

2020-10

Analyse des fréquences de tailles des principales espèces de poissons capturées par la pêche commerciale au Burundi : cas des plages de Kajaga et Nyamugari

NTAKIRUTIMANA, Rémy

UB

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/123>

Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi

UNIVERSITE DU BURUNDI



FACULTE DES SCIENCES

**ANALYSE DES FRÉQUENCES DE TAILLES DES
PRINCIPALES ESPÈCES DE POISSONS CAPTURÉES PAR
LA PÊCHE COMMERCIALE AU BURUNDI: CAS DES
PLAGES DE KAJAGA ET NYAMUGARI.**

Par

Rémy NTAKIRUTIMANA

MÉMOIRE

**Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en
Biologie des Organismes et Écologie**

Option: Biologie et Gestion des Écosystèmes aquatiques

Sous la Direction de :

Prof. Charles NIYONKURU, Directeur

Prof. Gaspard NTAKIMAZI, Co-Directeur

MEMBRES DU JURY

Président : Prof. Claver SIBOMANA

Secrétaire : Dr Émile NIBONA

Directeur : Prof. Charles NIYONKURU

Co-Directeur : Prof. Gaspard NTAKIMAZI

Bujumbura, octobre 2020

DÉDICACE

En Mémoire de feu Berchmans NTACOBAMAZE, mon Père

À Valérie BIZIMANA, ma Mère

REMERCIEMENTS

Au terme de ce mémoire et de ma formation de Master, je voudrais témoigner toute ma gratitude à toute personne morale et/ou physique qui, de près ou de loin, a contribué pour que j'arrive à terme de ce travail.

Ma profonde reconnaissance est adressée aux Promoteurs et Directeurs de ce mémoire, Professeur Charles NIYONKURU et Professeur Gaspard NTAKIMAZI. Malgré tant d'autres responsabilités à leur charge, ils m'ont toujours été disponibles pour me guider. Ils ont inculqué en moi l'esprit de la Recherche et l'amour de la science qui sont actuellement mes passions. C'est avec eux que j'ai appris la plupart des concepts utilisés dans ce travail alors qu'ils étaient complètement nouveaux pour moi. Ils m'ont inspiré de la patience, le courage, l'amour du travail et l'assiduité. Ils seront toujours mes bons exemples.

Je remercie du fond de mon cœur la famille MAJAMBERE Jean Claude pour m'avoir accueilli simplement comme fils de la maison. Que Dieu compte pour elle les charges qu'elle a supportées en ma faveur comme actes de sainteté. . En ce qui me concerne, je leur dois respect, considération et gratitude qu'un digne fils doit à ses parents.

Un grand merci est adressé à Messieurs Joël RUSEGURA et Éloge NIYONGABO, respectivement responsables des plages de Kajaga et Nyamugari, et également aux pêcheurs et vendeurs des poissons auxdites plages. Leur collaboration pendant la récolte des données de ce mémoire a été d'importance inégalée.

L'Ambassade de la République Populaire de Chine m'a soutenu financièrement pendant ce parcours, j'en serais toujours reconnaissant.

Je dis sincèrement merci au Colonel Oscar NZOHABONIMANA, son soutien moral et matériel a été pour moi vitale.

Rémy NTAKIRUTIMANA

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 Le lac Tanganyika dans le Rift Valley est africain.....	5
Figure I.2 Variation de l'épilimnion selon le cycle annuel du Lac Tanganyika.	8
Figure I.3 Morphologie de <i>Stolothrissa tanganyicae</i>	15
Figure I.4 Morphologie de <i>Limnothrissa miodon</i>	17
Figure I.5 Morphologie de <i>Lates stappersii</i>	19
Figure II.1 Localisation des plages Kajaga et Nyamugari	20
Figure II.2 Différentes mesures qu'on peut faire sur le poisson	23
Figure II.3: Mensuration des poissons et enregistrement des longueurs dans un cahier (A) et l'ichtyomètre utilisé (B).	24
Figure III.1 Part (en %) de chaque espèce pour le nombre d'individus	30
Figure III.2 Fréquences de longueur (en %) des captures de LMI et STA et débarquées à Kajaga et Nyamugari de décembre 2019 à avril 2020.....	36
Figure III.3 Fréquence de longueur (en %) des captures de LST débarquée à Nyamugari de janvier à avril 2020.....	37
Figure III.4 Courbes de croissance de von Bertalanffy pour <i>L. miodon</i> (A), <i>S. tanganyicae</i> (B) et <i>L. stappersii</i> (C) à Kajaga (a) et à Nyamugari (b).....	41
Figure III.5 Graphique de Jones et van Zalinge pour estimer la mortalité totale de LMI (A), STA (B) et LST (C)..	44
Figure III.6 Courbe montrant les pics de recrutement réalisées à l'aide de FiSAT pour <i>L. miodon</i> (A), <i>S. tanganyicae</i> (B) et <i>L. stappersii</i> (C) à Kajaga (a) et à Nyamugari (b)	47
Figure III.7 : Évolution de la capture par unité d'effort à Kajaga et à Nyamugari	48
Figure III.8 Évolution de la capture par unité d'effort à Nyamugari et Kajaga.	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 Les grands groupes d'organismes vivants du lac Tanganyika et leur degré d'endémicité	10
Tableau III-1 Comparaison des tailles de LMI et STA observées à Kajaga et à Nyamugari	31
Tableau III-2 : Degré de maturité et d'immaturité en pourcentage par espèces	37
Tableau III-3 Changement des tailles de LMI, STA et LST selon la période et les sites d'échantillonnage	38
Tableau III-4 Estimation des paramètres de croissance	42
Tableau III-5 Les paramètres de mortalité pour <i>Stolothrissa tanganyicae</i> (STA), <i>Limnothrissa miodon</i> (LMI) et <i>Lates stappersii</i> (AST) à Kajaga et à Nyamugari.....	43
Tableau III-6: Synthèse de la CPUE à Kajaga et à Nyamugari pendant les 5 mois d'échantillonnage	49

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Formulaire pour l'enregistrement des données pour les clupéidés.....	64
Annexe 2: Formulaire pour l'enregistrement des données pour <i>Lates stappersii</i> adultes	65
Annexe 3: Nombre total d'échantillons et de spécimens analysés au cours de ce travail	66
Annexe 4 : Fréquences mensuelles de longueur (en %) des captures de <i>Limnothrissa miodon</i> débarquées à Kajaga et à Nyamugari de Décembre 2019 à avril 2020.....	67
Annexe 5 : Fréquences mensuelles de longueur (en %) des captures de <i>Stolothrissa tanganyicae</i> débarquées à Kajaga et à Nyamugari de Décembre 2019 à avril 2020.....	69
Annexe 6: Fréquences mensuelles de longueur (en %) des captures de <i>Lates stappersii</i> débarquées à Nyamugari de janvier à avril 2020.	71

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ALT	: Autorité du lac Tanganyika
CGES	: Cadre de Gestion Environnementale et Sociale
CPUE	: Capture par Unité d'effort
DEPP	: Département des Eaux, Pêche et Pisciculture
E	: Taux d'exploitation
F	: Taux instantané de mortalité par pêche
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
FINNIDA	: Finnish International Development Agency
FiSAT II	: FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II
GBAD	: Groupe de la Banque Africaine de Développement
GNF	: Global Nature Fund
ICLARM	: International Center for Living Aquatic Resources Management
K	: Coefficient de croissance
L_{∞}	: Longueur asymptotique
LMI	: <i>Limnothrissa miodon</i>
LST	: <i>Lates stappersii</i>
Lt	: Longueur totale
LTR	: Lake Tanganyika Research
M	: Taux instantané de mortalité naturelle
MEEATU	: Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme
N	: Nombre d'individus
\emptyset'	: Indice de performance de la croissance basé sur la longueur
°C	: Degré Celsius
pH	: Potentiel d'hydrogène
PPCDR	: Programme Post Conflit de Développement Rural
RDC	: République Démocratique du Congo
STA	: <i>S. tanganyicae</i> (<i>Stolothrissa tanganyicae</i>)
Z	: taux instantané de mortalité totale

RÉSUMÉ

La pêche commerciale sur le lac Tanganyika est basée principalement sur la capture des trois espèces: *Stolothrissa tanganicae*, *Limnothrissa miodon* et *Lates stappersii*. La capture de ces espèces se fait essentiellement par la pêche artisanale. Ces dernières années, il s'observe une diminution de la production halieutique surtout dans la partie nord du lac. Les fréquences de tailles des poissons capturés peuvent donner une image sur l'état du stock de poisson.

