REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO
ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE
UNIVERSITE CATHOLIQUE DE BUKAVU
UCB



B.P. 285 Bukavu

Faculté des Sciences
Département des Sciences de l'Environnement

Contribution à l'étude du peuplement de la faune ichtyologique du lac Kivu dans le bassin de Bukavu

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Licence en Sciences de l'Environnement

Option : Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Aquatiques

Présenté par

AGANZE MUGUM'ODERHA Desty

Dirigé par

Dr KISEKELWA TCHALONDAWA Kise

PA

Année académique 2019-2020

Epigraphe

« Ce ne sont pas les plus gros, les plus brillants ou les meilleurs qui vont survivre, mais ceux qui s'adaptent le plus rapidement »

Charles Darwin (1809-1882)

Dédicace

A mes très chers parents Dénis KAHIGIRI et MWANGAZA Lumière

A mes très chers frères et sœurs,

A mes futurs enfants : « Faîtes ce que je n'ai pas pu faire ».

AGANZE MUGUM'ODERHA Desty

Remerciement

Nos remerciements s'adressent tout particulièrement au Professeur Docteur Kisekelwa Tchalondawa Kise d'avoir accepté de diriger ce travail. Grace à ses critiques, ses encouragements, ses directives et sa rigueur, nous sommes parvenu à surmonter des multiples obstacles. Nous restons convaincus que son sens critique et d'écoute nous a guidé à finaliser ce travail. Merci Docteur.

Nos sincères remerciements s'adressent également à mes très chers parents Mugumaoderha Kahigiri Denis et Mwangaza Mihigo Lumière pour les sacrifices consentis depuis ma conception jusqu'à ce moment si mémorable de ma vie.

Notre gratitude est adressée à tous les personnels de l'Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée (UERHA) de l'ISP de Bukavu et du Centre de Recherche en Biodiversité, Ecologie, Evolution et Conservation (CRBEC), de m'avoir accueilli dans leurs laboratoires pour conduire cette étude.

Aux corps académique et scientifique de l'Université Catholique de Bukavu pour nous avoir formé et transformé en homme complet.

Un tout grand merci à toi mon confrère Alimasi WILO NJA T. pour ta disponibilité dans l'accompagnent au terrain et les identifications des espèces des Haplochromis, nous vous remercions du fond de notre cœur.

Un grand merci à Diste Kulimushi, Lebon Amani, Irène Cruz, Alimasi Wilonja et Joyeuse Mudagi pour tout le temps passé ensemble au laboratoire, vos blagues et sourires ont contribués favorablement à la réalisation de ce travail.

A nos très chers frères et sœurs de la famille MUGUMA ; Faradja Sylvie, Antonya Denise, Biluge Irène, Dr Sarah EKA, Iragi Merveille, Agisha Esther, Gabriella, Graciella, Béni Mugisho, Dieu Merci Irenge, David Ntabaza pour tous vos conseils, prières et encouragements,

Que tous nos compagnons de lutte de la première promotion du département de l'Environnement à l'UCB, avec qui nous avons passés le cursus académique ensemble, pour leur amour et bravoure qu'ils n'ont cessé d'afficher. Que Arnold CHIMPE, Irène MALEKERA, Cédric Aganze, Divina Neema, Trésor Mango, Fréderic Musafiri Pf, Huguette Ntabaro, Alain Mugisho,Armand Andema, Germain Bonge et Gradi Neema acceptent notre expression de gratitude pour cette bonne collaboration.

A nos amis et compagnons de lutte pour votre assistance : Jason, Albert, Léonce, Benjamin, Arnold, Jossard, Carol, Justin, Eric, Fernando, Projet, Isaac, Nicole,... personne n'ignore combien vous m'êtes les plus chers.

Que tous ceux dont les noms ne sont pas cités ici mais qui ont d'une manière ou d'une autre contribué à notre formation, trouvent l'expression de notre profonde gratitude!

AGANZE MUGUM'ODERHA Desty

Sommaire

Epigraphe i
Dédicace ii
Remerciement iii
Liste des figures et tableaux vi
Résumé vii
Abstract viii
INTRODUCTION 1
CHAPITRE 1. REVUE DE LA LITTERATURE 3
1.1 Présentation du lac Kivu 3
1.2 Les facteurs intervenant sur la distribution de la faune dans les lacs du Rift Albertin 5
1.3 *La diversité ichtyologique du lac Kivu* 6
1.4 Menace de la zone littorale du Lac Kivu 8
CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES 9
2.1 Présentation du milieu d'étude 9
2.1.1 Choix, description des s d'échantillonnage 9
2.2 Echationnage et traitement des échantillons 11
2.3 Traitement des spécimens au laboratoire 12
2.4. Analyse et traitement statistiques des données 12
Chapitre 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 14
3.1 Résultats 14
3.1.1 *Les variables environnementales* 14
3.1.2. Caractérisation du Peuplement Ichtyologique dans la partie sud du lac Kivu 16
3.1.2.1. Composition et abondance de la faune ichtyologique 16
3.2 Discussion 19
Conclusion 22
Bibliographie 23

Liste des figures et tableaux

Liste des figures

Figure 1. Localisation du lac Kivu....4
Figure 2. Les sites d'échantillonnage....9
Figure 3. Les sites d'échationnage....11

Liste des tableaux

Tableau 1. les espèces de poissons du lac Kivu, leurs découvertes et leur habitat (compilé de Snoeks et al., 2012 par Mudagi, 2020) 7
Tableau 2. Les valeurs Moyenne, minimale, maximale et écart types des principaux paramètres physico-chimiques mesurés in situ....15
Tableau 3 liste des espèces péchées au cours de notre étude....17
Tableau 4 les indices de Shannon-Weaver et d'Equitabilité de Pilou obtenues entre sites 18

Résumé

Cette étude a été menée dans le sous bassin de Bukavu du lac Kivu. Elle a cherché à contribuer aux facteurs permettant de comprendre le peuplement de la faune ichtyologique dans la zone littorale du bassin de Bukavu. Cette zone est menacée par les activités anthropiques par les pollutions diverses et à ce jour on observe l'augmentation des cages, qui constitue un grand danger dans cette partie du lac. Cinq sites situés à Labotte, Ndendere, Athénée, Nyofu et bassin du Collège. Les pêches ont été organisées en cinq campagnes d'échantillonnages lesquelles ont commencé de Décembre 2019 en Avril 2020. Un filet multimaille (maille de 8 à 20 mm) était utilisé sur chaque site. Pour chaque sortie ou champagne d'échantillonnage les variables environnementales dont la température, la conductivité électrique, le pH, le TDS, la profondeur étaient prises à chaque terrain. La nature de l'environnement externe et interne de chaque site était notée. La richesse spécifique, l'abondance, l'indice de Shannon (H) et l'Equitabilité (E), et l'Analyse de Composante Principale ont été utilisés pour caractériser le peuplement de la faune ichtyologique dans le sous bassin de Bukavu. Au total 18 espèces répartie en quatre familles et 5 genres ont été identifiés à partir 615 spécimens récoltés. Les sites Labotte, Ndendere et Nyofu sont riches en espèces avec 15 espèces à Labotte, 11 espèces à Ndendere et 10 espèces à Nyofu. Par contre le site Athénée est faiblement diversifié avec 5 espèces. Les sites 1 et 5 ont présenté un effectif très élevé (197 et 164 respectivement) alors que le site d'Athénée en a présenté 53 spécimens. Les variables environnementales n'ont pas permis de bien expliquer le peuplement des poissons au sein des sites échantillonnés. On semble remarquer un effet anthropique sur la distribution de la faune ichtyologique dans cette partie du lac.

Mot clé : diversité, Ichtyofaune, distribution, Bassin de Bukavu, lac Kivu

Abstract

This study was carried out in the Bukavu sub-basin of Lake Kivu. It sought to understand the factors the contribute assemblage of the fish communities across the littoral zone of Bukavu sub basin. This area denotes to be affected by human activities such as port construction, sewage, fish cage ponds thereof the fish assemblage across littoral zone may be affected. Five localized situated in Labotte, Ndendere, Athénée, Nyofu and the College Basin has been selected. The fishing was organized during five sampling campaigns from December 2019 to Avril 2020. A multi-mesh net (8 to 20 mm mesh) was used at each site. For each sampling trippand at site, environmental variables including temperature, electrical conductivity, pH, TDS, depth were taken. The nature external nature and substrates of each site were noted. Specific richness, abundance, Shannon index (H) and Equitability (E) and Principal component Analysis were used to characterize the community fish fauna in the Bukavu sub-basin. A total of 18 species belonging to families and 5 genera were identified from 615 specimens collected. The Labotte, Ndendere and Nyofu sites were rich in species with 15 species at Labotte, 11 species at Ndendere, and 10 species at Nyofu. However, the was poorly of species with diversified with 5 species. Labotte site and Basin college site presented a very high number (197 and 164 respectively) while Athénée site presented 53 specimens. The environmental variables did not allow allow a good explanation of the community across sampled sites. An anthropogenic effect on the fish assemblage has been an covered.

