I.5.1.3. Indice de Simpson 14

I.5.1.4. Indice de régularité ou d'équitabilité de Piélou 14
I.5.2. Aspects de biologie 15
I.5.2.1. Relation poids-longueur 15
I.5.2.2. Facteur de condition K 15
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES 16
II.1. Etude exploratoire et choix des sites d'échantillonnage 16
II.2. Période de collecte des données 19
II.3. Matériel de collecte des données 19
II.4. Collecte de données 21
II.4.1. Paramètres physiques 21
II.4.2. Echantillonnage des poissons 21
II.4.3. Travaux de laboratoire 22
II.5. Analyse et traitement des données 22
II.5.1. Indices de diversité 22
II.5.1.1. Indice de similarité de Sørensen 22
II.5.1.2. Indice de diversité spécifique de Shannon 23
II.5.1.3. Indice de Simpson 23
II.5.1.4. Indice de régularité de Piélou 23
II.5.2. Aspects de biologie 23
II.5.2.1. Relation poids – longueur 24
II.5.2.2. Facteur de condition K 24
CHAPITRE III : RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS 25
III.1. Quelques paramètres physiques 25
III.1.1.Transparence de l'eau 25
III.1.2.Vitesse du courant de l'eau 28
III.1.3. Couleur de l'eau 30
III.2. Etude de la faune ichtyologique 31
III.2.1. Etude de la biodiversité 31
III.2.1.1.Richesse spécifique 31
III.2.1.1.1. Inventaire de l'ichtyofaune 31
III.2.1.1.2. Variation spatiale de l'ichtyofaune 33
III.2.1.1.3. Variation saisonnière de l'ichtyofaune 35
III.2.1.1.4. Variation spatiale de l'importance numérique de l'icthyofaune 37
III.2.2. Indices de diversité 40
III.2.2.1. Indice de similarité de Sørensen 40

III.2.2.1. 1. Degré de similarité entre les 3 rivières 40
III.2.2.1.2. Degré de similarité entre les sites des rivières 40
III.2.2.1.3. Similarité de la richesse spécifique entre les saisons au sein de chaque rivière 42
III.2.2.1.4. Similarité de la richesse spécifique entre les mois d'échantillonnage au sein de chaque rivière 43
III.2.2.2. Indices de diversité spécifique et d'équitabilité 45
III.2.2.2.1. Indices de diversités dans les différentes rivières 45
III.2.2.2.2. Indices de diversité des sites d'échantillonnage 46
III.2.2.2.3. Résultats du test de comparaison des indices de diversité des rivières explorées suivant les saisons 48
III.2.2.2.4. Evolution mensuelle des indices de diversité au sein de chaque rivière 49
III .2.3. Quelques aspects de la biologie 53
III.2.3.1. Paramètres de la relation poids-longueur et facteur de condition des principales espèces de poissons de la rivière Mutimbuzi 53
III.2.3.1.1. Paramètres de la relation poids-longueur 53
III.2.3.1.2. Facteur de condition K 57
III.2.3.2. Paramètres de la relation poids-longueur et facteur de condition des principales espèces de poissons de la rivière Kinyankonge 59
III.2.3.2.1. Paramètres de la relation poids-longueur 59
III.2.3.2.2. Facteur de condition moyen 60
III.2.3.3. Paramètres de la relation poids-longueur et facteur de condition des principales espèces de poissons de la rivière Mpanda 61
III.2.3.3.1. Paramètres de la relation poids-longueur 61
III.2.3.3.2. Facteur de condition 65
CONCLUSION GENERALE 68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 70
ANNEXES 76

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Les régions naturelles du Burundi 5
Figure 2 : Pêche au filet maillant dormant : (a) Installation du filet maillant (b) le filet maillant dormant ayant capturé *Labeo cylindricus* 9
Figure 3 : Nasse-piège localement appelée « umugono » 10
Figure 4: Techniques et engins de pêche à filets moustiquaire : (a) pêche localement appellée « umutimbo », (b) technique de pêche localement appelée « gukukuza », (c) pêche à épuisette à l'aide d'un engin localement appelé « Ingoboyi » 11
Figure 5: (a) Pêche à la ligne « gutega igera » (b) Hameçons aiguisés 12
Figure 6 : Carte de localisation des sites d'échantillonnage (Nshimirimana, 2023) 17
Figure 7 : Illustration de quelques éléments du matériel utilisé dans la collecte des données .. 20
Figure 8 : Longueur standard (LS) et longueur totale (LT) d'*Oreochromis niloticus* 22
Figure 9 : Transparences de l'eau des rivières explorées 26
Figure 10 : Variation spatiale de la transparence de l'eau dans les différents sites des trois rivières 26
Figure 11 : Evolution saisonnière de la transparence de l'eau dans les rivières explorées 27
Figure 12 : Evolution mensuelle de la transparence de l'eau dans les différentes rivières étudiées. 28
Figure 13 : Vitesse moyenne des courants des rivières explorées 28
Figure 14 : Variation spatiale des vitesses moyennes des courants suivant les sites des trois rivières 29
Figure 15 : Evolution saisonnière de la vitesse du courant dans les différentes rivières 29
Figure 16 : Evolution mensuelle de la vitesse du courant dans les différentes rivières 30
Figure 17 : Variation spatiale de la richesse spécifique dans les différents sites des rivières exploreés 35
Figure 18: Variation saisonnière de la richesse spécifique dans les 3 rivières d'étude 36
Figure 19 : Evolution mensuelle de la richesse spécifique dans les différentes rivières 37
Figure 20 : Dendrogramme de similarité entre les sites d'échantillonnage (S1 : Embouchure Mutimbuzi, S2 : Site Kiyange, S3 : Embouchure Kinyankonge S4 : Près de l'usine SAVONOR, S5 : Barrage d'irrigation de Mpanda, S6 : Embouchure de Ninga) 42
Figure 21 : Dendrogramme de similarité entre les différents mois d'échantillonnage (M21 : Mai-2021, J21 : Juillet-2021, A21 : Août-2021, O21 : Octobre-2021, N21 : Novembre-2021 et J22 : Janvier-2022) 44

Figure 22 : Variation spatiale des indices de diversité des sites d'échantillonnage 46
Figure 23 : Evolution mensuelle des indices de diversité dans la rivière Mutimbuzi 49
Figure 24 : Evolution mensuelle des indices de diversité dans la rivière Kinyankonge..... 51
Figure 25: Evolution mensuelle des indices de diversité dans la rivière Mpanda 52
Figure 26 : Relations poids -longueurs des principales espèces de poissons de la rivière Mutimbuzi 55
Figure 27 : Relations poids -longueurs d'H. burtoni et O. tanganicae en saison des pluies (a) et en saison sèche (b)..... 57
Figure 28 : Relations poids -longueurs des principales espèces de poissons de la rivière Kinyankonge 60
Figure 29 : Relations poids -longueurs des principales espèces de poissons de la rivière Mpanda 62
Figure 30 : Relations poids -longueurs des 6 espèces de poissons dominantes dans les deux saisons dans la rivière Mpanda (Saison pluvieuse) 64
Figure 31 : Relations poids -longueurs des 5 espèces de poissons dominantes dans les deux saisons dans la rivière Mpanda (Saison sèche)..... 65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Richesse spécifique de quelques rivières 8
Tableau 2 : Coordonnées GPS des sites d'échantillonnage 16
Tableau 3. : Caractéristiques écologiques des sites retenus par rivière..... 18
Tableau 4 : Répartition des mois de collecte des données sur terrain suivant les mois d'échantillonnage 19
Tableau 5: Fréquence d'utilisation des engins de pêche utilisés dans la rivière Mutimbuzi (+ : Engin utilisé et - : Engin non utilisé)..... 21
Tableau 6 : Importance numérique et pondérale de l'ichtyofaune inventoriée..... 32
Tableau 7 : Variation spatiale l'ichtyofaune suivant les sites d'échantillonnage..... 33
Tableau 8 : Variation spatiale de l'importance numérique de l'ichtyofaune inventoriée au sein de chaque rivière 38
Tableau 9 : Indices de similarité de Sørensen au niveau des trois rivières 40
Tableau 10 : Indices de similarité de Sorensen entre les sites des trois rivières 41
Tableau 11 : Indices de similarité de Sorensen entre les saisons au sein de chaque rivière 42
Tableau 12: Indices de diversité dans les 3 rivières d'étude 45
Tableau 13 : Résultats du test de Student de H' appliqués aux sites pris deux à deux 47
Tableau 14 : Résultats du test de Student de IS appliqués aux sites pris deux à deux..... 48
Tableau 15 : Résultats du test de Student des divers indices de diversité appliqués aux saisons climatiques dans les trois rivières explorées 48
Tableau 16 : Résultats du test de Student appliqué aux indices de diversité en fonction des mois dans la rivière Mutimbuzi 50
Tableau 17 : Résultats du test de Student appliqué aux indices de diversité en fonction des mois dans la rivière Kinyankonge..... 51
Tableau 18 : Résultats du test de Student appliqué aux indices de diversité en fonction des mois dans la rivière Mpanda 53
Tableau 19 : Les paramètres de la relation poids-longueur de six espèces dominantes dans la rivière Mutimbuzi..... 53
Tableau 20 : Paramètres de la relation poids-longueur de deux espèces dominantes dans deux saisons dans la rivière Mutimbuzi..... 55
Tableau 21: Coefficients de condition moyen K de six espèces de poissons assez représentées dans la rivière Mutimbuzi 58

Tableau 22: Coefficients de condition moyen de deux espèces dominantes dans deux saisons dans la rivière Mutimbuzi 59
Tableau 23: Paramètres de la relation poids-longueur des trois espèces de poissons dominantes dans la rivière Kinyankonge..... 59
Tableau 24 : Coefficients de condition moyen K des espèces assez représentées dans la rivière Kinyankonge 60
Tableau 25 : Paramètres de la relation poids-longueur des sept espèces dominantes dans la rivière Mpanda 61
Tableau 26 : Paramètres de la relation poids-longueur des espèces dominantes dans les 2 saisons dans la rivière Mpanda 63
..... 64
Tableau 27: Coefficients de condition moyen K des 7 espèces assez représentées dans la rivière Mpanda..... 66
Tableau 28 : Coefficients de conditions moyen des espèces dominantes dans les 2 saisons dans la rivière Mpanda 67

SIGLES ET ABBREVIATIONS

Ar : Abondance relative
C.V : Coefficient de variation
CS : Coefficient de Sørensen ou Indice de similarité de Sørensen
E : Indice d'équitabilité de Piélou
FPSS : Etude spéciale des pratiques de pêche
H' : Indice de diversité spécifique de Shannon
IS : Indice de diversité spécifique de Simpson
K : Facteur de condition
MEEATU : Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme
p : P-valeur
RPL : Relation poids-longueur

AVANT PROPOS

Cette étude a été effectuée dans le cadre de l'obtention du Diplôme de Master en Didactique des Sciences Biologiques.

Avec la démographie galopante, les écosystèmens aquatiques sont perturbés par diverses formes de pollution. En conséquence, leurs ressources naturelles deviennenent de plus en plus rares et cetaines d'entre elles disparaissent avant même d'être connues.

En l'absence des données fiables et actualisées sur ces ressources en ce qui concerne leur diversité, leur biologie ou leur écologie, il est pratiquement impossible d'entreprendre et réaliser avec succès tout projet de leur conservation ou protection.

Parmi les écosystèmes aquatiques dont leurs ressources naturelles sont sérieusement menacées et moins étudiées, on note les milieux fluviatiles qu'ils soient affluents directs ou non du lac Tanganyika.

Dans ce contexte, nous avons étudié la diversité et quelques aspects de la biologie notamment les relations poids-longueurs et facteurs de condition des espèces de poissons des rivières Mutimbuzi et Kinyankonge (affluents directs du lac Tanganyika) et Mpanda (affluent indirect du lac Tanganyika) afin de contribuer à la gestion rationnelle et durable des ressources halieutiques de la plaine de l'Imbo en général et en particulier celles de ces rivières explorées.

INTRODUCTION GENERALE

Les écosystèmes aquatiques continentales sont caractérisés par une biodiversité extaordinaire en raison de leur taux d'endemicité, leur grande variabilité génétique et l'existence d'une grande quantité de vertébrés et ces remarques s'appliquent parfaitement au continent africain dont les eaux intérieures hébergent environ 3000 espèces de poissons et beaucoup de familles d'origine ancienne (Paugy & Lévêque ,2006).

En revanche, les écosystèmes aquatiques africains sont affectés par les contraintes environnementales naturelles liées à la perturbation ou changement climatique et le développement des activités anthropiques telles que la déforestation des zones littorales, la construction des centrales hydroélectriques, des barrages d'irrigation, la surexploitation liée à la pêche intensive et incontrôlée et les pollutions de diverses sortes (Paugy & Lévêque, 2017 ; Mikembi et al., 2019).

Ces pollutions comprennent notamment l'eutrophisation et/ou pollution causée par les activités domestiques, industrielles et agricoles, exploitations du sable et/ ou du gravier, les effluents de diverses natures … etc. (Ndihokubwayo, 2005).

De telles menaces qui pèsent sur ces écosystèmes font l'objet d'une étude urgente sur la richesse, l'écologie, la biologie et la dynamique des populations dans les écosystèmes naturels (Kouamélan, 1999).

En effet, la conservation de la biodiversité et la gestion durable des écosystèmes aquatiques nécessitent l'acquisition des connaissances sur le fonctionnement global des écosystèmes considérés et sur les espèces qui peuplent ces écosystèmes que l'on veut gérer ou préserver (Laurence, 2005).

Les écosystèmes aquatiques africains sont en grande partie constitués de lacs (Tanganyika, Edouard, Kivu,…) et rivières qui sont des réservoirs important de la biodiversité.

La faune ichtyologique des rivières et des plans d'eau africains préoccupe depuis plusieurs années les naturalistes, les chercheurs et les responsables du développement pour des fins scientifiques et le risque de régression et disparition de certaines espèces liées à leur exploitation intensive (Daget et al. ,1988 ; Lévèque, 1994 ; Layèyè ,1995 in Layèyè et al. ,2004).

Au Burundi, les écosystèmes aquatiques dépassent plus de 300000 hectares au niveau national et hébergent une forte diversité biologique en l'occurrence l'ichtyofaune grâce à la richesse des biotopes aquatiques constitués par de nombreux lacs et rivières (Nzigidahera ,2005).

L'écosystème aquatique du Burundi qui a tiré l'attention de plusieurs chercheurs en raison de son incroyable diversité et la particularité de certaines formes biologiques est celui du lac Tanganyika (Poll, 1953 ; Poll, 1956 ; Brichard, 1989 ; Ntakimazi, 1998 ; Salvala et al., 2006 ; Fermon, 2007).

Les résultats de l'exploration hydrobiologique de ce lac montrent que cet écosystème constitue un réservoir très important et riche en espèces.

L'étude menée par Fermon (2007) sur la biodiversité du lac Tanganyika a révélé la présence de 2156 espèces vivantes dont 584 espèces endémiques de ce lac soit 27%.

Le lac Tanganyika héberge pas moins de 250 espèces de poissons cichlidés et 150 espèces de poissons non cichlidés dont la plupart vivent le long de la côte jusqu' à environ 180 mètres de profondeur (Salvala & al. ,2006 ; Mukabo et al. ,2017).

Curieusement, la diversité des formes biologiques du lac Tanganyika nous amène à penser que ses affluents directs et indirects seraient riches en espèces de poissons étant donné que celles-ci ne restent pas nécessairement dans un même biotope en raison des migrations qu'elles effectuent en milieu naturel. Cependant, les publications sur l'ichtyofaune fluviatile sont rares (Niyonkuru & Nibona, 2021).

Les études disponibles portent essentiellement sur la biodiversité et aucune d'entre elles ne s'est focalisée sur les aspects de la biologie ou de l'écologie.

A l'intérieur du pays, il s'agit notamment de l'étude sur le bassin de la Malagarazi (Banyankimbona, 2012), celle sur la rivière Rumpungwe (Banyankibona, 2012) et l'étude sur les rivières Kaniga et Mubarazi (Nitunga, 2016).

Pour les rivières affluentes du lac Tanganyika, des études similaires ont été faites sur la rivière Dama (Nibona, 2013), les rivières Murembwe, Dama et Nyengwe (Ndayishimiye, 2014 & Nkurunziza, 2016), les rivières Mutimbuzi et Ntahangwa (Ntuzwenimana, 2016) et sur les rivières Kinyankonge et Mpanda (Niyungeko, 2016).

Les études antérieures menées en 2016 dans la rivière Mutimbuzi par Ntunzwenimana au cours des mois de janvier, février, mars, avril et juillet et dans les rivières Kinyankonge et Mpanda par Niyungeko au cours des mois de janvier, février, mars, avril et mai se sont focalisées sur la connaissance de certains de leurs facteurs écologiques abiotiques (la transparence, la vitesse du courant et la couleur de l'eau) et de leur ichtyofaune.

Du point de vue diversité ichtyologique, 27 espèces ont été révélées dans la rivière Mutimbuzi tandis que 5 et 18 espèces ont été recencées respectivement dans les rivières Kinyankonge et Mpanda.

Partant de ce qui précède, d'une part l'inventaire de l'ichtyofaune de ces rivières n'est pas exhaustif car l'étude n'a pas couvert toutes les saisons, d'autre part, elle n'est pas actualisée car datant de 2016.

Par conséquent, leur ichtyofaune est en partie méconnue ce qui peut constituer un obstacle à sa gestion rationnelle. Sangwa et al. (2020) souligne que l'imparfaite connaissance des poissons et l'absence des données sur leur distribution et leur abondance rendent toute prise de décision difficile pour leur conservation.

Nomwine et al. (2018) ajoute qu'en l'absence d'informations fiables sur l'état des populations de poissons, il est difficile de gérer durablement les pêcheries.

Certaines données de la biologie comme celles de relations poids-longueurs et facteurs de condition des poissons apporteraient également une part importante dans la gestion des ressources halieutiques des rivières en particulier les affluents du lac Tanganyika pourtant aucune donnée n'est disponible.

En effet, les paramètres de relations poids-longueurs des poissons permettent de déterminer le poids des poissons dont on connaît la longueur ou inversement et de décrire la forme, l'embonpoint des poissons et ses variations au cours de sa croissance (Sidibé, 2003). Ils peuvent également être utilisés dans la modélisation des écosystèmes aquatiques ainsi que l'évaluation de leur rendement (Kulbicki et al., 2005).

Quant au facteur de condition, celui-ci permet de caractériser l'état physiologique et l'embonpoint des poissons durant leur cycle vital (Diop et al., 2019).

Ainsi, le manque des données suffisantes sur la richesse spécifique, l'écologie et la biologie des espèces de poissons des affluents directs et indirects du lac Tanganyika nous amène à nous poser un certain nombre de questions :

- Les affluents du lac Tanganyika du nord de la plaine de l'Imbo sont-ils riches en espèces halieutiques que le lac Tanganyika ?
- Y aurait-il une variation spatio-temporelle de l'ichtyofaune dans les rivières d'étude ?
- Quelle est l'état de la biodiversité des rivières prospectées ?
- La pression des activités anthropiques qui pèsent sur les rivières affluentes du lac Tanganyika aurait –elle une influence sur la diversité et la biologie de leur ichtyofaune ?
- Les paramètres de relation poids-longueur et coefficient de condition varient-ils d'une rivière d'étude à l'autre et d'une saison à l'autre pour les espèces communes ?

Pour répondre à ces questions, les hypothèses suivantes sont formulées :

- L'ichtyofaune des affluents du lac Tanganyika du nord de la plaine de l'Imbo est diversifiée que celle du lac Tanganyika.
- La richesse spécifique dépend de la rivière, du site, de la saison et du mois d'échantillonnage
- Les indices de diversité varient selon la rivière, le site, la saison et le mois de collecte.
- Le type de croissance varie d'une rivière à l'autre et d'une saison à l'autre pour les espèces communes.
- Le facteur de condition K moyen pour une espèce commune varie d'une rivière à l'autre et d'une saison à l'autre.

C'est pour répondre aux questions de recherche susmentionnées et d'infirmer ou confirmer les hypothèses de recherches ci-dessus formulées que nous avons choisi pour thème de recherche :

« Diversité, relations poids-longueurs et facteurs de condition de l'ichtyofaune des rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda dans le nord de la plaine de l'Imbo ».

L'objectif général est de contribuer à la gestion rationnelle et durable des ressources halieutiques de la plaine de l'Imbo.

Les objectifs spécifiques sur lesquels s'articule cette étude sont :

- Décrire quelques facteurs écologiques abiotiques (transparence, vitesse du courant et la couleur de l'eau) de la zone d'étude.
- Inventorier l'ichtyofaune des rivières d'étude.

- Indiquer la variation spatio-temporelle de l'ichtyofaune des rivières explorées.
- Déterminer les indices de diversité moyens de la zone d'étude.
- Comparer les indices de diversité (rivière-rivière, saison-saison, site-site et mois-mois au sein d'une même rivière).
- Déterminer les relations poids-longueurs des principales espèces étudiées.
- Comparer les facteurs de condition K moyen pour une espèce commune aux trois rivières prospectées et aux deux saisons d'échantillonnage (saison de pluie et sèche) au sein d'une même rivière.

A part cette introduction, le présent travail s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre porte sur les généralités du milieu d'étude. Le deuxième chapitre décrit le matériel et les différentes méthodes utilisés pour la collecte et le traitement des données. Le troisième chapitre est consacré aux résultats et discussions. Le travail se terminera par une conclusion et différentes recommandations et suggestions.

CHAPITRE I : GENERALITES

I.1. Situation géographique et caractéristiques du milieu d'étude

I.1.1. Situation géographique et données physiques de la région naturelle de l'Imbo

Selon le rapport du Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la plaine de l'Imbo (MEEATU, 2013) :

- Géographiquement, la plaine de l'Imbo est située entre 2°48'30" et 4°20'43" latitude Sud et 29°36'3" longitude Est. Elle est la région la plus occidentale et la plus basse en altitude du Burundi (Lewalle 1972) et en occupe le secteur nord. Elle s'étend de façon inégale sur six provinces à savoir : Cibitoke, Bubanza, Bujumbura Rural, Bujumbura Mairie, Rumonge et Makamba, soit 11 communes rurales et 3 communes urbaines de la ville de Bujumbura. Elle se situe entre le lac Tanganyika à l'ouest et au sud et les contreforts du Mirwa à l'Est et au Nord-est. Elle se prolonge au nord du lac Tanganyika vers la République Démocratique du Congo (figure 1). La plaine de l'Imbo est constituée au nord par de vastes étendues drainées par la Rusizi et au sud par la mince plaine côtière le long du lac Tanganyika. Les limites de la plaine de l'Imbo sont situées entre l'altitude de 774 m (le niveau moyen du lac) et l'isohypse de 1000 m.

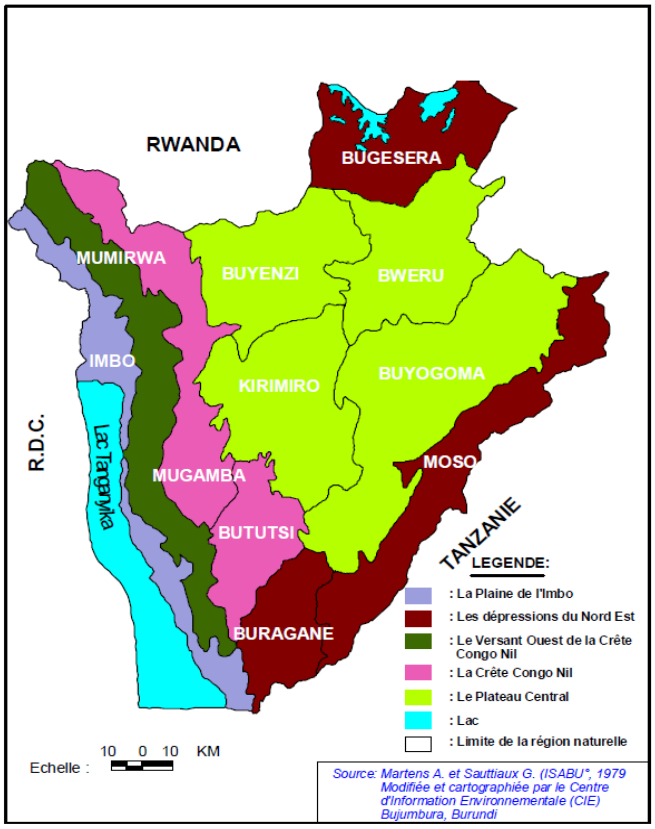


Figure 1: Les **régions naturelles** du Burundi

(https://fews.net/sites/default/files/BI_Livelihoods%20copy.jpg consulté le 26/5/2023)

- Du point de vue climatique, la région écologique de la plaine de l'Imbo est caractérisée par une pluviosité de 800 à 1100 mm de pluies réparties sur 7 à 8 mois mais certaines parties surtout au nord accusent une aridité chronique. La température moyenne annuelle est de plus de 25°C avec des maxima allant jusqu'à plus de 30°C et des minima allant jusqu'en dessous de 15°C. L'humidité relative est estimée à 70%.
- Morphologiquement, la zone écologique de l'Imbo est une plaine sédimentaire lacustre et fluviatile avec au sud des dépôts d'alluvions.
- Du point de vue géologique, le modelé de la plaine est un des résultats des épisodes d'effondrements de la fin du Tertiaire qui ont abouti à la configuration actuelle du graben.
- Du point de vue pédologique, les sols de la plaine de l'Imbo sont d'origine à la fois lacustre et fluviatile, essentiellement alluvionnaires mais parfois sablonneux avec une grande richesse en sels minéraux mais à teneur variable en humus, d'où une fertilité bonne, variable d'autant plus que les sols sont diversifiés en fonction de la richesse en sels minéraux et de la profondeur des horizons pédologiques.
- L'hydrographie de la plaine de l'Imbo se place dans le contexte de celle du bassin du Congo et précisément dans le sous-bassin situé à l'ouest de la crête Congo-Nil. Ce dernier est formé par la rivière Rusizi et ses affluents et d'autres grands affluents du lac Tanganyika tels que Mutimbuzi, Ntahangwa, Muha, Kanyosha, Mugere, Ruzibazi, Karonge, Kirasa, Dama, Nyengwe et Rwaba.

I.1.2. Situation géographique et données physiques du nord de la plaine de l'Imbo

La partie nord de l'Imbo dans laquelle se trouve la rivière de kinyankonge et une partie des rivières Mutimbuzi et Mpanda est constituée par de vaste étendues drainées par la plaine de la Ruzizi. Par conséquent, cette partie subit des influences climatiques de la plaine de la Rusizi. Ainsi, dans cette partie, le total des précipitations annuelles atteint 615,65 mm avec une moyenne mensuelle de 58,5 mm. Comparativement aux autres régions du Burundi, cette zone souffre d'un déficit chronique de précipitations. La température moyenne annuelle est la plus élevée du pays (température >25°C) et reste pratiquement constante. Les amplitudes de variations annuelles sont faibles ; on note des minima en saison sèche et des maximas en début de saison des pluies. Les amplitudes moyennes journalières sont fortes en saison sèche qu'en saison des pluies (Nzigidahera, 2008).

I.1.3. Caractéristiques de la rivière Mutimbuzi

La rivière Mutimbuzi prend sa source sur la crête Congo-Nil bien arrosée dans le Mirwa, un milieu naturel qui bénéficie des précipitations les plus abondantes de tout le pays (Bikeshimana, 2012 in Ntunzwenimana, 2016).
Elle prend sa source sous le nom de Muzazi dont le sous bassin versant de la rivière Murago couvre une étendue de 97,3 km^2 tandis que la riviere Gikoma ne couvre qu'une étendue de 25,2k m^2(Hydroplan-Ficher ,1995 in Ntunzwenimana, 2016).

La rivière Mutimbuzi est donc le confluent de la rivière Muzazi avec les rivières Murago et Gikoma et traverse les communes Mubimbi et Mutimbuzi dans la province de Bujumbura rurale et se jette dans le lac Tanganyika (Ntunzwenimana, 2016). Les résultats d'une étude menée par Ntunzwenimana (2016) portant sur la diversité ichtyologique et l'impact des activités anthropiques sur l'ichtyofaune ont révélé une richesse de 27 espèces de poissons avec dominance de la famille des Cichlidae et une forte pression des activités anthropiques (l'exploitation du sable et du gravier, dépôt des déchets ménagers et/ou industriels sans traitement préalable, agriculture … etc) qui pèsent sur ses zones tampons.

1.1.4. Caractéristiques de la rivière Kinyankonge

La rivière Kinyankonge a une longueur d'environ 6,5 km et traverse une localité très peu habitée et est caractérisée par des étendues de terrains cultivables (Buhungu et al., 2021). Elle traverse la ville de Bujumbura et sépare les zones Ngagara et Buterere et se jette dans le lac Tanganyika. Les eaux de la rivière Kinyankonge sont actuellement classées parmi les eaux polluées en raison des certains paramètres physico-chimiques de celle-ci correspondant aux valeurs qui dépassent les normes de rejet dans le récepteur final qui est le lac Tanganyika ce qui présente un danger public pour les habitants localisés dans la zone urbaine de Buterere et pour les espèces de la faune et de la flore qui vivent dans cet écosystème aquatique (Buhungu et al ., 2017).
Du point de vue diversité ichtyologique, l'ichtyofaune de cette rivière n'est pas diversifiée. Selon Niyonkuru et Nibona (2021), la rivière Kinyankonge est parmi les rivières de la région naturelle de l'Imbo qui ont des richesses ichtyologiques les plus faibles. Cette faiblesse des espèces de poissons serait liée à la dégradation de l'environnement dans la mesure où la rivière reçoive des eaux issues des industries et de traitements des eaux partiellement purifiées. L'étude qui a été menée par Niyungeko (2016) sur la diversité ichtyologique a fait état d'une richesse de 5 espèces de poissons avec la dominance de la famille des cyprinidae.

I.1.5. Caractéristiques de la rivière Mpanda

La rivière Mpanda prend sa source dans la forêt de Kibira et sépare les communes Mpanda et Gihanga de la province Bubanza. Elle constitue la frontière sud du secteur palmeraie du Delta de la Rusizi et se jette dans la rivière de la Rusizi. Elle chevauche dans sa grande partie dans la région naturelle de Mirwa à l'Est et dans sa petite partie dans la région naturelle de l'Imbo à l'Ouest. Le bassin versant de la rivière Mpanda est situé entre 900m et 2500 m d'altitude et couvre une superficie d'environ 207km^2 (Niyungeko ,2016).
Un barrage d'irrigation de champs rizicoles est construit dans la rivière Mpanda à près de 2 km de la route Bujumbura-Cibitoke aux environs de 300 m. Ce site constitue le seul endroit de pêcherie de cette rivière. Selon Niyonkuru & Nibona (2021), la rivière Mpanda a une richesse de 18 espèces avec dominance de la famille des cyprinidae qui est surexploitée. En plus de cette exploitation irrationnelle de l'ichtyofaune, la rivière de Mpanda est menacée par les différentes formes de pollution des milieux aquatiques liées à l'érosion en provenance des bassins versants non protégés issus de l'amont.