Nous avons étudié les paramètres des populations pour les trois espèces sur deux plages de débarquement (Kajaga et Nyamugari) au nord du lac Tanganyika. L'étude a été faite à partir des données sur les mesures de tailles des poissons débarqués sur les plages pendant cinq mois (décembre 2019 - avril 2020) et analysées à l'aide des logiciels Microsoft Excel 2013, R (version 3.5.1) et FiSAT-II (version 1.2.2).

Les tailles à grande fréquence observées à Nyamugari sont significativement supérieures à celles observées à Kajaga. Les valeurs des paramètres estimées étaient $L_{\infty} = 284$ mm ($K = 0,65$ an⁻¹) pour *L. stappersii* à Nyamugari, $L_{\infty} = 135$ et 118 mm pour *S. tanganicae* à Kajaga et Nyamugari respectivement (avec des valeurs K de $0,94$ et $0,99$ an⁻¹ respectivement), $L_{\infty} = 148$ et 132 mm et $K = 1,04$ et $0,92$ an⁻¹ pour *L. miodon* à Kajaga et Nyamugari respectivement. Les valeurs de Φ étaient respectivement $4,72$; $4,14$ et $4,58$ pour *L. stappersii*, *S. tanganicae* et *L. miodon* à Nyamugari et respectivement de $4,23$ et $4,36$ pour *S. tanganicae* et *L. miodon* à Kajaga.

A l'exception de *S. tanganicae* le taux d'immaturité est très élevé dans les captures. A Kajaga, $80,26\%$ de *Limnothrissa miodon* et $43,09\%$ de *Stolothrissa tanganicae* sont capturés immatures. A Nyamugari, $52,60\%$ de *Limnothrissa miodon*, $11,16\%$ de *Stolothrissa tanganicae* et $98,18\%$ de *Lates stappersii* sont capturés immatures. La mortalité totale (Z) estimée est de $7,58$ et $4,18$ an⁻¹ respectivement pour *S. tanganicae* et *L. miodon* à Kajaga et de $6,57$; $4,11$ et $2,30$ an⁻¹ respectivement pour *S. tanganicae*, *L. miodon* et *L. stappersii* à Nyamugari. La mortalité naturelle (M) est de $1,09$; $1,13$ an⁻¹ pour *S. tanganicae* et *L. miodon* respectivement à Kajaga et respectivement de $1,17$; $1,08$ et $0,69$ an⁻¹ pour *S. tanganicae*, *L. miodon* et *L. stappersii* à Nyamugari. La mortalité par pêche (F) est respectivement de $6,49$ et $3,05$ pour *S. tanganicae* et *L. miodon* à Kajaga et de $5,40$; $3,03$ et $1,60$ respectivement pour *S. tanganicae*, *L. miodon* et *L. stappersii* à Nyamugari.

Ces taux de mortalité ont permis d'estimer un taux d'exploitation ($E = F/Z$) plutôt élevé ($>0,5$) pour toutes les trois espèces et aux deux stations ($E= 0,73$ et $0,86$ pour *L. miodon* et *S. tanganyicae* à Kajaga; $E= 0,82$; $0,74$ et $0,70$ pour *S. tanganyicae*, *L. miodon* et *L. stappersii* respectivement à Nyamugari). Cela indique que ces poissons sont soumis à une surexploitation.

La capture par unité d'effort a baissé par rapport aux années passées. La pression de pêche, les mauvaises pratiques de pêche et la pollution par sédimentation seraient des principaux facteurs de cette baisse de production. Des efforts sont à fournir par toutes les parties prenantes pour bien gérer la pêche au lac Tanganyika.

ABSTRACT

Limnothrissa miodon, *Stolothrissa tanganyicae* and *Lates stappersii* are three main species concerned by commercial fishing on Lake Tanganyika. The capture of these species is mainly done by artisanal fishing. In recent years, there has been a decrease in fish production, especially in the northern part of the lake.

The size frequencies of the fish caught can give a picture of the state of the fish stock. We studied the population parameters for the three species on two landing beaches (Kajaga and Nyamugari) north of Lake Tanganyika. The study was carried out using data on the size measurements of fish landed on the beaches for five months (December 2019 - April 2020) and analyzed using Microsoft Excel 2013, R (version 3.5.1) and FiSAT-II (version 1.2.2 software.).

The high frequency sizes observed at Nyamugari are significantly higher than those observed at Kajaga. The estimated values were $L_{\infty} = 284$ mm ($K = 0.65 \text{ yr}^{-1}$) for *L. stappersii* at Nyamugari, $L_{\infty} = 135$ and 118 mm for *S. tanganyicae* at Kajaga and Nyamugari respectively (with K values of 0.94 and 0.99 an^{-1} respectively), $L_{\infty} = 148$ and 132 mm and $K = 1.04$ and 0.92 yr^{-1} for *L. miodon* at Kajaga and Nyamugari respectively. The values of Φ were respectively 4.72 , 4.14 and 4.58 for *L. stappersii*, *S. tanganyicae* and *L. miodon* in Nyamugari and respectively 4.23 and 4.36 for *S. tanganyicae* and *L. miodon* in Kajaga.

With the exception of *S. tanganyicae* the immaturity rate is very high in the catches. In Kajaga, 80.26% of *Limnothrissa miodon* and 43.09% of *Stolothrissa tanganyicae* are caught immature. In Nyamugari, 52.60% of *Limnothrissa miodon*, 11.16% of *Stolothrissa tanganyicae* and 98.18% of *Lates stappersii* are captured immature.

The estimated total mortality (Z) is 7.58 and 4.18 yr⁻¹ respectively for *S. tanganyicae* and *L. miodon* in Kajaga and 6.57, 4.11 and 2.30 yr⁻¹ respectively for *S. tanganyicae*, *L. miodon* and *L. stappersii* in Nyamugari. The natural mortality (M) is 1.09, 1.13 year⁻¹ for *S. tanganyicae* and *L. miodon* respectively in Kajaga and respectively 1.17, 1.08 and 0.69 year⁻¹ for *S. tanganyicae*, *L. miodon* and *L. stappersii* in Nyamugari . The fishing mortality (F) is respectively 6.49 and 3.05 for *S. tanganyicae* and *L. miodon* in Kajaga and 5.40, 3.03 and 1.60 respectively for *S. tanganyicae*, *L. miodon* and *L. stappersii* in Nyamugari.

These mortality rates allow us to estimate a rather high exploitation rate ($E = F / Z$) (> 0.5) for all three species and at the two stations ($E = 0.73$ and 0.86 for *L. miodon* and *S. tanganyicae* at Kajaga; $E = 0.82$; 0.74 and 0.70 for *S. tanganyicae*, *L. miodon* and *L. stappersii* respectively at Nyamugari). This indicates that these fish are subject to overexploitation.