Keyword: diversity, Ichthyofauna, distribution, Bukavu Basin, Lake Kivu

INTRODUCTION

Les milieux aquatiques continentaux sont tous particulièrement affectés par les activités humaines par la modification ou même la disparition des habitats (Lévêque et al.,2006). Les aménagements comme la construction des routes, les centrales hydroélectriques, les pollutions d'origines diverses, la surexploitation due à la pêche les activités agricoles (Lévêque & Paugy, 2006). Les conséquences mettent en danger la faune ichtyologique surtout dans les lacs grands lacs de l'Afrique de l'Est (Lévêque et al.2006).

En général, les grands lacs africains hébergent une diversité ichtyologique particulièrement intéressante pour les scientifiques (Ogutu-Ohwayo et al., 1997). Les lacs Tanganyika, Victoria et Malawi sont les plus connus avec une diversité entre 250 à 800 voire 1000 espèces et pour la plupart endémiques de ces lacs (Snoeks, 2001 ; Salzburger, 2018). Sur le plan social, les lacs contribuent dans l'approvisionnement de protéines d'origine animale et pourvoient les sources de revenu aux communautés riveraines (Gasse, 2009).

Le lac Kivu n'a pas reçu une même audience que les trois grands lacs ci-haut cités et pourtant le lac est aussi situé dans la même région du rift de l'Afrique de l'Est. Il est plus connu pour sa diversité ichtyologique faible avec seulement 29 espèces de poissons actuellement recensées dans le bassin, dont 5 espèces ayant été introduites, parmi lesquelles *Limnothrissa miodon* et *Lamprichthys tanganicanus*, originaires du lac Tanganyika (Snoeks et al.,1977). La première espèce constitue la principale ressource halieutique (Snoeks et al., 2012). Environs 6 tonnes de poissons exploitables annuellement (Guillard et al.,2012), ce qui donne environs 15 million de dollars américain que la population peut utiliser pour répondre aux besoins quotidiens pour leur survie. En plus, l'évolution de *Haplochromis sp* de la province orientale dans laquelle se trouvent les espèces, riche endémiques du lac Victoria aurait une base depuis le lac Kivu (Verheyen et al., 2003).

L'augmentation de la population dans la ville de Bukavu causé par l'insécurité engendrant l'exode rurale (Akonkwa,2017), entrainant la dégradation de l'environnement, et plus particulièrement du Lac Kivu (Lukala et al., 2012) par les construction anarchiques sur la zone côtière , et augmentation de la sédimentation par l'agriculture (Tchangaboba et al., 2019), les immondices et les déchets organiques et plastiques modifient la qualité des eaux du lac (Lina, 2015) on y ajoute également l'usage de pratiques de pêches impropre et destructrice de la faune (Akonkwa et al. 2017).

En plus, la pratique de la pisciculture en cage flottante au lac Kivu est développée dans différentes baies du bassin des Bukavu (Ishara, 2019), pour subvenir au besoin alimentaire de la population. Le développement de l'aquaculture constitue un moyen pour accroitre la production halieutique et faire face à la demande de plus en plus croissante des produits d'origine aquatique (UICN, 2007). Cette pratique suscitent néanmoins des préoccupation au niveau environnemental (Kouame et al., 2018).

La pisciculture en cage peut enrichir les sédiments situés en dessous des cages en matières organiques (Olapoju & Edokpayi , 2014) en provenance principalement de la matière organique constituée par le reste d'aliments non ingérés et décomposés issus du métabolisme des poissons élevés (Gorlach-Lira et al., 2013), affectant la qualité des eaux et perturber le fonctionnement de l'écosystèmes aquatiques.

Cette étude est une continuité d'une étude conduite par Ishara (2019) portant sur Etude préliminaire du peuplement des poissons dans le bassin de Bukavu (Est de la RDC) et qui a été conduite pendant un mois. Nous avons voulu consolider les résultats obtenus lors de la première étude. Lors de la première étude on a remarqué que les *Haplochromis* sp étaient dominant dans les milieux riches en pierres tandis que les *lamprichtys tanganicanus* colonisaient les milieux ou les macrophytes sont dominant, et la physico-chimique de l'eau était homogène dans toutes les sites d'échantillonnage. Nous partons par l'hypothèse selon laquelle la communauté ichtyologique peut être abondante sur les sites hébergeant les cages et pour lesquelles les rivages sont encore intacts alors qu'elle pourrait être faible aux sites fortement modifiées par les activités humaines indépendamment de la présence des cages. Notre objectif principal est de contribuer à l'étude du peuplement de la faune ichtyologique dans la zone littorale du bassin de Bukavu et déceler indirectement le comportement de la faune face à tous les changements qui à l'horizon. Spécifiquement nous avions poursuivi les objectifs de comparer la distribution et les abondances entre les espèces en fonction des types d'habitat ; et déterminer la relation entre les espèces et les variables environnementaux.

Outre l'introduction et la conclusion générales, ce présent travail s'articulera sur trois chapitres à savoir, le premier porte sur la synthèse bibliographique, le deuxième chapitre porte sur les matériels et méthodes utilisés et le troisième chapitre s'intéresse à la présentation des résultats et la discussion.

CHAPITRE 1. REVUE DE LA LITTERATURE

1.1 Présentation du lac Kivu

Le lac Kivu est situé à la frontière entre la République Démocratique du Congo et la République du Rwanda (Figure 1). Il a une superficie de 2370 km^2, une profondeur maximale de 489 m et une profondeur moyenne de 240 m (Marshall, 1993 ; Kaningini 1995), sa longueur est plus de 100km et une largeur d'environ 50km il fait partie des grands lacs du Rift est africain il est issu d'un barrage engendré par l'élévation des volcans de la chaîne des Virunga (Masilya, 2005 ; Fleur, 2012) , avec les lacs Albert et Edouard au nord, et le lac Tanganyika au sud dont il se distingue par son origine volcanique (Capart, 1960; Beadle, 1981).Sa configuration caractérisée par de nombreuses baies et îles (Fleur, 2012) il se compose en effet de 4 bassins : le bassin Nord, le bassin Est, le bassin Ouest (Kalehe) et le bassin Sud qui se subdivise en deux sous-bassin notamment le sous-bassin de Bukavu et le sous-bassin d'Ishungu. (Nord , Ouest ou bassin de Kalehe, Sud ou bassin d'Ishungu et Est), ainsi que de deux baies principales (la baie de Kabuno au nord-ouest et la baie de Bukavu au sud) (Damas,1937 et Capart 1960).

Le lac Kivu est un lac méromictique comportant une zone de surface oxygénée d'environ 60-70 m d'épaisseur, avec des eaux profondes anoxiques en permanence, contenant une quantité importante de gaz dissous spécialement le gaz méthane, le gaz carbonique et l'anhydride sulfureux (Tietze, 1980). Ces deux couches ne se mélangent pas, ce qui provoque une carence en nutriments essentiels par la perte en profondeur des sels minéraux des apports allochtones (Masilya, 2005).

Le bassin du lac Kivu se trouve sous un climat du type tropical humide (Capart, 1960 ; Kaningini et al., 1999 ; Masilya, 2005). Ce climat est influencé par divers facteurs notamment les deux chaînes de montagnes qui surplombent le lac, à l'Ouest et à l'Est par les vents alizés du Sud-Est et du Nord-Est; et par l'altitude ainsi par l'alternance de saison (Lina 2015, Lutwamuzire et al., 2015). Les précipitations moyennes annuelles varient entre 800 et 2800 mm (Balagizi et al. 2015). Il règne dans cette région deux saisons : la saison sèche, allant de mi-mai au début septembre et caractérisée par des vents forts et une baisse de température par rapport à la saison des pluies qui elle, est plus chaude et plus calme mais entrecoupée par une courte sécheresse vers janvier-février (Isumbisho et al., 2006). Le vent et la température de l'air, sont les principaux agents influant sur l'hydrodynamique, la physico-chimie et la biologie du Lac Kivu (Descy et al., 2012).