I.2. Ichtyofaune des milieux fluviatiles

Selon Banyankimbona (2012), les poissons riverains du Burundi sont constitués d'un mélange de faune appartenant à différentes unités ichtyologiques reflétant les deux systèmes fluviaux auxquels appartient le réseau hydrographique burundais à savoir le Congo et le système du Nil sensu.
Selon Banyankimbona (2012), une compilation des espèces de poissons des rivières burundaises basée sur la littérature et sur les spécimens conservés dans les musées d'histoire naturelle a fait état de la présence de 90 espèces indigènes réparties en 42 genres et 15 familles. Avec 35 espèces, la famille des Cyprinidae est de loin la plus diversifiée, suivie des familles de Cichlidae (14), Clariidae (8), Mormyridae et Mochokidae (7). Les autres familles ne sont représentées que par une à cinq espèces. Dix espèces ont été introduites dans la partie burundaise du bassin du Nil et trois dans le bassin de la Rusizi ; cinq d'entre elles sont exotiques au Burundi. Quelques taxons comme les petits 'Barbus' (Cyprinidae), les Synodontis (Mochokidae) et les Cichlidae haplochromines nécessitent une attention systématique particulière, leur effectif actuel étant certainement sous-estimé.

Une étude qui a été réalisée par Ntakimazi (2000) dans le delta de la Rusizi et son littoral lacustre immédiat a révélé une richesse d'environ 119 espèces de poissons dont *Protopterus aethiopicus* et *Clarias gariepinus* font partie d'exploitation intense par les pêcheurs de Gatumba.
Dans le bassin de la Maragarazi, l'étude menée par Banyankimbona (2012) a révélé la présence de 15 familles représentées par 72 espèces avec une forte prédominance de la famille de Cyprinidae (soit 39,7%) suivie de la famille de Mormyridae (14,6%), des Cichlidae (12,2%), des Mochokidae et Alestidae (9,8%). Les autres familles inventoriées sont Amphilidae, Citharinidae, Distichodontidae, Malapteruridae, Clariidae, Schilbeidae, Poellidae, Mastembelidae, Anabantidae, Protopteridae.

Dans la rivière Ruvubu, Nzigidahera (2020) a dénombré 14 espèces de poissons avec une prédominance du genre « *Barbus* ».

Dans les rivières Kinyankonge et Mpanda, Niyungeko (2016) a inventorié 05 et 18 espèces de poissons respectivement avec une prédominance de la famille des cyprinidés.
Les autres données relatives à la richesse spécifique de l'ichtyofaune fluviatile retrouvées dans la littérature scientifique au cours de notre documentation sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Richesse spécifique de quelques rivières

Nom de la rivière, auteur et année d'étude	**Nombre d'espèces de poissons inventoriées**
Dama (Nibona, 2013)	32
Murembwe (Ndayishimiye, 2014)	44
Mubarazi (Nitunga, 2015)	5
Kaniga (Nitunga, 2015)	8
Rumpungwe (Banyankibona, 2012)	19
Mutimbuzi (Ntunzwenimana, 2016)	31
Ntahangwa (Ntunzwenimana, 2016)	26

I.3. Exploitation des ressources halieutiques en milieux fluviatiles

C'est la pêche coutumière qui est pratiquée en milieux fluviatiles. Celle-ci s'effectue avec ou sans pirogue le jour ou la nuit par temps calme. Les pirogues monoxylées(en un seul bois) sont souvent en planches non motorisées d'environ 3 à 5 m de long et sont utilisés par un nombre limité de pêcheurs généralement 2 à 4.
Il s'agit généralement d'une pêche de subsistance entreprise en mi –temps par les agriculteurs pour se procurer d'un petit revenu ou améliorer la qualité de leur alimentation (https://www.ilo.org/dyn/natlex/docs/ELECTRONIC/110602/137614/F1011691589/BDI-110602.pdf consulté le 4/6/2023).
Selon les informations recueillies auprès de la population de la zone d'étude, les espèces les plus recherchées au cours de la pêche sont les espèces dont la taille est intéressante pour la consommation notamment celles de la famille de Cyprinidae, Clariidae et celles de Cichlidae de grande taille (les genres *Oreochromis, Limnotilapia, Tylochromis*...etc). Il existe une quasi-similarité des engins et techniques de la pêche coutumière dans le lac Tanganyika et ses affluents directs et indirects. La pêche coutumière est effectuée l'aide de plusieurs engins et techniques.

I.3.1. Pêche au filet maillant dormant

Cette technique de pêche est localement appelée « gutega amakira **»** (Niyonkuru & Nibona, 2021).
Le filet est généralement ancré à l'aide de deux pièrres lourdes reliées à un cordage qui les lie à un flotteur ou bouée de surface de forme et de dimension variable (FPSS, 2000).
En principe, ce type d'engin est posé le soir pour être levé le matin près des estuaires ou en milieu fluvial. Avec le filet maillant dormant, on capture généralement les poissons de grande taille notamment les espèces des genres *Clarias, Oreochromis, Labeo,* etc. (figure 2).



(a) (b)

Figure 2 : Pêche au filet maillant dormant : (a) Installation du filet maillant (b) le filet maillant dormant ayant capturé *Labeo cylindricus*

I.3.2. Pêche au filet maillant encerclant

Le filet maillant encerclant également appelé « pêche à la frappe » est utilisé généralement le jour en encerclant une zone de pêche et en frappant l'eau en aval pour effrayer les poissons avec un dispositif très simple en bois (tronc d'arbre) comme une massue creuse à la base qui, au contact de l'eau produit un bruit qui fait fuir les poissons dans la direction voulue (FPSS, 2000). Cette méthode de pêche est officiellement interdite car les œufs en incubation buccale de certaines espèces de poissons sont recrachés sans oublier les alevins.

1.3.3. Pêche à nasse-piège localement appelée « umugono »

La nasse-piège est fixeé et placée aux embouchures dans un endroit à faible courant d'eau. Cet engin capture généralement les poissons de grande taille comme ceux du genre *Clarias* ou *Oreochromis*.



Figure 3 : Nasse-piège localement appelée « umugono »

1.3.4. Pêche au filet moustiquaire.

Selon la loi sur la pêche de 2016, le filet moustiquaire est parmi les engins de pêche prohibés à cause de ses fines mailles et de la technique de pêche utilisée. En effet, le filet moustiquaire possède de petites mailles et attrapent tous les alevins rencontrés se trouvant dans la période de croissance pour atteindre l'âge de maturité. En conséquence, l'utilisation répétée de cet engin épuise les ressources biologiques en particulier halieutiques. Le filet moustiquaire capture les poissons de grande et petite taille y compris les alevins.

Les techniques de pêche avec le filet moustiquaire sont (figure 4) :

- Pêche à la frappe localement appelée « umutimbo » - elle consiste à tendre le filet moustiquaire de part et d'autre de la rivière par deux personnes et la troisième personne arrive devant en tapant ici et là sur l'eau pour effrayer les poissons se trouvant dans cette eau et à vérifier enfin s'il n'y aurait pas eu des poissons pris en piège en fuyant.
- Technique localement « gukukuza » - est presque semblable au précédent mais cette fois-ci le filet moustiquaire est tenu par deux personnes qui avancent lentement en pleine rivière dans des endroits peu profonds sur ses abords en traînant le filet dans l'eau.

Après un certain temps, elles vérifient si les poissons se sont faits piégés à l'intérieur du filet lors de leurs mouvements dans l'eau.

- Technique utilisant l'engin localement appelée **«** ingoboyi ». Il est fabriqué à l'aide d'un moustiquaire ou d'un filet et a la forme d'un cône dont l'ouverture est située à la grande base et est tendu par des morceaux de bois faciles à manier et à faire racler dans le fond de l'eau et au bord de la rivière sous la végétation.



(a)



(b)



(c)

Figure 4: Techniques et engins de pêche à filets moustiquaire : (a) pêche localement appellée « umutimbo », (b) technique de pêche localement appelée « gukukuza », (c) pêche à épuisette à l'aide d'un engin localement appelé « Ingoboyi »

I.3.5. Pêche au harpon localement appelée « gutega igisonga »

Il s'agit d'une technique de pêche à lance et le poisson est transgressé au bout des lances à crochets en général fixées sur une canne (Robert, 2000).

I.3.6. Pêche à la ligne « gutega amagera »

Le principe de l'usage des lignes est que le poisson attrape volontairement l'appât (vers de terres, insectes, fragments d'autres poissons…) et se retrouve accroché à l'hameçon et ne peut plus s'y en débarrasser avant qu'il ne soit enlevé de l'eau (Robert, 2000).

La ligne simple (figure 5) : elle est composée d'un bâton sur lequel est suspendu un long fil en nylon sur lequel on accroche un hameçon appâté ou non.

La pêche consiste à lancer chaque fois le fil dans l'eau et à le retirer quelques instants après pour voir s'il y a un poisson qui se serait fait attrapé. Une pêche à la ligne beaucoup plus dynamique consiste à attacher sur le fil à nylon 3 ou 4 hameçons.

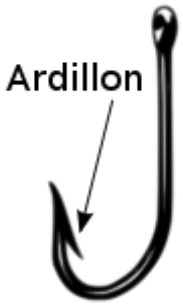
(a).  (b). 

Figure 5: (a) Pêche à la ligne « gutega igera » (b) Hameçons aiguisés

I.3.7. Pêche à la main

Elle consiste à ramasser un poisson à la main à vue d'œil lorsque l'eau est en petite quantité. Les gens capturent le poisson par la main généralement les poissons chats (ex. *Clarias* sp) mais ces captures sont incidentes par rapport aux activités agricoles et ne sont pas généralement significatives (Robert, 2000).

I.4. Principales menaces de l'ichtyofaune des milieux fluviatiles du Burundi-

Au Burundi comme ailleurs, les rivières sont menacées par des activités agricoles. En effet, ces dernières provoquent une contamination critique des milieux aquatiques par des pratiques agricoles non appropriées et l'usage des pesticides et cela a des conséquences sur la biodiversité, la banalisation du milieu, voire même la destruction des maillons de l'écosystème (Belajal, 2021).

D'autres activités anthropiques (décharges sauvages des objets non biodégradables, déchets industriels et menagers,…) sont responsables de la pollution organique et chimique comme c'est le cas pour la rivière Kinyankonge (Buhungu et al ,2017 ; 2018) ce qui aurait occasionné par ailleurs sa faible diversité ichtyologique susmentionnée.

L'étude portant sur l'état d'exploitation et les principales menaces de l'ichtyofaune dans les rivières Kinyankonge et Mpanda a révélé que d'une part, celle-ci est surexploitée, d'autre part, l'érosion et les rejets industriels et domestiques constituent les facteurs responsables de la mortalité naturelles des espèces aquatiques vivantes en général et de l'ichtyofaune en particulier (Niyonkuru & Nibona, 2021).

Etant donné qu'il existe une quasi-similarité des engins et techniques de pêche issus de la pêche coutumière dans le lac Tanganyika et ses affluents ainsi que dans les autres rivières de l'intérieur du pays déjà explorées, il convient de signaler que certains engins et pratiques de pêche prohibés selon la loi de pêche de 2016 dans le lac Tanganyika sont aussi utilisés dans les milieux fluviaux ce qui constitue également une menace de leur ichtyofaune. Il s'agit notamment : une senne de plage, un filet monofilament, un filet moustiquaire, une senne tournante dont la maille est inférieure à 10mm de diagonale étirée ou autre plus longue, un filet utilisé dans la technique de la pêche à la frappe dénommé localement « Umutimbo » dont la maille est inférieure à 8mm de diagonale étirée et un filet maillant dont la maille étirée est inférieure à 76,2 mm de diagonale.

L'utilisation de certains de ces engins et pratiques de pêche illégaux a été signalé dans certaines rivières par Nibona (2013), Nzigamwanayo (2012), Nitunga (2015), Ndayishimiye (2014) Niyungeko (2016) qui ont travaillé respectivement dans la rivière Dama, Rusizi, Kaniga, Murembwe et Kinyankonge-Mpanda.

De ce qui précède, il est à noter qu'à cause de la pression démographique, l'ichtyofaune de certaines rivières du Burundi serait menacée. Ainsi, dans certaines d'entre elles, il s'observe une surexploitation de leurs ressources halieutiques car il n'y a pas de contrôle pour la pêche comme c'est le cas du lac Tanganyika. De plus, la plupart de ces rivières sont soumises aux contraintes environnementales liées à la pollution de nature physique, organique et chimique.

I.5. Indices de diversité et quelques aspects de la biologie des poissons

I.5.1.Indices de diversité

Les indices de diversité sont des paramètres qui sont fréquemment utilisés pour obtenir des informations sur l'état des communautés végétales ou animales, leur viabilité ou leur évolution dans le temps et permettent d'apprécier la diversité qui peut exister entre des zones ou des milieux différents (https://wp.sciviews.org/sdd-umons2-2020/indices-de-biodiversit%C3%A9.html consulté le 7/6/2023).

I.5. 1.1. Indice de similarité

Les indices de similarité les plus couramment utilisés en écologie des écosystèmes pour mesurer la similarité entre deux communautés sont ceux de Sørensen et Jaccard **:**

1. L'indice de similarité de Sørensen appelé également coefficient de Sørensen-Dice est une statistique utilisée pour évaluer la similarité de deux échantillons.
   Il a été développé indépendamment entre 1945 et 1948 par les botanistes Thorvald Sørensen et LeeRaymond Dice (https://en.wikipedia.org/wiki/S%C3%B8rensen%E2%80%93Dice_coefficient consulté le 10/6/2023).

2. L'indice de Jaccard également connu sous le nom de coefficient de similarité de Jaccard est une statistique utilisée pour évaluer la similarité et la diversité des ensembles d'échantillons. L'indice de similarité de Jaccard est une mesure de la similarité entre deux ensembles de données. Développé par Paul Jaccard (1901 in https://fr.wikipedia.org/wiki/indice_et _distance_de_Jaccard consulté le 28/5/2023), cet indice varie de 0 à 1.

   Plus il est proche de 1, plus les deux ensembles de données sont similaires. Si deux ensembles de données partagent exactement les mêmes membres, leur indice de similarité de Jaccard sera de 1. Inversement, s'ils n'ont aucun membre en commun, leur similarité sera de 0.

I.5.1.2. Indice de diversité spécifique Shannon

L'indice de diversité de Shannon (parfois appelé indice de Shannon-Wiener) est un moyen de mesurer la diversité des espèces dans une communauté. L'indice de Shannon (1963) est l'indice de diversité le plus couramment utilisé (Rocklin, 2003).

Il permet de quantifier l'hétérogénéité d'un milieu d'étude et d'observer une évolution au cours du temps et tient compte du nombre d'espèces et d'abondance relative de chacune. Il permet également de déterminer entre deux peuplements celui qui est diversifié.

Plus cet indice est grand, plus la biodiversité du milieu est importante ce qui signifie que les conditions écologiques sont favorables ce qui attire beaucoup d'especes / d'individus dans le milieu. Il est généralement compris entre 0 et 5 mais n'a pas de limite maximale en théorie. Il est égal à 0 si le peuplement est homogène.

Ainsi, un indice de diversité spécifique de Shannon au-dessus de 3 est habituellement le reflet d'un milieu très riche (Ntakimazi ,1995).

I.5.1.3. Indice de Simpson

L'indice de Simpson est un indice permettant de mesurer la diversité d'un milieu, créé par Edouard Simpson en 1949 en calculant la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce (https://fr.wikipedia.org/wiki/Indice_de_Simpson consulté le 1/6/2023). Il mesure l'accroissement d'un nombre d'espèces par individus échantillonnés.

I.5.1.4. Indice de régularité ou d'équitabilité de Piélou

L'indice de régularité de Piélou (1966) appelé aussi équitabilité traduit la qualité d'organisation d'une communauté : il vaut 0 quand une seule espèce est présente et 1 quand toutes les espèces ont la même abondance (Rocklin, 2003). Il est défini comme le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale. L'indice de régularité de Piélou (E) mesure la qualité de l'organisation d'une communauté tandis que l'indice de diversité de Shannon (H') mesure le degré de cette organisation (Amanien et Lassere, 1982 in Sibomana, 2008). E varie de 0 à 1.

Plus il est proche de 1, plus on est en droit d'estimer que les structures des communautés observées témoignent des ajustements progressifs de différentes espèces aux contraintes résultant de leur environnement biotique et abiotique. E indique le niveau de perturbation de l'habitat.

I. 5.2. Aspects de biologie

I.5.2.1. Relation poids-longueur

La relation entre la longueur et le poids des poissons est de type-puissance. La relation poids-longueur (RPL) est souvent utilisée par les chercheurs et gestionnaires de la nature pour prédire le poids d'un poisson connaissant sa longueur lors de l'appréciation des rendements de pêche (Froese et al., 2014 in Mikembi et al., 2019). Les paramètres de relation poids-longueur (RPL) fournissent également des informations sur l'habitat et sont par ailleurs des outils de comparaison entre diverses populations d'une même espèce vivant dans des écosystèmes similaires ou différents (Lorenzen, 2000 ; Stergion et Moutopoulou, 2021 ; Thomas et al, 2003 ; Odat, 2003 in Mahamoudo et al., 2020). Les relations poids-longueurs permettent d'apprécier le type de croissance présentée par une population ou une partie de la population de poissons. Ainsi, les processus de croissance chez les poissons sont conditionnés par l'environnement à travers les effets de saisonnalité, la rareté des ressources alimentaires et de l'habitat (Mazambi et al., 2020).

La relation poids-longueur permet de distinguer deux types de croissance :

- La croissance dite isométrique : Les espèces croissent aussi bien en poids qu'en longueur.
- La croissance dite allométrique correspond à deux situations :
  - Une allométrie négative. Les espèces croissent beaucoup en longueur qu'en poids
  - Une allométrie positive. Les espèces croissent beaucoup en poids qu'en longueur.

I.5.2.2. Facteur de condition K

Le facteur de condition appelé aussi coefficient de Fulton (1911) permet de caractériser l'état physiologique et l'embonpoint des poissons durant leur cycle vital (Oni et al ., 1983 in Diop et al., 2019). Selon Niyonkuru (2007), l'analyse de K permet de :

- Comparer les populations mono-spécifiques vivant apparemment dans des conditions écologiques similaires ou différentes (densité, climat, nourriture, sexe, saison, lieu, …)
- Suivre l'altération des conditions du milieu voire leur amélioration pour une espèce donnée si sa valeur a augmenté après une certaine période.
- Déterminer le moment et la durée de la maturation des gonades au sein des populations (si la reproduction est saisonnière).

Ainsi, une valeur élevée de coefficient de condition signifie que les poissons ont de l'embonpoint et vivent dans un environnement où les conditions écologiques leur sont favorables. Si les poissons possèdent un indice de condition faible, ils sont considérés comme ayant subi un environnement physique défavorable ou une alimentation insuffisante. Toutefois la disponibilité alimentaire dépend de l'environnement physique mais aussi chimique du milieu (Mazambi et al., 2020).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Etude exploratoire et choix des sites d'échantillonnage

Avant de procéder à la collecte proprement dite de données, une sortie exploratoire a été effectuée au mois de mai 2021 à l'issue de laquelle deux sites par rivière soit six sites au total ont été retenus (tableau 2). Au niveau de chaque rivière, du point de vue écologique, la différence des biotopes a motivé le choix du site d'échantillonnage. Ainsi la végétation environnante, la nature du sol, la vitesse du courant et la transparence de l'eau nous ont permis d'ignorer un tel site au profit de l'autre afin de maximiser les chances de recenser diverses espèces de poissons en fonction de la diversité des biotopes. Le tableau ci-dessous montre les coordonnées géographiques des sites retenues sur terrain.

Tableau 2 : Coordonnées GPS des sites d'échantillonnage

Rivières	**Nº du site**	**Site d'échantillonnage**		**Coordonnées GPS**	
				En degré, minutes et secondes	**En décimales**
Mutimbuzi	S1	Embouchure	Latitude	S3°21'36.78408"	-3.360218
			Longitude	E29°19'39.03381"	29.3275509
	S2	kiyange	Latitude	S3°19'21.34272"	-3.322595
			Longitude	E29°19'49.00332"	29.330279
Kinyankonge	S3	Embouchure	Latitude	S3°21'38.94696"	-3.360819
			Longitude	E29°20'20.24556"	29.338957
	S4	Près de l'usine SAVONOR	Latitude	S3°21'27.55296"	-3.35764
			Longitude	E29°20'26.42532"	29.340674
Mpanda	S5	Barrage d'irrigation	Latitude	S3°16'59.13696"	-3.283094
			Longitude	E29°18'55.25388"	29.315348
	S6	Embouchure de Ninga	Latitude	S3°16'33.83832"	-3.276066
			Longitude	E29°19'20.72604"	29.322424

La figure 6 montre la localisation des sites d'échantillonnage sur la carte hydrographique de la zone d'étude.

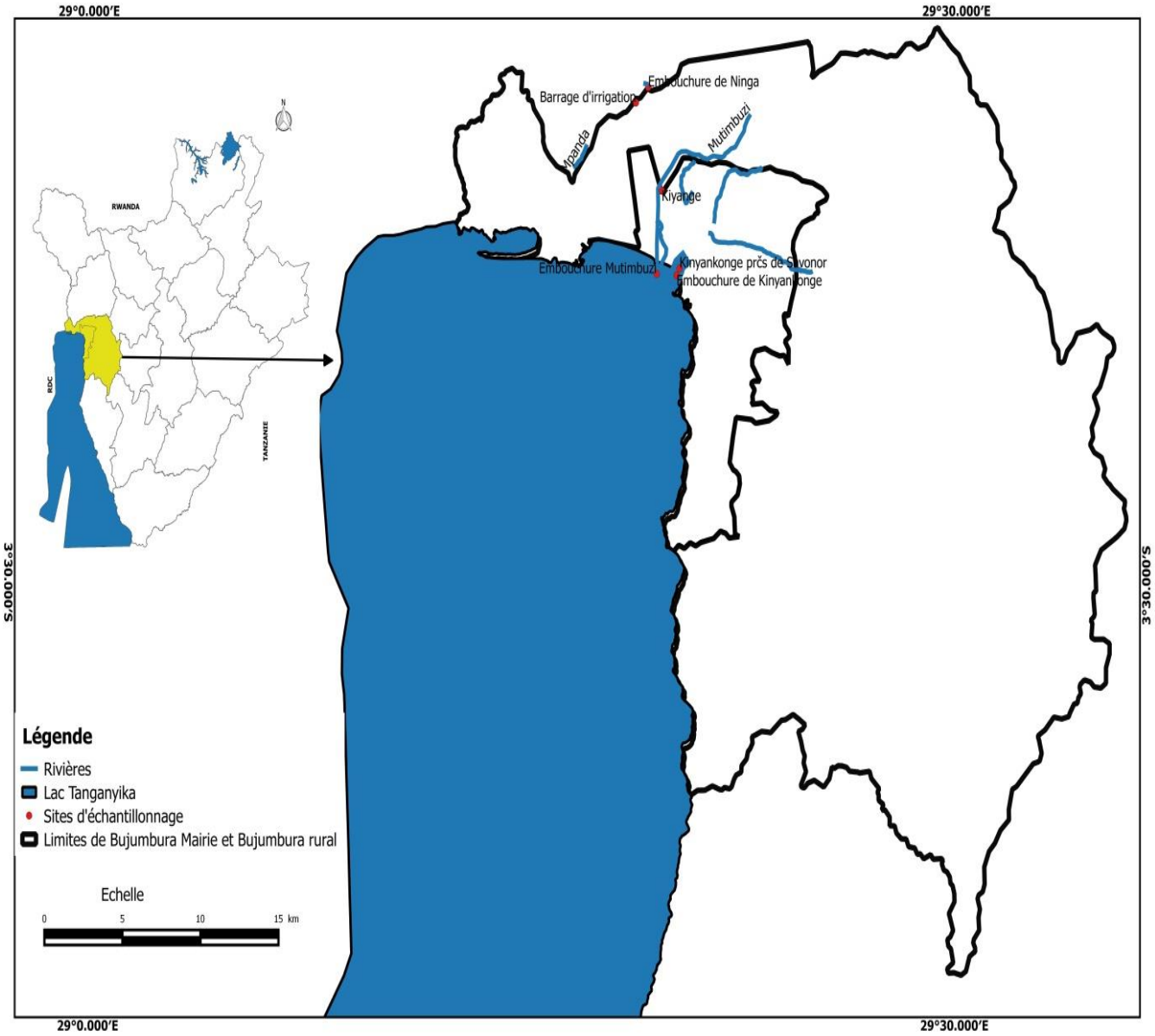
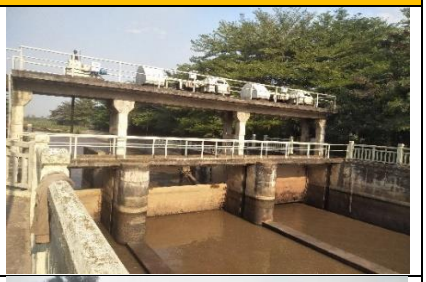
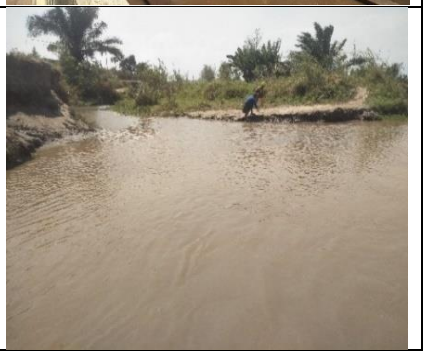


Figure 6 : Carte de localisation des sites d'échantillonnage (Nshimirimana, 2023)

Les caractéristiques écologiques des sites retenus et les photos illustratives sont présentées au tableau 3 de la page suivante. Il ressort de l'analyse du tableau 3 que les sites identifiés ont des caractéristiques écologiques différentes et variables suivant les cours d'eau étudiés.

Tableau 3. : Caractéristiques écologiques des sites retenus par rivière

Rivière	Site d'échantillonnage	Caractéristiques écologiques des biotopes	Photos illustratives
Mutimbuzi	S1: Embouchure	• Sol limono-sableux • Berges de la rivière peuplées par les *Phragmites* • Turbidité relativement grande toute l'année à cause de l'exploitation du sable • Présence des algues sur les rives • Zone inondable pendant la grande saison de pluies • Zone abritant parfois des crocodiles en pleine saison de pluies.	
	S2 : Kiyange	• Fond est sableux avec la présence de cailloux parfois des pierres. • Présences des roseaux *(Phragmites*) et autres graminées aux berges	
Kinyankonge	S3 : Embouchure	• Présence d'*Eichhornia crassipes* aux berges • Fond de l'eau est sablo- vaseux • Pente est relativement faible d'où le courant de l'eau faible • Eau verdâtre à quelques exceptions près pendant saison de fortes pluies • Dépotoir des déchets provenant de l'usine SAVONOR et autres déchets issus de la partie nord de la ville de Bujumbura • Zone inondable pendant la grande saison de pluies	
	S4 : Près de l'usine SAVONOR	• Plantes herbacées aux berges • Sol limoneux-sableux • Eau verdâtre à quelques exceptions près pendant saison de fortes pluies • Culture de riz en amont aux environs de 15 m • Tuyaux et canaux d'évacuation des déchets de l'usine SAVONOR déversant les déchets dans cette partie	

Rivière	Site d'échantillonnage	Caractéristiques écologiques des biotopes	Photos illustratives
Mpanda	S5 : Barrage d'irrigation	• Sol sableux • Végétation environnante dominée par les *Phragmites* et autres graminées épinées avec des aiguillons • Plantes ligneuses aux berges	
	S6 : Embouchure de Ninga	• Le fond de l'eau est sablo-argileux • Présence des champs de manioc et de palmiers à huile près des rives • Présence de plantes herbacées aux berges • Pente faible	

II.2. Période de collecte des données

La collecte des données s'est étalée sur une période de 6 mois comprise entre mai 2021 à janvier 2022 répartis sur toutes les saisons (tableau 4). La descente sur terrain au cours de la collecte des données se faisait 3 fois le mois en raison d'une fois par rivière. Au total, 18 sorties ont été effectuées pendant toute la période d'échantillonnage.

Tableau 4 : Répartition des mois de collecte des données sur terrain suivant les mois d'échantillonnage

Période	Saisons
Mai 2021	Grande saison des pluies
Juillet et Août 2021	Grande saison sèche
Octobre et novembre 2021	Petite saison des pluies
Janvier 2022	Petite saison sèche

II.3. Matériel de collecte des données

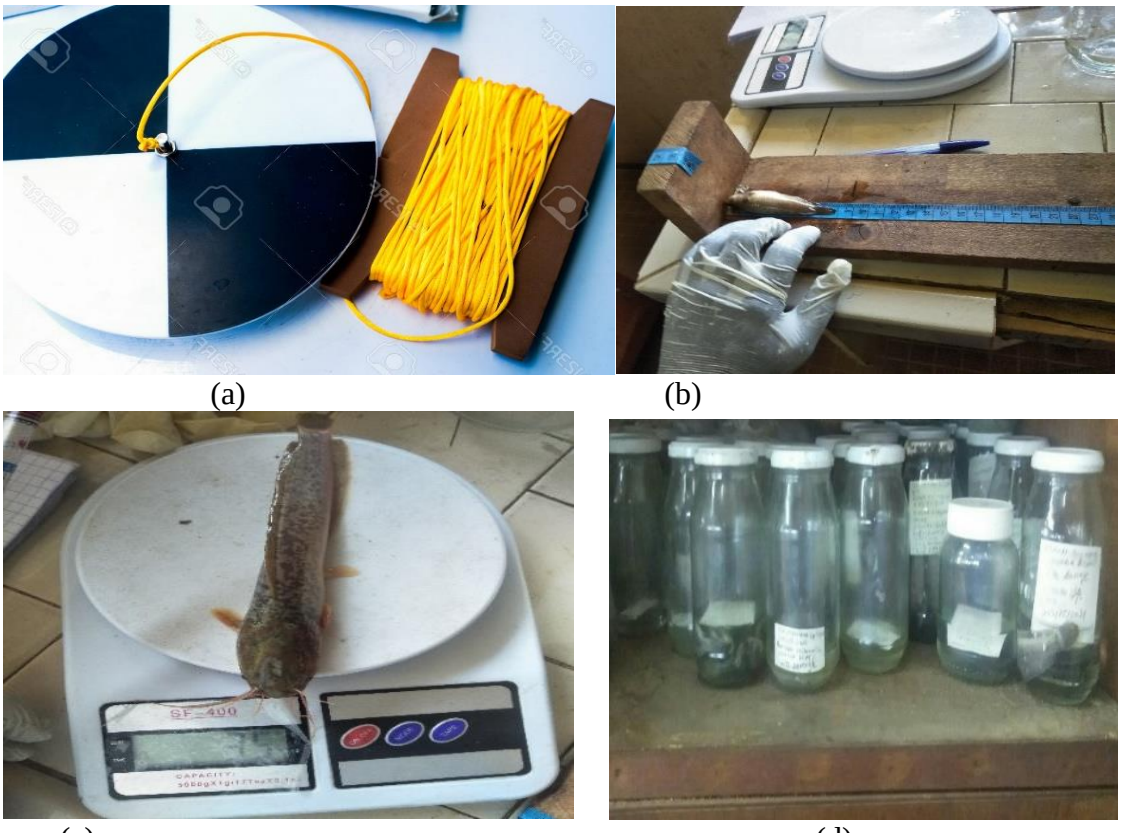
Le matériel suivant a été utilisé pour la collecte des données :

1°. Un disque de Secchi (figure 7.a) : il a été utilisé pour mesurer la transparence de l'eau,
2°. Un objet flottant et un chronomètre pour la mesure de la vitesse du courant de l'eau,
3°. Une balance électronique de marque SF-400 et de capacité 5000 g x 1g/177oz 0.1oz (figure 7.c) pour la mesure du poids total de chaque individu de poissons à l'état frais,
4°. Les ouvrages d'identification des poissons : divers ouvrages tels que celui de Brichard (1989), Fao (1992), Pool (1953, 1956,1957), Banyankimbona (2012), Ntakimazi & Fofo (2007) et Fishbase (https://www.fishbase.se/, 05/2021; 07/2021; 08/2021; 10/2021 ; 11/2021 & 01/2022) ont été utilisés pour l'identification jusqu'au nom de l'espèce des échantillons des poissons collectés,
5°. Ichtyomètre (figure 7.b) pour la mesure de la longueur totale et standard,

6°. Bocaux en verre (figure 7.d) contenant du formol à 5% pour la conservation des échantillons de poissons,

7°. Les logiciels EXCEL 2013, MVSP 3.1 et PAST 4.03 pour l'encodage et les divers traitements des données :

- L'EXCEL 2013 nous a permis de tracer les différents graphiques, de calculer les valeurs extrêmes, les moyennes, les coefficients de variation des dimensions mesurées, les paramètres de relation poids-longueur et le coefficient de condition et de comparer la richesse spécifique par les tests ANOVA et Student.
- MVSP 3.1 nous a permis d'évaluer la biodiversité par le calcul des indices de similarité de Sørensen et le traçage des dendrogrammes pour montrer la similarité de la richesse spécifique entre sites prospectés et entre les différents mois d'échantillonnage au sein de chaque rivière.
- PAST 4.3 nous a permis de calculer et comparer les indices de Shannon, Simpson et Piélou par le test de Student.