The catch per unit effort has decreased compared to previous years. Fishing pressure, poor fishing practices and pollution by sedimentation are believed to be the main factors in this drop in production. Efforts must be made by all stakeholders to properly manage fishing in Lake Tanganyika.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES ANNEXES.....	v
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	vi
RÉSUMÉ.....	vii
ABSTRACT.....	viii
TABLE DES MATIÈRES.....	x
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LE LAC TANGANYIKA ET LES PRINCIPALES ESPECES DE POISSONS CAPTURÉES DANS CE LAC.....	5
I. 1 Lac Tanganyika.....	5
I.1.1 Description.....	6
I.1.2 Biodiversité du lac Tanganyika.....	10
I.1.3 Menaces pesant sur le lac.....	11
I.1.4 Pêche sur le lac Tanganyika.....	12
I. 2 Principales espèces de poissons capturés dans le lac Tanganyika.....	14
I. 2. 1 <i>Stolothrissa tanganyicae</i> (Regan, 1917) (Ndagala, Kahuzo, Karumba).....	14
1. 2. 2 <i>Limnothrissa miodon</i> , (Boulenger, 1906) (Lumpu, Imbiya).....	16
1.2.3 <i>Lates stappersii</i> (Boulenger, 1914) (Mukeke, Nyamunyamu).....	18
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	20
II. 1 Milieu d'étude.....	20
II.1.1. Description de la plage de Nyamugari.....	21
II.1.2. Description de la station de Kajaga.....	21
II. 2 Échantillonnage.....	22
II. 3 Traitement des données.....	25
II. 3. 1 Fréquence de taille.....	25
II. 3. 2 Estimation des paramètres de croissance.....	26
II. 3. 3 Indice de croissance $\bar{\phi}'$	27
II. 3. 4 Estimation de la mortalité.....	27
II. 3. 5 Modèle de recrutement.....	28
II. 3. 6 Analyse des captures par unité (CPUE).....	29

CHAPITRE III RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	30
III. 1 Caractéristiques des captures.....	30
III. 1. 1 <i>Limnothrissa miodon</i>	31
III. 1. 2 <i>Stolothrissa tanganyicae</i>	33
III. 1. 3 <i>Lates stappersii</i>	35
III. 2 Les paramètres de croissance	38
III. 3 La mortalité et le taux d'exploitation	42
III. 4 Le modèle de recrutement	45
III. 5 Les captures par unité d'effort (CPUE).....	48
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	50
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	51
ANNEXES	64

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les produits d'origine aquatique jouent un rôle particulièrement important dans les pays en développement où leur contribution nette dans l'alimentation est passée de 6,3 à 13,8 kg par personne et par an de 1968 à 1998. En 2002, les productions aquatiques représentaient 13 millions de tonnes (Chevassus-au-Louis & Lazard, 2009). Parmi les produits aquatiques d'origine animale figure le poisson.

En effet, d'après Heck *et al.* (2007), le poisson constitue la principale source de protéines animales pour quelque 200 millions de personnes sur le continent africain. La pêche fournit également des revenus à plus de 10 millions d'africains, et l'on compte entre cinq et dix fois plus de personnes qui pratiquent la pêche comme activité secondaire et qui contribuent ainsi à la sécurité alimentaire des zones rurales (Kaptué *et al.* 2013). En 2015, environ 17 % des protéines d'origine animale consommées dans le monde provenaient du poisson. En outre, le poisson fournissait à environ 3,2 milliards de personnes près de 20 % de leur apport moyen en protéines animales (FAO, 2018). La production halieutique mondiale a atteint, en 2016, une valeur d'environ 171 millions de tonnes, le secteur de l'aquaculture comptant pour 47 % de ce chiffre, voire 53% si l'on exclut la production destinée à des utilisations non alimentaires; la pêche de capture s'élevait à 90,9 millions de tonnes. (FAO, 2018).

Au Burundi, la pêche s'effectue principalement dans le lac Tanganyika avec une superficie de 32.900 km² et dans les lacs du nord: Rweru (100 km²), Kanzigiri (3,8 km²) et Cohoha (72 km²). La côte burundaise du lac Tanganyika a une longueur de 159 km, soit 9% sur la longueur totale de celui-ci (Hanek, 1994). Les eaux burundaises couvrent une surface de 2 634 km², soit environ 8% de la superficie totale du lac Tanganyika (Emerusenge, 2007).

La pêche sur le lac Tanganyika est une activité d'une importance particulière pour les pays riverains. Selon Patterson et Pekin (1998), 90% des prises dans le lac Tanganyika sont constituées par six espèces de poisson : deux espèces sont de la famille des Clupeidae à savoir *Stolothrissa tanganyicae* et *Limnothrissa miodon*. Ces espèces sont endémiques et pélagiques. Les quatre autres espèces sont de la famille des Latidae et sont du genre *Lates*.

Dans les années 1980, les captures annuelles ont été de 15 à 20 mille tonnes; elle est passée de 19 378 tonnes en 1991 à 14 697 tonnes en 2003 (FAO, 2005). Mais, dans les rapports de 2010, le

DEPP indique que la production de poissons est tombée à 13-14 mille tonnes. Le ministère ayant la pêche dans ses attributions a signalé, en 2014 que parmi les nombreuses espèces de poissons du lac Tanganyika, vingt-huit sont menacées avec quatre espèces en voie d'extinction, dix en danger et quatorze vulnérables (MEEATU, 2014). Les principales causes de cette diminution de production halieutique sur le lac Tanganyika sont surtout la pollution, la sédimentation, la surpêche, et la destruction des habitats (Allison *et al.* 2000; GNF, 2017; MEEATU, 2013; Vandelannoote *et al.* 1996; Buhungu *et al.* 2018; Mannini et Aro, 1995). Les changements climatiques ont également un impact sur la production halieutique à long terme (Bulengela *et al.* 2019; Lowe *et al.* 2019; O'Reilly *et al.* 2003).

Au regard des menaces actuellement observées sur les ressources aquatiques du lac Tanganyika, des mesures supplémentaires de gestion s'imposent. Les chercheurs qui étudient la dynamique des populations sont amenés à prendre en compte la structure démographique de ces populations. En effet, plusieurs processus clés (tels que la croissance, la fécondité ou survie) qui déterminent l'évolution des effectifs ou des biomasses des populations au fil du temps diffèrent notablement selon les groupes d'âge (Mesnil, 2002).

Les données sur l'âge et la croissance des poissons sont essentielles à la compréhension des traits de l'histoire de vie des espèces et des populations (exemples : longévité, âge au recrutement, âge à la maturité sexuelle, périodes de reproduction, migrations, mortalité) et à l'étude de la structure démographique des populations et de leur dynamique (de Pontual *et al.* 2002).

Beaucoup d'ichtyologistes utilisent les études de croissance pour analyser la structure et la dynamique des populations, évaluer la mortalité naturelle et par pêche et estimer la production (de Merona *et al.* 1988). Les applications en écologie incluent l'étude des réponses adaptatives des populations aux pressions environnementales, d'origine naturelle (variations climatiques) ou anthropiques (pêche, pollution, aménagement de la bande côtière).

En l'absence de ces informations, il devient difficile d'élaborer un modèle d'estimation des stocks des populations de clupéidés et latidés qui, comme décrits plus hauts, contribuent en grande partie à la production halieutique du lac Tanganyika.

Or les plusieurs études menées sur le Lac Tanganyika se sont surtout penchées sur la biodiversité et son exploitation, la conservation, la transformation, le conditionnement et la commercialisation des poissons, l'évolution des statistiques pêches, etc.