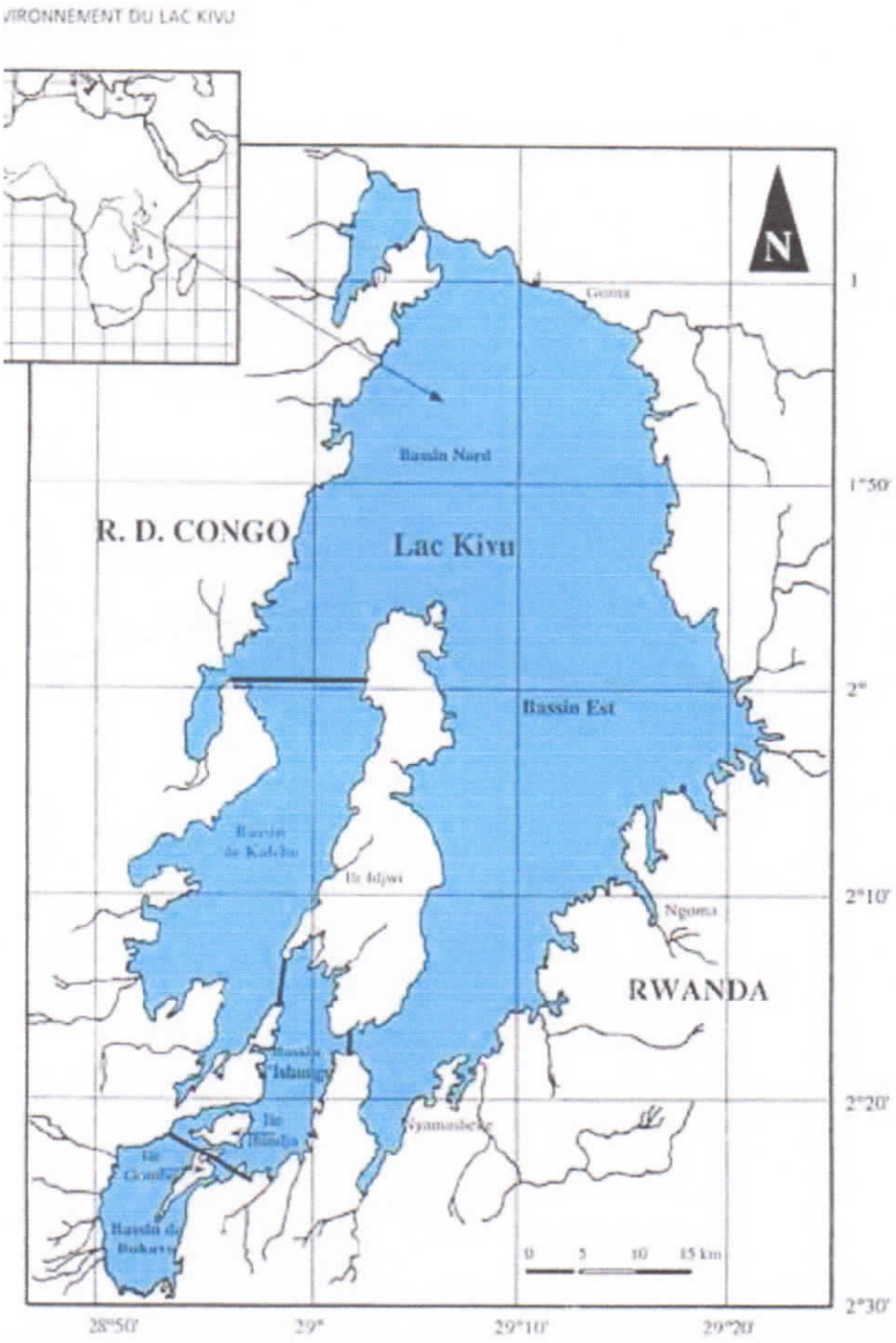


Figure 1. Localisation du lac Kivu

1.2 Les facteurs intervenant sur la distribution de la faune dans les lacs du Rift Albertin

La faune ichtyologique des grands lacs d'Afrique de l'Est incite la curiosité des scientifiques au début des années 1980, car ils logent la faune la plus riche au monde et considérer comme laboratoire d'étude de l'évolution (Lévêque et al., 2006), à l'heure actuelle compte près de 3 400 espèces de poissons qui appartiennent à 90 familles ont été découvertes et décrites en Afrique, parmi près des 15 000 espèces de poissons peuplant les écosystèmes aquatique, c'est également le continent où l'on rencontre le plus de familles endémiques de poissons comme les Cichlidae (Lévêque & Paugy, 2011). Ils regorgent l'existence de centaines d'espèces endémiques mais menacent par les activités anthropiques entre autre la surpêche, introduction d'espèces exotiques ou l'eutrophisation modifiant la qualité naturelle des eaux (Lévêque &Agnèse,2006) .

Il existe environ 300 espèces dans le lac Tanganyika, 500 dans l'ensemble des lacs Victoria, Kivu, Albert, Rukwa et Edouard, et plus de 800 dans le lac Malawi (Thieme et al.,2005). Aucune espèce n'est commune à chacun de ces trois grands ensembles. L'identification des espèces est difficile et beaucoup restent encore à décrire (Lévêque et al., 2006). L'ensemble des petits cichlidés représente environ 10 % des espèces de poissons d'eau douce actuellement connues (Weiss et al.,2015). La succession entre la région rocheuse, sablonneuse aussi que la profondeur influencent les communautés des poissons dans les grands lacs de l'Est Africain, de même la plus grande diversification de cette faune est due de la hétérogénéité des habitats par exemple au lac Tanganyika et au Malawi(Fryer, 1959 ;Hugueny & Leveque, 2006). Les processus de spéciation sont à l'origine de cette grande diversification d'espèces (Schluter, 2000). Au lac Kivu dans le Bassin nord, la distribution de *Lamprichtys tanganyicanus* et des *Haplochromis sp* est influencés par la présence des substrats rocheux et sablonneux (Mudagi,2020). Les caractéristiques physico-chimiques et ses effets se font sentir sur l'ensemble de la chaine trophique et provoquent l'envasement excessif des cours d'eau (Ndiwamungu, 2018)

Les différentes espèces de poissons ne sont pas réparties de manière homogène sur l'ensemble du continent africain (Lévêque, 2006). La distribution des espèces dépend en effet du climat, de la géologie et de l'histoire des systèmes aquatiques (Hugueny& Lévêque, 2006). Ainsi, les bassins du Nil, du Tchad, du Niger ou du Sénégal possèdent beaucoup d'espèces

communes, mais ces espèces sont en revanche absentes du bassin du Congo (Lévêque & Paugy, 2006).

1.3 *La diversité ichtyologique du lac Kivu*

La faune ichtyologique du lac Kivu est composée de 29 espèces dont 5 introduites (Tableau 1). Les espèces sont réparties dans 6 familles : Clupeidae, Cyprinidae, Amphiliidae, Clariidae, Cichlidae et Poeciliidae (Snoeks et al., 2012).

Tableau 1. les espèces de poissons du lac Kivu, leurs découvertes et leur habitat (compilé de Snoeks et al., 2012 par Mudagi, 2020)