(a) (b)

(c) (d)

Figure 7 : Illustration de quelques éléments du matériel utilisé dans la collecte des

Les activités de terrain consistaient à la caractérisation des paramètres physiques (la transparence, la vitesse du courant et la couleur de l'eau) et à la collecte des échantillons de poissons.

II.4. Collecte de données

II.4.1. Paramètres physiques

1°. ***Mesure de la transparence de l'eau*** : Le principe de mesure consiste à plonger le disque de Secchi dans l'eau à l'aide de sa corde jusqu'à ce que l'on commence à ne plus voir le disque aplati et on note la profondeur sur la corde immergée. L'opération est répétée une seconde fois, la transparence retenue est la moyenne des deux mesures. Entre 3 à 4 mesures dans des points différents du même site sont faites et la transparence moyenne du site est obtenue par la moyenne des transparences de l'ensemble des points mesurés.

2°. ***Mesure de la vitesse du courant*** : Le principe de mesure consiste à jeter dans l'eau un objet flottant en suivant le sens du courant de cette eau pendant un certain temps et calculer la vitesse du courant de cette eau en utilisant la formule $V = {}^{d}/_{t}$ où d (en m) est la distance parcourue par le flotteur et t (en seconde) est le temps du frottement.

3°. ***Couleur de l'eau*** **:** Elle est observée directement sur terrain à chaque descente.

II. 4.2. Echantillonnage des poissons

Tous les poissons échantillonnés ont été capturés au moyen de la pêche coutumière. Au total, 5 engins de pêche ont été utilisés au cours de notre étude. Cependant, tous les engins n'ont pas été utilisés régulièrement parce que soit certains engins sont rares sur terrain soit l'engin n'était pas adapté selon la quantité d'eau ou le milieu d'échantillonnage. Le tableau 5 suivant montre les engins de pêche utilisés à chaque mois au sein de chaque rivière.

Tableau 5: Fréquence d'utilisation des engins de pêche utilisés dans la rivière Mutimbuzi (+ : Engin utilisé et - : Engin non utilisé)

Rivière Mutimbuzi						
Engins de pêche contrôlés	**Mai**	**Juillet**	**Août**	**Octobre**	**Novembre**	**Janvier**
Filet moustiquaire	+	+	+	+	+	+
L'engin de pêche localement appelé « ingoboyi ».	+	-	-	-	+	-
Nase-piège « umugono »	+	-	-	-	-	-
Le filet maillant dormant « gutega amakira »	+	+	+	+	+	+
Pêche à la ligne	+	-	-	+	-	-
Nombre d'engins	**5**	**2**	**2**	**3**	**3**	**2**
Rivière Kinyankonge						
Filet moustiquaire	+	+	+	+	+	+
L'engin de pêche localement appelé « ingoboyi ».	-	-	-	-	+	-
Nase-piège « umugono »	-	-	-	-	-	-
Le filet maillant dormant « gutega amakira »	-	-	-	-	-	-
Pêche à la ligne	+	-	-	-	-	-
Nombre d'engins	**2**	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**
Rivière Mpanda						
Filet moustiquaire	+	+	+	+	+	+
L'engin de pêche localement appelé « ingoboyi ».	+	+	-	+	+	-
Nase-piège « umugono »	-	-	-	-	-	-
Le filet maillant dormant « gutega amakira »	+	+	+	+	+	+
Pêche à la ligne	+	+	-	-	+	+
Nombre d'engins	**4**	**4**	**2**	**3**	**4**	**3**

II.4.3. Travaux de laboratoire

Les travaux de laboratoire consistaient à la confirmation de l'identification des échantillons de poissons et la prise de leurs mesures en tailles (voir figure 8) et en poids (voir le matériel utilisé plus haut).

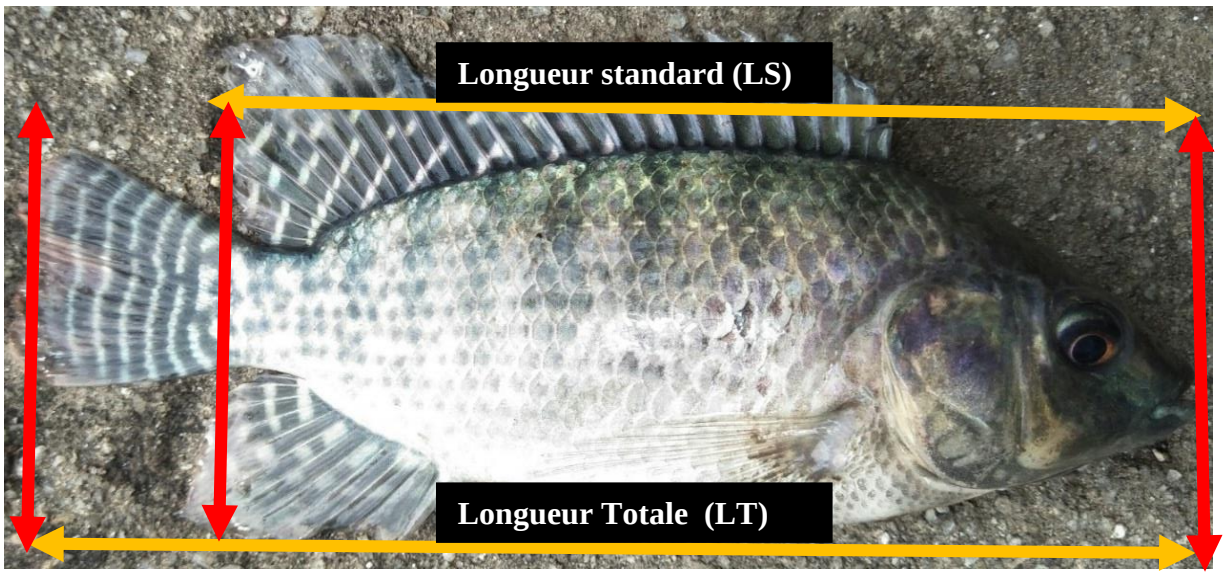


Figure 8 : Longueur standard (LS) et longueur totale (LT) d'*Oreochromis niloticus*

Les mesures de poids des échantillons ont été faites individuellement à l'aide d'une balance ci-haut décrite.
Après les mesures, les individus de chaque espèce ont été mis dans un bocal en verre transparent contenant du formol concentré à 5% pour une meilleure conservation. Le nom du collecteur, le nom de l'espèce, le site d'échantillonnage et la date de collecte devraient être mentionnés sur le bocal comme étiquette avant d'être déposé dans l'armoire en tant que lieu de conservation.

II.5. Analyse et traitement des données

II.5.1. Indices de diversité

II.5.1.1. Indice de similarité de Sørensen

Selon Kouame et al. (2019), l'indice de similarité de Sørensen (1948) qui est destiné à comparer des entités sur la base de la présence-absence d'espèces est calculé selon la formule suivante :
CS $=\frac{2c}{a+b}$ avec :

- a : le nombre total d'espèces enregistrées dans la première communauté ;
- b : le nombre total d'espèces enregistrées dans la deuxième communauté ;
- c : le nombre d'espèces communes aux deux communautés.

Lorsque ce coefficient calculé est supérieur à 0.5 soit 50 %, on déduit qu'il y a similarité entre les communautés ou les groupements comparés (Dan, 2009 ; Kouame et al. , 2019).

II.5.1.2. Indice de diversité spécifique de Shannon

D'après Rocklin (2003), l'indice de diversité spécifique de Shannon (1963) est donné par la relation suivante :

H'=$-1\sum_{i=1}^{s} pilog2pi$ avec : H´ : indice de diversité spécifique de Shannon ; S : richesse spécifique (nombre d'espèces) traduisant la qualité de l'organisation de la communauté ; pi : abondance relative de l'espèce i.

Lorsque H' est plus élevé, cela signifie que les conditions écologiques sont favorables ce qui attire beaucoup d'individus dans le milieu (Sibomana, 2008).

II.5.1.3. Indice de Simpson

L'indice de Simpson (Simpson, 1949 in Kouakou et al., 2022) est donné par la formule suivante :

IS = 1 – D, avec : D=$\sum_{i=1}^{s} pi2$ où pi : abondance relative de l'espèce i

L'indice de Simpson est la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce dans une communauté. Il mesure ainsi le degré de codominance des espèces inventoriées. Plus les espèces codominent, plus le peuplement est diversifié. Cet indice varie de 0 (diversité minimum) à 1 (diversité maximum).

II.5.1.4. Indice de régularité de Piélou

Appelé aussi indice d'équitabilité de Piélou (Piélou, 1966 in Sibomana, 2008), l'indice de régularité de Piélou est défini comme le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale. Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

E =$\frac{H'}{Hmax}$ avec : H' : indice de diversité spécifique de Shannon ; Hmax = log2S, log2 : logarithme à base 2 et S : richesse spécifique (nombre d'espèces constituant le peuplement)

E varie de 0 à 1. Plus il est proche de 1, plus on est en droit d'estimer que les structures des communautés observées témoignent des ajustements progressifs de différentes espèces aux contraintes résultant de leur environnement biotique et abiotique.

E indique le niveau de perturbation de l'habitat :

- Si E < 0,6, le milieu est fortement perturbé
- Si E est proche de 1, le milieu est équilibré.

II.5.2. Aspects de biologie

Pour évaluer les aspects de la biologie tels que la relation poids-longueur et le facteur de condition, seules les espèces représentées par au moins 10 spécimens sont tenus en compte (Layèyé ,2006 ; Konan et al, 2007, Tah et al, 2012 et Lederou et al, 2016 in Mikembi et al., 2019). L'évaluation de ces aspects a été faite en considérant toute la période d'étude et les saisons à l'aide des longueurs et poids totaux.

II.5.2.1. Relation poids – longueur

Selon Lévêque et Paugy (2006) in Nomwine et al. (2018) :

- La relation poids-longueur est un paramètre qui permet de vérifier la croissance de la population de poissons.
- La relation poids –longueur correspond à la formule : PT= aLT b, où Pt et LT représentent respectivement le poids total (g) et la longueur totale (cm) du poisson.
- Les constantes a et b sont déduites après linéarisation de la relation par transformation logarithmique sous la forme : Log (PT)= log(a) x b*log (LT)

Le coefficient b (pente de la droite de régression) varie entre 2 et 4 mais il est souvent proche de 3 et exprime la forme relative du corps d'un poisson.

Tel que l'a souligné Mazambi et al. (2020), la valeur de b donne des informations sur le type de croissance :

- Si b = 3, la croissance est dite isométrique : Les espèces croissent aussi bien en poids qu'en longueur.
- Si b ǂ 3, la croissance est dite allométrique. Deux cas se présentent :
  - Si b < 3, on a une allométrie négative (A-) : Les espèces croissent beaucoup en longueur qu'en poids
  - Si b > 3, on a une allométrie positive (A+) : Les espèces croissent beaucoup en poids qu'en longueur.

II.5.2.2. Facteur de condition K

Le coefficient de condition est donné par la relation suivante :

K = $\frac{PT}{LT^b}$ * 100 (Fulton, 1911 in Niyonkuru, 2007) avec:

- K : coefficient de condition;
- PT: poids total du poisson (g);
- LT: longueur totale du poisson (cm)

CHAPITRE III : RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS

III.1. Quelques paramètres physiques

III.1.1. Transparence de l'eau

Les résultats des transparences moyennes de l'eau montrent que les eaux de trois rivières explorées sont globalement troublées soit 19,11 cm ; 11,18 cm et 21,89 cm respectivement dans les rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda (figure 9).

Ces faibles transparences sont dues aux activités anthropiques en l'occurrence l'agriculture et l'exploitation intense du sable dans les rivières Mutimbuzi et Mpanda. Pour ce qui est de la rivière Kinyankonge, la plus faible transparence est attribuable aux rejets industriels et aux eaux usées qui échappent de la station d'épuration de Buterere qu'on retrouve dans cette rivière.

De tels résultats montrent que la lumière pénètre difficilement dans les eaux de ces rivières ce qui est fatale à la faune et la flore aquatique qui y vivent car la lumière est indispensable à la vie aquatique. En effet, grâce à la lumière, les organismes autotrophes tels que les plantes aquatiques et les algues qui sont à la base de la chaine alimentaire sont capables de synthétiser leurs nourritures et constituants par la photosynthèse. Etant à la base de la chaîne alimentaire, la perte ou la rareté de ces organismes réduit la capacité des autres organismes en l'occurrence les poissons à s'alimenter d'où une perturbation de la transparence de l'eau peut donc compromettre la chaîne alimentaire et par conséquent nuire à la productivité et à la diversité animale et végétale de l'écosystème aquatique (Hade, 2002).

Les résultats de cette étude diffèrent de ceux de Ntunzwenmana (2016) et Niyungeko (2016) qui ont travaillé respectivement dans les rivières Mutimbuzi et Kinyankonge – Mpanda. Cette différence peut être liée au fait que la collecte de données a été faite pendant la grande saison de pluies alors que pour nous, celle-ci a couvert les deux saisons.

Ntunzwenimana (2016) a trouvé une transparence moyenne de 14,5 cm dans la rivière Mutimbuzi et Niyungeko (2016) a trouvé 4,15 cm et 7,4 cm respectivement dans les rivières Kinyankonge et Mpanda. Par contre, l'étude antérieure menée dans la rivière Kinyankonge durant la même période que la nôtre a révélé une transparence moyenne de 11,58 cm (Buhungu et al., 2018) qui est presque semblable à celle de la présente étude ce qui nous renseigne que dans cette rivière, la transparence ne change pas de façon significative. Pour les affluents directs du lac Tanganyika, les embouchures ont des transparences moyennes des eaux de loin inférieures à celles de différents endroits du lac Tanganyika. En effet, les transparences moyennes des eaux des embourchures explorés varient de 11.2 cm à 21.9 cm alors que celles de différents endroits du lac Tanganyika varient de 10 à 15 m en moyenne avec une valeur élevée pouvant atteindre 23m au large (Ntakimazi, 1998). Cela paraît logique car les embouchures constituent les zones de transition entre le lac et les rivières et reçoivent des eaux continentales moins transparentes à cause des activités anthropiques telles que l'exploitation du sable ou du gravier et apports alluvionnaires liés à l'érosion qu'on retrouve dans les milieux fluviatiles. En général, les eaux continentales en l'occurrence celles des rivières sont moins transparentes que les eaux océaniques ou lacustres (Kouakou et al., 2008).

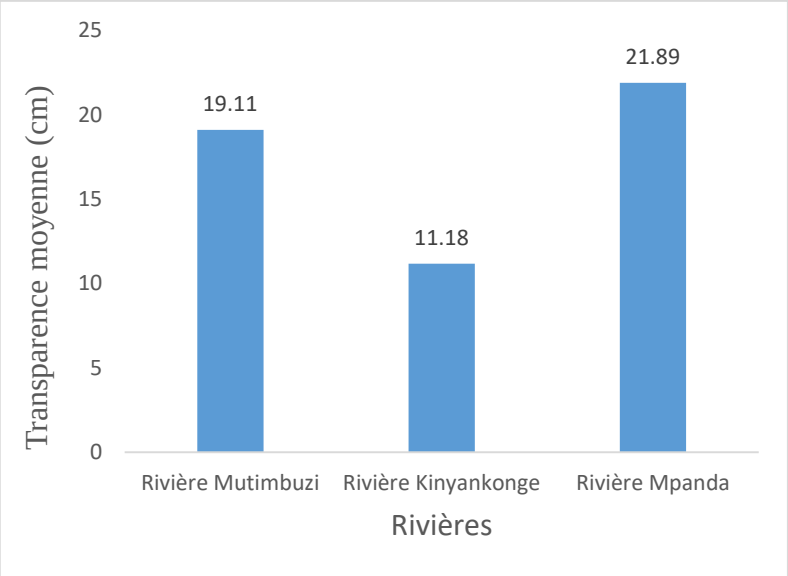


Figure 9 : Transparences de l'eau des rivières explorées

Concernant la variation spatiale de la transparence de l'eau, l'analyse de la figure 10 montre que :

- La transparence moyenne de l'eau varie très faiblement d'un site à l'autre au niveau des rivières Kinyankonge et Mpanda où un écart de plus ou moins 1,5 cm est chaque fois observé. Il ressort de ces résultats que certains facteurs tels que les activités anthropiques qui influencent la transparence dans les différents sites sont presque similaires.
- Une différence de 5,25 cm est observée au niveau des deux sites de la rivière Mutimbuzi. Cette différence est liée aux activités anthropiques notamment l'exploitation du sable qui s'opère dans l'embouchure Mutimbuzi (S1) ce qui n'est pas le cas dans le site d'échantillonnage de Kiyange (S2) car le fond n'est pas sableux.

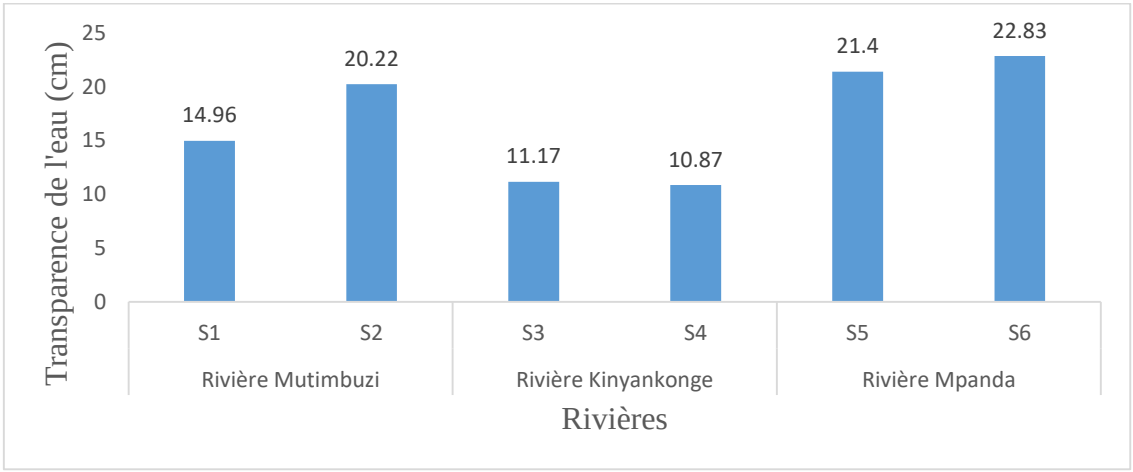


Figure 10 : Variation spatiale de la transparence de l'eau dans les différents sites des trois rivières

Pour ce qui est de l'évolution saisonnière de la transparence de l'eau, l'analyse de la figure 11 montre :

- Une évolution saisonnière presque nulle de la transparence de l'eau dans les rivières Kinyankonge et Mpanda.
- Une augmentation de la transparence de l'eau de plus ou moins 2 cm durant la saison sèche dans la rivière Mutimbuzi.

Les résultats de cette étude montrent une variation saisonnière faible ou presque nulle de la transparence de l'eau en raison des activités anthropiques notammnent l'exploitation du sable et/ ou du gravier dans les rivières Mutimbuzi et Mpanda et les rejets industriels et menagers dans la rivière Kinyankonge qui rendent difficile la pénétration de la lumière. Les résultats des études menées par Niyungeko (2016) et Buhungu et al. (2018) respectivement dans les rivières Kinyankonge – Mpanda et Kinyankonge avaient révélé également une variation saisonnière de la transparence de l'eau presque nulle dans ces rivières.

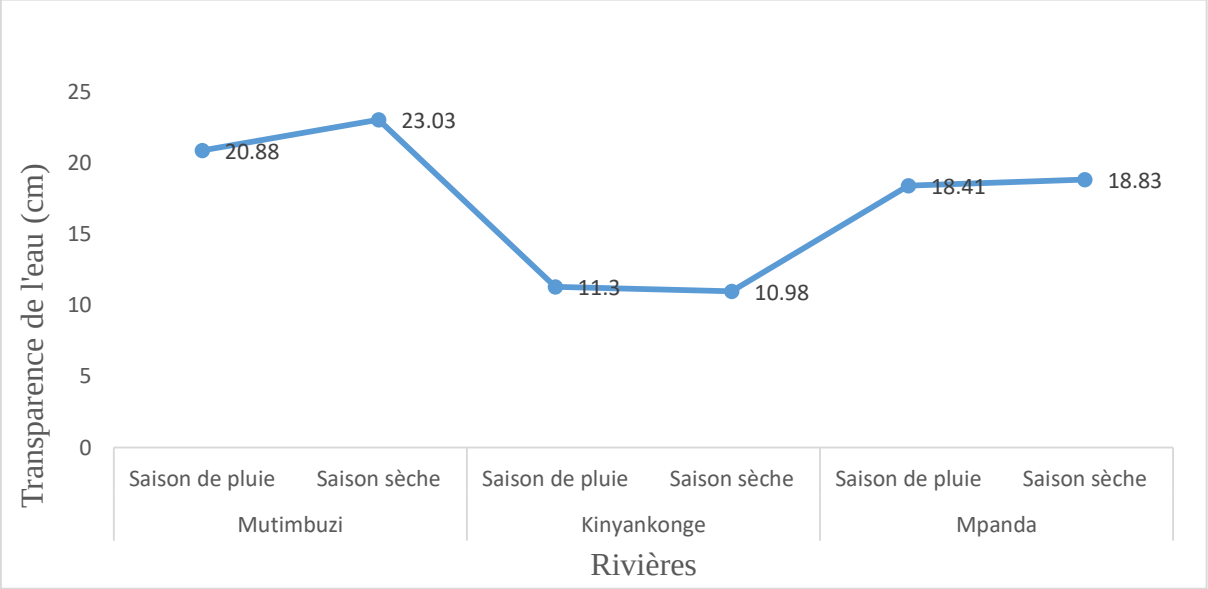


Figure 11 : Evolution saisonnière de la transparence de l'eau dans les rivières explorées

S'agissant de l'évolution mensuelle de la transparence de l'eau dans les trois rivières, l'analyse de la figure 12 montre que les courbes des trois rivières ont la même allure avec les valeurs de la transparence les plus élevées au mois d'août qui correspondent à la pleine saison sèche. On constate que dans la rivière Kinyankonge, la transparence de l'eau diminue durant le mois de juillet, contrairement aux autres rivières. Cela serait dû soit à une erreur de lecture, soit aux rejets industriels y effectués durant cette période. On remarque également que la transparence de l'eau baisse durant les mois correspondant à la saison des pluies.

En effet, durant la période des hautes eaux (saison pluvieuse), les eaux qui entrent dans les rivières sont chargées de matières organiques et inorganiques issus de l'amont ce qui augmente la turbidité rendant ainsi la transparence faible (Kabré et Ille, 2000).

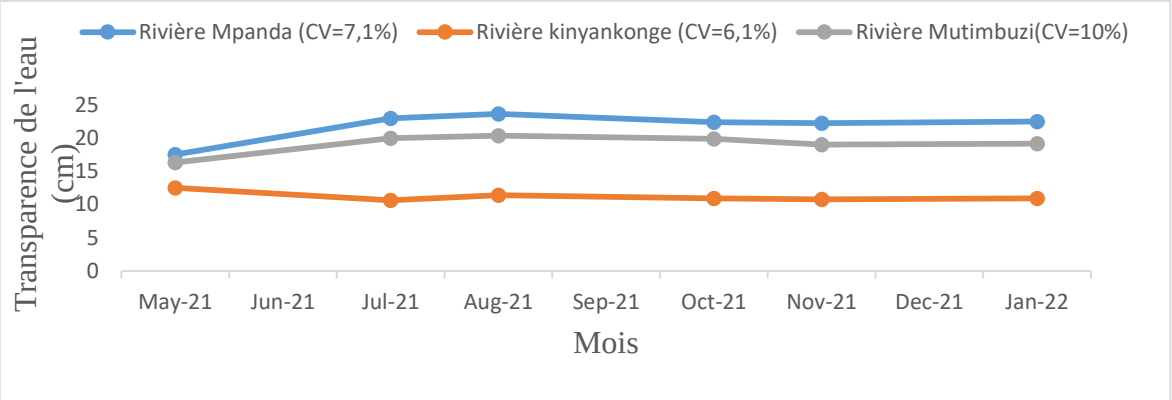


Figure 12 : Evolution mensuelle de la transparence de l'eau dans les différentes rivières étudiées.

III.1.2.Vitesse du courant de l'eau

Les vitesses moyennes du courant d'eau au sein des trois rivières sont globalement faibles soit 0,95 m/s ; 0,69 m/s et 1,07 m/s respectivement pour les rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda (figure 13). Par conséquent, ce sont les espèces de poissons à courant lent (limnophiles) que ces rivières peuvent héberger.

De telles petites valeurs de la vitesse du courant de leurs eaux pourraient s'expliquer par le fait que leur pente est relativement faible. Les résultats de cette étude diffèrent de ceux de Ntunzwenimana (2016) et Niyungeko (2016) qui ont travaillé respectivement dans les rivières Mutimbuzi et Kinyankonge – Mpanda. Ainsi, dans la rivière Mutimbuzi, Ntunzwenmana (2016) a trouvé une vitesse moyenne du courant de l'eau de 0,52m/s. Niyungeko (2016) a trouvé des vitesses moyennes du courant d'eau de 1,78m/s et 2,55m/s respectivement dans les rivières Kinyankonge et Mpanda. Cette différence serait liée à la diminution de la quantité d'eau provoquée par les variations des précipitations mais aussi à la période de leur collecte de données qui est différente de la nôtre.

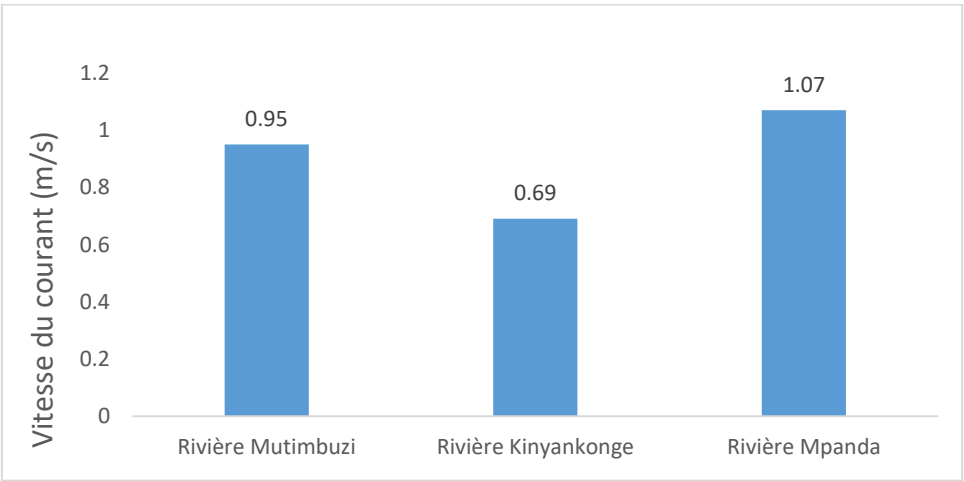


Figure 13 : Vitesse moyenne des courants des rivières explorées

Concernant la variation spatiale des vitesses moyennes dans les différentes rivières, la figure 14 montre que les variations des vitesses de courant dans les sites de Mutimbuzi et Mpanda sont très faibles voire nulles. Dans la rivière Kinyankonge, la vitesse du courant est plus élevée au S3 (au niveau de l'embouchure) qu'au S4 (situé tout près du SAVONOR). Cette différence serait liée à la pente de l'embouchure qui est en peu supérieure à celle du site situé près du SAVONOR.

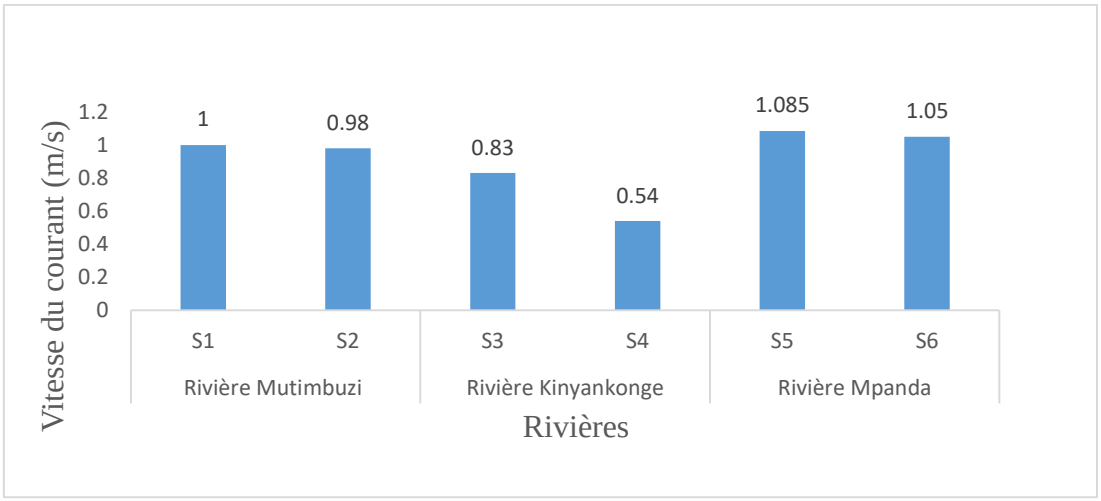


Figure 14 : Variation spatiale des vitesses moyennes des courants suivant les sites des trois rivières

En rapport avec l'évolution saisonnière de la vitesse du courant de l'eau dans les différentes rivières, la figure 15 montre que pour l'ensemble des trois rivières, la vitesse du courant est plus faible en saison sèche (les quantités d'eaux pluvieuses diminuent en cette période) qu'en saison pluvieuse.