Parmi ces études, on peut citer notamment celles d'Evert (1980), Bellemans (1991), Hanek *et al.* (1993), Devos et Snoeks (1994), Ntakimazi (1995), Patterson et Makin (1998), Allison *et al.* (2000).

Donc peu est connu sur les aspects démographiques des poissons d'intérêt commercial du lac Tanganyika. Or, selon Ntakimazi (2013), une analyse de la composition biologique des captures, notamment l'analyse de la distribution des fréquences des longueurs des captures de poissons obtenus avec les différents types d'engins de pêche pourrait donner une réponse rapide sur l'état de l'exploitation des stocks. Ces informations manquent également pour plusieurs espèces de poissons.

Dans quelques études effectuées au Burundi sur la fréquence de tailles des poissons, on constate que des captures dans la partie septentrionale du lac Tanganyika comprennent une grande partie des poissons immatures (Aro & Mannini, 1995; Mannini *et al.* 1996, Ntakimazi, 2013). C'est également dans cette partie où la capture par unité d'effort est la plus faible (Coenen, 1994; Aro & Mannini, 1995). C'est donc une partie qui nécessite une gestion particulière basée sur des études spécifiques. Face à cette situation, des questions peuvent être posées: Les poissons capturés actuellement au nord du lac sont-ils de taille mature? Si ce n'est pas le cas, quels sont les facteurs qui seraient à l'origine de cette situation?

Ces questions et d'autres qui peuvent se poser nécessitent des études appropriées pour apporter des éclaircissements sur les problèmes de la pêche et proposer un certain nombre de solutions pour une gestion durable de l'écosystème et du stock de poissons.

C'est dans ce cadre que, afin de répondre à deux questions ci-haut, nous nous sommes proposés d'entreprendre ce travail intitulé: «Analyse des fréquences de tailles des principales espèces de poissons capturées par la pêche commerciale au Burundi: Cas des plages de Kajaga et Nyamugari.». Cette étude permet de savoir l'état actuel de la composition des captures dans cette partie du lac.

L'objectif global du présent travail est de contribuer à la gestion durable de l'ichtyofaune du lac Tanganyika.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- ✓ Montrer l'évolution au cours du temps des fréquences des tailles des principales espèces de poissons étudiés;
- ✓ Comparer les paramètres de croissance et de mortalités des trois principales espèces de poissons des deux stations (Kajaga et Nyamugari)
- ✓ Présenter le niveau d'exploitation des principales espèces de poissons étudiés ;
- ✓ Comparer les modèles de recrutement des espèces étudiées dans les deux milieux.

A côté de l'introduction générale, de la conclusion générale et des recommandations, le travail s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre parle des généralités sur le Lac Tanganyika et ses ressources ainsi que quelques aspects sur la biologie et l'écologie des espèces des familles de clupéidés et latidés. Le deuxième chapitre développe l'approche méthodologique adoptée pour arriver aux résultats présentés au troisième et dernier chapitre consacré à la présentation et discussion des résultats.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LE LAC TANGANYIKA ET LES PRINCIPALES ESPECES DE POISSONS CAPTURÉES DANS CE LAC

Il est question, ici, de passer en revue certains des aspects jugés les plus importants qui vont permettre la compréhension du sujet et l'interprétation des résultats. Il s'agit d'informations bibliographiques sommaires sur le lac Tanganyika et sur les trois principales espèces de poissons capturées par la pêche commerciale.

I. 1 Lac Tanganyika

Le lac Tanganyika est situé à l'extrémité sud de la vallée du Rift Est africain (Coulter, 1994), à une latitude comprise entre $03^{\circ}20'$ et $08^{\circ}48'S$ et à une longitude située entre $29^{\circ}03'$ et $31^{\circ}12'E$ (Langenberg, 2008) (fig. I.1). C'est l'un des lacs de la région des grands lacs africains. Il est partagé par quatre pays à savoir le Burundi, la RDC, la Tanzanie et la Zambie (Hanek, 1994). Son eau s'écoule dans le fleuve Congo par la Lukuga (Ntakimazi, 1998; Beadle, 1981).

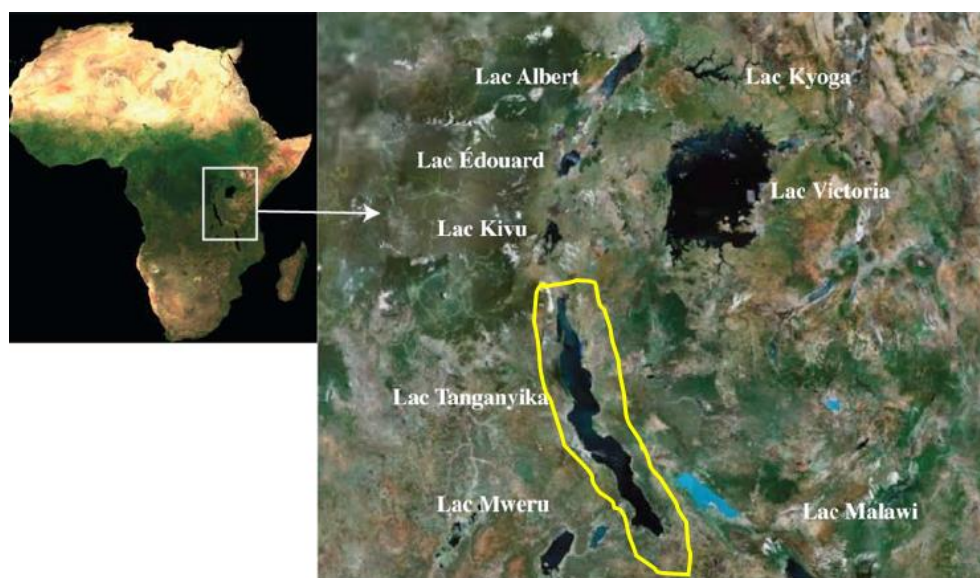


Figure I.1 Le lac Tanganyika dans le Rift Valley est africain (adapté depuis Fermon, 2007)

I.1.1 Description

Le lac Tanganyika est le plus grand et probablement le plus ancien des écosystèmes lacustres des grabens Est africains (Ntakimazi, 1998). Avec une superficie totale de 32 600 km², le lac Tanganyika est l'une des plus grandes réserves d'eau douce du monde avec environ 20.000 kilomètres cubes d'eau (Emerusenge, 2007).

Avec une profondeur maximale de 1470 m (Bootsma & Hecky, 1993), et une profondeur moyenne de 700 m (Fermon, 2007), il est le deuxième lac le plus profond au monde après le lac Baïkal en Russie d'une profondeur de 1522 m (Capart, 1952). Il est étiré sur 673 km du nord au sud, soit le lac le plus long au monde (GNF, 2017).

Capart (1952) indique que le fond du lac Tanganyika permet de délimiter trois bassins:

- Un bassin du Nord, qui va depuis l'embouchure de la RUSIZI à la baie du Burton, avec une profondeur maximale de 450 m;
- Le bassin de Kigoma, entre la presqu'île de Kungwe à la hauteur de Kalemie;
- Le bassin de Zongwe qui s'étend de Kungwe jusqu' à Mpulungu ; il a la fosse la plus profonde.

Le lac Tanganyika est le plus ancien, le plus vaste et le plus long des lacs du Rift africains (Victoria, Malawi, Kivu, Edward, Albert et Turkana). Il se serait formé il y a entre 5 et 20 millions d'années (Coulter, 1991 & Ntakimazi, 1992).