Famille	Espèces	Origine	Habitat
Amphiliidae	*Amphilis cf. uranoscopus (Pfeffel, 1889)*	Autochtone	Littoral
Cichlidae	*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)	Autochtone	Littoral
	Oreochromis macrochir (Boulenger, 1912)	Introduit	Littoral
	Oreochromis leucostictus (Trewavvas, 1933)	Introduit	Littoral
	Coptodon rendali (Boulenger, 1896)	Introduit	Littoral
	Haplochromis vitatus (Boulenger, 1901)	Endémique	Littoral
	Haplochromis adolphifrederichi (Boulenger, 1914)	Endémique	Littoral
	Haplochromis gracilior (Boulenger, 1914)	Endémique	Littoral
	Haplochromis astatodon (Regan, 1921)	Endémique	Littoral
	Haplochromis graueri (Boulenger, 1914)	Endémique	Littoral
	Haplochromis paucidens (Regans, 1921)	Endémique	Littoral
	Haplochromis nigroides (Pelagrin, 1928)	Endémique	Littoral+ pélagique
	Haplochromis kamiranzovu Snoeks, 1984	Endémique	Littoral
	Haplochromis scheffersi Snoeks & TV den Audernaerde, 1987	Endémique	Littoral
	Haplochromis occultidens Snoeks, 1988	Endémique	Littoral
	Haplochromis olivaceus Snoeks et al. 1990	Endémique	Littoral
	Haplochromis crebridens Snoeks et al. 1990	Endémique	Littoral
	Haplochromis microchrysomelas Snoeks, 1994	Endémique	Littoral
	Haplochromis insidae. Snoeks, 1994	Endémique	Littoral
	Haplochromis rubescens. Snoeks, 1994	Endémique	Littoral
Claridae	*Clarias liocephalus* (Boulenger, 1898)	Autochtone	Littoral
	Clarias gariepensus (Burchell, 1822)	Autochtone	Littoral
	Raiamas moori (Boulenger, 1900)	Colonisation	Littoral
Cyprinidé	*Enteromius kerstenii* (Peter, 1868)	Autochtone	Littoral
	Enteromius pellegrini (Poll, 1939)	Autochtone	Littoral
	Labeobarbus altianalis (Boulenger, 1900)	Autochtone	Littoral
	Enteromius apleurogramma (Boulenger, 1911)	Autochtone	Littoral
Clupeidae	*Limnothrissa miodon* Boulenger, 1906	Introduit	Littoral + pélagique
Proecillidae	*Lamprichthys tanganicanus* (Boulenger, 1898)	Introduit	Littoral + pélagique

Plusieurs variables environnementales entre autre la physico-chimie de l'eau (la température, le pH, la conductivité, l'oxygène dissous, la profondeur et la transparence) et les types des substrats influencent le peuplement et la distribution des *Lamprichthys*

tanganicanus et des *Haplochromis* dans le bassin Nord du lac Kivu et dans le sous Bassin de Bukavu. A ces facteurs on peut également ajouter les types des substrats, les caractéristiques paysagères ainsi que la richesse spécifique, l'abondance, la taille, les indices biotiques et des analyses uni et multi variée (Mudagi, 2020). La présence des cages dans la zone littorale du lac Kivu, peut aussi influence le peuplement de la faune (Ishara, 2019).

A cet effet, il s'est fait observer que les facteurs substrat ont un impact dans le peuplement et l'abondance des poissons. Les substrats rocheux donnent une indication d'être riche en espèces des poissons contrairement aux substrats sablonneux qui sont moins diversifiés. En dehors de ce facteur (substrats rocheux et sablonneux) les autres variables n'ont pas présentés une influence sur le peuplement des poissons (Lévêque et al.2006).

1.4 Menace de la zone littorale du Lac Kivu

La zone littorale du lac Kivu en général et principalement celle du bassin de Bukavu est fortement perturbée. La cause principale est l'augmentation de la population le long du bassin versant a une incidence sur la charge de nutriments dans ce lac (Muvundja et al., 2009), les affluents pollués charrient des charges polluantes importantes dans la zone littorale du lac Kivu (Kapepula et al., 2015). Cette population s'évertue dans la construction anarchique et toute autre forme de pollutions, l'activité antropogenique conduit à la modification de la zone littorale du lac Kivu alors que c'est là que se reproduisent toutes les espèces du lac Kivu et 27 sur les 29 vivent en cette zone (Kaningini, 1995 ; Snoeks et al., 1997). Ces modifications peuvent induire le changement de la structure spatio-temporelle de la faune ichtyologique. A ce jour, il s'ajoute également la pisciculture en cage, qui présente des avantages sur plan économique et sociale au lac Kivu (Ishara, 20019). A long terme ces cages flottantes ont toujours des impacts négatifs causant un déséquilibre et dysfonctionnement des écosystèmes aquatiques.

CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Présentation du milieu d'étude

Cette étude a été réalisée dans le bassin Sud du lac Kivu précisément dans le sous-bassin de Bukavu (Figure 2). Le sous-bassin de Bukavu a une superficie de 96,5 km² et une profondeur maximale de 105m avec une moyenne autour de 75m (Kaningini et al., 1999). Il est limité au nord-ouest par l'Isthme de Birava et au nord-est par les îles Gombo et Ibindja. Le sous-bassin de Bukavu est composé dans sa partie australe de cinq baies : les baies de Bukavu, Ndendere, Nyofu, Nyalukemba et Nguba (Kaningini et al., 1999).



Figure 2. Les sites d'échantillonnage et les bassins du lac Kivu

2.1.1 Choix, description des s d'échantillonnage

Cinq sites d'échantillonnage réparties dans 4 baies (Bukavu, Ndendere, Nyofu et Nyalukemba) lesquelles ont été choisies en fonction de la variation d'habitats (macrophyte, et substrat dominant) et des différents aménagements réalisés le long de la zone littorale comme la construction des murs dans l'eau et la présence des cages dans ces différentes baies (Figure 3). En effet, la faune varie en fonction de l'habitat dans lequel on la trouve (Touzin, 2008).

Trois sites présentent des cages, dont Labotte, Ndendere et Bassin du Collège ; et les deux autres sites Athénée et Nyofu n'ont pas des cages et présentent d'autres formes des perturbations comme la présence des déchets plastiques et d'autres déchets ménagers, et la présence des murs de soutènement sur les berges.

Le premier site était situé à Labotte à 02°29'241"S, 028°51'551"E à 1465m d'altitude (Figure 3). On y trouve les macrophytes, pierres, les déchets plastiques et autres déchets ménagers, et les murs de construction. Le deuxième site était situé à Ndendere à 02°29'621"S, 028'51'75'' E à 1462m d'altitude. Un mur de soutènement y est construit et deux cages qui sont installée (Figure 3). Le site de l'Athénée était située à 02°29'107"S, 028°51'768"E à 1462m d'altitude, on y trouve les macrophytes, les murs des soutènements, un d'embarcation des pécheurs et une plage pour la natation (Corps de la Paix). Le quatrième site de Nyofu était localisée à 02°29'153"S, 28°52'234E et 1464m d'altitude représente 90% de végétaux ; et lé dernier site Bassin du Collège était situé à 02°29'180"S, 28°52'264"E et à 1465m d'altitude présente des macrophytes, des déchets plastiques et des cages. Comme substrat , la boue et pierres étaient dominant .macrophytes, des déchets plastiques et des cages. Comme substrat la boue et pierres étaient dominant.



Figure 3. Les sites d'échationnage

2.2 Echationnage et traitement des échantillons

L'échantillonnage a consisté en collecte de variables environnementales et des poissons durant 5 campagnes d'échantillonnage organisées mensuellement de décembre 2019 en avril 2020. La température, la conductivité électrique, le TDS et le pH ont été mesurés *in situ* à l'aide d'une sonde multiparamétrique de marque YSI Incor 550 Dissolved Oxgen made in Japan. La profondeur du d'échantillonnage en cm était mesurée à l'aide d'un échosondeur de marque PlastimoEchotest II, 59588.

En plus, la composition en substrat (boues, sable, cailloux ou pierres, des macrophytes), la présence des constructions des murs sur des berges, la présence des déchets plastiques et autres immondices liés aux activités humaines ; ont été généralement estimés par observation sur chaque site.

Les poissons étaient pêchés grâce à des filets multi mailles (8 à 20 mm). Les filets mesurent 30 mètres de longueur et 1,5 mètre de hauteur. Ces filets sont appropriés pour évaluer le peuplement de la faune ichtyologique dans la zone littorale dans un lac. Tous les filets étaient mouillés entre 7h et 8h sur et prélevés entre 13h et 14h.

Après que les filets aient été relevés, les différents poissons étaient gardés dans des sachets par site dans lequel on y mettait une étiquette sur laquelle étaient écrits la date et le nom du site d'échationnage. Une identification au niveau du genre pour les *Haplochromis* et les autres espèces non *Haplochromis* l'étaient sur le terrain.

2.3 Traitement des spécimens au laboratoire

Tous les spécimens du genre *Haplochromis* étaient identifiés au laboratoire d'Ichtyologie de l'Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée (UERHA) de l'ISP de Bukavu et du Centre de Recherche en Biodiversité, Ecologie, Evolution et Conservation (CRBEC). Nous avons bénéficié de l'assistance d'Alimasi W. pour identifier les spécimens de poissons en utilisant les livres de Snoeks, (1994). Certains individus de *Haplochromis* n'ont pas été identifiés jusqu'au niveau de l'espèce car ils présentaient des tailles relativement petites et donc, n'ont pas été inclus dans le nombre d'espèces par sites. Toutefois, ils ont été repris dans le tableau 2 pour donner le nombre total de spécimens par site.