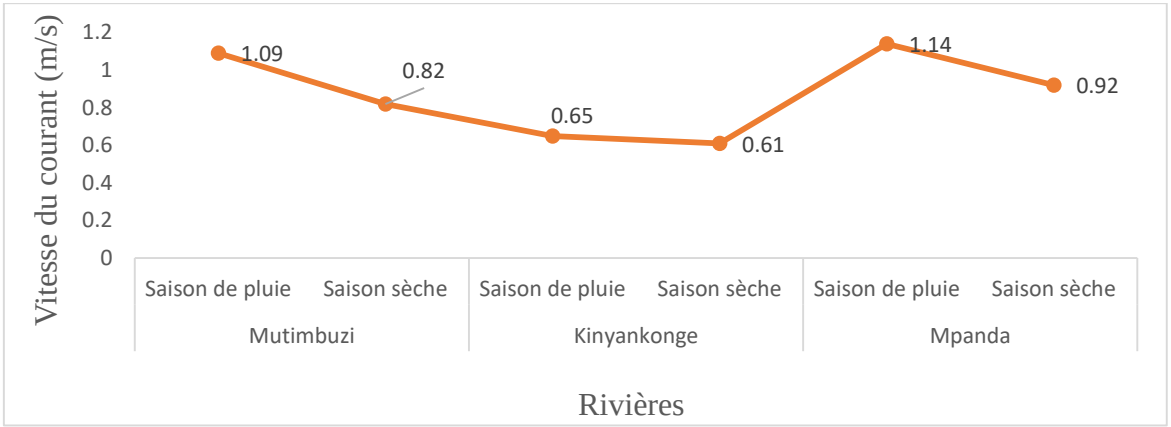


Figure 15 : Evolution saisonnière de la vitesse du courant dans les différentes rivières

La figure 16 montre l'évolution mensuelle de la vitesse du courant dans les différentes rivières. On remarque que pour toutes les trois rivières, la vitesse du courant baisse durant les mois correspondant à la grande saison sèche (de juin à août).

Cela montre que la vitesse du courant dans les rivières croit avec la saison pluvieuse car durant cette période la quantité d'eau augmente.

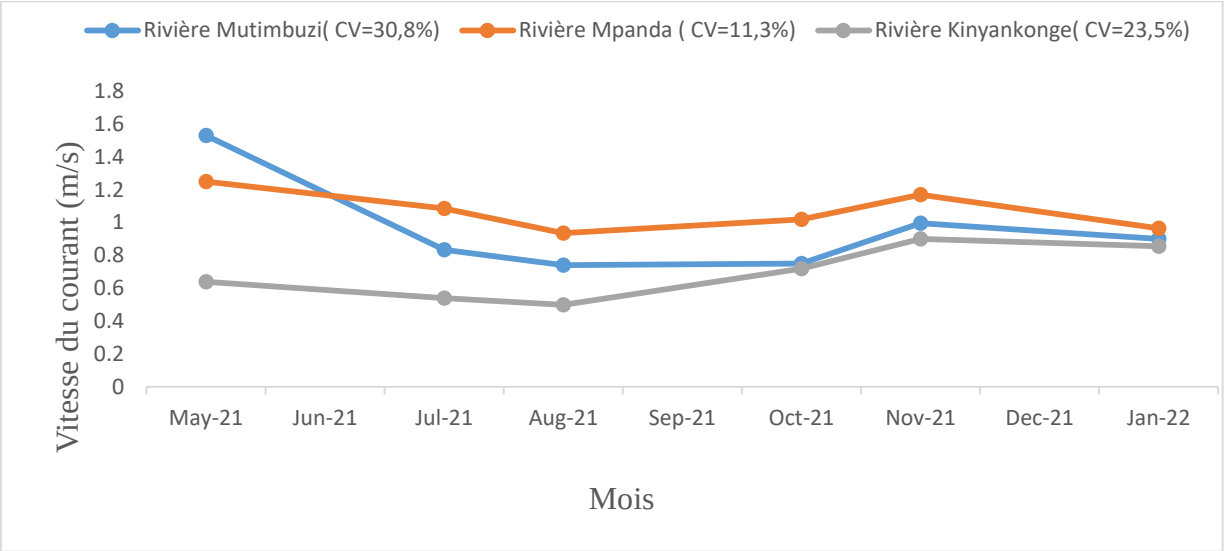


Figure 16 : Evolution mensuelle de la vitesse du courant dans les différentes rivières

Les résultats de la vitesse du courant de l'eau de cette étude montrent que dans toutes les trois rivières, celle-ci est faible et marque une faible variation spatiale, saisonnière et mensuelle. Ainsi, les écarts de la vitesse du courant ne sont pas remarquables car la topographie est relativement la même étant donné que les trois rivières explorées sont toutes situées dans la région naturelle de l'Imbo.

III. 1.3. Couleur de l'eau

La couleur de l'eau était globalement brune partout à l'exception de la rivière Kinyankonge et du site de l'embouchure de Ninga où la couleur de l'eau était respectivement verdâtre et claire pendant la saison sèche. La couleur globalement brune de l'eau est due aux activités anthropiques telles que l'agriculture et l'exploitation du sable ou du gravier mais aussi aux apports alluvionnaires charriés à partir de l'amont. La rivière Kinyankonge reçoit des eaux qui échappent de la station d'épuration de Buterere. En effet, l'eau de la rivière Kinyankonge est globalement verdâtre à cause de l'eutrophisation provoquée par la teneur élèvée en matière organique de ses eaux qui échappent de la station d'épuration de Buterere propice au développement de la flore algale. Dans l'embouchure de Ninga, il n'y a pas beaucoup d'activités anthropiques et la couleur devient brune dans la saison de pluies suite à l'érosion d'oú elle était claire pendant la saison sèche. Ainsi, la couleur brune de l'eau ne laisse pas passer facilement la lumière ce qui diminue la transparence de l'eau (Ntakimazi ,1995) rendant ainsi rares les organismes aquatiques qui sont à base de la chaine alimentaire des milieux aquatiques.

III.2. Etude de la faune ichtyologique

III.2.1. Etude de la biodiversité

III.2.1.1.Richesse spécifique

III.2.1.1.1. Inventaire de l'ichtyofaune

Au cours de cette étude, 935 spécimens répartis respectivement en 9 ordres, 12 familles, 21 genres et 30 espèces ont été collectés (tableau 6). L'ordre le plus représenté est celui des cichliliformes comprenant 13 espèces réparties dans la famille des cichlidés suivi de celui des cypriniformes représenté par 6 espèces réparties dans 2 familles dont les cyprinidés (5 espèces) et danionidés (une seule espèce).

L'espèce la plus abondante est *Astatotilapia burtoni* (famille des cichlidés) avec 181 individus sur 935 soit 19,3 % suivi *d'Enteromius pellegrini* (famille des cyprinidés), *Clarias gariepinus* (famille des clariidés) et *Oreochromis tanganicae* (famille des cichidés) avec respectivement 152 individus sur 935 soit 16,2% ,133 individus sur 935 soit 14.2% et 98 individus sur 935 soit 10.4%.

L'étude réalisée par Ntunzwenimana (2016) dans la rivière Mutimbuzi avait révélé également que *Haplochromis burtoni* (14,9%) et *Clarias gariepinus* (8,3%) sont des espèces abondantes numériquement. Dans la rivière Mpanda, selon Niyungeko (2016), les espèces abondantes numériquement sont *Raiamas moorii* (36,60%), *Labeo weeksii* (14,37%) et *Labeo microlepis* (10,82%) ce qui n'est pas le cas pour cette étude. Les résultats de ces études antérieures ont révélé une prédominance de la famille des cichlidés et des cyprinidés respectivement dans les rivières Mutimbuzi (19 espèces sur 27 soit 70.3%) et Mpanda (9 espèces sur 18 soit 50%). Les raisons qui ont été avancées sur la dominance de la famille des cichlidés dans les affluents lac Tanganyika est que cette famille présente un essor considérable de développement et a des adaptations extraordinaires (Nimubona ,2011).

En effet, les espèces de la famille des cichlidae occupent tout habitat disponible (surtout les côtes rocheuses) et ont un bon comportement de gardiennage et protection de leur couvée.

Quant à *Clarias gariepinus* correspondant à la famille de Clarridae, son abondance est numériquement élevée car celui-ci est une espèce de poisson rustique et est capable de survivre dans un environnement extrême (Edéa et al., 2019). Du point de vue économique, c'est *Clarias gariepinus* qui est la plus importante car elle représente une grande partie de la biomasse par rapport aux autres espèces avec 4592 g sur 10509 g soit 43,69 % de la biomasse totale. Ce résultat est lié à sa taille relativement grande par rapport aux autres espèces pêchées. En effet, selon Edéa et al. (2019), *Clarias gariepinus* revêt une grande importance commerciale en pêche et aquaculture tant sur le continent africain que le reste du monde.

Tableau 6 : Importance numérique et pondérale de l'ichtyofaune inventoriée

Ordres	**Familles**	**Noms scientifiques**	**Importance numérique**		**Importance pondérale**	
			N	Ar (%)	Poids (g)	Ar (%)
1. Cichliliformes	1. Cichlidae	*1. Astatotilapia burtoni (*Günther, 1894*)*	181	19,3	583	5,54
		*2. Astatoreochromis straeleni (*Poll, 1944*)*	8	0,8	56	0,53
		*3. Asprotilapia leptura (*Boulenger, 1901)	1	0,1	5	0,04
		4. Callochromis pleurospilus (Boulenger, 1906)	1	0,1	6	0,05
		*5. Haplochromis stappersii (*Poll, 1943*)*	1	0,1	12	0,11
		6. Neolamprologus tetracanthus (Boulenger, 1899)	1	0,1	8	0,07
		7. Oreochromis leucostictus (Trewavas, 1933)	2	0,2	51	0,48
		8. Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)	58	6,2	731	6,95
		*9. Oreochromis tanganicae (*Günther, 1894*)*	98	10,4	1251	11,90
		10. Oreochromis rendalli (Boulenger, 1897)	70	7,4	518	4,49
		11. Trematocara marginatum (Boulenger, 1899)	4	0,4	70	0,66
		*12. Trematocara variabile (*Poll, 1952*)*	1	0,1	6	0,05
		*13. Trematocara unimaculatum (*Boulenger, 1901)	3	0,3	21	0,19
2. Cypriniformes	2. Cyprinidae	*14. Varicorhinus tanganicae* (Boulenger, 1900)	1	0,1	6	0,05
		15. Enteromius lineomaculatus (Boulenger, 1903)	75	8	193	1,83
		16. Enteromius pellegrini (Poll, 1939*)*	152	16,2	346	3,29
		17. Labeo cylindricus (Peters, 1852)	5	0,5	67	0,63
		18. Labeobarbus altianalis (Boulenger, 1900)	7	0,7	286	2,72
	3. Danionidae	*19. Raiamas moorii* (Boulenger, 1900)	45	4,8	148	1,40
3. Anabantiformes	4. Anabantidae	*20. Ctenopoma muriei* (Boulenger, 1906*)*	23	2,4	101	0,96
4. Siluformes	5. Clariidae	*21. Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)	133	14,2	4592	43,69
		22. Clarias alluaudi (Boulenger, 1906)	32	3,4	444	4,22
	6. Mochokidae	*23. Synodontis multipunctatus* (Boulenger, 1898)	7	0,7	84	0,79
	7. Bagridae	*24. Bagrus docmak* (Fabricius, 1775)	2	0,2	21	0,19
5. Ceratodontiformes	8. Protopteridae	*25. Protopterus aethiopicus* (Heckel, 1851)	6	06	606	4,76
6. Cyprinodontiformes	9. Procatopodidae	*26. Aplocheilichthyus pumilus* (Boulenger, 1906)	4	0,4	4	0,03
		27. Aplocheilichthyus sp (Boulenger, 1906)	9	0,9	12	0,11
7. Synbranchiformes	10. Mastacembelidae	*28. Mastacembelus cunningtoni* (Boulenger, 1906)	2	0,2	164	1,56
8. Perciformes	11. Latidae	29. *Lates mariae* (Steindachner, 1909)	1	0,1	7	0,06
9. Osteoglossiformes	12. Mormyridae	*30. Hippopatamyrus discorhynchus* (Peters, 1852)	2	0,2	110	1,04

III.2.1.1.2. Variation spatiale de l'ichtyofaune

Le tableau 7 suivant montre que la richesse spécifique est inégalement répartie. Ainsi :

i. Dans la rivière Mutimbuzi, 23 espèces ont été inventoriées dont 22 espèces (95,56 %) dans l'embouchure contre 4 espèces (17,3 %) dans le site Kiyange.
ii. Dans la rivière Kinyankonge, 6 espèces ont été inventoriées dont 6 espèces sur 6 (100 %) dans l'embouchure contre 3 espèces sur 6 (50 %) dans le site situé près de l'usine SAVONOR.
iii. Dans la rivière Mpanda, 17 espèces ont été inventoriées dont 15 espèces (88,23 %) dans le barrage d'irrigation et ses environs contre 9 espèces (52,9 4 %) dans l'embouchure de Ninga. On remarque que 4 espèces sont exclusives au barrage d'irrigation de Mpanda dont *Hippopotamyrus discorhynchus, Bagrus docmak, Labeo cylindricus* et *Labeobarbus altianalis* tandis que *Haplochromis stapersii* est exclusive pour l'embouchure de Ninga.

Tableau 7 : Variation spatiale l'ichtyofaune suivant les sites d'échantillonnage

Nom scientifique	**Rivière Mutimbuzi**		**Rivière Kinyankonge**		**Rivière Mpanda**	
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**
1. Haplochromis burtoni	+	+	+	+	+	+
2. Astatotilpia straeleni	+	-	-	-	-	-
3. Callochromis pleurospilus	+	-	-	-	-	-
4. Asprotilapia leptura	+	-	-	-	-	-
5. Varicorhinus tanganicae	+	-	-	-	-	-
6. Ctenopoma muriei	+	-	-	-	+	-
7. Oreochromis tanganicae	+	-	-	-	-	-
8. Enteromius lineomaculatus	+	-	-	-	+	+
9. Enteromius pellegrini	+	+	-	-	+	+
10. Clarias gariepinus	+	-	+	+	+	+
11. Protopterus aethiopicus	+	-	+	-	+	-
12. Clarias alluaudi	+	-	+	+	+	-
13. Aplocheilichthys sp.	+	-	-	-	-	+
14. Aplocheilichthys pumilus	+	-	-	-	-	-
15. Oreochromis niloticus	+	+	+	-	+	+
16. Lates mariae	+	-	-	-	-	-
17. Trematocara marginatum	+	-	-	-	-	-
18. Trematocara variabile	+	-	-	-	-	-
19. Trematocara unimaculatum	+	-	-	-	-	-
20. Neolamprologus tetracanthus	+	-	-	-	-	-
21. Synodontis multipunctatus	+	-	-	-	-	-
22. Mastacembelus cunningtonni	+	-	-	-	-	-
23. Tilapia rendalli	-	+	+	-	+	+
24. Raiamas moorii	-	-	-	-	+	-
25. Labeobarbus altianalis	-	-	-	-	+	-
26. Oreochromis leucostictus	--	-	-	-	+	+
27. Labeo cylindricus	-	-	-	-	+	-
28. Bagrus docmak	-	-	-	-	+	-
29. Hippopotamyrus discorhynchus	-	-	-	-	+	-
30. Haplochromis stapersii		-	-	-	-	+
Richesse spécifique par site	**22**	**4**	**6**	**3**	**15**	**9**
Richesse spécifique par rivière	**23**		**6**		**17**	

Légende du tableau 7 : *S1 : Embouchure Mutimbuzi S2 : Site Kiyange S3 : Embouchure Kinyankonge S4 : Près du SAVONOR S5 : Barrage d'irrigation de Mpanda S6 : Embouchure de Ninga*

Les résultats de la richesse spécifique montrent que les embouchures des rivières Mutimbuzi et Kinyankonge et le barrage d'irrigation de Mpanda constituent des zones riches en ichtyofaune. Les études antérieures menées dans les rivières Mutimbuzi (Ntunzwenimana ,2016) et Kinyankonge et Mpanda (Niyungeko ,2016) ont également révélé une forte richesse spécifique dans les embouchures des rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et le barrage d'irrigation de Mpanda par rapport aux autres sites avec respectivement 18 espèces sur 27 (66,6%), 4 espèces sur 5 (80%) et 16 espèces sur 18 (soit 88,8%). En effet, la rencontre des eaux continentales et lacustres (embouchures) constitue des zones qui jouent un rôle clé dans la nutrition voire la reproduction des poissons (Yves et al., 2006) ce qui aurait occasionné la forte diversité ichtyologique des embouchures par rapport aux sites de l'amont.

Quant à la rivière Mpanda, la forte diversité du site du barrage d'rrigation pourrait s'expliquer par le fait que le barrage d'irrigation constitue un lieu de retenue d'eau issue du bassin versant qui est probablement riche en nutriments dont certains organismes ont besoin en particulier l'ichtyofaune.

On remarque également que :

- 11espèces soit 36,6% sont exclusivement recensées dans la rivière Mutimbuzi notamment *Astatotilapia straeleni, Callochromis pleurospilus, Varicorhinus tanganicae, Aplocheilichthys pumilus, Lates mariae, Trematocara marginatum, Trematocara variable, Trematocara unimaculatum, Neolamprologus tetracantus, Synodontis multipunctatus et Mastacembelus cunningtonni.* Sauf *Astatotilapia straeleni* et *Aplocheilichtys pimulus,* les autres espèces sont habituellement lacustres en raison de ses préférences écologiques. En effet, ces espèces n'ont pas été pêchées dans la rivière Kinyankonege et Mpanda peut-être parce que d'une part, l'embouchure de Kinyankonge est un milieu hostile aux espèces non tolérantes à la pollution comme cette rivière reçoit beaucoup de rejets ménagers et industriels ainsi que les eaux usées qui échappent de la station d'épuration de Buterere, d'autre part, la rivière Mpanda ne communique pas directement avec le lac Tanganyika.
- 5 espèces soit 16.6 % ont été exclusivement recensées dans la rivière Mpanda. Il s'agit d'*Hippopotamyrus discorhynchus, Bagrus docmak, Labeo cylindricus* et *Labeobarbus altianalis (*barrage d'irrigation*) et Haplochromis stappersii (*embouchure de Ninga*).* Il s'agit des espèces habituellement fluviales mais qui peuvent parfois se retrouver dans le lac grâce aux différentes migrations qu'elles effectuent en milieu naturel.

Les résultats du test de Student montrent qu'il y a une différence stastiquemement significative entre la diversité ichtyologique des rivières Kinyankonge et Mpanda ($P = 0,020161 < 0,05$) et entre celle des rivières Kinyankonge et Mutimbuzi ($P=0.04422 < 0,05$) ce qui signifie que la rivière Kinyankonge est plus pauvre en espèces par rapport aux deux autres rivières compte tenu de son ichtyofaune inventoriée. Les résultats de ce test nous renseignent également qu'il n'existe pas une différence statistiquement significative entre diversité ichtyologique des rivières Mutimbuzi et Mpanda ($P=0,28289>0,05$) ce qui veut dire que statistiquement, leur richesse spécifique n'est pas différente malgré l'écart observé du nombre d'espèces (23 espèces dans la rivière Mutimbuzi contre 17 espèces dans la rivière Mpanda).

Ces résultats de cette étude montrent que les conditions écologiques auxquelles font face les espèces de la rivière Kinyankonge sont défavorables par rapport à celles des rivières Mutimbuzi et Mpanda tandis que ces dernières offrent à son ichtyofaune des conditions écologiques presque semblables. Par ailleurs, étant donné que la transparence de l'eau peut avoir un impact sur la distribution de l'ichtyofaune, la faible transparence de l'eau de la rivière Kinyankonge par rapport aux deux autres rivières aurait causé sa faible diversité ichtyologique.

III.2.1.1.3. Variation saisonnière de l'ichtyofaune

Concernant l'étude de la variation spatiale, la figure 17 montre que l'ichtyofaune de la zone d'étude est inégalement répartie dans les différents sites. Ce sont les sites de l'embouchure de la rivière Mutimbuzi et celui du barrage d'irrigation de la rivière Mpanda qui sont les plus riches en espèces avec respectivement 22 espèces sur 23 et 15 espèces sur 17.

Les résultats du test ANOVA pour l'analyse de la variance de la richesse spécifique montrent une différence statistiquement significative de la richesse spécifique entre les 6 sites prospectés ($p = 0{,}006453 < 0{,}05$) ce qui nous permet de dire que la richesse spécifique variait considerablement d'un site à l'autre.

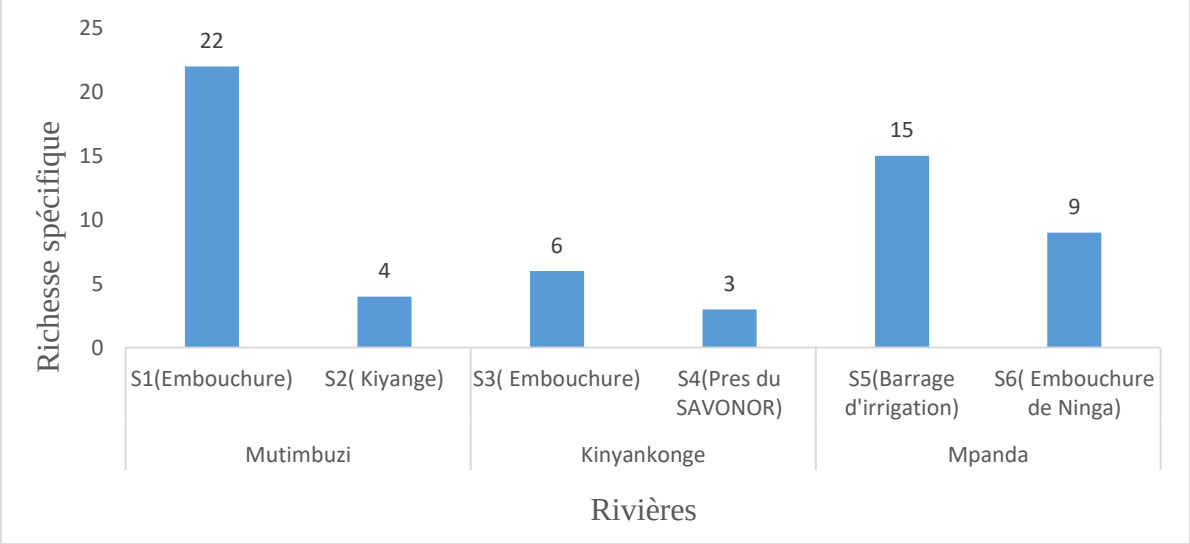


Figure 17 : Variation spatiale de la richesse spécifique dans les différents sites des rivières exploreés

S'agissant de l'étude de la variation saisonnière de la richesse, la figure 18 montre que la richesse spécifique est plus élevée en saison des pluies au niveau du site de l'embouchure de la rivière Mutimbuzi avec 20 espèces soit 86,9% de l'ichtyofaune recensée sur l'ensemble de la rivière. Une étude réalisée par Niyungeko (2016) dans les rivières kinyankonge et Mpanda a révélé également une forte richesse spécifique en saison de pluie. Selon cet auteur, la forte richesse en ichtyofaune en saison de pluie pourrait être dûe au fait que pendant la grande saison de pluies, les rivières reçoivent des poissons des divers affluents des dites rivières ce qui permet de les capturer dans les rivières situées dans les plaines où le courant y est généralement lent avec la probabilité de les pêcher aussi dans les plaines d'inondation.

Cette raison peut être valable dans toute autre rivière où la richesse spécifique était élevée en saison de pluies qu'en saison sèche.

Dans la rivière Mpanda, par contre, la richesse spécifique la plus élevée a été enregistrée durant la saison sèche, soit 100% de la richesse spécifique enregistrée dans cette rivière.

En effet, durant la grande saison de pluie, certains endroits de cette rivière étaient inaccessibles aux pêcheurs en raison de fortes inondations. Une étude antérieure réalisée dans les rivières Mubarazi et Kaninga par Nitunga (2016) a révélé également une richesse spécifique en saison sèche qu'en saison de pluies et avait avancé cette raison susmentionnée.

Les résultats du test de Student ont montré que le nombre d´espèces ne dépend pas significativement des saisons d'échantillonnage dans toutes les rivières [Mutimbuzi (P= 0,7830> 0,05), Kinyankonge (P = 0,2773 > 0,05) et Mpanda (P = 0,7998> 0,05)].

Ces résultats nous renseignent que la richesse spécifique ne variait pas suivant les saisons dans les sites de différentes rivières.

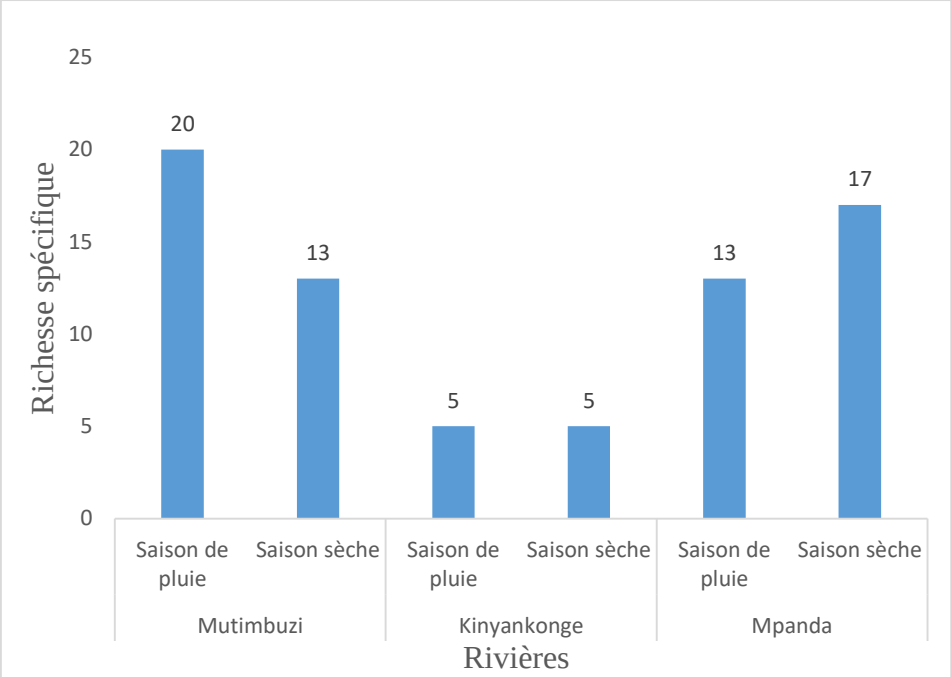


Figure 18: Variation saisonnière de la richesse spécifique dans les 3 rivières d'étude

Pour ce qui est de l'évolution mensuelle de la richesse spécifique dans les trois rivières, l'analyse de la figure 19 montre que les trois courbes des trois rivières ont la même allure. C'est au mois d'octobre que l'on a les richesses spécifiques maximales mais aussi pour le mois de juillet dans le cas de la rivière Mpanda. Les richesses spécifiques minimales sont enregistrées au mois de mai pour toutes les trois rivières.

En effet, la forte richesse spécifique au mois d'octobre est liée au fait qu'au cours de ce mois, tous les endroits du site d'échantillonnage étaient accessibles et le régime alimentaire aurait commencé à être disponible avec l'annonce de la saison de pluies car c'était au lendemain de la saison sèche.

La faible richesse spécifique enregistrée au mois de mai dans toutes les rivières pourrait s'expliquer par le fait qu'à cause de fortes inondations, certains endroits des sites d'échantillonnage étaient inaccessibles et la capture des poissons dispersés dans les zones inondables est pratiquement impossible.

Les résultats du test ANOVA ont révélé que la richesse spécifique ne variait pas de manière significative suivant les mois au sein de chaque rivière [Mutimbuzi (P = 0,68961> 0,05), Kinyankonge (P = 0,8606> 0,05) et Mpanda (P = 0,8606> 0,05)].

De tels résultats nous renseignent qu'au sein de chaque rivière, les conditions écologiques auxquelles font face leur ichtyofaune ne changent pas signifitivement d'un mois à l'autre. En effet, lorsque les conditions écologiques du milieu s'améliorent, le milieu attitre beaucoup d'individus (espèces) et la diversité biologique augmente.

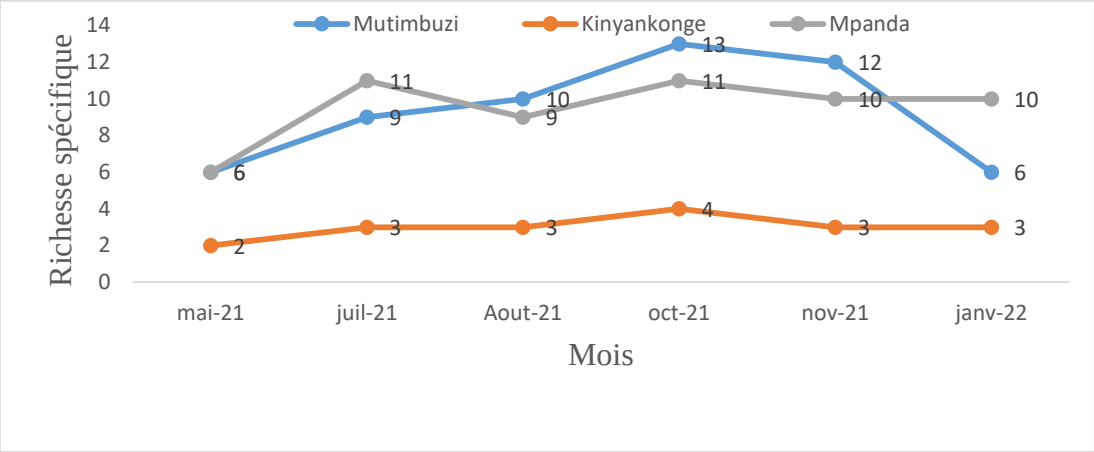


Figure 19 : Evolution mensuelle de la richesse spécifique dans les différentes rivières

III.2.1.1.4. Variation spatiale de l'importance numérique de l'icthyofaune

Il ressort de l'analyse du tableau 8 que :

- Dans la rivière Mutimbuzi, deux espèces sont numériquement les plus abondantes et représentent un peu plus de 60% de l'abondance totale. Il s'agit d'*A. burtoni* (32,48%), *O. tanganicae* (27,68%). Certaines espèces sont très minoritaires (voire un seul individu sur 354 soit 0.28%). Avec *C. muriei* (5,56%), *E. lineomaculatus* (3,10%), *C. gariepinus* (3,38%), *C. alluaudi* (4,80%), *O. niloticus* (6,21%), on totalise 7 espèces sur 23 (soit 30,4%) de la richesse spécifique qui représentent plus de 80% de l'abondance numérique totale.
- Dans la rivière Kinyankonge, 2 espèces sur 6 (soit 33,3%) représentent 63% de l'abondance numérique totale. Il s'agit d'*A. burtoni* (36,26%) et *T. rendalli* (26,37%). L'espèce très rare est *P. aethiopicus* avec 1.09%.

L'importance numérique d'*Astatotilapia burtoni* dans les rivières Mutimbuzi et Kinyankonge serait liée au régime alimentaire des *Haplochromis* spp qui montre une très grande variété de types trophiques. Ainsi, Witte (1981) in Plisnier (1990) distingue 11 groupes trophiques (notamment ichtyophage, mallacophage, planctonophage, mangeurs d'oeufs, d'alevins, d'écailles, de parasites de poissons, etc.).

L'importance numérique d'*Oreochromis tanganicae* et *Tilapia rendalli* respectivement dans les rivières Mutimbuzi et Kinyankonge serait liée au fait que les espèces du genre *Tilapia* s'adaptent mieux dans la plupart des biotopes car en milieu naturel, les Tilapias sont omnivores et sont capables de survivre dans des conditions où la concentration en oxygène dissous est très basse (Rabeb, 2017).

- Dans la rivière Mpanda, 3 espèces sur 17 (soit 18%) totalisent à elles seules 63% de l'abondance numérique totale. Il s'agit d'*E. pellegrini* (29,38%), de *C. gariepinus* (21,22%) et d'*E. lineomaculatus* (13,06%). Certaines espèces sont faiblement représentées notamment *H. stapersii, O. leucostictus, B. docmak* et *H. discorhynchus.*

Les résultats ci-dessus nous permettent de dire que les espèces abondantes s'ajustent mieux aux contraintes environnementales que les espèces minoritaires.