Cohen et *al.* (1993) indiquent qu'il date probablement d'il y a environ 10 millions d'années. A la même époque que lors des plissements alpins, le massif Africain se serait fracturé pour donner naissance au Rift-Valley qui va de la mer rouge à l'embouchure du Zambèze (Nyakageni, 1985).

Pendant plus de la moitié de cette période, le lac était isolé des autres systèmes hydrographiques.

Dans son évolution, trois phases se seraient succédé (Brichard, 1989) :

- Phase I : Au cours de cette phase, il y aurait eu deux lacs séparés par un mur de 500 à 600 m de hauteur ;
- Phase II : Les deux lacs auraient fusionné et la profondeur serait allée jusqu'à 700 m ;
- Phase III : La profondeur du lac serait allée jusqu'à 900 m.

Camus (1965) signale que de 1878 à 1884, le niveau du lac a chuté de 784 m à 775 m d'altitude pour se stabiliser à 773 m depuis 1894.

Les variations de niveau du lac résultent d'une part de la différence entre les apports d'eau par les précipitations et les affluents et, d'autre part, les eaux acheminées par la Lukuga vers le fleuve Congo et les pertes par l'évaporation.

a) Conditions climatiques

Une étude régionale qui couvrait tout le lac en 1993 à 1994 (Plisnier et *al.* 1996) a permis d'établir que, pendant la saison sèche et venteuse de mai à septembre, on observe une remontée des eaux profondes (upwelling) dans le sud du lac. Une certaine stratification est par contre toujours présente dans le nord.

Le lac montre une inclinaison marquée de l'épilimnion pendant la saison sèche, qui a alors une épaisseur de 0 à 20 m au sud et de 60-70 m au nord. Cette période est suivie d'oscillations des masses d'eau, jusqu'à un équilibre, lorsque les vents forts du sud-est cessent à la fin de la saison sèche (Plisnier et *al.* 1996).

Verburg et *al.* (2009) indiquent que le réchauffement climatique au cours du 20^e siècle a renforcé la stratification des couches d'eau selon la densité et ainsi la stabilité du lac Tanganyika. Le taux d'absorption nette de chaleur par le lac Tanganyika est de $0,4 \text{ W m}^{-2}$ depuis 1913. Cela indique un forçage climatique plus fort dans la région de l'Afrique de l'Est.

Les températures ont augmenté de $0,2^{\circ}\text{C}$ à 1000 m de profondeur, alors que les températures de surface de l'eau ont augmenté d'environ $1,3^{\circ}\text{C}$. Cette différence de température selon la profondeur a augmenté le gradient de densité à travers la colonne d'eau. Ce phénomène réduit le potentiel de mélange vertical et limite ainsi les flux de nutriments vers la zone phototrophique.

D'après Coulter (1991), le lac Tanganyika se trouve parmi les lacs du type tropical où la température est supérieure à 25°C avec un écart moyen dépassant très rarement 3°C . On observe une stratification thermique se présentant comme suit:

- L'épilimnion avec une température variant de 25 à 27°C et dont l'épaisseur varie en fonction des saisons entre 50 à 80 m dans le bassin nord du lac.
- Le métalimnion qui est une couche intermédiaire où la température passe rapidement de 26 à $23,5^{\circ}\text{C}$
- L'hypolimnion, la couche la plus profonde et aussi la plus épaisse, avec des températures stables de 23 à $23,7^{\circ}\text{C}$

Comme l'ont constaté Ryan *et al.* 2020 sur la distribution et l'accumulation des lits de coquillages, les processus climatiques et sédimentaires jouent un rôle unique dans la distribution des organismes dans le lac Tanganyika.

b) Physico-chimie des eaux du lac

Les eaux de surface sont brassées quotidiennement par des vents plus ou moins forts suivant les périodes. Elles sont donc toujours saturées en oxygène. Les eaux des couches inférieures voient par contre une baisse de la teneur en oxygène dissous de plus en plus marquée avec la profondeur, jusqu'à moins de 1% entre 40 et 115 m au nord, 110 et 225 m au sud, variant suivant les saisons et les bassins. Les variations de l'épilimnion selon le cycle annuel du Lac Tanganyika se voient sur la figure I.2.

L'oxygène dissous varie entre 1 et 7 mg.l⁻¹ et une grande concentration s'observe à une profondeur d'environ 100 m, à une température de 24°C (Langenberg, 2008).

Le lac Tanganyika est un écosystème presque fermé et donc particulièrement vulnérable du fait de son faible taux de renouvellement et de l'importante proportion d'eau profonde désoxygénée (Bullock & Niyonkuru, 2009).

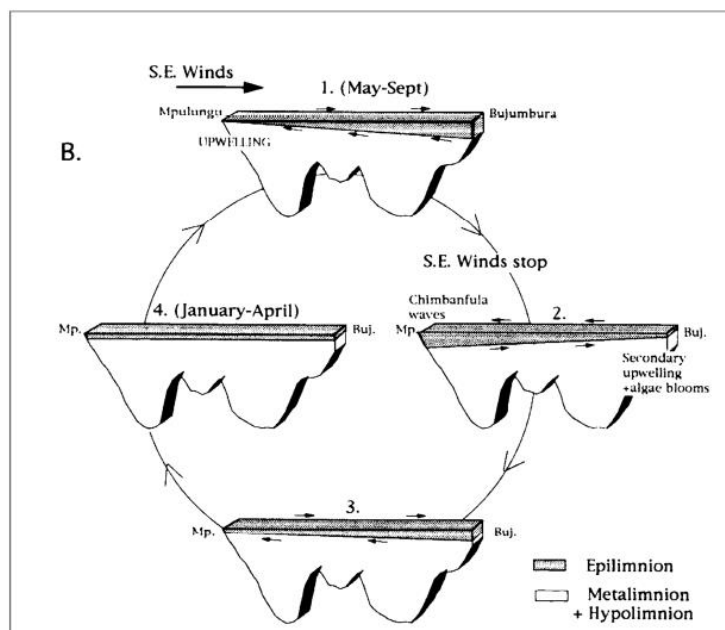


Figure I.2 Variation de l'épilimnion selon le cycle annuel du Lac Tanganyika. Les stades 2 et 3 alternent avant de retrouver l'équilibre au stade 4 (Source : Plisnier *et al.* 1999).

Le pH de l'eau du lac Tanganyika varie entre 8.6 (à la surface) à 9 (à 300m) (Kelly, 2001 & Langenberg, 2008). Le pH moyen sur tout le lac est de 8,9 avec des fortes variations au nord du lac (Bujumbura/Uvira) où le pH varie entre 8.2 et 9 (Plisnier et al. 1999).

La conductivité moyenne était de $659 \mu\text{S cm}^{-1}$ à Bujumbura/ Uvira, $654 \mu\text{S cm}^{-1}$ à Kigoma et $662 \mu\text{S cm}^{-1}$ à Mpulungu. La conductivité est très variable à Bujumbura/ Uvira (variant généralement entre 580 et $730 \mu\text{S cm}^{-1}$) que dans les autres stations (Langenberg, 2008). Les fluctuations de conductivité et de pH indiquent des oscillations amorties, en particulier aux extrémités du lac. Les mouvements de l'épilimnion vers une position d'équilibre génèrent et/ou renforcent des ondes internes (Plisnier et al. 1999).