2.4. Analyse et traitement statistiques des données

Les variables environnementales (physico-chimie) ont été testées entre elles par Analyse de la variance (ANOVA) suivi de la comparaison deux à deux de Tukey grâce au logiciel Past 3.18. Le test non paramétrique U de Mann Whitney a été utilisé pour comparer les variables environnementales et les variables ichtyologiques.

Les abondances de *Lamprichthys* et des *Haplochromis* ont été testées par Kruskal-wallis suivi de Mann-Whitney U-test car les variances de ces données n'étaient pas homogènes (Leven test : $p<0,05$).

Les milieux explorés ont été déterminée par l'indice de Shannon (Shannon, 1948) qui permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu. Cet indice a été calculé à l'aide de la formule suivante : $\mathbf{H' = -\Sigma ((Ni/N) \times \ln (Ni/N))}$; avec Ni : nombre d'individus d'une espèce donnée et N : nombre total d'individus et aussi l'Equitabilité de Piélou qui traduit le degré de diversité atteint, a été calculé pour identifier l'équilibre des peuplements

selon la formule suivante : **E = H'/H max = H'/Log2 S** ; avec S : nombres d'espèces observées.

L'association entre les variables environnementales et les espèces a été réalisées grâce à l'Analyse en Composante Principale (ACP) grâce au logiciel Canoco Version 4.5.Les variables environnementaux étaient transformés en log(x), l'abondance des espèces de poissons en ln(x+1) et le taux des substrat et macrophytes en Arcsin (racine(X)).

Chapitre 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats

3.1.1 *Les variables environnementales*

Les valeurs moyennes des principaux paramètres physico-chimiques (température en °C, pH, conductivité électrique µs/cm et TDS en ppm) prélevés dans les différents sites du Bassin de Bukavu sont reprises dans le Tableau 2.

La température moyenne des eaux était quasi la même (24°C). Aux cinq sites, la température minimale et maximale était aussi dans le même gramme. Il n'y a pas eu de différence significative entre les sites ($p>0,05$).

La valeur moyenne du pH sur les différents sites était la même. Les valeurs du pH sont proches de la neutralité aux deux premières sorties et à tous les sites, le pH devient alcalin de Février en Avril. Aucune différence significative n'a été détectée entre les sites ($p>0,05$).

La conductivité électrique a été relativement élevée à Labotte (1149.8 µS/cm) et presque similaire aux quatre sites (de 1095,2 à 1099 µS/cm). Au site 1 de Labotte, la conductivité a varié entre 1044 à 1418 µS/cm et pour les autres de 1039-1046 à 1142-1143 µS/cm. Les valeurs de TDS (Total dissolved solids) ne montrent pas de différence significative entre les sites. La valeur moyenne de TDS est de 524,9 à l'Athénée et 557,6 à Labotte. La variation était très remarquable à Labotte de 464,7 à 706 ppm tandis que chez les autres sites, la variation a été modérée (437,5 à 577,1 ppm). Aucune différence n'a été détectée pour cette variable.

Tableau 2. Les valeurs Moyenne, minimale, maximale et écart types des principaux paramètres physico-chimiques mesurés in situ

	Température			p H			Conductivité électrique			TDS			Profondeur		
	min	Max	Moyenne	Min	max	Moyenne	min	Max	Moyenne	Min	max	moyenne	min	max	Moyenne
Labotte	23,9	24,4	24,2(± 0,13)	6,94	10,3	8,684(±1,1)	1044	1418	1149,8(±107,3)	464,7	706	557,7(±59,)	1,6	3,8	2,9±0,52
Ndendere	23,7	25,2	24,4(±0,38)	6,94	10,22	8,72(± 1,1)	1039	1142	1095,2(±42,9)	438,5	571	526,3(±36,9)	1,5	1,8	1,6±0,06
Athénée	23,9	24,5	24,3(±0,38)	6,89	10,25	8,63(±1,0)	1044	1142	1096,4(±41,1)	437,5	571	524,9(±36,2)	1,7	5,2	3,4±0,3
Nyofu	23,8	24,6	24,2(±0,24)	6,8	9,88	8,554(±1,0)	1046	1143	1099(±42,)	443	577,1	530,5(±38)	2,7	3,6	3,1±0,3
B.Collège	24,26	24,8	24,5(±0,16)	6,8	9,78	8,59(±1,0)	1046	1143	1098,6(±42,1)	441	571	528,58(±37,6)	2,1	4,5	3,3±0,8

3.1.2. Caractérisation du Peuplement Ichtyologique dans la partie sud du lac Kivu

3.1.2.1. Composition et abondance de la faune ichtyologique

Au total nous avons capturé 615 spécimens de poissons sur les sites d'échationnage. L'identification a permis de signaler que la communauté ichtyologique le long de ces sites est composée de 4 familles, 5 genres et 18 espèces (Tableau 3). La famille la plus représentée est celle des Cichlidae avec 15 espèces. Les familles des Clupeidae, Poeciliidae, Cyprinidae étaient représentées chacune par une seule espèce.

Tableau 3 liste des espèces péchées au cours de notre étude.

Diversité/ Site	**Labotte (1)**	ABR (%)	**Ndendere (2)**	ABR (%)	**Athénée (3)**	ABR (%)	**Nyofu (4)**	ABR (%)	**Bassin Collège (5)**	ABR (%)
Cyprinidae										
Enteromius kerstenii	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**1**	0.61
Clupeidae										
Limnotrissa miodon	**1**	0.51	**4**	3.77	**0**	0.00	**20**	21.05	**0**	0.00
Poeciliidae										
Lamprichthy tanganicanus	**36**	18.27	**55**	51.89	**27**	50.94	**35**	36.84	**136**	82.93
Cichlidae	**160**	**81.2**	**47**	**44.3**	**26**	**49.1**	**40**	**42.1**	**27**	**16.463**
Oreochromis niloticus	**2**	1.25	**1**	2.13	**0**	0.00	**1**	2.50	**0**	0.00
Haplochromis vitatus	**2**	1.25	**1**	2.13	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00
Haplochromis adolphifrederichi	**12**	7.50	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00
Haplochromis gracilior	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00
Haplochromis astatodon	**9**	5.63	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00
Haplochromis graueri	**0**	0.00	**4**	8.51	**0**	0.00	**4**	10.00	**5**	18.52
Haplochromis paucidens	**8**	5.00	**5**	10.64	**5**	19.23	**3**	7.50	**11**	40.74
Haplochromis nigroides	**13**	8.13	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00
Haplochromis kamiranzovu	**1**	0.63	**6**	12.77	**0**	0.00	**11**	27.50	**0**	0.00
Haplochromis scheffersi	**3**	1.88	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00
Haplochromis olivaceus	**21**	13.13	**6**	12.77	**11**	42.31	**6**	15.00	**4**	14.81
Haplochromis crebridens	**47**	29.38	**5**	10.64	**0**	0.00	**4**	10.00	**3**	11.11
Haplochromis microchrysomelas	**7**	4.38	**3**	6.38	**3**	11.54	**2**	5.00	**2**	7.41
Haplochromis insidae	**4**	2.50	**13**	27.66	**1**	3.85	**8**	20.00	**2**	7.41
Haplochromis rubescens	**1**	0.63	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00	**0**	0.00
Haplochromis sp	**30**	18.75	**3**	6.38	**6**	23.08	**1**	2.50	**0**	0.00
	197		**106**		**53**		**95**		**164**	

Les sites 1, 2 et 4 respectivement à Labottes, à Ndendere et à Nyofu ont présenté une richesse spécifique relativement élevée avec 15 au premier site et 11 au site 2 et au site 4 nous avons enregistré 10 espèces . La richesse est très faible au à l'Athénée avec 5 espèces. Il ressort qu'à Labotte, la famille de Cichlidae était la plus abondante 81,2%, l'espèce la plus abondante est les *Haplochromis crebridens* représentaient à 29,4% par rapport à l'abondance totale de la famille des Cichlidae. Sur les sites de Ndendere et bassin du Collège, le *Lamprichthys tanganicanus* avait dominé la communauté ichtyologique avec 51,9 % et 82,9 % respectivement.

Nous avions enregistré une abondance élevée avec 197 et 164 aux sites de Labotte et au bassin du Collège respectivement. On a par contre enregistré un faible effectif de la faune à l'Athénée. Le test statistique n'a pas montré de différence significative et ainsi, les pêches organisées étaient bien standardisées.