Tableau 8 : Variation spatiale de l'importance numérique de l'ichtyofaune inventoriée au sein de chaque rivière

Noms scientifiques	**Mutimbuzi**		***Kinyankonge***		***Mpanda***	
	N	**Ar (%)**	**N**	**Ar (%)**	**N**	**Ar (%)**
1. Haplochromis burtoni	115	32,48	33	36,26	33	6,73
2. Astatotilpia straeleni	8	2,25	-	-	-	-
3. Callochromis pleurospilus	1	0,28	-	-	-	-
4. Asprotilapia leptura	1	0,28	-	-	-	-
5. Varicorhinus tanganicae	1	0,28	-	-	-	-
6. Ctenopoma muriei	20	5,56	-	-	3	0,61
7. Oreochromis tanganicae	98	27,68	-	-	-	-
8. Enteromius lineomaculatus	11	3,10	-	-	64	13,06
9. Enteromius pellegrini	8	2,25	-	-	144	29,38
10. Clarias gariepinus	12	3,38	17	18,68	104	21,22
11. Protopterus aethiopicus	3	0,84	1	1,09	2	0,40
12. Clarias alluaudi	17	4,80	11	12,08	4	0,81
13. Aplocheilichthys sp.	4	1,12	-	-	5	1,02
14. Aplocheilichthys pumilus	4	1,12	-	-	-	-
15. Oreochromis niloticus	22	6,21	5	5,49	31	6,32
16. Lates mariae	1	0,28	-	-	-	-
17. Trematocara marginatum	4	1,12	-	-	-	-
18. Trematocara variabile	1	0,28	-	-	-	-
19. Trematocara unimaculatum	3	0,84	-	-	-	-
20. Neolamprologus tetracanthus	1	0,28	-	-	-	-
21. Synodontis multipunctatus	7	1,97	-	-		
22. Mastacembelus cunningtonni	2	0,56	-	-	-	-
23. Tilapia rendalli	10	2,82	24	26,37	36	7,34
24. Raiamas moorii	-	-	-	-	45	9,18
25. Labeobarbus altianalis	-	-	-	-	7	1,42
26. Oreochromis leucostictus	-	-	-	-	2	0,40
27. Labeo cylindricus	-	-	-	-	5	1,02
28. Bagrus docmak	-	-	-	-	2	0,40
29. Hippopotamyrus discorhynchus	-	-	-	-	2	0,40
30. Haplochromis stapersii	-	-	-	-	1	0,20
Total	354	100	91	100	490	100

Compratively aux études antérieures, on remarque ce qui suit :

1°. Cas de la rivière Mutimbuzi

- Sur 23 espèces inventoriées au cours de la présente étude, 7 espèces soit 30,4 % ont été également inventoriées par Ntunzwenima (2016) dont *Haprochromis burtoni, Clarias gariepinus, Oreochromis niloticus, Oreochromis tanganicae, Trematocara variabile, Protopterus aethiopicus et Enteromius lineomaculatus.*
- Sur 23 espèces inventoriées au cours de la présente étude, 16 espèces soit 69,5% sont exclusives à cette étude. Il s'agit d'*Oreochromis leucostictus, Mastacembelus cunningtoni, Synodontis multipunctatus, Trematocara marginatum, Trematocara unimaculatus, Callochromis pleurospilus, Neolamprologus tetracanthus, Varicorhinus tanganicae, Astatoreochromis straeleni, Tilapia rendalli, Aplocheilichtys pumilus, Aplocheilichtys* sp., *Asprotilapia leptura, Lates mariae, Ctenopoma muriei* et *Clarias alluaudi.*
- sur 27 espèces recensées par Ntunzwenima (2016), 21 espèces soit 77,7 % n'ont pas été inventoriées au cours de la présente étude dont notamment *Auchenoglanthis occidentalis, Bathybathes fasciatus, Bathybates ferox, Bathybates leo, Bathybates minor, Boulengerochromis microlepis, callochropis macrops, Chrysichtys sianenna, Ctenochromis horei, Enanthiopus melanogencys, Gnathochromis pfefferi, Hemibates stenosoma, Liminothrissa miodon, Malapterurus electricus, Xenotilapia hecqui, Xenotilapia ochrogenys, Afromastecembelus moori, Clarias thodorae, Lamprichtys tanganicus, Xenotilapia sima* et *Engraulicypris minitus.*

2°. Cas de la rivière Kinyankonge

- Sur 6 espèces recensées au cours de la présente étude, 3 espèces soit 50% ont été également révélées par Niyungeko (2016) dont *Astatotilapia burtoni*, *Oreochromis niloticus* et *Clarias gariepinus*.
- Sur 6 espèces inventoriées au cours de la présente étude, 3 espèces soit 50 % n'ont pas été récencées par Niyungeko (2016). C'est le cas de *Tilapia rendalli, Claras alluaudi* et *Protoptrus aethiopicus.*
- Sur 5 espèces recensées par Niyungeko (2016), 2 espèces soit 40% n'ont pas été recensées au cours de la présente étude. Il s'agit de *Pseudomygil mellis* et *Clarias liocephalus.*

3°. Cas de la rivière Mpanda

- Sur 17 espèces recensées au cours de cette étude, 9 espèces soit 52,9% ont été également inventoriées par Niyungeko (2016) dont *Ctenopoma muriei, Bagrus docmack, Astatotilapia burtoni, Enteromius pellegrini, Raiamas moorii, Hippopotamyrus discorhynchus, Protopterus aethiopicus, Clarias gariepinus* et *Oreochromis niloticus.*
- Sur 17 espèces inventoriées au cours de la présente étude, 8 espèces soit 41,1% n'ont pas été recensées par Niyungeko (2016). Il s'agit notamment de *Clarias alluaudi, Aplocheilichthys* sp. *Oreochromis leucostictus, Tilapia rendalli, Labeobarbus altianalis, labeo cylindricus, Enteromius lineomaculatus* et *Haplochromis stapersi.*

- Sur 18 espèces recensées par Niyungeko (2016), 8 espèces soit 44,4% n'ont pas été pêchées au cours de la présente étude dont notamment *Barbus quadrilineatus, Clarias liocephalus, Barbus unitaeniatus, Barbus* sp., *Labeo microlepis, Labeo* sp, *Labeo weeksii* et *Labeo parvus.*

III.2.2. Indices de diversité

III.2.2.1. Indice de similarité de Sørensen

III.2.2.1. 1. Degré de similarité entre les 3 rivières

Le tableau 9 ci-dessous montre qu'il existe une petite valeur de l'indice de similarité de Sørensen (CS =0,414) entre les rivières Mutimbuzi et Kinyangonge tandis qu'il est de 0,5 et 0,522 respectivement entre les rivières Mutimbuzi –Mpanda et Kinyankonge-Mpanda.
En effet, lorsque l'indice de similarité de Sørensen est supérieur à 0,5, on est en droit d'estimer que les 2 peuplements comparés sont similaires (Dan, 2009). De ce qui précède, nous constatons que d'une part, la rivière Mutimbuzi a une richesse spécifique qui s'écarte beaucoup de la rivière Kinyangonge que de la rivière Mpanda, d'autre part, la faune piscicole des rivières Mpanda et Kinyankonge est proche malgré la diversité ichtyologique faible de cette dernière tel que nous l'avons déjà évoquée précédemment. Ceci serait lié au fait que toutes les espèces de poissons inventoriées dans la rivière Kinyankonge sont aussi présentes dans la rivière Mpanda.

Tableau 9 : Indices de similarité de Sørensen au niveau des trois rivières

Couples de rivières	**Indice de similarité de Sørensen (CS)**
Kinyankonge-Mutimbuzi-	0,414
Kinyankonge-Mpanda	0,522
Mutimbuzi-Mpanda	0,500

III.2.2.1.2. Degré de similarité entre les sites des rivières

1°.Degré de similarité entre les sites d'une même rivière

Le tableau 10 montre que :

- Au sein de la rivière Mutimbuzi, le degré de similarité entre les sites de l'embouchure Mutimbuzi (S1) et Kiyange (S2) est faible (CS= 0,23). Ceci est lié au fait que le site Kiyange est spécifiquement pauvre par rapport à l'embouchure Mutimbuzi. Ainsi, 20 espèces de poissons sont exclusivement recensées dans l'embouchure tandis qu'une seule espèce était exclusive au site Kiyange (*Tilapia rendalli*). Ecologiquement, ces résultats montrent que les facteurs biotiques et abiotiques de ces deux sites sont globalement différents.
- Avec un indice de similarité de Sørensen de 0,667 (CS >0,5) entre l'embouchure Kinyankonge (S3) et le site situé près de l'usine SAVONOR (S4), on constate que les deux sites sont spécifiquement similaires. De tels résultats nous laissent penser que les deux biotopes offrent à leur ichtyofaune des conditions écologiques probablement proches.

- Dans la rivière Mpanda, les sites du barrage d'irrigation de Mpanda (S5) et l'embouchure de Ninga (S6) affichent également une certaine similarité (CS=0,582). Par ailleurs, sur 9 espèces de poissons recensées dans l'embouchure de Ninga (S6), 7 espèces soit 77.7 % ont été inventoriées également au barrage d'irrigation de Mpanda (S5).

Tableau 10 : Indices de similarité de Sorensen entre les sites des trois rivières

Rivières	Sites	Nombre d'espèces	Indice de similarité de Sorensen
Mutimbuzi	S1	22	0,231
	S2	4	
Kinyankonge	S3	6	0,667
	S4	3	
Mpanda	S5	15	0,583
	S6	9	

2°. **Degré de similarité entre les sites des différentes rivières**

En considérant l'ensemble des sites étudiés au niveau des trois rivières, il ressort de l'analyse de la figure 20 qu'en considérant le coefficient moyen de Sørensen de 0,52, les sites se regroupent en 4 groupes :

(i) Le groupe I comprend les sites S4 et S3 tous de la rivière Kinyankonge. Ces sites sont ainsi considérés comme similaires. Ils sont constitués par une richesse spécifique pauvre. En effet, la distance entre les 2 sites n'est pas grande pour provoquer des différences de conditions écologiques énormes et leur ichtyofaune est confrontée aux conditions écologiques qui sont probablement semblables.

(ii) Le groupe II est constitué de deux sites (S6 et S2) dont le site « embouchure de Ninga » et « Kiyange ». Ces sites comprennent 9 espèces soit 30 % (embouchure de Ninga) et 4 espèces soit 13,3% (site Kiyange) de l'ichtyofaune totale. En effet, compte tenu de la distance qui sépare les deux sites et qu'il n'y a aucune communication entre ceux-ci, la seule cause de similarité de leur ichtyofaune réside aux facteurs abiotiques et biotiques qui sont probablement proches.

(iii) Le groupe III est constitué d'un seul site (S5) ou « Barrage d'irrigation de Mpanda ». Ce site vient en deuxième position, après l'embouchure de Mutimbuzi, à avoir une richesse spécifique élevée, soit 15 espèces sur 30 espèces (donc 50% de la richesse spécifique totale). En effet, le site du barrage de Mpanda (S5) est un endroit de retenue d'eau du bassin versant qui est canalisée occasionnellement dans les champs rizicoles via les canaux d'irrigation qui sont aménagés à partir de ce barrage. Ce site est riche peut-être parce que l'eau stockée dans ce barrage emmagasine des matières organiques et minérales issues d'amont qui sont utiles à certains organismes aquatiques en l'occurrence l'ichtyofaune.

(iv) Le groupe IV est constitué également d'un seul site (S1) ou site « Embouchure de Mutimbuzi ». C'est le site qui a une plus grande richesse spécifique par rapport à tous les autres (22 espèces sur 30 soit un peu plus de 73%).

En effet, la forte richesse de l'embouchure Mutimbuzi peut s'expliquer par le fait que l'embouchure constitue la zone propice pour la nutrition et la frayère pour les espèces de poissons.

Les poissons lacustres profitent de cette zone pour satisfaire leurs besoins. Par ailleurs, sur 23 espèces de poissons recensées dans ce site, 8 espèces soit 34.7% sont habituellement lacustres.

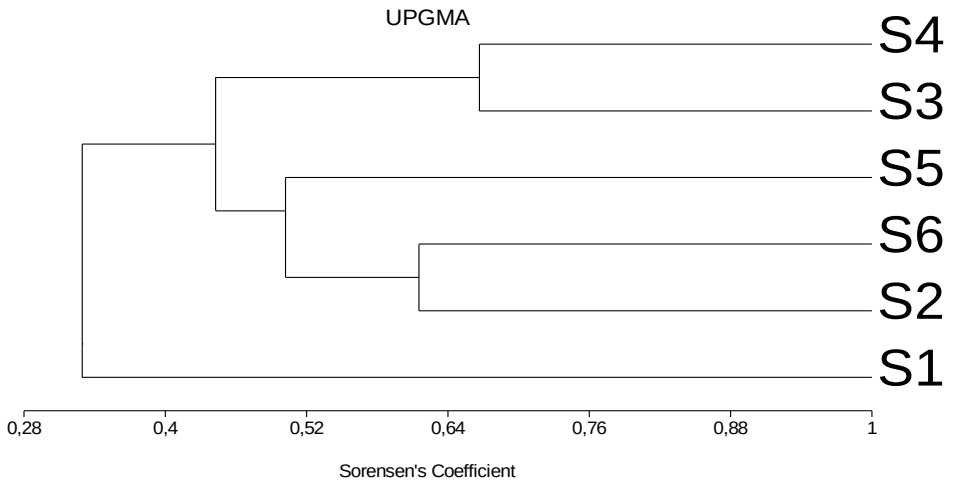


Figure 20 : Dendrogramme de similarité entre les sites d'échantillonnage (S1 : Embouchure Mutimbuzi, S2 : Site Kiyange, S3 : Embouchure Kinyankonge S4 : Près de l'usine SAVONOR, S5 : Barrage d'irrigation de Mpanda, S6 : Embouchure de Ninga)

III.2.2.1.3. Similarité de la richesse spécifique entre les saisons au sein de chaque rivière

Le tableau 11 montre un degré de similarité très élevé entre les saisons au sein des rivières Kinyankonge et Mpanda où l'indice de similarité de Sørensen est proche de 1, soit 0,8 et 0,87 respectivement. Dans le cas de la rivière Mutimbuzi, entre les saisons, cet indice vaut 0,61. Il est donc inférieur aux indices de deux rivières précédentes. Ces résultats montrent que la richesse spécifique ne diffère pas beaucoup d'une saison à l'autre car au sein de chaque rivière, l'indice de similarité de Sørensen est supérieur à 0,5. Par ailleurs les résultats ci-haut trouvés sur l'analyse de la variance de la richesse spécifique en fonction des saisons ont déjà montré que la richesse spécifique ne variait pas en fonction de la saison d'échantillonnage.

Tableau 11 : Indices de similarité de Sorensen entre les saisons au sein de chaque rivière

Rivières	**Saisons**	**Nombre d'espèces**	**Indice de similarité de Sørensen**
Mutimbuzi	Pluvieuse	19	0,606
	Sèche	12	
Kinyankonge	Pluvieuse	4	0,800
	Sèche	5	
Mpanda	Pluvieuse	12	0,867
	Sèche	17	

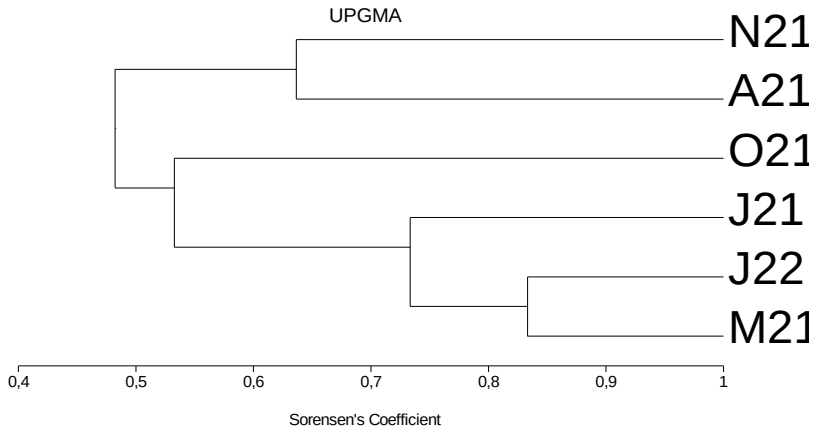
III.2.2.1.4. Similarité de la richesse spécifique entre les mois d'échantillonnage au sein de chaque rivière

La figure 21 présente les dendrogrammes montrant les groupements des mois d'échantillonnage pour chacune des trois rivières. Pour une meilleure comparaison et une bonne interprétation, les différents groupes sont constitués en prenant le coefficient de Sørensen de 0,6.

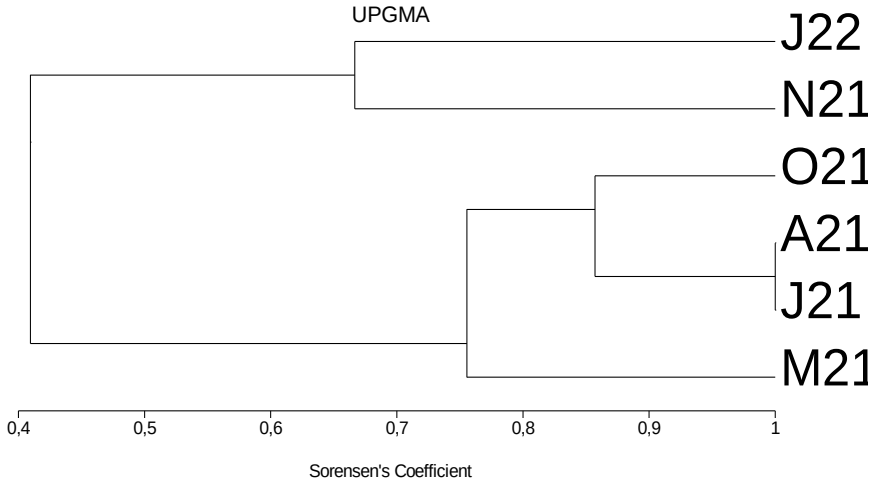
1°. **Cas de la rivière Mutimbuzi**- Trois groupes sont constitués :
   - Groupe I constitué des mois de mai-juillet 2021 et janvier 2022 -L'indice de similarité est de 0,7. Il est constitué par les mois ayant la plus faible richesse spécifique (entre 6 et 9 espèces suivant les mois). En effet, la fin du mois de mai correspond généralement au début de la saison sèche comme les mois de juillet et janvier. On peut retenir que la richesse spécifique des rivières diminue durant la saison sèche.
   - Groupe II constitué du mois d'octobre 2021 - C'est le mois ayant le maximum de la richesse spécifique soit 13 espèces. Le mois d'octobre correspond véritablement au début de la saison des pluies.
   - Groupe III constitué des mois d'août et novembre 2021 avec une richesse de 10 et 12 respectivement. L'indice de similarité de Sørensen entre ces deux mois est de 0,6.

2°. **Cas de la rivière Kinyankonge-** Deux groupes sont constitués :
   - Groupe I constitué des mois de novembre 2021 et janvier 2022. Le coefficient de Sørensen est de 0,65. Il est constitué des richesses spécifiques dont le nombre d'espèces reste constant, soit 3 espèces.
   - Groupe II constitué des mois mai, de juillet, août et octobre 2021. Le coefficient de Sørensen est de 0,75. Il s'agit des mois où la richesse spécifique croit de mai à octobre, passant de 2 espèces au maximum de 4 espèces.

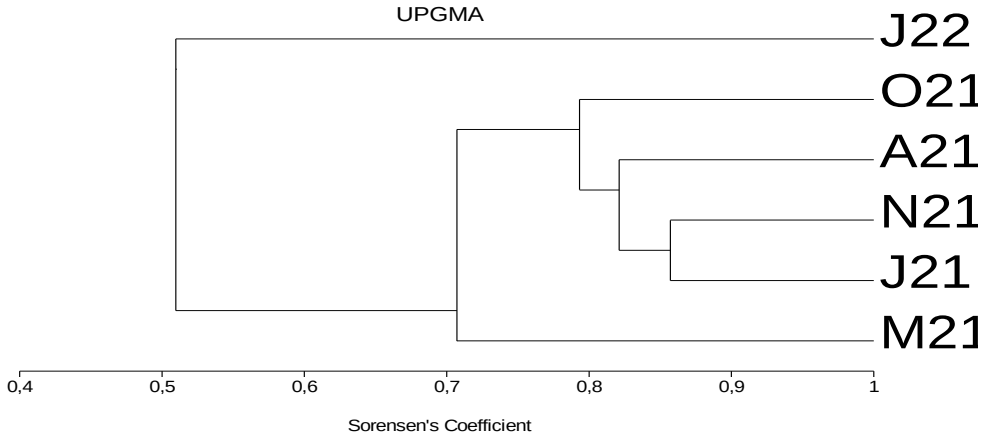
3°. **Cas de la rivière Mpanda**- Deux groupes sont constitués :
   - Groupe I constitué des mois mai, juillet, août, octobre et novembre 2021. Le coefficient de Sørensen est de 0,73. Il peut être subdivisé en deux sous-groupes avec un coefficient de Sørensen de 0,80. Le sous-groupe I comprenant les mois de juillet, août, octobre et novembre 2021 (il s'agit des mois dont la richesse spécifique oscille entre 10 et 11 espèces suivant les mois).
   - Groupe II constitué d'un seul mois qui est le mois de janvier 2022 dont le coefficient de Sørensen avec les autres mois est faible (environ 0,52).



(a) Rivière Mutimbuzi



(b) Rivière Kinyankonge



(c) Rivière Mpanda

Figure 21 : Dendrogramme de similarité entre les différents mois d'échantillonnage (M21 : Mai-2021, J21 : Juillet-2021, A21 : Août-2021, O21 : Octobre-2021, N21 : Novembre-2021 et J22 : Janvier-2022)

III .2.2.2. Indices de diversité spécifique et d'équitabilité

III.2.2.2.1. Indices de diversités dans les différentes rivières

Le tableau 12 présente les indices de diversité calculés dans les différentes rivières. L'analyse de ce tableau montre que les divers indices calculés à savoir l'indice de Shannon, l'indice de Simpson et l'équitabilité de Piélou varient d'une rivière à l'autre.

Tableau 12: Indices de diversité dans les 3 rivières d'étude

Indices	**Rivières**		
	Mutimbuzi	**Kinyankonge**	**Mpanda**
Indice de Shannon (CS)	2,135	1,497	2,049
Indice de Simpson (IS)	0,8035	0,7463	0,8286
Equitablité de Piélou (E)	0,3678	0,7448	0,4566

1°.Indice de diversité de Shannon

C'est la rivière Kinyankonge qui a le plus faible indice de diversité, soit H'=1,497 et la rivière Mutimbuzi possède un indice de diversité de Shannon le plus élevé par rapport aux autres rivières, soit H'= 2,135. En effet, plus H'est élevé, plus les conditions écologiques du milieu sont favorables, ce qui attire beaucoup d'espèces (Sibomana, 2008). On remarque que H'<3 pour toutes les trois rivières ce qui nous renseigne que leur richesse spécifique n'est pas diversifiée. D'après Ntakimazi (1995), un indice de Shannon supérieur à 3 est le reflet d'un milieu ayant une grande richesse spécifique.

Les résultats du test de Student montrent une différence significative entre l'indice de diversité de Shannon de la rivière Mutimbuzi et celui de rivière Kinyankonge ($p=3,31^{E}$-11<0,05). Cela vient à confirmer davantage que la rivière Kinyankonge a une richesse spécifique moins diversifiée que celle de la rivière Mutimbuzi. Une différence significative a été observée également entre H' moyen de la rivière Kinyankonge et celui de la rivière Mpanda ($p= 2,47^{E}$-11<0,05). La richesse spécifique de la rivière Mpanda est également diversifiée par rapport à celle de la rivière Kinyankonge. Enfin le test de Student n'a pas montré une différence significative entre H' de Mpanda et celui de Mutimbuzi (p= 0,2823>0,05). Les deux rivières sont également diversifiées en termes de richesse spécifique.

2°.Indice de Simpson

Les divers indices de Simpson calculés pour les trois rivières sont proches de 1, soit 0,8035 ; 0,74463 et 0,8286 respectivement pour les rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda. Un indice de diversité de Simpson proche de 1 signifie que la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce dans un peuplement est grande ce qui implique que dans le milieu, il y a soit la dominance d'une seule espèce soit la codominance de plusieurs espèces (https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/ consulté le 7/6/2023**).**

Le test de Student a révélé une différence significative entre les indices de Simpson des rivières Mutimbuzi et Kinyankonge (p=0,0302<0,05) et ceux de Kinyankonge et Mpanda (p=0,000738<0,05) ce qui nous permet de dire que la rivière de Kinyankonge est spécifiquement pauvre par rapport aux deux autres rivières tel qu'il été déjà souligné ci-haut. En effet, plus IS augmente, plus la diversité est importante dans un peuplement hétérogène (Kouakou et al., 2022).

Les résultats de ce test n'ont pas révélé de différence statistiquement significative entre les valeurs de l'indice de Simpson des rivières Mutimbuzi et Mpanda (p=0,282898>0,05). En effet, les mêmes valeurs de l'indice de Simpson correspondent à une biodiversité équivalente : soit dans les groupements comparés, il y a l'hétérogénéité, soit les deux groupements sont mono spécifiques. Les résultats de cet indice de diversité viennent appuyer les résultats déjà trouvés selon lesquels les rivières Mutimbuzi et Mpanda sont statistiquement riches au même degré.

3°.Equitabilité de Piélou

Les indices d'équitabilité de Piélou E sont faibles dans les rivières Mutimbuzi et Mpanda, soit E=0,3678 et E=0,4566 respectivement, ce qui signifie que les espèces de ces deux rivières sont inégalement réparties dans leurs milieux. Dans le cas de la rivière Kinyankonge, l'indice d'équitabilité de Piélou (E=0,7448) est proche de 1 ce qui montre que les diverses espèces sont également réparties dans leurs milieux. En effet, un indice de régularité de Piélou proche de 1 signifie que les structures des communautés observées témoignent des ajustements progressifs de différentes espèces aux contraintes résultats de leur environnement biotique et abiotique (Sibomana, 2008).

III.2.2.2.2. Indices de diversité des sites d'échantillonnage

La figure 22 présente les indices de diversité des différents sites des trois rivières étudiées. Pour tous les trois indices, les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans les sites S2 et S4.

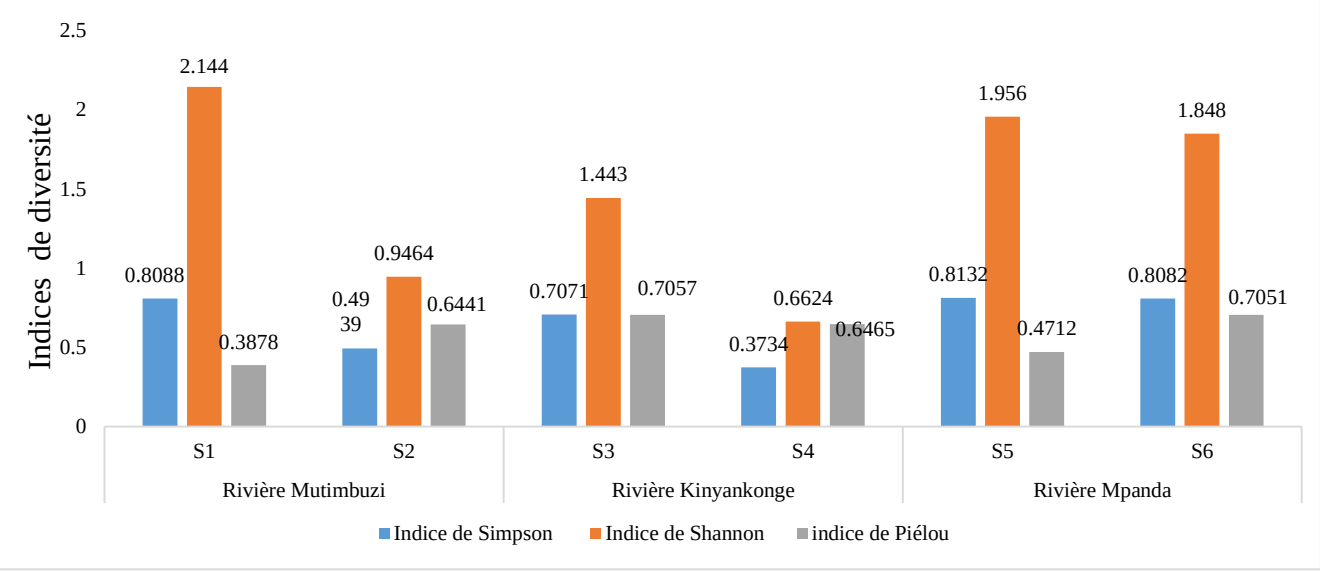


Figure 22 : Variation spatiale des indices de diversité des sites d'échantillonnage

En considérant chacun des indices, l'analyse de cette figure 22 montre que :

1°. Indice de Shannon

Il est le plus élevé dans les sites S1 (Embouchure de Mutimbuzi), S5 (Barrage d'irrigation de Mpanda) et S6 (Embouchure de Ninga) avec respectivement H'=2,144 ; H'=1,956 et H'=1,848. H' le plus faible a été observé au site S4 (près de l'usine SAVONOR dans la rivière Kinyankonge). Comme déjà évoqué plus haut, de tels résultats reflètent une diversité spécifique relativement faible. En effet, le site S4 situé près de l'usine SAVONOR de la rivière Kinyankonge constitue la zone de sortie des conduits des déchets de l'usine SAVONOR ce qui est nuisible aux organismes aquatiques qui y vivent en particulier les espèces de poissons.

Une différence significative ($p<0,05$) de H' a été enregistrée pour la plupart des sites comparés un à un, ce qui signifie que la diversité spécifique varie d'un site à l'autre dans la plupart des cas. Cependant, la comparaison entre les S1 et S5, S2 et S4, S5 et S6 n'a pas montré des différences significatives des H' ($p>0,05$) **(**tableau 13). Ceux dont la différence des H' n'est pas statistiquement significative ont une diversité ichtyologique évaluée au même degré.

Tableau 13 : Résultats du test de Student de H' appliqués aux sites pris deux à deux

Sites	Indice de diversité de Shannon (CS)	
	Valeurs	P-valeur selon t-test
S1-S2	2,144-0,9464	$8,00^{E}$-15 *
S1-S3	2,144-1,443	$3,45^{E}$-07 *
S1-S4	2,144-0,6624	$2,70^{E}$- 15 *
S1-S5	2,144-1,956	0,2825
S1-S6	2,144-1,848	0,01103*
S2-S3	0,9464-1,443	0,001822*
S2-S4	0,9464-0,6624	0,09731
S2-S5	0,9464-1,956	$2,23^{E}$ -12*
S2-S6	0,9464-1,848	$6,91^{E}$-09*
S3-S4	1,443-0,6624	$9,43^{E}$-06*
S3-S5	1,443-1,956	$3,63^{E}$-05*
S3-S6	1,443-1,848	0,004532*
S4-S5	0,6624-1,956	$5,79^{E}$-13*
S4-S6	0,6624-1,848	$4,66^{E}$ -11*
S5-S6	1,956-1,848	0.28983

* : *Les indices de diversité comparés sont statistiquement différents*

2°. Indice de Simpson

Les valeurs les plus élevées de cet indice ont été enregistrées dans les sites S1 (Embouchure Mutimbuzi), S5 (Barrage d'irrigation de Mpanda) et S6 (Embouchure de Ninga) tandis qu'elle est la plus faible dans le site S4 (Près de l'usine SAVONOR) de la rivière Kinyankonge. Comme précisé plus haut, ces résultats montrent que la codominance d'espèces de poissons est faible. Une différence significative ($p<0,05$) de l'indice de Simpson a été enregistrée pour la plupart des sites comparés un à un, ce qui traduit une richesse spécifique supérieure là où cet indice est plus élevé. Cependant, la comparaison entre les S1 et S5, S1 et S6, S2 et S4, S5 et S6 n'a pas montré des différences significatives des IS ($p>0,05$) (tableau 14). Ceux dont la différence de codominance d'espèces n'est pas statistiquement significative seraient statiquement riches au même degré car la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce est égale.