Les concentrations de P et N inorganiques fluctuaient généralement d'un facteur 3 ou plus dans l'épilimnion (Plisnier et al. 1999). Les concentrations du phosphore total dans l'eau de surface est de $16 \mu\text{g l}^{-1}$. Une augmentation (5 à 10 fois) en P a été observée à 100 m de profondeur à Bujumbura/Uvira et à 200 m à Kigoma et Mpulungu (Plisnier et al. 1999). La concentration maximale de nitrate ($\text{NO}_3\text{-N}$) de 0.10 mg l^{-1} est observée à 60-80 m de profondeur au nord et à 100-140 m au sud du lac. De même une forte concentration en ammoniac ($0.05 \text{ mg l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$ à l'eau de surface $>0.40 \text{ mg l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$ à 300 m) à Bujumbura/Uvira) à cause de la faible profondeur (Plisnier et al. 1999).

Les changements de turbidité suggèrent une production d'impulsions causée par des ondes internes liées à une dispersion non aléatoire des nutriments et des organismes. L'état trophique du lac Tanganyika semble dépendre largement des processus de régénération. Le cycle limnologique annuel du lac Tanganyika apparaît étroitement lié aux conditions climatiques (Plisnier et al. 1999).

Certaines variables physico-chimiques sont soit des inhibiteurs soit des accélérateurs de la croissance des espèces et surtout du phytoplancton. Par exemple les grandes doses du carbone total, azote total, TDS (Total Dissolved Solids), conductivité, pH, oxygène dissous affectent fortement et négativement la prolifération de la plupart d'espèces du phytoplancton tandis que leur prolifération est accélérée par la température, le fer et le magnésium (Niyoyitungiye et al. 2020).

I.1.2 Biodiversité du lac Tanganyika

Plus de 1200 espèces d'organismes vivants sont signalés dans le lac Tanganyika, ce qui le place à la deuxième place au monde en matière de diversité (Cohen et *al.* 1993). D'après Coulter (1994), le lac Tanganyika compte plus de 2000 espèces de plantes et d'animaux avec plus de 600 espèces endémiques au bassin du lac Tanganyika (Tableau I-1).

Tableau I-1 Les grands groupes d'organismes vivants du lac Tanganyika et leur degré d'endémicité

Taxons	Nombre d'espèces	% Endémique
Algues	759	
Plantes aquatiques	81	
Protozoaires	71	
Cnidaires	02	
Spongiaires	09	78
Bryozoaires	06	33
Vers plats	11	64
Ascarides	20	35
Vers segmentés	28	61
Vers en crin de cheval	09	
Vers à tête épineuse	01	
Pentastomides (petit groupe de parasites)	01	
Rotifères	70	07
Escargots	91	75
Palourdes	15	60
Arachnides (araignées, scorpions, mites, tiques)	46	37
Crustacées	219	58
Insectes	155	12
Poissons (Cichlidae)	250	98
Poissons (non Cichlidés)	75	59
Amphibies	34	
Reptiles	29	07
Oiseaux	171	
Mammifères	03	
Total	2156	

Source: Coulter (1994)

I.1.3 Menaces pesant sur le lac

Les principales menaces qui pèsent sur le lac Tanganyika sont notamment la pollution, la sédimentation, la surpêche, et la destruction des habitats (Allison et *al.* 2000). Global Nature Fund (GNF, 2017) caractérise le lac Tanganyika comme étant “Lac le plus menacé de l’année 2017” et cite la sédimentation, la pollution et la surexploitation comme principaux éléments compromettant cet écosystème.

a) La pollution

Les sources de pollution à l’extrémité nord du lac Tanganyika sont concentrées autour de la ville de Bujumbura, la capitale du Burundi et Uvira du côté de la RDC (MEEATU, 2013). La pollution par les effluents chimiques et organiques augmente de jour en jour et menace la biodiversité aquatique et en particulier la biodiversité ichtyologique (MEEATU, 2013). Au moment où Vandelannoote et *al.* (1996) ont réalisé que la pollution du lac par la rivière Ntakangwa ne provoque pas de diminution de l’oxygène dissous, Buhungu et *al.* (2018) signalent une pollution importante par l’intermédiaire de la rivière Kinyankonge qui draine, en plus des rejets direct de déchets par la population riveraine, sert aussi d’exutoire de l’unique station d’épuration de Bujumbura.

Des polluants industriels, des déchets domestiques et artisanaux en provenance des villes et villages sont directement déversés dans le lac sans aucun prétraitement. Une autre pollution est causée par le transport sur le lac et le fuel utilisé par les pêcheurs (MEEATU, 2013). Les huileries artisanales qui accompagnent l’exploitation des palmiers à huile tout le long de la plaine côtière sont également d’importantes sources de déchets, facteurs de pollution du lac Tanganyika (MEEATU, 2013).

b) La sédimentation

L’effet direct des rivières affluentes sur le lac est l’apport massif de sédiments (Vandelannoote et *al.* 1996). L’intensification de l’agriculture avec des techniques culturales inadaptées sont responsables de la dégradation et de l’érosion qui charrie d’énormes quantités de terres vers les rivières qui finissent dans le lac. L’eau de ruissellement des zones montagneuses transporte une immense quantité de terre dans le lac.

De tous ces matériaux solides transportés dans le lac, une grande partie est sédimentée directement, la partie la plus fine restant un moment en suspension dans l’eau.

C'est donc un problème de sédimentation sur les substrats du fond et une augmentation de la turbidité des eaux du lac (MEEATU, 2013).

D'après la même source, les tonnes de terre arrachées des collines, les eaux usées des ménages de Bujumbura et des autres villes côtières du lac risquent de constituer un obstacle sérieux à la biodiversité du lac, des estuaires et des lagunes périphériques.

Cette sédimentation, associée aux autres menaces sur lac, aurait changé la structure des communautés biologiques et réduit la biodiversité des zones littorales adjacentes, avec de probables extinctions locales (Allison et *al.* 2000).

c) La surexploitation

La surexploitation des ressources biologiques menace le lac Tanganyika. Le bassin du lac fait face aux multiples défis, résultant de l'expansion rapide de la population humaine dans les pays riverains. L'augmentation de la population provoque un besoin accru de logements et de nourriture; les habitats naturels autour du lac sont détruits par l'extension des terres agricoles et/ou de construction (GNF, 2017).

Les explorations effectuées sur l'ensemble du lac en 1993-1994 ont permis à Mannini et Aro (1995) d'indiquer que la pression de la pêche était la plus importante dans la partie nord du lac Tanganyika, c'est-à-dire au large du Burundi et d'Uvira en RDC. Dans cette zone, les captures de *Stolothrissa tanganyicae*, de *Limnothrissa miodon* et de *Lates stappersii* était constituées à plus de 50% de poissons immatures.

En 2011, une enquête de l'ALT a enregistré un total de 94.859 pêcheurs, soit plus du double des 44.957 pêcheurs enregistrés en 1995 (Van der Knaap et *al.* 2014). La même source indique qu'il y avait eu une augmentation du nombre d'engins de pêche, tous types combinés, passant de 6.300 filets et 20.744 lignes de pêche en 1995 à 53.269 filets et 220.317 lignes de pêche en 2011.

I.1.4 Pêche sur le lac Tanganyika

Le lac Tanganyika héberge l'une des plus grandes pêcheries intérieures en Afrique, deuxième en volume de production après le lac Victoria (FAO, 1995).

Il constitue une source importante de nourriture et un moyen de vie pour des millions d'habitants vivant dans et autour de son bassin.

Le lac et ses environs supportent une activité commerciale et de subsistance très large ainsi qu'un ensemble remarquable de flore et de faune tropicale incluant de grandes populations diverses de poissons endémiques et ceci dans un décor tout à fait remarquable. La valeur de conservation du lac est par conséquent, d'une très grande importance (Coulter, 1991). Ainsi le lac Tanganyika, en plus de constituer un immense réservoir d'eau douce et d'abriter une biodiversité unique et de valeur mondiale, a une production potentielle totale de poissons évaluée à 200 mille tonnes par an. (Ntakimazi, 2013).