3. 1. 2.2. Indice de Shannon Weaver et Equitabilité

Les indices H' et J présentent également leurs valeurs élevées aux sites à Labotte, Ndendere (Tableau 4), traduisant une distribution d'effectif relativement équilibrée qu'au bassin du Collège auquel *L. tanganicanus* domine largement la communauté (Tableau 3).

Tableau 4 les indices de Shannon-Weaver et d'Equitabilité de Pilou obtenues entre sites

Site	Shannon_H	Equitability_J
Labotte	2.2	0.8
Ndendere	1.7	0.7
Athénée	1.4	0.8
Nyofu	1.9	0.8
Bassin du Collège	0.7	0.3584

3.1.2.3. Variation de la faune ichtyologique en relation avec les variables environnementales

La distribution spatiale de la faune ichtyologique en relation avec les variables environnementales n'a pas été bien démarquée (Figure 4).

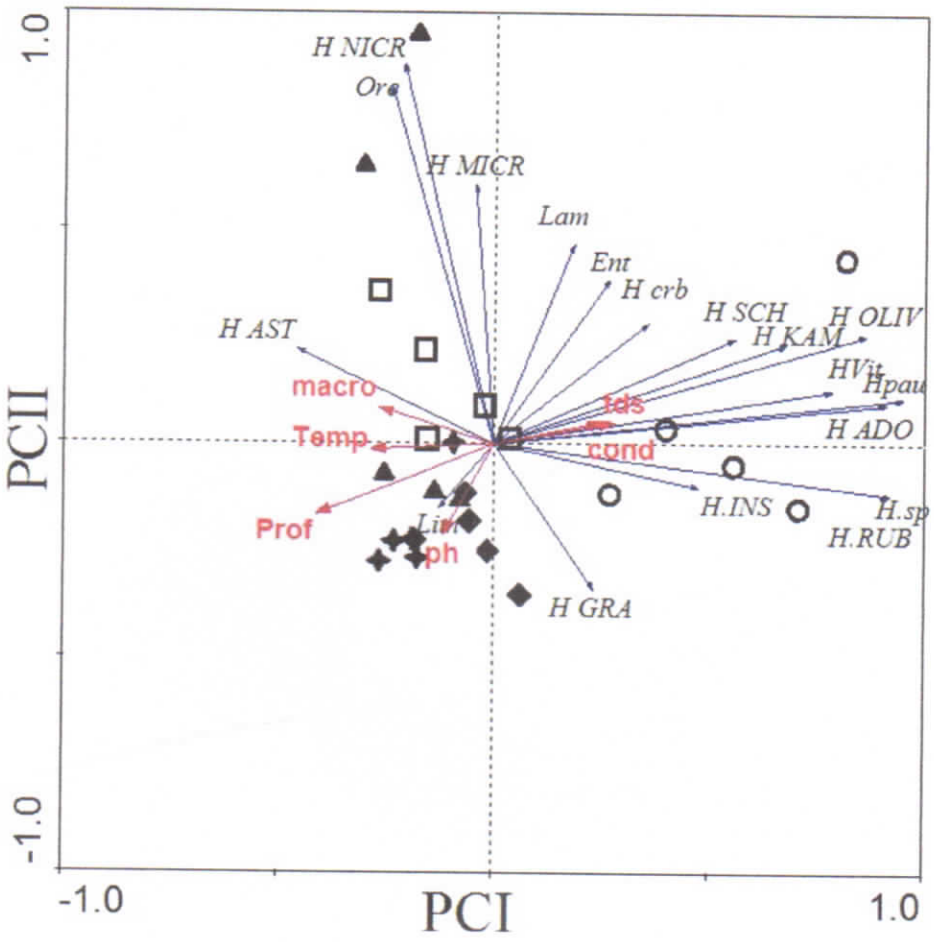


Figure 4 : Présentation de la matrice ACP sur l'association des variables environnementales et communautés ichtyologique. Symboles indiquant les sites : ○ : Labotte : □ : Ndendere , ♦ :Athénée,▲ :Nyofu,★ : Bassin du Collège.

3.2 Discussion

Les résultats de cette étude ont permis de fournir la composition de la faune ichtyologique et les facteurs environnementaux, lesquels pour le moment permettent d'expliquer l'organisation du peuplement de la faune ichtyologique au lac Kivu, dans le bassin de Bukavu.

Dans le Bassin de Bukavu, la température varie entre 23,7°C et 25,2°C, ceci montre que les eaux du Bassin de Bukavu ont une température élevée. Nos résultats sont proches des travaux des (Rodier, 1996) et (Kulimushi, 2018). La conductivité électrique exprimée en µS/cm du bassin de Bukavu est en intervalle entre 1039 et 1418µs/cm avec une moyenne de (1107,8 ±50,48 µS/cm), (Homblette,2006) indique la conductivité électrique du lac Kivu est stable dans les eaux des surfaces et cela fait à ce que l'eau soit saline, et son pH est compris

entre 6,8 et 10,3 et la moyenne des valeurs (8,6±1,04096), nos résultats sont proches de ceux de (Vanden et al.,1990 ; Marshall 1993 ;Kaningini, 1995 et Muvundja, 2010).

Les espèces identifiées n'ont pas présenté des différences avec celles identifiées dans Mudagi (2020). Durant son étude, l'auteur a identifié dans la partie Nord du lac Kivu à Gisenyi, elle a identifié 20 espèces parmi lesquelles 17 espèces des Cichlidae. Au Nord, *Haplochromis occultidens*, *Coptodon rendalli* et *Oreochromis macrochir* ont y ont été signalé et absent dans nos échantillons sur les sites explorés. Par contre, nous avons signalé la présence d'*H. nigroides* présent dans nos sites, et absent au nord. Nous pouvons signaler toutefois que *O. niloticus* y est présent dans le sous bassin de Bukavu (Nihoreye et al., 2019). Les différences observées entre le nord et le sud seraient attribuées aux pêches nocturnes organisées au nord et à l'état écologique relativement intact de la zone littorale au nord (Mudagi, 2020 ; Kisekelwa com. Pers.). Nous n'avons pas pu discuter la richesse spécifique avec le travail Ishara (2019), car les espèces d'*Haplochromis* n'étaient pas identifiées jusqu'à l'espèce.

L'utilisation des poissons en tant que bio-indicateurs consiste à analyser la structure des communautés échantillonnées à des différents sites, c'est à dire étudier les paramètres comme la richesse spécifique, l'abondance relative des différents taxons, ainsi que la taille des individus capturés (Pont, 2010).

Nous avons observé que la diversité ichtyologique était élevée au site à Labotte, Ndendere et Nyofu. Elle était très faible à Athénée. Cette grande richesse est due aux conditions environnementales relativement conservées que dans les localités à 'Athénée où la zone littorale est dégradée.

Les Cichlidae constituent une famille extrêmement repandue en Afrique et particulièrement dans les lacs du Rift Albertin (Lévêque et al,.2006 ; Bertucci, 2011). Nos resultats sont accords avec cette affirmation sauf pour certains sites où les *L. tanganicanus* ont été dominant. Des résultats similaire, c'est-à-dire dominance des Cichlidae et celle de *Lamprichthys tanganicanus* dans la zone littorale du lac Kivu (Fermon, 2007; Mudagi, 2020).

Les *Lamprichthys tanganicanus* est abondant dans les sites de Nyofu à 36,8% et du Bassin du Collège, avec une proportion de 89,93% car ces deux sites sont dominés par des macrophytes. Il se dégage que cette espèce a la capacité de coloniser diverses catégories d'habitats (Masilya et al., 2011 ; Mudagi, 2020). Cette espèce domine les habitats rocheux au

nord (Mudagi, 2020) et même à macrophytes au sud (Ishara, 2019). Cette espèce est pourtant rocheux au lac Tanganyika et vivant dans la zone côtière (Coulter, 1991). Elle colonise même la zone pélagique au lac Kivu (Masilya, 2011). *Lamprichthys tanganicanus* affectionne les zones rocheuses à faible profondeur et pourrait avoir une préférence aux habitats avec la présence des macrophytes et ce qu'elle fait à ce qu'il soit abondant dans la zone littorale et pélagique.