Tableau 14 : Résultats du test de Student de IS appliqués aux sites pris deux à deux

Sites	Indice de Simpson (IS)	
	Valeurs	P-valeur selon t-test de D avec IS=1-D
S1-S2	0,8088-0,4939	$2,66^{E}$ -05*
S1-S3	0,8088-0,7071	0,0398*
S1-S4	0,8088-0,3734	$8,86^{E}$-06*
S1-S5	0,8088-0,8132	0,80732
S1-S6	0,8088-0,8082	0,98305
S2-S3	0,4939-0,7071	0,01076*
S2-S4	0,4939-0,3734	0,27037
S2-S5	0,4939-0,8132	$1,78^{E}$ -05*
S2-S6	0,4939-0,8082	$4,17^{E}$-05*
S3-S4	0,7071-0,3734	0,00097*
S3-S5	0,7071-0,8132	0,027692*
S3-S6	0,7071-0,8082	0,055025*
S4-S5	0,3734-0,8132	$6,98^{E}$ -06*
S4-S6	0,3734-0,8082	$1,10^{E}$ -05*
S5-S6	0,8132-0,8082	0.84629

* : *Les indices de diversité comparés sont statistiquement différents*

3°. Equitabilité de Piélou

Les valeurs de E les plus élevées et plus ou moins proches de 1 ont été enregistrées dans les sites S3 et S6 où E=0,7. Ailleurs, les valeurs de E sont faibles (0,3<E<0,65), ce qui témoigne que les espèces n'arrivent pas à s'ajuster avec leurs milieux. Ces résultats révèlent une faible régularité de la répartition des individus dans les biotopes où cet indice est faible (Akpo et al. ,1999 in Djego et al., 2012).

Cela pourrait signifier également que les espèces se trouvent dans les habitats où les contraintes environnementales sont rudes pour un meilleur ajustement avec leur milieu.

III.2.2.2.3. Résultats du test de comparaison des indices de diversité des rivières explorées suivant les saisons

Le tableau 15 suivant présente les résultats du test de Student appliqués aux divers indices de diversité étudiés suivant les saisons.

Tableau 15 : Résultats du test de Student des divers indices de diversité appliqués aux saisons climatiques dans les trois rivières explorées

Rivières	Saison	Nombre d'espèces	Indice d'équitabilité de Piélou E	Indice de Shannon		Indice de Simpson	
				H'	P-valeur selon t-test	IS	P-valeur selon t-test de D avec IS=1-D
Mutimbuzi	Pluvieuse	20	0,4803	2,262	$7,61^{E}$-05*	0,835	0,004795*
	Sèche	13	0,4577	1,783		0,7557	
Kinyankonge	Pluvieuse	5	0,8479	1,444	0,77812	0,7461	0,66101
	Sèche	5	0,82	1,411		0,7268	
Mpanda	Pluvieuse	13	0,4955	1,863	0,0003447 *	0,7929	0,001388*
	Sèche	17	0,5115	2,163		0 ,8525	

* : *Les indices de diversité comparés sont statistiquement différents*

Concernant l'équitabilité de Piélou, quelles que soient les saisons, les valeurs de E sont restées faibles dans les rivières Mutimbuzi et Mpanda (E<0,6), la richesse spécifique est restée inégalement répartie. Par contre, dans la rivière Kinyankonge, E est proche de 1 durant les deux saisons, la richesse spécifique était équitablement répartie dans les deux saisons.

Par rapport à l'indice de diversité de Shannon, les résultats du test de Student ont montré une variation significative de H' suivant les saisons dans les rivières Mutimbuzi et Mpanda (p<0,005). Une variation significative de H' n'a pas été observée dans la rivière Kinyankonge (p>0,05). En effet, pour les valeurs de H' statistiquement différentes, la diversité est grande lorsque la valeur de H' est élevée.

S'agissant de l'indice de Simpson, le test de Student a montré une variation significative de cet indice en fonction des saisons dans les rivières Mutimbuzi et Mpanda (p<0,05) avec des valeurs les plus élevées respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche.

Dans la rivière Kinyankonge, les variations de SI observées ne sont pas significatives (p>0,05). Lorsque la valeur de l'indice de Simpson est élevée, cela signifie que la diversité biologique est grande car la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce est élevée.

III.2.2.2.4. Evolution mensuelle des indices de diversité au sein de chaque rivière

1°. Cas de la rivière Mutimbuzi

L'analyse de la figure 23 montre que les courbes des trois indices ont la même allure avec des valeurs élevées de tous les indices au mois d'octobre. Ces pics en ce mois d'octobre pourraient s'expliquer par les conditions écologiques beaucoup plus tolérantes car les mois où les valeurs de ces indices sont élevées offriraient des conditions écologiques favorables ce qui attirent beaucoup d'individus (espèces) dans le milieu. On pourrait donc émettre l'hypothèse selon laquelle le mois d'octobre est le mois où les conditions écologiques sont favorables par rapport aux autres mois d'échantillonnage. Ces résultats diffèrent de ceux de Munezero (2012) qui a travaillé dans la rivière Rusizi où les indices de diversités étaient élevés au mois de décembre. Comme nous n'avons pas fait l'échantillonnage au mois de décembre, nous ne pouvons pas donner les raisons de différence sans toutefois connaître que les valeurs de décembre allaient être inférieures ou supérieures à celles des autres mois.

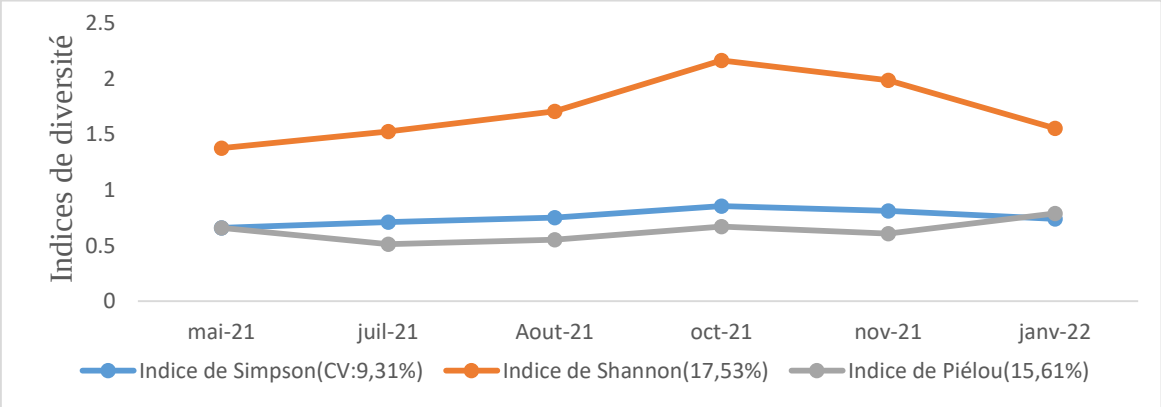


Figure 23 : Evolution mensuelle des indices de diversité dans la rivière Mutimbuzi

En comparant les mois deux à deux, le test de Student a montré une variation significative ($p<0,05$) de H' et de l'indice de Simpson seulement pour les mois de mai-octobre 21, mai-novembre 21 ; juillet-octobre 2021 ; juillet-novembre 21 et août-octobre 2021 (tableau 16). En effet, un indice de diversité faible correspond à une faible biodiversité.

A partir des résultats ci-dessous, nous pouvons se donner une hypothèse selon laquelle au cours du mois de mai, les conditions écologiques étaient difficiles qu'aux autres mois d'échantillonnage tandis que les mois de juillet et août étaient respectivement durs que les mois de novembre et octobre.

En effet, au cours du mois de mai (grande saison de pluie), le courant d'eau est fort par conséquent certaines espèces (surtout les limnophiles) n'arrivent pas à résister dans le milieu et celles-ci sont emportées ailleurs avec leurs alevins. Quant aux mois de juillet et août, ils correspondent à la grande saison sèche au cours de laquelle les ressources alimentaires sont probablement rares.

Tableau 16 : Résultats du test de Student appliqué aux indices de diversité en fonction des mois dans la rivière Mutimbuzi

Mois	Indice de diversité de Shannon (H')		Indices de Simpson (IS)	
	Valeurs	P-valeur selon t-test	Valeurs	P-valeur selon t-test de D avec IS=1-D
Mai-21/juit-21	1,376-1,527	0,38591	0,6587-0,7116	0,46457
Mai-21-aout-21	1,376-1,707	0,11793	0,6587-0,7517	0,24211
Mai-21/Oct-21	1,376-2,167	$1,50^{E}$-11*	0,6587-0,8551	0,005828*
Mai-21/nov-21	1,376-1,988	0,000689*	0,6587-0,8131	0,032308*
Mai-21/jan-22	1,376-1,555	0,35308	0,6587-0,7409	0,33949
Juilt-21-août-21	1,527-1,707	0,34042	0,7116-0,7517	0,45593
Juilt-21/oct-21	1,527-2,167	$2,11^{E}$-05*	0,7116-0,8551	0,000109*
Juilt-21/nov-21	1,527-1,988	0,002142*	0,7116-0,8131	0,012036*
Juilt-21/janv-22	1,527-1,555	0,86497	0,7116-0,7409	0,64321
Août-21/oct-21	1,707-2,167	0,017021*	0,7517-0,8551	0,03741*
Août-21/nov-22	1,707-1,988	0,14361	0,7517-0,8131	0,23716
Août-21/jan-22	1,707-1,555	0,46286	0,7517-0,7409	0,8791
Oct-21/nov-21	2,167-1,988	0,22759*	0,8551-0,8131	0,20632
Oct-21/jan-22	2,167-1,555	0,000527*	0,8551-0,7409	0,058832
Nov-21-jan-22	1,988-1,555	0,29839	0,8131-0,7409	0,65614

* : *Les indices de diversité comparés sont statistiquement différents*

2°. Rivière Kinyankonge

La figure 24 montre l'évolution mensuelle des divers indices de diversité calculés au niveau de la rivière Kinyankonge**.** Les courbes des indices de diversité de Shannon et de Simpson montrent des pics au mois d'octobre comme dans le cas de la rivière Mutimbuzi. L'équitabilité de Piélou quant à elle, montre son pic au mois d'août même si la courbe montre de faible variation. En effet, le mois d'octobre correspond à la forte biodiversité car au cours de ce mois, les ressources alimentaires commencent à être disponibles avec l'annonce de la saison de pluies ce qui n'est pas le cas en saison sèche dont il est au lendemain.

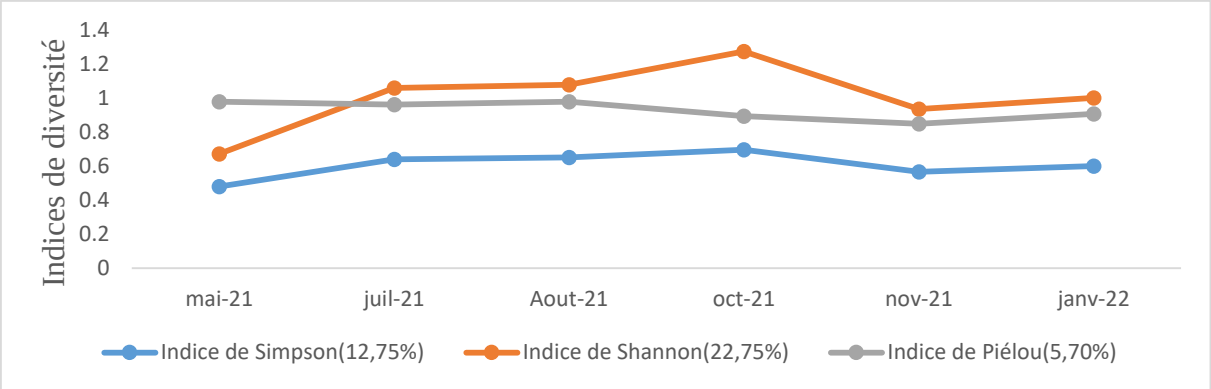


Figure 24 : Evolution mensuelle des indices de diversité dans la rivière Kinyankonge

En comparant les mois deux à deux, le test de Student a montré une variation significative ($p<0,005$) de H' seulement pour les mois de mai et octobre **(**tableau 17**).** Il n'y a pas de variation significative de l'indice de Simpson entre deux mois pris deux à deux. En effet, les valeurs de ces indices varient très peu dans cette rivière en raison des différents polluants qu'on y rencontre tout le long de l'année notamment les déchets ménagers et industriels ainsi que les eaux usées qui échappent de la station d'épuration de Buterere.

Ces résultats montrent que les conditions écologiques diffèrent très peu d'un mois à l'autre ce qui aurait occasionné une diversité spécifique presque identique sur l'ensemble des mois.

Tableau 17 : Résultats du test de Student appliqué aux indices de diversité en fonction des mois dans la rivière Kinyankonge

Mois	**Indice de diversité spécifique de Shannon**		**Indice de Simpson**	
	Valeurs	**P-valeur selon t-test**	**Valeurs**	**P-valeur selon t-test de D avec IS=1-D**
Mai-21/juit-21	0,673-1,061	0,069415	0,48-0,6403	0,41122
Mai-21-aout-21	0,673-1,079	0,064268	0,48-0,6531	0,38607
Mai-21/Oct-21	0,673-1,276	0,014292*	0,48-0,6975	0,2831
Mai-21/nov-21	0,673--0,9369	0,3302	0,48-0,5679	0,69227
Mai-21/jan-22	0,673-1,003	0,13697	0,48-0,6021	0,54585
Juilt-21-aout-21	1,061-1,079	0,86882	0,6403-0,6531	0,86756
Juilt-21/oct-21	1,061-1,276	0,13239	0,6403-0,6975	0,44469
Juilt-21/nov-21	1,061-0,9369	0,56906	0,6403-0,5679	0,59752
Juilt-21/janv-22	1,061-1,003	0,66792	0,6403-0,6021	0,6785
Août-21/oct-21	1,079--1,276	0,20552	0,6531-0,6975	0,60774
Août-21/nov-22	1,079-0,9369	0,53004	0,6531-0,5679	0,55354
Août-21/jan-22	1,079-1,003	0,61121	0,6531-0,6021	0,61728
Oct-21/nov-21	1,276-0,9369	0,16991	0,6975-0,5679	0,36845
Oct-21/jan-22	1,276-1,003	0,11932	0,6975-0,6021	0,34546
Nov-21-jan-22	0,9369-1,003	0,78165	0,5679-0,6021	0,82149

* : *Les indices de diversité comparés sont statistiquement différents*

3°. Rivière Mpanda

La figure 25 montre l'évolution mensuelle des divers indices de diversité calculés au niveau de la rivière Mpanda**.**

Les courbes des divers indices de diversité ont la même allure avec deux pics moins marqués en juillet et janvier. En effet, une valeur élevée de chacun des indices correspond à une forte diversité ce qui signifie que dans ce cas les conditions écologiques sont favorables.

La forte diversité des mois de juillet (début de la saison sèche) et de janvier (faibles précipitations) serait liée au faible courant et absence de crue caractéristiques de ces mois car tous les sites d'échantillonnage étaint accessibles.

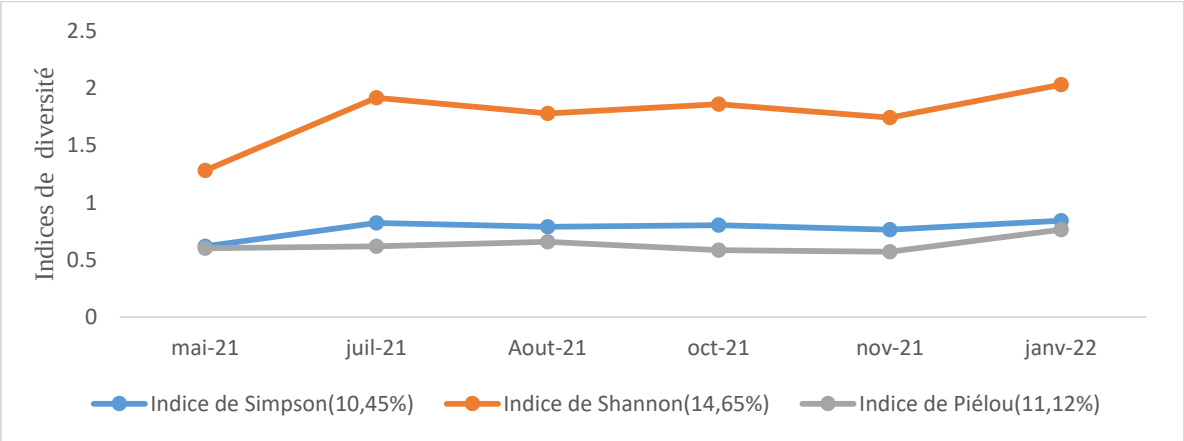


Figure 25: Evolution mensuelle des indices de diversité dans la rivière Mpanda

En comparant les mois deux à deux, le test de Student a montré une variation significative ($p<0,005$) des indices de Shannon et Simpson seulement pour les mois de mai-juillet (2021), mai-août(2021), mai-octobre (2021), mai-novembre (2021) et mai 2021-janvier 2022 **(**tableau 18**).** Donc c'est le mois de mai que les indices de diversité diffèrent de manière significative des autres mois. On remarque que les valeurs des indices de Shannon (H') et de Simpson (IS) du mois de mai sont inférieures à celles des autres mois à l'exception du mois d'août. De tels résultats montrent qu'au cours de ce mois, la rivière était moins diversifiée. Effet, les forts courants d'eau, les grandes crues et la faible transparence qui caractérisent la grande saison des pluies auraient contribué au recensement d'un petit nombre d'individus (espèces) au mois de mai.

Tableau 18 : Résultats du test de Student appliqué aux indices de diversité en fonction des mois dans la rivière Mpanda

Mois	H'		Indice de Simpson	
	Valeurs	P-valeur selon t-test	Valeurs	P-valeur selon t-test de D avec IS=1-D
Mai-21/juit-21	1,284-1,919	$2,87^{E}$-07*	0,618-0,8238	$1,42^{E}$-05*
Mai-21-août-21	1,284-1,78	0,00021*	0,618-0,7904	0,000878*
Mai-21/Oct-21	1,284-1,861	9.95^{E}-06*	0,618-0,8031	0,00192*
Mai-21/nov-21	1,284-1,745	0.003707*	0,618-0,7645	0,013379*
Mai-21/jan-22	1,284-2,033	2.32^{E}-07*	0,618-0,8425	$1,08^{E}$-05*
Juilt-21-août-21	1,919-1,78	0.25814	0,8238-0,7904	0,27656
Juilt-21/oct-21	1,919-1,861	0.62668	0,8238-0,8031	0,43237
Juilt-21/nov-21	1,919-1,745	0.24333	0,8238-0,7645	0,16356
Juilt-21/janv-22	1,919-2,033	0.38042	0,8238-0,8425	0,50449
Août-21/oct-21	1,78-1,861	0.53273	0,7904-0,8031	0,71448
Août-21/nov-22	1,78-1,745	0.82388	0,7904-0,7645	0,58922
Août-21/jan-22	1,78-2,033	0.0725	0,7904-0,8425	0,14853
Oct-21/nov-21	1,861-1,745	0.45319	0,8031-0,7645	0,39539
Oct-21/jan-22	1,861-2,033	0.2101	0,8031-0,8425	0,22478
Nov-21-jan-22	1,745-2,033	0.07972	0,7645-0,8425	0,094121

* : *Les indices de diversité comparés sont statistiquement différents*

III .2.3. Quelques aspects de la biologie

Les aspects de la biologie ont concerné 6, 3 et 7 espèces de poissons respectivement dans les rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda. Ces espèces comptaient au moins 10 individus.

III.2.3.1. Paramètres de la relation poids-longueur et facteur de condition des principales espèces de poissons de la rivière Mutimbuzi

III.2.3.1.1. Paramètres de la relation poids-longueur

Les paramètres de la relation poids-longueur de six principales espèces de poissons de la rivière Mutimbuzi sont synthétisés dans le tableau 19. La figure 26 illustre les courbes de cette relation ainsi que les différents coefficients obtenus.

Tableau 19 : Les paramètres de la relation poids-longueur de six espèces dominantes dans la rivière Mutimbuzi

Nom scientifique	N	LT (cm)			PT (g)			PT = aLT^b		
		Min	M	Max	Min	M	Max	a	b	R^2
Oreochromis niloticus	22	4	7,0	15,6	1	8,6	71	0,0151	2,9915	0,9192
Clarias alluaudi	16	9,8	13,7	18,8	5	18,3	49	0,0032	3,3298	0,9083
Clarias gariepinus	12	11	18,1	33,1	12	62,2	234	0,0119	2,8137	0,9869
Oreochromis tanganicae	98	2,6	8,6	14	1	12,7	44	0,0662	2,3844	0.9307
Ctenopoma muriei	16	4	5,3	8	1	5,1	11	0,0178	3,0053	0.9
Haplochromis burtoni	67	3,9	6,0	9,3	1	3,6	11	0,0441	2,4075	0.9006

Le coefficient de détermination est partout élevé (soit $R^2 \geq 0,9$) et donc très proche de 1. Cela signifie que la corrélation entre les variables LT et PT est presque totale ou que LT et PT sont fortement corrélés. On remarque à travers les résultats de ce tableau que les valeurs du coefficient d'allométrie b diffèrent d'une espèce à l'autre. Cela paraît logique parce que dans une communauté, ces valeurs ne doivent pas être les mêmes. En effet, les valeurs de b sont influencées par plusieurs facteurs notamment le sexe, la phase de croissance, les contenus stomacaux, le niveau du développement des gonades et les conditions de l'environnement (Hossain et al. 2006, Baby et al. 2011 in Mikembi et al., 2019). Selon Mahamoudou et al. (2019), une valeur de b supérieure à 3 dénote que l'espèce prend de l'embonpoint dans la croissance en longueur ce qui correspond uniquement à *C. alluaudi.*

L'interprétation de la valeur du coefficient d'allométrie b permet de distinguer 3 catégories d'espèces selon leur type de croissance :

1°. 2 espèces dont leur croissance est dite isométrique (b~3) c'est- à- dire qu'elles croissent aussi bien en poids qu'en longueur. Il s'agit notamment d'*O. niloticus (*b=2,9915) et *C. muriei* (b= 3,0053). Les résultats de b de cette étude pour *Oreochromis niloticus* différent de ceux de Bigirimana (2012) dans la rivière Mutimbuzi et Mbonimpa (2022) dans l'estuaire de la Rusizi qui ont trouvé respectivement 3,4 et 3,04 comme valeurs b.
   Par analyse comparative, nous pouvons dire que *l'Oreochromis niloticus* prend de l'embonpoint dans la croissance en longueur dans l'estuaire de la Ruzizi ce qui est le contraire dans la rivière Mutimbuzi.
   Quant à *Ctenopoma muriei*, nos résultats s'écartent un peu de ceux de Zeré et al. (2017) qui a fait son étude en Côte d'Ivoire sur une espèce du même genre *Ctenopama patherci* ayant trouvé des valeurs de b de 2,64 et 2,56 respectivement pour les femelles et les mâles.
2°. 3 espèces dont leur croissance est dite allométrique négative (b<3) ce qui signifie qu'elles croissent beaucoup en longueur qu'en poids. C'est le cas de *C. gariepinus* (b=2,8137) et *O. tanganicae* (b=2,3844) et *H. burtoni* (b=2,4075). A l'exception d'*H.burtoni*, dont sa taille est généralement petite, les 2 autres espèces sont relativement de grandes tailles. Selon l'hypothèse de Kumolu-Johson et Ndimele (2010) in Mbonimpa (2022), les poissons plus lourds d'une longueur donnée sont en meilleur condition physiologique.
   Les résultats de la présente étude révèlent le contraire car leur coefficient d'allométrie est faible. Une meilleure croissance est celle dont la croissance en taille va de pair avec la croissance en poids (b~3).
   Les résultats des études antérieures trouvées dans la littérature sur ces espèces diffèrent des résultats de b mentionnés ci-haut pour toutes les 3 espèces avec 2,87 pour *C. gariepinus* (Chikou et al., 2008) ,3 et 2,09 respectivement pour *O. tanganicae* et *H. burtoni* (Bigirimana, 2012). Ces résultats diffèrent également de ceux qui se trouvent dans la base de données fishbase (https://www.fishbase.se/search.php, 05/2023) où leur coefficient d'allométrie vaut 2.6, 3.01 et 2.98 respectivement pour *C. gariepinus*, *O. tanganicae* et *H. burtoni*.
3°. Une espèce dont la croissance est dite allométrique positive (b >3) en l'occurrence *C. alluaudi* (b=3,3298) qui croit beaucoup en poids qu'en longueur. La valeur de b du *C. alluaudi* diffère de celle de b du *C. gariepinus*, une espèce du même genre.

Cela montre que malgré, leur affinité génétique, les deux espèces s'adaptent peut-être différemment aux contraintes environnementales auxquelles elles sont confrontées. La valeur de b trouvée du *C. alluaudi* dans la présente étude diffère également de celle de fishbase (https://www.fishbase.se/search.php, 05/2023) où son coefficient d'allométrie b vaut 2,95.

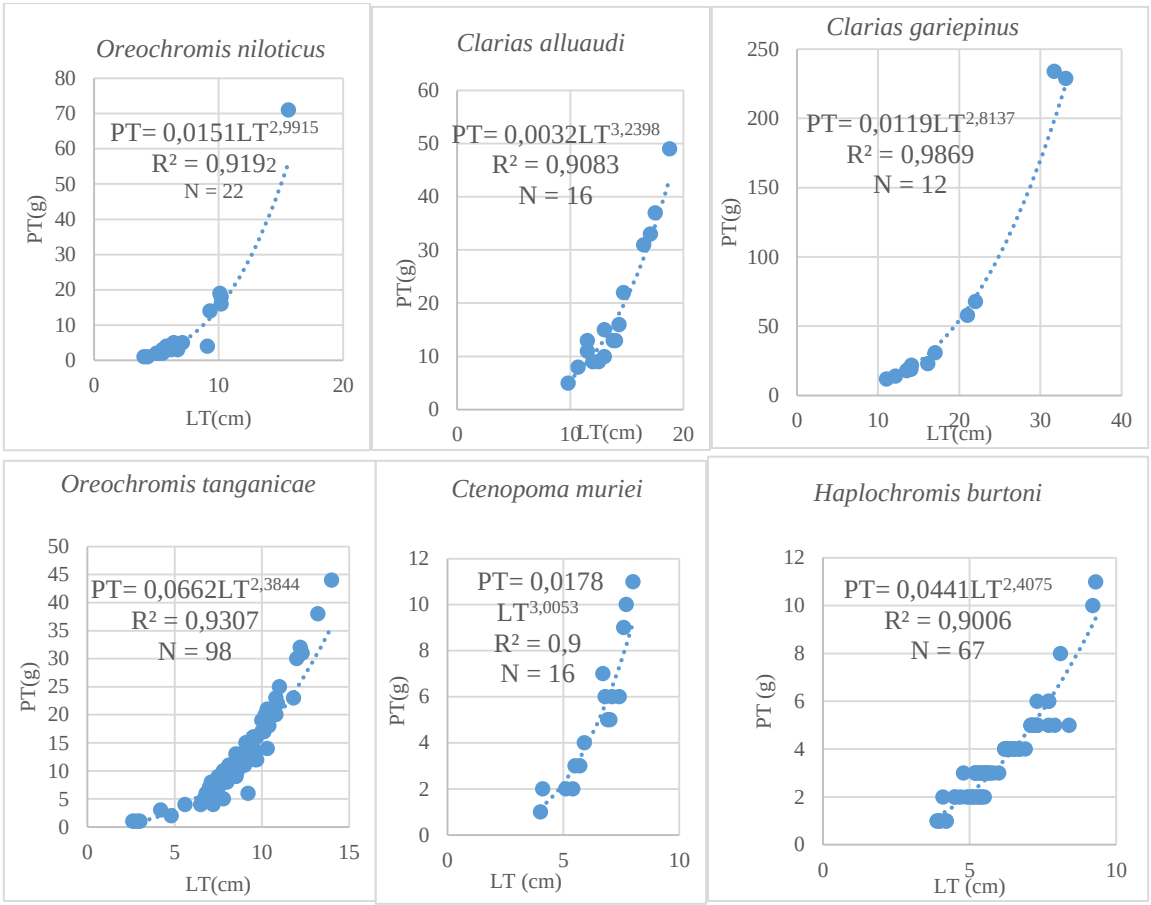


Figure 26 : Relations poids -longueurs des principales espèces de poissons de la rivière Mutimbuzi

Concernant l'étude des variations saisonnières des paramètres de la relation poids-longueur, ces derniers concernent deux espèces communes aux deux saisons et assez représentées en effectifs. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 20.

Tableau 20 : Paramètres de la relation poids-longueur de deux espèces dominantes dans deux saisons dans la rivière Mutimbuzi

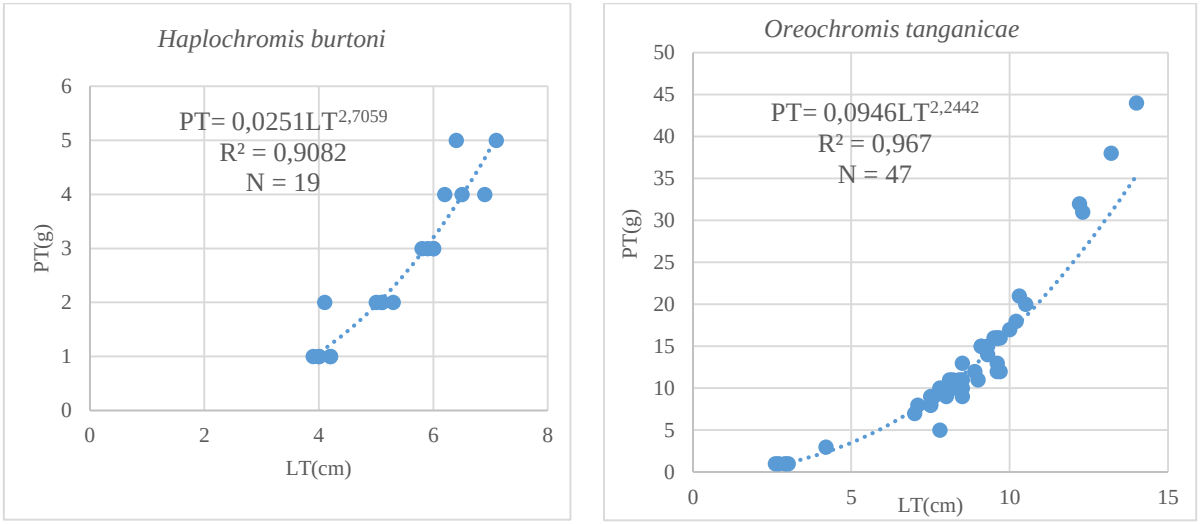
Saisons	Nom scientifique	N	LT (cm)			PT (g)			PT = aLT^b		
			Min	M	Max	Min	M	Max	a	b	R^2
Saison pluvieuse	*H. burtoni*	19	3,9	5,3	7,1	1	2,5	5	0,0251	2,7059	0,9082
	O. tanganicae	47	2,6	8,4	14	1	12,9	44	0,0946	2,2442	0,967
Saison sèche	*H. burtoni*	32	3,9	6,6	9,3	1	4,5	11	0,0263	2,6812	0,9196
	O. tanganicae	52	4,8	8,7	12	2	12,4	30	0,0176	2,966	0,9199

Le coefficient de détermination est partout élevé (soit $R^2 \geq 0,9$) ce qui signifie que les corrélations entre leur longueur et leur poids sont fortes.