La pêche dans le lac Tanganyika peut être divisée en deux grands secteurs: la pêche littorale et la pêche pélagique (Mölsä et *al.* 1999). Les deux secteurs, considérés en tant que pêches à petite échelle, se distinguent l'un de l'autre par les engins utilisés, les espèces visées, l'équipage et capital engagé (Lowe et *al.* 2019).

Les pêcheurs du littoral pêchent individuellement ou par groupes de deux personnes, utilisant de grandes nasses (lusenga), des filets maillants ou d'hameçons. C'est donc une pêche traditionnelle visant différentes espèces incluant principalement des Cichlidés (Van der Knaap et *al.* 2014; Coulter, 1991).

Dans la zone pélagique, la pêche artisanale est pratiquée avec des catamarans ordinaires et les unités "Appolos". Ces dernières sont jugées beaucoup plus performantes que les catamarans ordinaires (Bambara, 1995). Ce sont donc les pêcheurs artisanaux qui débarquent le Mukeke, le Lumpu et le Ndagala qui occupent le gros du marché de poissons. La production, souvent vendue dans les marchés locaux, aide les pêcheurs à nourrir leurs familles et à couvrir leurs besoins financiers (Hori et *al.* 1993; Mushagalusa et *al.* 2014).

La gestion de la pêche sur le lac Tanganyika est assurée différemment dans les quatre pays qui se partagent ce lac. Cependant, ces pays ont mis en place un organe commun pour la gestion du lac: l'Autorité du Lac Tanganyika (ALT) (Mwima, 2014).

Au Burundi, le suivi de la pêche sur le lac Tanganyika se fait en considérant les trois strates qui correspondent aux provinces touchant la côte burundaise du lac:

- Strate I ou strate Nord correspondant à la province de Bujumbura;
- Strate II ou strate Centre correspondant à la province de Rumonge;
- Strate III ou strate Sud correspondant à la province de Makamba (Ntakimazi, 2013)

I. 2 Principales espèces de poissons capturés dans le lac Tanganyika

Plusieurs auteurs signalent que les principales espèces exploitées sur le lac Tanganyika sont deux espèces endémiques de clupéidés, *Stolothrissa tanganyicae* (Regan, 1917) et *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) et un perciforme endémique de la famille des latidés, *Lates stappersii* (Boulenger, 1914) (Coulter, 1991; Mannini, 1993; Mannini et Aro, 1995; Aro et Mannini, 1995; Mulimbwa, 2006; Plisnier et *al.* 2009).

I. 2. 1 *Stolothrissa tanganyicae* (Regan, 1917) (Ndagala, Kahuzo, Karumba)

Il s'agit d'un petit poisson de la famille des clupéidés (Ordre des clupéiformes, classe des actinoptérygiens) à laquelle appartiennent beaucoup d'espèces marines comme les sardines, les harens, les pichards et les anchois. Avec un corps élancé, sans épines dorsales ni épines anales, *Stolothrissa tanganyicae* possède 12-18 rayons mous dorsaux et 16-27 rayons mous anaux. Il est pourvu d'écaille pré-pelvienne légèrement carénée, commençant derrière la base du dernier rayon de la nageoire pectorale. Les branchies inférieures sont longues et élancées. Il a une bande argentée le long des flancs et un museau étroit, apparemment concave vu de dessus (fig. I.3). Il n'y a pas de différence entre le mâle et la femelle en apparence et en couleur (Whitehead, 1985).

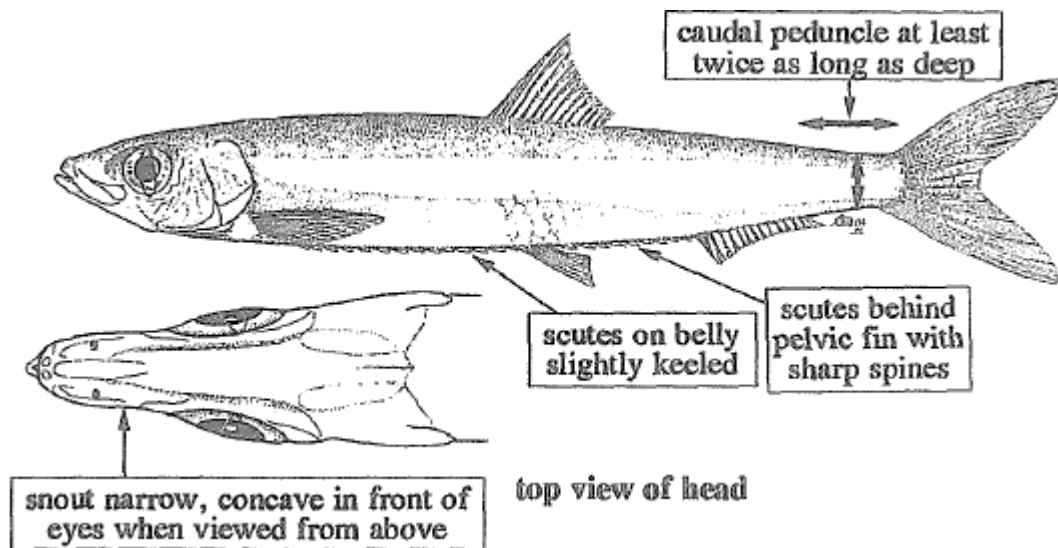


Figure I.3 Morphologie de *Stolothrissa tanganyicae* (source: Photo prise lors de la présente étude; image de Eccles, 1992)

Endémique du lac Tanganyika, *S. tanganyicae* forme de larges bancs, les juvéniles ayant tendance à rester plus près du rivage. Les individus de 5 cm de longueur standard ou plus semblent passer, pendant la lumière du jour, à une profondeur de plus de 60 m, et montent au cours de la nuit jusqu'à 8 m, en particulier les nuits sombres (Whitehead, 1985). Il a toutefois été trouvé dans la rivière Lukuga, exutoire du lac Tanganyika, jusqu'aux chutes Kisimba-Kilia (Gourène & Teugels, 1994; Kullander & Roberts, 2012).

Les adultes se nourrissent du plancton. Ils se reproduisent à 70 mm et 75 mm (taille de maturité sexuelle) pour *Stolothrissa tanganyicae* mâle et femelle respectivement (Eccles, 1992), avec des individus mûrs présents presque toute l'année, mais un frai majeur en mai et juin et de nouveau en décembre et janvier. Les adultes se déplacent vers la côte pour se reproduire. Les œufs coulent lentement (Whitehead, 1985).

1. 2. 2 *Limnothrissa miodon*, (Boulenger, 1906) (Lumpu, Imbiya)

C'est la deuxième espèce de la famille de Clupéidés (Ordre des Clupéiformes, Classe des Actinoptérygiens) du lac Tanganyika. Un peu plus grand et un corps moins élancé que l'espèce précédente (jeunes adultes de 10 cm contre 7 cm chez *S. tanganicae*), *Limnothrissa miodon* est un poisson avec des écailles pré-pelviennes non fortement carénées, commençant derrière la base du dernier rayon de la nageoire pectorale. L'espèce est caractérisée par une rayure argentée distincte le long du flanc. Il a une lame de maxillaire, plus courte, n'atteignant pas vers l'avant l'extrémité postérieure du prémaxillaire (Eccles, 1992) (fig. I.4).