Même si les poissons des lacs de l'Est sont influencés par la variation de substrat (Lévêque et al., 2006), nous constatons que le long des sites échantillonnés les activités anthropiques semblent plus influencer la communauté ichtyologique dans cette partie du lac. La faible diversité et abondance au site à l'Athénée donne cette indication. Par contre, au nord, une indication de l'effet de l'habitat a été détectée sur la faune ichtyologique (Mudagi, 2020). En général, les variables environnementales n'ont pas permis d'interpréter sans équivoque le peuplement de poissons dans cette partie. Il a toutefois été remarqué que les *Haplochromis* soient moins contraignants au niveau de substrats (Mudagi, 2010 ; Kisekelwa, com. Pers.).

De ce fait, l'analyse de la structure de ces communautés permet d'intégrer les effets d'une perturbation sur une échelle de plusieurs années (Boissonneault, 2005).

L'étude de Richard (1996) établit une relation entre les espèces piscicoles présentes dans le milieu et la qualité de l'eau. Pour ce faire, certaines espèces de poissons ont été choisies comme indicateur de la qualité du milieu. Les poissons sont les bioindicateurs pour l'évaluation qualité des eaux d'un écosystème, ces résultats permettront la surveillance et l'aménagement d'une pêche durable tout en luttant contre la dégradation des habitats naturels.

Conclusion

Le présent travail « Contribution à l'étude du peuplement de la faune ichtyologique dans le bassin de Bukavu » avait comme objectif principal de contribuer à l'étude du peuplement de la faune ichtyologique dans la zone littorale du bassin de Bukavu et déceler indirectement le comportement de la faune face à tous les changements qui à l'horizon.

La faune recensée dans ce travail était composé de 615 individus correspondant à quatre familles, l'effectif du peuplement ichtyologique a que montré le cichlidé était abondant dans la partie littorale du Bassin de Bukavu.

La richesse spécifique du Bassin de Bukavu dépend des conditions écologiques de chaque site d'échationnage est plus influencée par les activités anthropiques. Les *Haplochromis* ont été les plus abondants dans tous les sites mais plus particulièrement sur le substrat rocheux et sablonneux et aussi sur les berges plus ou moins perturbés par les activités humaines ; par contre les *Lamprichthys tanganicanus* ont été abondants aux sites dominées par les macrophytes.

Ainsi, pour une gestion durable de la zone littorale du lac Kivu, la présente étude recommande:

- Lutter contre la pollution des eaux et traiter les eaux avant le rejet dans le lac,
- La collecte régulière des statistiques des poissons pour mieux surveiller le fonctionnement de l'écosystème,
- Promouvoir la pisciculture dans le cadre de réduire sensiblement les pratiques des cages piscicoles dans le lac Kivu,
- Création des zones protégées dans certaines baies, ou les pratiques anthropiques seront interdites. Mettre en application la loi du respect des 10mètres de rive, pour protéger la berge et les habitats naturels pouvant servir des lieux de refuge et de reproduction des poissons,
- La population riveraine du lac Kivu, doit prendre conscience du rôle de la zone littorale vis-à-vis de la faune ichtyologique du lac Kivu.

Ce travail est limité dans le temps et dans l'espace de ce fait, il est judicieux de le perpétuer sur une ou plusieurs années et à l'échelle plus large couvrant les autres bassins du lac Kivu.

Bibliographie

Akonkwa, B., Muderhwa, N., Ahouansou, S.M. & Laleye, P., 2017. Caractérisation de la pêche au lac Kivu. European Scientific journal. DOI : 10.19044/esj. 2017.

Balagizi, K. I., 1988. Contribution à l'étude qualitative de peuplement d'arthropodes dans le littoral du lac Kivu : bassin de Bukavu-baie de Ndendere. Mémoire, Inédit, Département de Boiologie-Chimie, ISP-Bukavu, 64 p.

Basima, L., Senzanje, A., Marshall,B & Shick, K . 2006, Impacts of land and water use on plankton diversity and water quality in small man-made reservoirs in the Limpopo basin, Zimbabwe: A preliminary investigation. Physics and chemistry of the Earth Parts A/B/C: 31(15):821-831, DOI:10.1016/j.pce.2006.08.026

Basime, L., Mbalassa, M., Muhigwa, B. & Nshombo,M. (2006). Anthropogenic influences on the littoralzone biota of lake Kivu, Bassin Bukavu, D. R. Congo. SIL Proceedings, 1922-2010,29 (5), 2283-2288.

Beadle, L, 1974. The inland Waters of Tropical Africa. An introduction to Tropical limnology. Longman Group, London, VII, 365 p

Boissonneault, Y., 2006. Le suivi écologique des rivières au Québec : comparaison des bioindicateurs basés sur les invertébrés et les diatomées benthiques (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).

Bouteldjaou, F., Mokeddeme I., Oualkacha L., Aïssata, D., Boujelben ,N., Dorsaf Ben P., 2019, Impacts des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines en zone semi-aride, Algérie. Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement 12 – 14 Mars 2019, Ouargla (Algérie). DOI: 10.13140/RG.2.2.15132.23685

Capart , A. 1960. Le lac Kivu. Les naturalistes Belges, Tome 41, N° 10: 397-417.

Coulter, G.W., 1991. Lake Tanganyika and its life. Natural History Museum Publications and Natural History. Oxford Université. 354pp.

Damas H. 1937. Quelques caractères écologiques de trois lacs équatoriaux: Kivu, Edouard, Ndalaga. Annales de la Société Royale Zoologique de Belgique68: 121-135.

Descy, J .P.,Darchambeau F., & Schmid M., 2012. Lake Kivu: Limnology and biogeochemistry of a tropical great lake, Aquatic Ecology Series, Springer. The Netherlands. ISBN 978-94-007-4242-0, 196p.

Fleur R., 2012. Contribution à la description du cycle de l'azote au sein des eaux superficielles du lac Kivu (Afrique de l'Est). Diplôme de Master, Inédit, Fac. Sc., Université de Liège, 34p.

Frey, G, 1959. Trophic inter relationships and ecology of some littoral communities of Lake Nyasa with especial reference to the fishes, and a discussion of the evolution of a group of rock-frequenting Cichidae. Proceedings of zoological Society. London 132; 153-281

Gasse, F.,(2009) Évolution des grands lacs du Rift. p. 63-78

Gorlach-Lira K.,Pacheco C., Carvalho L., Melo, J. & Crispim M. (2013). The influence of fish culture in floating net cages on microbial indicators of water quality. *Brazilian Journal of Biology*, **73**: 457-463

Guèye N., 2019. Les écosystèmes aquatiques continentaux d'Afrique et leur contribution à l'amélioration de la sécurité alimentaire et de la nutrition. Améliorer la gestion des ressources naturelles pour la sécurité alimentaire en Afrique. FAO. In : Nature & Faune. Volume 32, Numéro 2

Guillard, J., Darchambeau, F., Masilya, P. & Descy, J.-P. (2012). Is the fishery of the introduced Tanganyika Sardine (Limnothrissa miodon) in Lake Kivu (East Africa) sustainable? Journal of Great Lakes Research, 38 (3): 524-533.

Homblette, N., 2006. Etude des acides gras dans la chaine trophique pélagique du lac Kivu. Mémoire de Licence FUNDP, Namur, 63p.

Hugueny, B. & Lévêque, C. 2006. Richesse en espèce du peuplement de poissons. In : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie et utilisation par l'homme.(Eds Lévêque, C&Paugy ,D) IRD, Paris, 263-275.

Ishara, M., 2019. Etude préliminaire du peuplement des poissons dans le bassin de Bukavu (Est de la RDC). Mémoire inédit. Institut Supérieur Pédagogique – Licence Biologie Appliqué

Isumbisho M., 2009. la pollution de la zone littorale du lac kivu , seminaire sur d'ecologie et la restauration,UEA Bukavu.

Isumbisho, M., Sarmento, H., Kaningini, B., Micha, J.C. & Descy, J.P., 2006. Zooplankton of Lake Kivu, East Africa: half a century after the Tanganyika sardine introduction. J Plankton Res., Vol. 28 No.11, pp. 971–989

Kaningini, B., Micha, J.-C., Vandenhaute, J., Platteau, J.P.,Watongoka, H., Mélard, C., Wilondja, M.K. & Isumbisho, M., 1999. Pêche d'Isambaza au filet maillant dans le lac Kivu. Rapport final du Projet ONG/219/92/Zaïre. Presses Universitaires de Namur, 187 p.