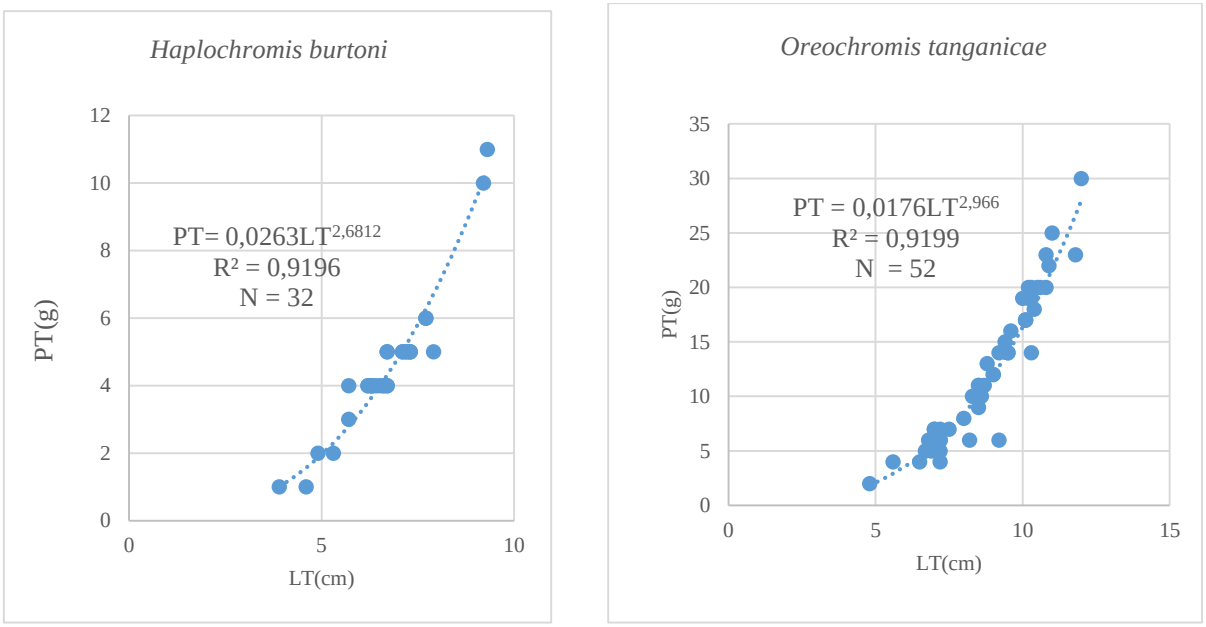
L'analyse des valeurs du coefficient d'allometrie b montre que :

- Pour *H. burtoni,* les valeurs de b sont presque les mêmes dans les 2 saisons. Les 2 valeurs sont restées inférieures à 3 et la croissance est dite allométrique négative avec b=2,7059 et b=2,6812 respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche. En effet, à part les paramètres environnementaux, le développement des gonades, les conditions physiologiques du poisson au moment de la collecte, le régime alimentaire disponible dans l'environnement, le sexe, la variation de b dans les différentes régions est également influencée par les fluctuations saisonnières (Biswas 1993 in Laurence, 2019). Les valeurs proches du coefficient d'allométrie b nous permettent de se rendre compte que les fructuactions saisonnieres n'affectent pas significativement cette espèce dans la rivière Mutimbuzi.
- Pour *O. tanganyicae,* la valeur de b a changé d'une saison à l'autre soit b= 2,966 et b=2,2442 respectivement en saison des pluies et en saison sèche. Cela signifie les fluctuations saisonnières ont eu un impact sur l'état de l'embonpoint de cette espèce ce qui fait que durant la saison de pluies, il grossit autant qu'elle grandit alors qu'en saison sèche, cette espèce grandit plus vite qu'il ne grossit.

La figure 27 illustre les courbes de cette relation ainsi que les différents coefficients obtenus respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche.



(a)



(b)

Figure 27 : Relations poids -longueurs d'H. burtoni et O. tanganicae en saison des pluies (a) et en saison sèche (b)

III.2.3.1.2. Facteur de condition K

Dans la rivière Mutimbuzi, à l'exception du *C. alluaudi* (K=0,3297), les valeurs de K moyen pour toutes les autres espèces étudiées suggèrent qu'elles sont dans conditions écologiques relativement bonnes (tableau 21).

En effet, selon Alhasan et al. (2015) in Mahamoudou (2020), un coefficient de condition inférieur à 1 suggère que les poissons sont dans des mauvaises conditions dans leur environnement tandis que le coefficient de condition supérieur à 1 suppose le contraire.

Tableau 21: Coefficients de condition moyen K de six espèces de poissons assez représentées dans la rivière Mutimbuzi

Espèces	K moyen	CV(%)
C. alluaudi	0,3297	19,28
O. niloticus	1,5653	22,69
C. gariepinus	1,1933	11,41
O. tanganicae	6,7359	17,58
C. muriei	1,8182	22,74
H. burtoni	4,4682	17,04

En revanche certaines espèces ont des valeurs de K supérieures à celles d'autres. Il s'agit d'*O.tanganicae* (K=6,7359) et *H. burtoni* (K=4,4682). Ces résultats suggèrent que ces poissons sont dans un état de « bien être» plus que les autres car une valeur élevée de K montre que les poissons se trouvent dans un environnement favorable.

Les résultats de la présente étude sont différents de ceux des études antérieures effectuées pour les mêmes espèces ou des espèces voisines. Ainsi, une étude faite par Bigirimana (2016) dans l'estuaire de la Rusizi a révélé des valeurs de K de 11,2 ; 8,2 et 0,8 respectivement pour *O. tanganicae, O. niloticus* et *H. burtoni* ce qui signifie que *O. tanganicae* et *O. niloticus* vivent aisément dans l'estuaire de la Rusizi que dans la rivière Mutimbuzi ce qui est le contraire pour *H. burtoni.*

Une étude faite au Burkina Faso par Nomwine & al. (2018) pour *Clarias galilaeus*, une espèce du même genre que *C. alluaudi et C. gariepinus* a révélé une valeur de K concorde avec celle de la présente étude pour *C. alluaudi* mais différente pour *C. gariepinus avec* K =0,383 dans le lac Bam et b= 2,363 dans le réservoir de la Kompienga.

Les plus faibles coefficients de variation de K ont été trouvés pour *C. gariepinus et H. burtoni* tandis qu'ils étaient plus élevés pour *O. niloticus* et *C. muriei* ce qui signifie que pour *C. gariepinus* et *H. burtoni,* les cofficients de condition de chacun de leurs individus sont proches du coefficient de condition moyen trouvé que pour *O. niloticus* et *C. muriei.*

Concernant l'évolution saisonnière du facteur de condition, celui-ci a été calculé pour deux espèces les plus représentées dans les deux saisons (à savoir la saison sèche et la saison pluvieuse). Il s'agit d'*O. tanganicae* et *H. burtoni.*

Ainsi, bien que le CV soit faible, inférieur ou égal à 15%, il ressort du tableau 22 que K est plus élevé en saison des pluies qu'en saison sèche pour *O. tanganicae*. Il l'est en saison sèche qu'en saison pluvieuse pour *H. burtoni.*

De telles valeurs de K suggèrent que la saison a des effets sur la vie de ces espèces. Ainsi, tel que Lévêque & Paugy (2017) l'ont souligné, la saisonnalité ou la variabilité interannuelle des précipitations ont des conséquences importantes sur la biologie et la dynamique des poissons.

Ces valeurs de K montrent que O. *tanganicae* vit favorablement en saison de pluies qu'en saison sèche alors que c'est le cas contraire pour *H. burtoni.*

Tableau 22: Coefficients de condition moyen de deux espèces dominantes dans deux saisons dans la rivière Mutimbuzi

Espèces	Saison de pluie		Saison sèche	
	K moyen	CV (%)	K moyen	CV (%)
O. tanganicae	3.6535	16,26	1,7879	15,00
H. burtoni	2,5487	20,73	2,6510	13,56

III.2.3.2. Paramètres de la relation poids-longueur et facteur de condition des principales espèces de poissons de la rivière Kinyankonge

III.2.3.2.1. Paramètres de la relation poids-longueur

Les paramètres de la relation poids-longueur des trois principales espèces de poissons de la rivière Kinyankonge sont synthétisés dans le tableau 23 suivant. La figure 28 illustre les courbes de cette relation ainsi que les différents coefficients obtenus. Le coefficient de détermination est partout élevé (soit $R^2 \geq 0,9$). Cela signifie qu'il existe une forte corrélation positive entre la longueur et le poids pour ces 3 espèces.

Tableau 23: Paramètres de la relation poids-longueur des trois espèces de poissons dominantes dans la rivière Kinyankonge

Nom scientifique	N	Longueur totale (cm)			Poids total (g)			PT = aLT^b		
		Min	M	Max	Min	M	Max	a	b	R^2
T. rendalli	22	4,1	5,9	8,8	1	4,1	13	0,0053	3,6122	0,9431
C. gariepinus	10	7,4	11,8	21	6	14,6	64	0,0439	2,3434	0,8924
H. burtoni	22	3,7	5,5	9	1	2,6	6	0,0753	2,0411	0,9005

Ainsi, selon la valeur du coefficient d'allométrie b, on distingue 2 catégories d'espèces :

1°. Les espèces qui croissent beaucoup en longueur qu'en poids (b<3) dont la croissance est dite allométrique négative. Il s'agit de *C. gariepinus* et *H. burtoni.*
Ces résultats diffèrent de Chikou & al. (2008) et de Bigirimana (2016) qui ont trouvé respectivement une croissance isométrique (b=2.878 significativement proche de 3) pour *C. gariepinus* et allométrique négative pour *H. burtoni* (b=2.09).

2°. Une espèce qui croit beaucoup en poids qu'en longueur (b >*3)* dont la croissance est dite allométrique positive notamment *T. rendalli.* Une étude faite dans l'estuaire de la Rusizi sur *Oreohromis tanganicae* et *O. niloticus*, des espèces proches génétiquement du *T. rendalli* a révélé que *O. niloticus* a également une croissance allométrique positive tandis que *O. tanganicae* a une croissance isométrique.

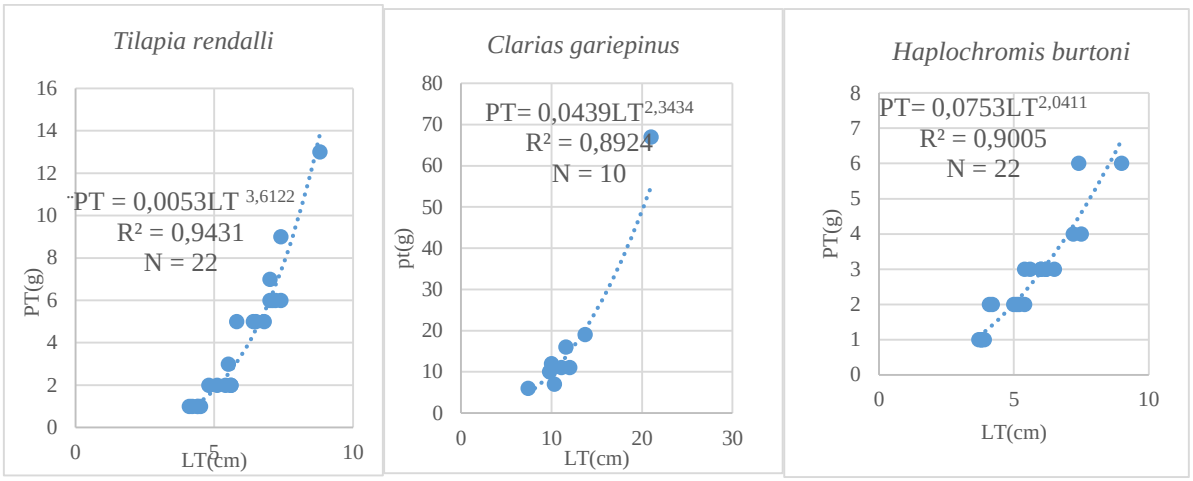


Figure 28 : Relations poids -longueurs des principales espèces de poissons de la rivière Kinyankonge

III.2.3. 2.2. Facteur de condition moyen

Le tableau 24 présente les valeurs du facteur de condition moyen des trois espèces les plus représentées dans la rivière Kinyankonge. Les faibles valeurs du CV (≤20%) indiquent que les valeurs de K varient peu au cours du temps. Les valeurs de K suggèrent que *T. rendalli* se heurtent à des conditions environnementales dures (K <1).

En effet, les eaux de la rivière Kinyankonge sont actuellement affectées par la pollution organique (Buhungu et al., 2018) et chimique ((Buhungu et al., 2017) et cela a un impact négatif sur les organismes aquatiques qui y vivent en particulier l'ichtyofaune dont *T. rendalli*.

Les espèces dont la valeur de K n'est pas tellement petite seraient parvenues à s'ajuster aux situations contraignantes du milieu.

Tableau 24 : Coefficients de condition moyen K des espèces assez représentées dans la rivière Kinyankonge

Espèces	Rivière Kinyankonge	
	K moyen	CV (%)
C. gariepinus	4,4907	17,55
H. burtoni	7,6492	19,28
T. rendalli	0,5440	20,54

III.2.3.3. Paramètres de la relation poids-longueur et facteur de condition des principales espèces de poissons de la rivière Mpanda

III.2.3.3.1. Paramètres de la relation poids-longueur

Les paramètres de la relation poids-longueur de sept principales espèces de poissons de la rivière Mpanda sont synthétisés dans le tableau 25.

Tableau 25 : Paramètres de la relation poids-longueur des sept espèces dominantes dans la rivière Mpanda

Nom scientifique	N	LT (cm)			P (g)			PT = aLT^b		
		Min	M	Max	Min	M	Max	a	b	R^2
H. burtoni	20	4	5,8	7,8	1	3,4	7	0,0271	2,6762	0,9199
E. lineomaculatus	22	3,8	5,5	7,5	1	2,7	6	0,0342	2,5067	0,9041
E. pellegrini	122	3,5	5,6	9	1	2,4	6	0,0487	2,2124	0,9025
C. gariepinus	104	7,9	15,2	32,9	3	34,4	276	0,0135	2,7761	0,9636
T. rendalli	27	3,9	6,4	20,4	1	9,8	14,6	0,0375	2,6677	0,9325
O. niloticus	31	4,7	8,8	14,9	2	16,9	65	0,0216	2,9603	0,9679
R. moorii	45	4	6,5	13,5	1	3,2	17	0,0177	2,6378	0,9162

Selon les valeurs du coefficient d'allométrie b, nous pouvons distinguer 2 groupes d'espèces :

1°. Une espèce qui croit aussi bien en poids qu'en longueur dont la croissance est dite isométrique (b~3) notamment *O. niloticus.* Dans la rivière Mpanda, *O. niloticus* s'adapte mieux car la croissance en poids va de pair avec la croissance en longueur. Les résultats de valeur de b de la présente étude sont concordes avec de ceux de Mbonimpa (2022) dans la station de Kumase proche de l'estuaire de la Rusizi pour la même espèce qui a trouvé b = 3.04 correspondant à une croissance isométrique.

2°. Des espèces qui croissent beaucoup en longueur qu'en poids dont la croissance est dite allométrique négative (b<3). Il s'agit de toutes les espèces du tableau ci-dessus excepté *O. niloticus* dont b est plus proche de 3. Les études déjà faites sur *C. gariepinus* ainsi que sur *O. tanganice* et *R. chrysty*, *d*es espèces proches génétiquement de *T. rendalli* et *R. moori* ont révélé des valeurs de b=2,878, b= 3,3 et b= 3,191 respectivement pour *C. gariepinus (*Chikou & al., 2008), *O. tanganicae (*Bigirimana ,2016) et *R. chrysty* (Mikembi & al. ,2019)

La figure 29 illustre les courbes de cette relation ainsi que les différents coefficients obtenus. Le coefficient de détermination est partout élevé (soit $R^2 \geq 0,9$).

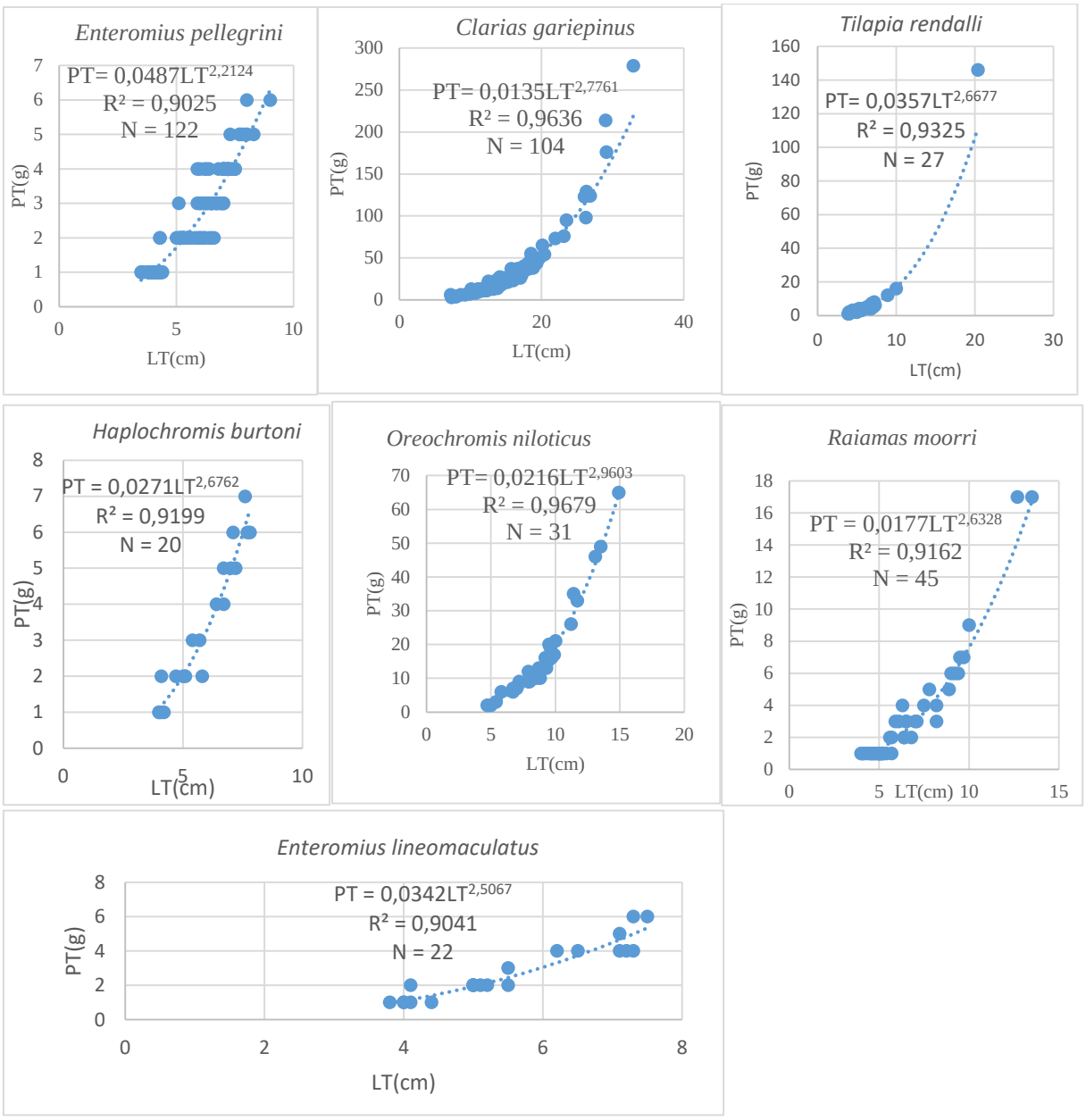


Figure 29 : Relations poids -longueurs des principales espèces de poissons de la rivière Mpanda

Concernant l'étude des variations saisonnières de paramètres de la relation poids-longueur, ces derniers concernent cinq espèces communes aux deux saisons et assez représentées en effectifs.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau 26 suivant.
Selon valeur de b, il ressort de ce tableau pour les 3 espèces communes aux 2 saisons que :
E. linemaculatus (b=3,4661) croit beaucoup en poids qu'en longueur en saison de pluie (croissance dite allométrique positive) alors que c'est le cas contraire en saison sèche (croissance dite allométrique négative).

Cette différence de la valeur de b aurait été influencée par les fluctuations saisonnières. De façon générale, les changements saisonniers ont un impact sur le fonctionnement d'hydrosystème tropical (Lévêque et Paugy, 2017 ; Mamoudou et al. ,2019).
Pour les autres espèces, les fluctuations saisonnières n'ont pas eu un impact très significatif sur le type de croissance car leurs coefficients d'allométrie b sont restés nettement inférieurs à 3. Ces espèces croissent beaucoup en longueur qu'en poids dans les 2 saisons et ont un type de croissance dite allométrique négative. Il s'agit d'*E. pellegrini*, C. *gariepinus* et *R. moorii.*

Tableau 26 : Paramètres de la relation poids-longueur des espèces dominantes dans les 2 saisons dans la rivière Mpanda

Saisons	Nom scientifique	N	LT (cm)			PT (g)			PT = aLT^b		
			Min	M	Max	Min	M	Max	a	b	R^2
Saison pluvieuse	*E.lineomaculatus*	14	5.1	6.2	7,5	1	2,7	6	0,0047	3.4661	0.9114
	E. pellegrini	89	3.5	9	5.3	1	2,2	6	0,0466	2,2391	0,9001
	C. gariepinus	53	7,2	15,1	32,9	3	37,3	279	0,0129	2,8002	0,9658
	H.burtoni	10	4	4.7	7.1	1	2.2	6	0,0225	2,8473	0,8271
	R. moorii	26	4.1	6,6	12.7	1	3,2	17	0,0177	2,6378	0,9162
	O.niloticus	20	4.7	9.2	14.9	2	19.1	65	0.0142	3.1284	0.9869
Saison sèche	*E. lineomaculatus*	10	3,8	5,0	7,3	1	2,4	6	0,0264	2,6826	0,8923
	E. pellegrini	31	4,1	5,9	8,3	1	2,7	6	0,0262	2,5552	0,9138
	C. gariepinus	51	10,1	15,3	26,8	8	31,5	127	0,0142	2,7469	0,9623
	T. rendalli	20	3,9	6,2	10,4	1	5,5	20	0,0156	3,068	0,9124
	R. moorii	19	4	6,4	13,5	1	3,1	17	0,0133	2,735	0,9483

Les figures 30 et 31 illustrent les courbes de cette relation ainsi que les différents coefficients obtenus respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche. Le coefficient de détermination est partout élevé (soit $R^2 \geq 0,9$). Cela nous permet de confirmer que le poids est fortement corrélé à la longueur durant toutes les 2 saisons pour les diverses espèces étudiées.

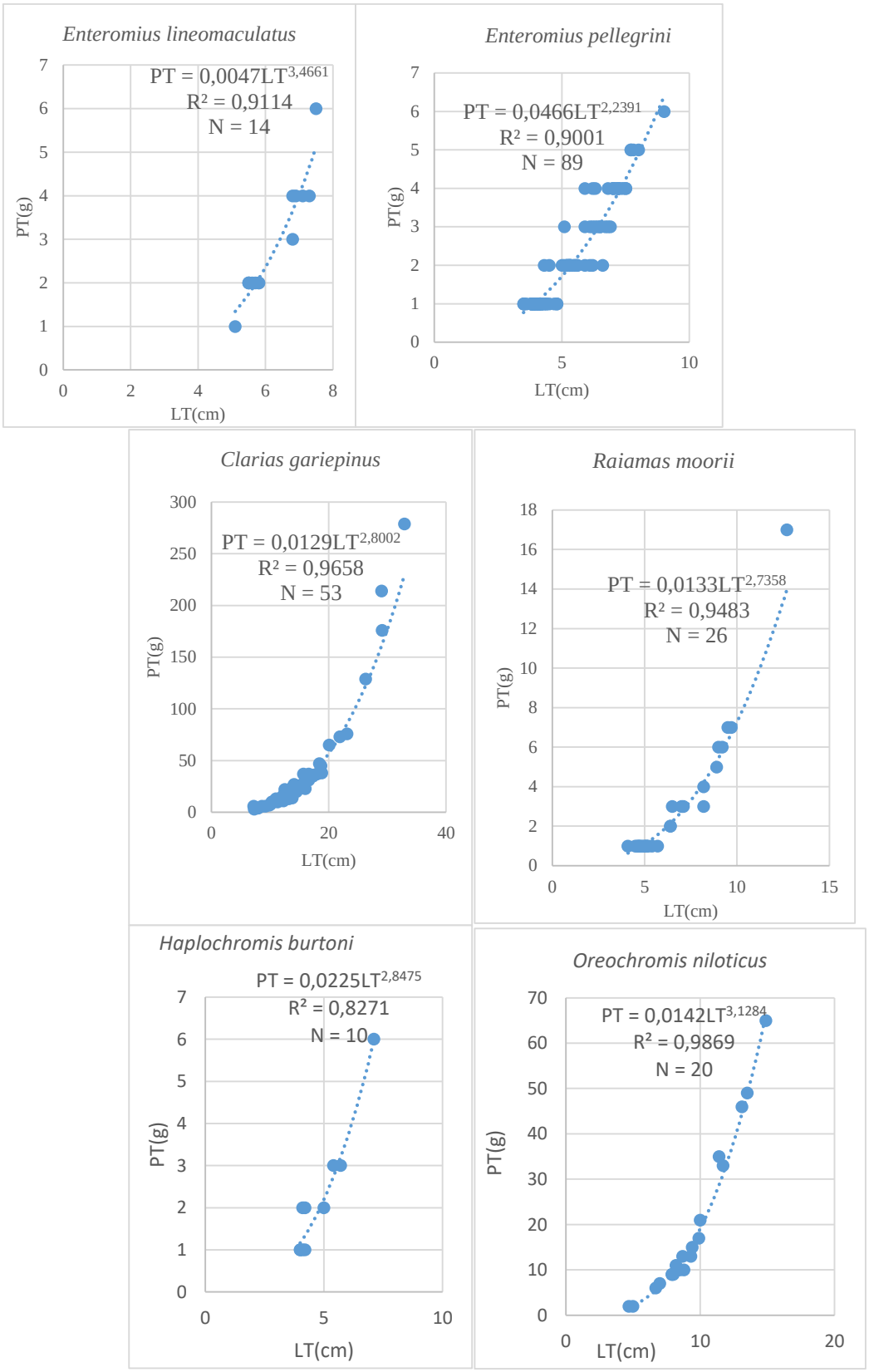


Figure 30 : Relations poids -longueurs des 6 espèces de poissons dominantes dans les deux saisons dans la rivière Mpanda (Saison pluvieuse)

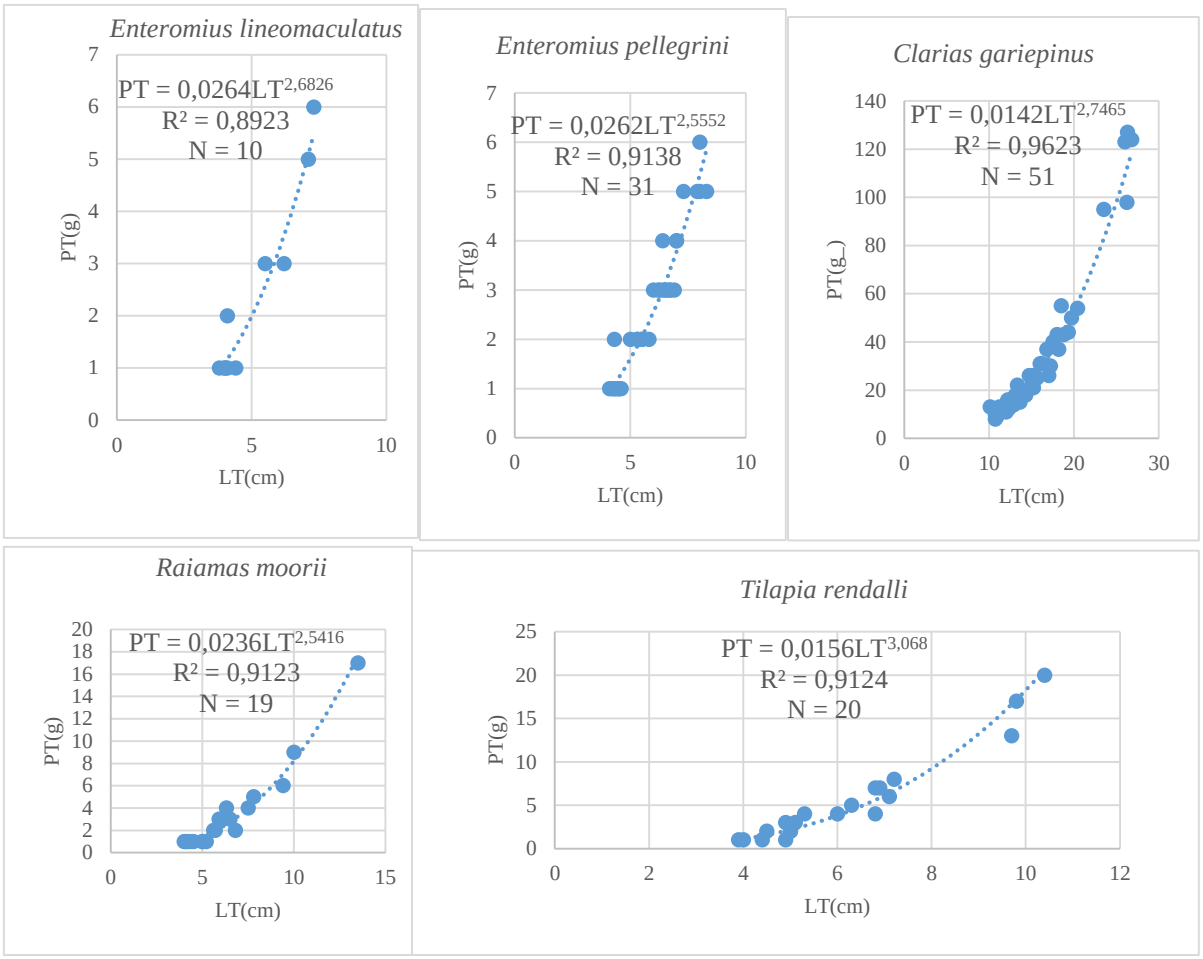


Figure 31 : Relations poids -longueurs des 5 espèces de poissons dominantes dans les deux saisons dans la rivière Mpanda (Saison sèche)

III.2.3.3.2. Facteur de condition

Le tableau 27 présente les valeurs du coefficient de condition moyen de 7 espèces les plus représentées dans la rivière Mpanda. Les faibles valeurs du CV (≤20%) indiquent que les valeurs de K varient peu au cours du temps.

L'analyse des valeurs de K nous permet de dire que dans la rivière Mpanda, les conditions écologiques auxqu'elles les espèces qui y vivent sont confrontées ne sont pas très contraignantes.

En effet, toutes les espèces étudiées ont un coefficient de condition supérieur à 1 ce qui signifie que les conditions écologiques sont bonnes car un coefficient de condition inférieur à 1 suppose que les conditions écologiques sont dures (Alhassan et al. 2015, Mahamoudou et al., 2020). Toutefois, certaines espèces affichent des valeurs de K supérieures aux autres. Cela nous laisse penser que celles-ci ont de l'embonpoint plus que les autres. C'est le cas des espèces du genre *Enteromius* et *T. rendalli*. Les fortes valeurs de K pourraient s'expliquer par la disponibilité du régime alimentaire surtout sur les berges où la végétation est importante.

En effet, les espèces du genre *Enteromius* sont habituellement entomophages (Masilya & al., 2020) tandis que le *T. rendalli* est herbivore et phytoplanctophage respectivement pour les adultes et les alevins (Moreau, 1971).

On remarque que *Clarias gariepinus* a un facteur de condition faible. Ce résultat a été rapporté par Niare & al. (2012) pour *C. anguillaris* et par Chikou & al. (2008) dans la vallée de l'Ouémé pour *C. gariepinus*. Cela pourrait s'expliquer par leur taille relativement grande par rapport à ces 6 autres espèces car les grands spécimens ont généralement un facteur de condition inférieur à celui de petits spécimens (Froese, 2006 in Nomwine & al., 2018).

Les valeurs de K de cette étude pour *O. niloticus* et *H. burtoni* différent de ceux des études antérieures trouvées dans la littérature. Une étude antérieure faite dans l'estuaire de la Rusizi par Bigirimana (2016) a montré des valeurs de K= 3.04 et K =0.8 respectivement pour *O. niloticus* et *H. burtoni*. Ceci nous renseigne que les conditions écologiques offertes par la rivière Mpanda à ces espèces diffèrent de celles de l'estuaire de la Rusizi.

Tableau 27: Coefficients de condition moyen K des 7 espèces assez représentées dans la rivière Mpanda

Espèces	K moyen	CV(%)
O. niloticus	2,1864	15,57
C. gariepinus	1,3634	17,43
H. burtoni	2,7566	20,65
E. lineomaculatus	3,4784	20,35
E. pellegrini	4,9495	19,15
T. rendalli	3,6769	24,88
R. moorii	1,8207	25,07

Concernant la variation saisonnière du facteur de condition, celui-ci a été calculé pour quatre espèces les plus représentées dans les deux saisons (à savoir la saison sèche et la saison pluvieuse). Il s'agit de *C. gariepinus, E. lineomaculatus, E. pellegrini* et *R. moorii*. Les CV de K les plus élevés sont observés chez *E. lineomaculatus* et *R. moorii* où ils sont supérieurs à 20%. Ce qui signifie que les valeurs de K de différents individus ne sont pas très proches.

Le tableau 28 montre qu'à l'exception d'*E. pellegrini* chez qui, K est plus élevé en saison pluvieuse qu'en saison sèche, pour toutes les trois autres espèces, le facteur de condition est plus élevé en saison sèche qu'en saison de pluies. Ces résultats montrent que les valeurs de K diffèrent d'une saison à l'autre pour chaque espèce ce qui signifie que la saisonnalité a des effets notoires sur la biologie de ces espèces et les conditions écologiques étaient un peu favorables en saison sèche.

Les deux espèces à savoir *C. gariepinus* et *E. pellegrini* ont des valeurs de K faibles en saison sèche qu'en saison de pluies alors que le cas est contraire pour E. *lineomaculatus*. De tels résultats dénotent que l'état de « bien-être » pour *C. gariepinus* et *E. pellegrini* se fait sentir en saison de pluie qu'en saison sèche.

Il n'en est pas le cas pour *E. lineomaculatus* chez qui, la valeur de K est très faible (K<1) en saison de pluie. Cela voudrait dire qu'en cette période, cette espèce fait face aux conditions écologiques très dures et l'adaptation lui est difficile.

En effet, d'après Mazambi & al. (2020), si les poissons possèdent un indice de condition faible, ils sont considérés comme ayant subi un environnement physique défavorable ou une alimentation insuffisante pour dire que son environnement ne leur convient pas.

Tableau 28 : Coefficients de conditions moyen des espèces dominantes dans les 2 saisons dans la rivière Mpanda

Espèces	**Saison de pluie**		**Saison sèche**	
	K moyen	**CV(%)**	**K moyen**	**CV(%)**
C. gariepinus	1,3144	19,18	1,4329	14,83
E. lineomaculatus	0,4780	13,30	2,7171	26,92
E. pellegrini	4,7443	19,55	2,6635	19,92
R. moorii	1,3582	19,48	2,4342	24,35

CONCLUSION GENERALE

A I'issu de ce travail portant sur la diversité, les relations poids-longueurs et facteurs de condition de quelques espèces de poissons des rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda dans le but de contribuer à la gestion rationnelle et durable des ressources halieutiques de la plaine de l'Imbo en général et en particulier celles de la zone d'étude, nous pouvons affirmer que nos objectifs ont été atteints. Concernant la caractérisation de quelques paramètres physiques, il a été révélé que les transparences moyennes (variant de 11,18 cm à 21,89 cm) et les vitesses du courant de l'eau (variant de 0,69 m/s à 1,07 m/s) sont globalement faibles dans toutes ces rivières et affichent une variation spatio-temporelle faible ou quasiment nulle. Quant à la couleur de l'eau, celle-ci était globalement brune. Pour ce qui est de l'étude de l'ichtyofaune, sur 30 espèces recensées dans l'ensemble, 23 espèces (76,6%), 6 espèces (20%) et 17 espèces (56,6%) ont été inventoriées respectivement dans les rivières Mutimbuzi, Kinyankonge et Mpanda. Il a été montré qu'il existe une différence significative de la richesse spécifique entre les rivières Mutimbuzi et Kinyankonge ($p< 0,05$) d'une part et entre les rivières Kinyankonge et Mpanda ($p< 0,05$) d'autre part. Par contre, aucune différence n'a été constatée entre les rivières Mutimbuzi et Mpanda ($p>0,05$). Les résultats de l'indice de similarité de Sørensen ont montré que la similarité de la richesse spécifique des rivières Mutimbuzi-Kinyankonge est faible (CS=0,414) que celle des rivières Mutimbuzi-Mpanda (CS=0,5) et Kinyankonge-Mpanda (CS=0,522). Avec leurs indices de diversité spécifique de Shannon ($H'<3$), toutes les trois rivières explorées sont spécifiquement pauvres. Vu son indice de diversité spécifique de Shannon très faible (H'=1.47), la rivière Kinyankonge est moins diversifiée que les deux autres rivières. L'indice de Simpson le plus faible a été enregistré dans la rivière Kinyankonge ce qui confirme davantage sa richesse spécifique très faible. Quant à l'indice d'équitabilité de Piélou, les faibles valeurs de E ont été renregistrées dans les rivières Mutimbuzi et Mpanda. Dans la rivière Kinyankonge, E est proche de 1 durant les deux saisons ce qui nous renseigne que dans cette rivière, la distribution de l'ichtyofaune varie peu avec la saison. Pour les dix espèces de poissons dont les paramètres de relations poids- longueurs et facteurs de condition ont été estimés, leurs tailles et leurs poids sont fortement corrélés (soit $R^2 \geq 0,9$). Ainsi, sur dix espèces étudiées, six espèces (60 %) croissent beaucoup en longueur qu'en poids quelle que soit la rivière et ont une croissance dite allométrique négative. Les fluctuations saisonnières affectent la croissance de certaines espèces notamment celles dont les valeurs b changent d'une saison à l'autre. A l'exception du *Clarias alluaudi* et *Tilapia rendalli* respectivement dans les rivières Kinyankonge et Mutimbuzi ($K<1$), pour toutes les autres espèces étudiées, quelle que soit la rivière, les conditions écologiques auxquelles font face ces espèces ne sont pas trop dures ($K>1$). Des variations saisonnières de K ont été enregistrées pour certaines espèces de poissons des rivières étudiées avec des valeurs de K plus élevées en saison pluvieuse qu'en saison sèche.

Par rapport aux hypothèses de recherche, cette étude a permis d'infirmer et de confirmer totalement ou partiellement certaines hypothèses. L'hypothèse selon laquelle l'ichtyofaune des affluents du lac Tanganyika serait diversifiée que celle du lac Tanganyika est infirmée tandis que celle selon laquelle le coefficient de condition moyen pour une espèce commune varie suivant la rivière et la saison est confirmée. Les autres hypothèses sont partiellement confirmées.

RECOMMENDATIONS ET SUGGESTIONS

Au regard des résultats obtenus au cours de la présente étude, les suggestions et recommandations suivantes peuvent être formulées. Ainsi, nous suggérons,

- ✓ Aux Responsables de la Direction des Pêches et Pisciculture et de l'OBPE de:
  - Renforcer la règlementation de la pêche existente par les dispositions particulières en rapport avec les milieux fluviatiles au regard des ménaces (pollution et surexploitation des ressources halieutiques) qui pèsent sur ces milieux ;
  - Faire connaître et respecter les dispositions des codes de l'environnement de l'eau ;
  - Protéger les bassins versant et les berges des rivières affluentes ou non du lac Tanganyika.
- ✓ A l'endroit des chercheurs de :
  - Poursuivre cette étude pour avoir des données qui couvrent toute l'année dans les rivières d'étude ;
  - Mener une étude sur d'autres paramètres démographiques pour les espèces dont certains aspects de la biologie ont été abordés ;
  - Etudier la diversité, l'écologie et les paramètres démographiques des poissons des autres affluents du lac Tanganyika et des autres milieux fluviaux (rivières de l'intérieur du pays).
- ✓ Aux pêcheurs en général et en particulier ceux de la zone d'étude de :
  - Ne pas utiliser des engins fabriqués à l'aide des filets moustiquaires, les filets maillants de très petites mailles et la pratique de pêche à la frappe ;
  - Espacer les activités de pêche pour permetre la reconstitution des stocks halieutiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Banyankimbona G. (2012) .The Fish diversity of the Burundese Rivers and impact of human activities on this ichthyofauna. Aremberg Doctoral School of Science, 253p.
2. Belajal C. (2021). Synthèse sur la pollution des écosystèmes aquatiques. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences Biologique, Spécialité : Toxicologie Appliquée, 83p.
3. Bigirimana D. (2016). Etude de relation poids-longueur et de facteur de condition des principales espèces de poissons cichlidae d'intérêt commercial de la Rusizi. Mémoire de Licence en pédagogie Appliquée, Agrégée de l'Enseignement Secondaire en Biologie, 45p.
4. Brichard, P. (1989). Pierre Brichard's bookofcichlids and all other fishes of Lake Tanganyika. Tropical fish hobbyist publication, Nepture city, USA : 64p.
5. Buhungu S., Houssou A. M., Montchowui E., Ntakimazi G., Vasel J. L. & Ndikumana T. (2017). Etablissement du pollutogramme et de l'hydrogramme de la rivière Kinyankonge, Burundi. Disponible sur http://www.ifgdg.org
6. Buhungu S., Montchowui E., Barankanira E., Sibomana C., Ntakimazi G. & Bonou C.A (2018). Caractérisation spatio-temporelle de la qualité de l'eau de la rivière Kinyankonge, affluent du Lac Tanganyika, Burundi. Disponible sur http://www.ifgdg.org
7. Chikou A., Lalèyè P. A., Raemakers V., Vandewalle P. & Philippart J.C. (2008). Etude de l'âge et de la croissance chez *Clarias gariepinus* (*Pisces, Clariidae*) dans le delta de l'Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). Chikou A. et al. / Int. J. Biol. Chem. Sci. 2(2): 157-167, 2008.disonible sur: http://www.ajol.info.
8. Diop R., Konate A., Sanogo Y., Traore D., & Kamara M. (2019). Relation taille - poids et facteur de condition des espèces de silures (genre clarias) utilisées en pisciculture dans la zone périurbaine de Bamako. Vol. 0 No 22 - Revue Malienne de Science et de Technologie Série A : Sciences Naturelles, Agronomie, Techniques et Sciences de l'Ingénieur
9. Djego J., Moussa G., Brice T. & Sinsin B. (2012). Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(2): 705-713, April 2012. Disponible sur : http://ajol.info/index.php/ijbcs
10. Duchesne J-F. & Frotin C. (1994). Facteurs affectant le cycle vital des poissons d'intérêt sportif au Quebec, 37p.
11. Edea O. G., Hinvi L. C., Youssouf A. & Gbangboche A.B. (2019). Synthèse Bibliographique sur des paramètres biologiques et Zootechniques du Poisson-chat Africain *Clarias gariepinus* Burchell, 1822. European Scientific Journal September 2019 Edition, Vol.15, No.27 ISSN: 1857 – 7881 (Print)/ ISSN 1857- 7431.
12. FAO (1992). Field guide to the fleshwater fishes of Tanzania, 64p.
13. Fermon Y. (2007). Étude de l'état des lieux de la partie nord du lac Tanganyika dans le cadre du Programme Pêche d'Action Contre la Faim en République Démocratique du Congo, 86p.
14. FPSS/Étude spéciale des pratiques des pêches (2000). Les engins de pêche traditionnels du nord de Burundi en 1999,36p.

15. Grondin M. P. & Milani-Amady S. (2005). Morphométrie des poissons et des otolithes et âge de *Lutjanus kasmira* (forsskal, 1775, pisces : lutjanidae) sur différents types de récifs artificiels en baie de la possession (Ile de la réunion, sud-ouest de l'océan indien).Stage de maitrise de biologie des populations et des écosystèmes, 36p.
16. Hade A. (2002). Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p.
17. Kabre A. T & Ille (2000). Rétrécissement saisonniers des superficies d'eau, variation physico-chimiques et production des pêcheries artisanales de Bagré, Centre Est du Burkina Faso.
18. Kouakou H. B., N'Nan Adjoua M., Bandama Bogui J. B. E, Kouame Akpatou B., Kouakou N'Goran E. & Acapovi-Yao G.L. (2022). Biodiversité urbaine : micromammifères terrestres de la commune de Man, Ouest de la Côte d'Ivoire. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631. Disponible sur : http://www.ifgdg.org
19. Kouakou S. K., Kouassi A.M. & Amma A. A. (2008). Variations Saisonnières des Paramètres Abiotiques des Eaux D'une Lagune Tropicale : La Lagune de Grand-Lahou, Cote D'ivoire. European Journal of Scientific Research, Volume 21, No 3 August, 2008.
20. Kouame K. A., Etile R. N.D., Bedia A. T., Yao S. S., Goore-Bi B. G. & Kouamelan E. P. (2019). Transformation et conservation des principales espèces de poissons à intérêt économique du département de fresco (Côte d'Ivoire), Agronomie Africaine N° Spécial (8) / AGRIEDAYS 2019.
21. Kouamelan E. P. (1999). L'effet du lac de barrage Ayamé (Côte d'Ivoire) sur la distribution et l'écologie alimentaire des poissons *Mormyridae* (Teleostei, Osteoglossiformes). Thèse de doctorat, Univ. Catholique de Louvain (Belgique), 221p.
22. Kulbicki M. Guillemot N & Amand M. (2005). A general approach to length-weight relationships for New Caledonian lagoon fishes. Cybium 29: 235–252.
23. Lalèyè P., Chikou A., Philippart J-C., Guy T. & Vandewalle P. (2004). Étude de la diversité ichtyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'ouest)
24. Laurence B. (2005). Premières caractéristiques biologiques et écologiques de *Campylomormyrus tamandua* Günther (Mormyridae) et de quelques espèces conjointes C. alces Blgr., C. christyi Blgr, et C. elephas Blgr. Du pool Malebo, fleuve Congo, Mémoire de master en sciences biologiques des organismes et écologie, 164p.
25. Laurence B., Koco N. C. S., Konan K. J., Safiatou C., Tidou A. S. & Atse B. C. (2019). Relation Longueur-Poids Pour 15 Espèces de Poissons Exploitées dans la Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). European Scientific Journal July 2019 edition Vol.15, No.21 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
26. Lévêque C. & Paugy D. (2006). Les poissons des eaux continentales africaines. *Diversité, écologie, utilisation par l'homme,* 573p.
27. Lévêque C. & Paugy D. (2017). Impacts of human activities. In: Paugy D, Leveque C. & Otero O. (eds): The inland water fishes of Africa: Diversity, Ecology and Human use, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Royal Museum for Central Africa (RMCA), Pp 459–478.
28. Mahamoudou M., Raymond O., Nomwine D. A. & Adama O. (2020). Relation longueur-poids et facteur de condition de sept espèces de poissons du réservoir de Samandeni avant son ouverture à la pêche (Burkina Faso). Journal of Applied Biosciences 151 :15559 - 15572 -ISSN 1997-5902.

29. Masilya.D., Muvundja F.A, Isumbisho M .,Hyangya L. ,Kisekelwa T. & Kaningini M.B. (2020) . Nourriture et habitudes alimentaires de *Raïamas moorei* Boulenger 1900, *Enteromius pellegrini* (Poll, 1939) et *Enteromius kerstenii* (Peters, 1868), trois espèces de cyprinidés du lac Kivu (Afrique de l'Est).
30. Mazambi J. L., Ntakimazi G., Micha J-C. & Pascal M. M. (2020). Variation saisonnière de la relation poids-longueur, du facteur de condition de *Lamprichthys tanganicanus* Boulenger, 1898 et de quelques nutriments dans les biotopes littoraux du lac Kivu, Est de la RD Congo. Afrique SCIENCE 17(5) (2020) 173 - 184 173 /ISSN 1813-548X. Disponoble sur http://www.afriquescience.net.
31. Mbonimpa G. (2022). Paramètres démographiques, relation poids-longeur et facteur de condition de *Trematocara unimaculatum* boulenger 1901 et *Oreochromis niloticus* (linnaeus, 1758), deux espèces de poissons cichlides de la zone littorale du nord du lac Tanganyika : cas des stations Kumase et estuaire de la Rusizi. Université du Burundi, faculté des sciences, département de biologie, Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie des Organismes et Écologie, Option : Biologie et Gestion des Écosystèmes aquatiques, 75p.
32. Mikembi A. L. B., Armel I. Z., Mamonekene V., Helene D.L. Tenda, Poaty Ngot F. H. & Vouidibio J. (2019). Relations longueurs-poids et coefficients de condition pour 13 espèces de poissons de la rivière Dzoumouna, affluent du cours inférieur du fleuve Congo (République du Congo).Disponible sur : http://www.m.elewa.org/JAPS
33. Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme (2013) – Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la plaine de l'Imbo, 38p. Disponible sur https://www.cbd.int/doc/nbsap/sbsap/bi-sbsap-imbo-fr.pdf .
34. Moreau J. (1971). Biologie comparée de *Tilapia rendalli* (boulenger) (pise. cichl.) au lac itasy et au lac de mantasoa. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol. V, na 1, 1971.50p.
35. Mukabo G.O., Micha J. C., Habarugira J.B., Ntakimazi G., Nshombo Muderhwa V. , Bizuru Nzibonera P. & Muhirwa G. B. (2017). Socio-économie de la pêche artisanale dans les eaux burundaises du lac Tanganyika à Mvugo et Muguruka. Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(1): 247-265, February 2017. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). Disponible sur http://www.ifgdg.org.
36. Munezero L. (2012). Etude des indices de diversité des principales especes de poissons cichlidae d'intérêt commercial de la Rusizi. Mémoire de Licence en pédagogie Appliquée, Agrégée de l'Enseignement Secondaire en Biologie, Université du Burundi, 40p.
37. Ndayishimiye T. (2014). Etude comparative de l'ichtyofaune des rivières affluentes du lac Tanganyika : Cas des rivières Dama et Murembwe en commune Rumonge (Province Bururi): Mémoire, Université du Burundi, 40p.
38. Ndihokubwayo C. (2005). Etude limnologique des eaux du Lac Tanganyika : le cas des nutriments en zone pélagique au large du port de Bujumbura. Mémoire, Université du Burundi. Faculté des Sciences, Département de Biologie,55p.
39. Nibona E. (2013). Contribution à l'étude du peuplement des poissons et macro invertébrés des affluents du lac Tanganyika : cas de l'embouchure de la rivière Dama; Mémoire Université du Burundi.

40. Nimubona E. (2012). Caractéristiques de la pêche dans le Lac Tanganyika en commune Rumonge, Mémoire, Université du Burundi, 56p.
41. Nitunga X. (2016). Etude comparative de l'ichtoyaune de la rivière Kaniga et Mubarazi, Mémoire, Université du Burundi, 48p.
42. Niyonkuru C. & Nibona E. (2021). Etude comparative de l'ichtyofaune et de son exploitation dans les rivières Kinyankonge et Mpanda en région naturelle de l'Imbo au Burundi. Bull. sci. environ. biodivers. 5(a) : 70-88.
43. Niyonkuru C. (2007). Etude comparée de l'exploitation et de la démographie des poissons cichlidés dans les lacs NOKOUE et AHEME au Bénin, thèse de doctorat.
44. Niyungeko O. (2016). Etude comparative de l'ichtyofaune des rivières Kinyankone et Mpanda en région naturelle de l'Imbo. Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du grade de Licencié en Pédagogie Appliquée, Agrégé de l'Enseignement Secondaire en Biologie, Université du Burundi, 48p.
45. Nkurunziza B. (2016). Etude comparative de l'ichtoyaune de la rivière Dama et Murembwe, Mémoire, Université du Burundi, 54p.
46. Nomwine D.A., Raymond O. & Adama O. (2018). Relation poids-longueur et facteur de condition de Clarias anguillaris et Sarotherodon galilaeus pêchées dans le lac Bam et le réservoir de la Kompienga au Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(4): 1601-1610, August 2018- ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.Disponible sur http://www.ifgdg.org
47. Ntakimazi G. (1995). Le rôle des écotones terres/ eau dans la diversité biologique du lac Tanganyika. Bujumbura, Burundi ; Université du Burundi : Faculté des sciences, projet UNESCO/DANIDA 510/BDI/40, 1993,84p.
48. Ntakimazi G. (1998). Le Point sur le Biodiversité dans les eaux burundaises du lac Tanganyika, Lutte Contre la Pollution et Autres Mesures pour Protéger la Biodiversité du Lac Tanganyika Analyse Diagnostique Nationale - Burundi 07 - 11 Septembre 1998, Bujumbura, 15p.
49. Ntakimazi G., Fofo A., & Nzigidahera B. (2007). Les poissons du Burundi, lexique des noms kirundi, 53p.
50. Ntakimazi G., Nzigidahera B., Nicayenzi F. & West K. (2000). Étude Spéciale De Biodiversité (ESBIO) Rapport / L'Etat de la diversité Biologique dans les Milieux Aquatiques et terrestres du Delta de la Rusizi.70p.
51. Ntunzwenimana D. (2016). Contribution à l'évaluation de l'impact des activités anthropiques dans les zones tampons des affluents du lac Tanganyika. Cas des rivières Ntahangwa et Mutimbuzi. Mémoire de Licence en pédagogie Appliquée, Agrégée de l'Enseignement Secondaire en Biologie, Université du Burundi, 43p.
52. Nzigidahera B. & Nindorera D. (2009). Plan de gestion et d'aménagement de la réserve naturelle de la Malagarazi ,71p.
53. Nzigidahera B. & FOFO A. (2005). Plan de gestion de la réserve gérée du lac Rwuhinda. Sous la supervision de direction Général de l'INECN
54. Nzigidahera B. (2008). Etude de base pour la réhabilitation de la réserve naturelle de la Ruzizi, 98p.

55. Nzigidahera B., Habiyaremye F.M., Mbarushimana D., Masabo O., Luc Janssens de Bisthoven & Habonimana B. (2020). Habitats du Parc national de la Ruvubu (Burundi), État actuel et guide au suivi de leur dynamique à l'aide d'un lexique des plantes, 247p.
56. Philippart J -C (1989). Ecologie des populations de poissons et caractéristiques physiques et chimiques des rivières dans le bassin de la Meuve Belge, 24p.
57. Plisnier P-D. (1990). Ecologie comparée et exploitation rationnelle de deux populations d' *Haplochromis spp*. (Teleostei, Cichlidae) des lacs lhema et Muhazi (Rwanda). Université catholique de Louvain, Faculté des Sciences Agronomiques Unité des Eaux et Forêts, Thèse de doctorat, 333p.
58. Poll M. (1953). Poissons non Cichlidae. Résultats scientifiques de l'exploration Hydrologique du Lac Tanganyika No 3 (5A). Brussels : Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, 251p.
59. Poll M. (1956). Poissons Cichlidae. Résultats scientifiques de l'exploration Hydrologique du Lac Tanganyika. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Vol. III. Bruxelles, 619p.
60. Poll M. (1957). Les genres de poissons d'eau douce de l'Afrique. Annales du Musée Royal du Congo Berge, Tervuren, Série in 8° sciences zoologiques, 254p.
61. Rabeb T. (2017). Etude comparative de l'élevage du Tilapia du Nil "*Oreochromis niloticus*" entre les eaux douces et géothermales en Tunisie. Mémoire de Fin d'Études en Sciences Halieutiques et Aquacoles Spécialisation : Aquaculture, Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte – Tunisie, 72p.
62. Robert L. (2000). Etude Spéciale des Pratiques de Pêche (ESPP) Rapport Final /Engins de Pêche du Lac Tanganyika au tournant du Millénnaire, 63p.
63. Rocklin D. (2003). Etude comparative de différents indices de diversité (indice de Shannon, indices taxonomiques) sur les peuplements de poissons lagunaires. Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, 48p.
64. Romuald A. (2011). Etude de la diversité ichtyologique et de la pêche dans la zone du projet permis NGOKI (Bassin de la cuvette) ,22p.
65. Sangwa H. M., Kitenge Kitoko G., Ngoy Angoy C. & Manga Tshomba J. (2020). Étude du peuplement ichtyologique des poissons capturés au fleuve Congo dans sa partie Lualaba (Ville de Kindu). Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires • p-ISSN : 2028-991X
66. Sarvala J, Langenberg V.T., solanen K., Chitamwebwa D, Coulter G.W., Huttula T., Kanyaru R., Katalainen P, Makassa L., Mulimbwa N. & Mölsä H. (2006). Fish catches from Lake Tanganyika mainly reflect changes in fishery practices, not climate. verhandlungen des internationalen verein limnologie, 29: 1182-1188.
67. Sibomana C. (2008). Etat actuel de diversité Piscicole dans la zone littorale du lac Tanganyika : Estuaire de la Rusizi. Mémoire, Université du Burundi, DESS en Gestion et conservation de l'environnement et des ressources naturelles, 39p.
68. Sidibé A. (2003). Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée : exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés. Thèse de l'ENSAR mention Halieutique, Agrocampus Rennes, 320 p.

69. Yves M. A., Helias A. & Georges R. (2006). La gestion des estuaires dans une approche communautaire, 72p.
70. Zere M. G., Kassi G. B., Ebram L. G. D.& N'Douba V. (2017). Quelques aspects de la biologie de *Ctenopoma petherici* (Poissons : Anabantidae) dans un barrage hydroélectrique d'Afrique de l'Ouest (Lac d'Ayame 2, Côte d'Ivoire).

Sites internet

1. https://fews.net/sites/default/files/BI_Livelihoods%20copy.jpg consulté le 26/5/2023
2. https://www.ilo.org/dyn/natlex/docs/ELECTRONIC/110602/137614/F1011691589/BDI-110602.pdf consulté le 4/6/2023
3. .https://wp.sciviews.org/sdd-umons2-2020/indices-de-biodiversit%C3%A9.html consulté le 7/6/2023
4. https://fr.wikipedia.org/wiki/indice_et _distance_de_Jaccard consulté le 28/5/2023
5. https://fr.wikipedia.org/wiki/Indice_de_Simpson consulté le 1/6/2023
6. https://www.fishbase.se/, (05/2021; 07/2021; 08/2021; 10/2021 ; 11/2021 & 01/2022)
7. https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/ consulté le 7/6/2023
8. https://www.fishbase.se/search.php, (05/2023)
9. https://en.wikipedia.org/wiki/S%C3%B8rensen%E2%80%93Dice_coefficient consulté le 10/6/2023.

ANNEXES

1. DONNEES BRUTES DES CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES

RIVIERES	NUMERO DU SITE	SITES	DATES	TRANSPARENCE (cm)	VITESSE DU COURANT (m/s)	ASPECT DE L'EAU
MUTIMBUZI	S1	Embouhure	Le 19/05/2021	18.8	1.16	Brun
			Le 19/07/2021	22.3	0.82	Brun
			Le 26/08/2021	23.5	0.73	Brun
			Le 25/10/2021	22.5	0.78	Brun
			Le 24/11/2021	22	1.08	Brun
			Le 26/01/2022	22.37	1	Brun
	S2	Kiyange	Le 19/05/2021	16.25	1.9	Brun
			Le 19/07/2021	23.6	0.85	Brun
			Le 26/08/2021	23.8	0.75	Brun
			Le 25/10/2021	23.25	0.72	Brun
			Le 24/11/2021	22.5	0.91	Brun
			Le 26/01/2022	22.62	0.8	Brun
KINYANKONGE	S3	Embouchure	Le19/05/2021	13	1.3	verdatre
			Le 20/07/2021	10.8	1.05	verdatre
			Le 27/08/2021	11	0.97	verdatre
			Le 27/10/2021	10.8	1.07	Brun
			Le 30/11/2021	10.75	1.2	verdatre
			Le 31/01/2022	10.87	0.92	Verdatre
	S4	Près du SAVONOR	Le 19/05/2021	12	1.2	verdatre
			Le 20/07/2021	10.5	1.12	verdatre
			Le 27/08/2021	11.8	0.9	verdatre
			Le 27/10/2021	11	0.97	Brun
			Le 30/11/2021	10.8	1.14	verdatre
			Le 31/01/2022	10.93	1.01	verdatre
MPANDA	S5	Barrage d'irrigation	Le 23/05/2021	12.1	0.75	Brun
			Le 26/07/2021	15.5	0.6	Brun
			Le 23/08/2021	16	0.55	Brun
			Le 26/10/2021	15.8	0.88	Brun
			Le 29/11/2021	15	1.15	Brun
			Le 24/01/2022	15.2	1.10	Brun
	S6	Embouchure de ninga	Le 23/05/2021	20.5	0.53	Brun
			Le 26/07/2021	24.5	0.48	Clair
			Le 23/08/2021	24.7	0.45	Clair
			Le 26/10/2021	24	0.56	Brun
			Le 29/11/2021	23	0.65	Brun
			Le 24/01/2022	23.1	0.61	Brun

2. PHOTOS DES ESPECES INVENTORIEES



Clarias gariepinus ; « Ikambare »



Oreochromis niloticus

« Ikoke, ingege »



Labeobarbus altianalis; « Imbaraga »



Haplochromis staperi«Ikijori»



Astatoreochromis straeleni
«Ikijori, inunge»



Callochromis pleurospilus
«Gasaro»



Ctenopoma muriei «injegeza»



Oreochromis leucostictus
«Ikoke»



Enteromius pellegrini « Iranje »



Clarias alluaudi « Umunena »



Asprotilapia leptura
«Ikiraramba»



Varicorhinus tanganicae (Acapoeta tanganicae)
«Igitumbi»



Aplocheilichthys pumilis (Lacustricola pumilus)



Enteromius lineomaculatus«Iranje»



Lates mariae «Isangala »



Labeo cylindricus«Ningo »



Hippopotamyrus discorhynchus «Ikinugu»



Raiamas moori «Isaradine»





Trematocara marginatum «Iseza»



Trematocara variabile «Iseza»



Trematocara unimaculatum Iseza»



Aplocheilichtys sp.



Protopterus aethiopicus

«Ijombo »



Oreochromis tanganicae

«Ingege, Ikoke»



Synodontis multipunctatus

«Akangohongoho»



Tilapia rendalli «Ingege»



Mastacembelus cunnigtoni



Bagrus docmak «Ikivumbuka»



Haplochromis burtoni «Ikijori »