Kaningini, M., 1995. Etude de la croissance, de la reproduction et de l'exploitation de Limnothrissa miodon au lac Kivu, bassin de Bukavu (Zaire), thèse de Doctorat, Facultés des sciences, FUNDP, Namur, Belgique, 166p.

Kapepula L., 2015. contribution à l'état de lieux de déchets solides ménagers dans la ville D'Uvira, Sud-Kivu, Inédit, 6-12, pp. 23.

Kouame B., Koko A., Diomande M., Konate I. & Assidjo N (2017). Caractérisation physicochimique de trois espèces de champignons sauvages comestibles couramment rencontrées dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). Journal of Applied Biosciences. 121: 12110-12120

Kulimushi, M.D, 2018. Caractérisation physico-chimique en lien avec la diversité des macroinvertébrés benthiques de la zone Littorale du lac Kivu : Bassin de Bukavu. Mémoire inédit. Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu– Licence Biologie Appliqué

Leclercq, L. & Maquet, B. (2001). Les bases de l'étude hydrobiologique. Station scientifique des Hautes-Fagnes, rue de Botrange, 137 B-4950 rober ville, Belgique.

Lévêque, C. & Paugy, D. 2006. Caractéristiques générales de la faune ichtyologique. *In* : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie et utilisation par l'homme.(Eds Léveque,C&paugy,D)IRD,Paris, 45-57.

Lévêque, C., & Agnès,F, 2006. Diversité : Héritage de l'évolution. In : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie et utilisation par l'homme.(Eds Léveque,C&paugy,D)IRD,Paris, 89-104.

Lévêque, C.,Fermon,Y. & Duponchelle, F. 2006. Communauté des lacs profonds. *In* : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie et utilisation par l'homme. (Eds Lévêque, C&Paugy,D)IRD, Paris, 321-339.

Liechti, P., 20. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimique, nutriments. Confédération Suisse, Office fédéral de l'environnement, Berne, 46 p.

Lina, A. (2015), Evaluation des charges polluantes (polluante et industrielle)arrivant au lac Kivu dans la ville de Bukavu, R.D.Congo, Thèse Doctoral, Université de Liège, 45-47p

Lukala M. K. L., Biringanine M. E., Zirumana M. I. D., & Mwimi B. G., 2012. Contribution à l'analyse des risques environnementaux anthropiques dans la ville de Bukavu. Cahier du Ceruki, Nouvelle série No. 42, pp. 111-124.

Lutwamuzire D., Heri N., Beka F., Heri T, & Mushagalusa H., 2015. Evaluation du degré de pollution des eaux littorales du lac Kivu: cas du Bassin de Bukavu

Marshall B. E., 1993. The biology of the African Clupeid Limnothrissa miodon with special reference to its small size in artificial lakes, Reviews in Fish Biology and Fisheries 3:14-22.

Masilya, M.P., 2005. Etude des relations trophiques de Limnothrissa miodon (Boulenger, 1906) avec le zooplancton au lac Kivu, Bassin de Bukavu, RD Congo. Mémoire de DEA, Université du Burundi, 52 p

Mudagi, J., 2020. Contribution à l'etude du peuplement de la faune ictyologique dans le bassin Nord du lac Kivu. Mémoire inédit. Institut Supérieur Pédagogique – Licence Biologie Appliqué

Muvundja F.A., 2010.Riverine nutrient inputs to lake kivu. Master, Inédit, Science Degree in Zoology, Makerere University, 21p.

Muvundja, F.A, Wüest, A., Isumbisho, M., Kaningini, M., Pasche, N., Ritna, P., Schmid, M., 2014. Modelling Lake Kivu water level variations over the last seven decades . Limnologica-Inland water management, Vol. 47, pp 21-33.

Ndiwamungu, 2018. Evaluation du taux d'envasement du réservoir de la centrale hydroélectrique Ruzizi I par turbidimétrie. Mémoire de licence inédit Isp/bukavu

Nihoreye, J.F., Masilya, M.P., Isumbisho, M.P., Okitayela, F.O., 2019. Différenciation morphologique entre deux souches naturelles et une souche cultivée du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) au Sud-Kivu, RD Congo. IJIAS 27(1), 323–336.

Ogutu-Ohwayo, R, E. Hecky, A. S. Cohen & L. Kaufman 1997. Human impacts on the African Great Lakes. Environmental Biology of Fishes 50: 117–131.

Olapoju O & Edokpayi C. (2014). Ecological study on the impact of mariculture fish cage on the physico-chemical characteristics of Lagos Lagoon, south western Nigeria. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, p. 8.

Othmani .T, Aitnouh, F., Achak, M.; Oliver, J. ; M. Bessenasse, Kettab, A.,2019. Impacts des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines en zone semi-aride, Algérie. Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement. Université Said Dahleb Blida ; Algeria Oxford University Press, London.

Richard, S., 1996. La qualité de l'eau et son incidence sur la biodiversité , l'exemple de la retenue de petit saut(Guyane Française).Journal d'agriculture traditionnelle et botanique appliquée 40-1-2/pp. 53-77.

Rodier, J., 1996. Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer : chimie, physico-chimie, microbiologie et biologie. Ed. Dunod, 8ème éd. 1432 p.

Salzburger, W., 2018. Understanding explosive diversification through cichlid fish genomics. Nat. Rev. Gen. 19, 705–717. doi.org/10.1038/ s41576-018-0043-9.

Sato, T. 1987., Spawning of *Oreochromis niloticus* in Lake Kivu. *In*: Kawanabe,

Schluter, D., 2000.The Ecology of Adaptive Radiation. Oxford University Press, Oxford.

Snoeks, J. 1994. The Haplochromines (Teleostei, Cichlidae) of Lake Kivu (East Africa). A taxonomic revision with notes on their ecology. MRAC, 221pp.

Snoeks, J., Kaningini M., Masilya P., Nyinawamwiza L., & Guillard J., 2012. Fishes in Lake Kivu: Diversity and Fisheries, p 127-152. In Descy, J-P., Darchambeau, F. & Schmid, M., (eds.), Lake Kivu: Limnology and biogeochemistry of a tropical great lake, Aquatic Ecology Series, Springer. The Netherlands.Springer, in press.

Snoeks, J., De Vos, L. & Thys van Audenaerde,D.F.F.,1997. The icthyologeography of Lake Kivu. South Africain Journal of Science 93: 579-584.

Tchangaboba T. Akonkwa B, Lushombo M., Lina A., Mbalassa M. et Nshombo M. (2019). Caractérisation de certains s reconnus comme zones de fraies par les pêcheurs dans la zone littorale du lac Kivu: cas du bassin de Bukavu (Sud-Kivu, RD Congo). Annales des Sciences et des Sciences Appliquées, Vol 4(4/4, juillet 2018), 214-238

Thieme, L.M, Abell, M.L, Stiassny, P., Skelton, B., Lehner,G, Teugels,E, Dinestein,A.T, Kamamdem,N., Burgess &Olson,D. 2005. Freshwater Ecoregions of Africa and Madagascard.A conservation Assesment.WWF, USA.

Tietze, K., 1980. The unique methane gas deposit in lake Kivu (Central Africa) - Stratification, dynamics, genesis and development.Symposium on unconventional gas recovery, Pittsbourgh

Touzin, D., 2008. Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation et la qualité de l'eau des rivières au Quebec. Memoire de maitrise, Université Laval, Québec, Québec, 40p.

UICN. 2007. Guide pour le développement durable de l'aquaculture méditerranéenne. Interactions entre l'aquaculture et l'environnement. Union Internationale pour la Conservation de la Nature, Gland, Suisse et Malaga, Espagne. VI. p. 110.

Vanden, P. & Bernacsek, G.M., 1990. Source book for the inland fishery ressources of Africa, 1. CIFA Technical paper, N°18.1, Rome, FAO, 240 p

Verbeke,J.(1957), Recherches écologiques sur la faune de grands lacs de l'Est du Congo Belge. Exploration Hydrobiologique des Lacs Kivu, Edouard et Albert (1952 – 1954). Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bulletin, vol. 3 No.1, 177 p

Verheyen, E., Salzburger, W., J. Snoeks, J., & Meyer. A., 2003. The Origin of the Superflock of the 35 Cichlid Fishes from Lake Victoria, East Africa. Science, 300: 325–329.

Weiss, J. D., Cotterill, F. P. D., & Schliewen, U. K. 2015. Lake tanganyika - A "melting pot" of ancient and young cichlid lineages (Teleostei: Cichlidae). *PLoS ONE*, *10*(4), 1–29. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125043