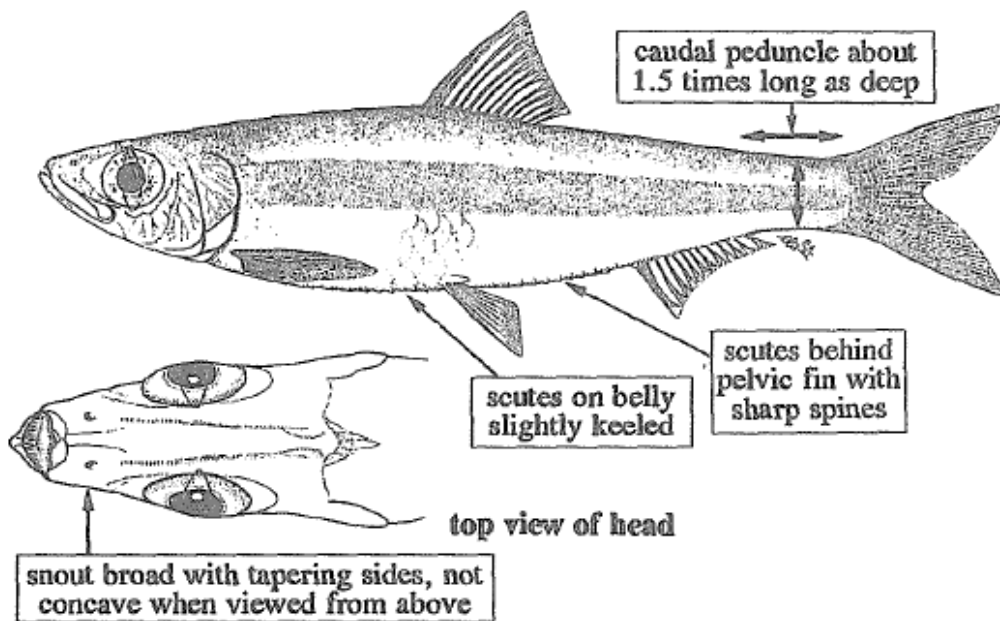


Figure I.4 Morphologie de *Limnothrissa miodon* (source: Photo prise lors de la présente étude; image de Eccles, 1992)

Limnothrissa miodon vit dans la zone pélagique des eaux douces à une profondeur de 10 à 60 m. Endémique du lac Tanganyika, *L. miodon* a été introduite avec succès dans les lacs comme Kivu, lac Kariba et le réservoir Cabora Bassa (Eccles, 1992). Le cycle biologique de *L. miodon* avec la phase côtière juvénile permet au poisson d'éviter *Lates stappersii* et de réduire la pression de prédation sur lui. Ils se reproduisent respectivement à 64 mm et 75 (taille de maturité sexuelle) mm pour le mâle et la femelle au sud du lac et généralement à 68 mm (Poll, 1953). Les adultes de *Limnothrissa miodon* au large seraient suffisamment grands pour échapper à ces prédateurs (Mannini et al. 1996).

Pendant la première année de sa vie, *Limnothrissa miodon* mène sa vie dans la zone littorale. C'est dans sa deuxième année qu'elle commence à se déplacer vers la zone pélagique. Les plus grands individus mènent un comportement alimentaire similaire à celui de *Lates stappersii*, se nourrissant essentiellement des crevettes et des jeunes *Stolothrissa tanganyicae* (Ndugumbi et al. 1976; Poll, 1953).

La taille maximale de cette espèce est variable selon les auteurs et selon les sites étudiés: 157 mm à Bujumbura (Moreau et al. 1991); 172 mm (Poll, 1953); 152 mm à Uvira (Mulimbwa, 2006); 160 mm (Aro & Mannini, 1995); 96 mm à Kajaga Ntakimazi, 2013)

1.2.3 *Lates stappersii* (Boulenger, 1914) (Mukeke, Nyamunyamu)

C'est la plus petite des quatre espèces de la famille des Latidae (Ordre Perciformes), anciennement mis dans la famille des Centrromidae, toutes endémiques du lac Tanganyika. Avec un corps mince, *Lates stappersii* peut atteindre 45 cm de longueur standard (LS). Il présente un espace entre les nageoires dorsales plus ou moins égal à la longueur de la première nageoire dorsale (Eccles, 1992) (fig. I. 5).

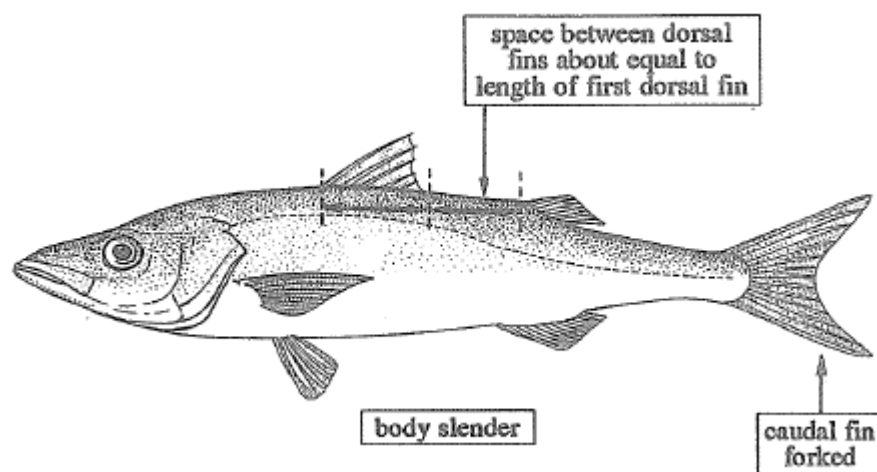


Figure I.5 Morphologie de *Lates stappersii* (sources: prise lors de la présente étude; image de Eccles, 1992)

Vivant exclusivement dans la zone pélagique, *Lates stappersii* est toujours associé aux deux espèces précédentes de la famille des Clupeidae qui constituent sa principale proie (Eccles, 1992; Mannini et al. 1996).

Lates stappersii se reproduit généralement à la taille de 260-269 mm au nord du lac Tanganyika peut atteindre une longueur de 479 mm LT (Aro & Mannini, 1995).

La partie nord du lac Tanganyika constitue une zone de prédilection pour la croissance des juvéniles de cette espèce, appelés au Burundi « Nyamunyamu ». Ils regagnent la zone centrale du lac au large de la Tanzanie à la taille adulte (Mannini et Aro, 1995) et, vers le sud, ce mouvement qui se produit à partir de l'âge de 6 mois (Mannini et al. 1996). *Lates stappersii* se reproduit à une taille de 260 mm en moyenne (taille de maturité sexuelle).

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODE

II. 1 Milieu d'étude

Nous avons effectué cette étude au niveau de la strate I au Nord du lac, à partir des plages de débarquement des pêches situées à Kajaga et à Nyamugari (Figure II. 1).

La plage de Kajaga se trouve à l'extrême nord du lac, dans la commune Mutimbuzi de la province Bujumbura, non loin de l'embouchure de la rivière Rusizi, frontalière entre le Burundi et la RDC. La plage de Nyamugari se trouve juste à sortie sud de la ville de Bujumbura, dans la commune Kabezi de la même province (Nahayo, 2010).

Nous avons choisi ces plages du nord parce que les études effectuées au lac Tanganyika sur la fréquence de tailles des poissons ont montré que des captures dans la partie septentrionale du lac Tanganyika comprennent une grande partie des poissons immatures (donc de petite taille) (Aro & Mannini, 1995; Mannini et al. 1996, Ntakimazi, 2013). C'est également dans cette partie où la capture par unité d'effort est la plus faible (Coenen, 1994; Aro & Mannini, 1995). C'est donc une partie qui nécessite un suivi et une gestion particulière basée sur des études spécifiques.

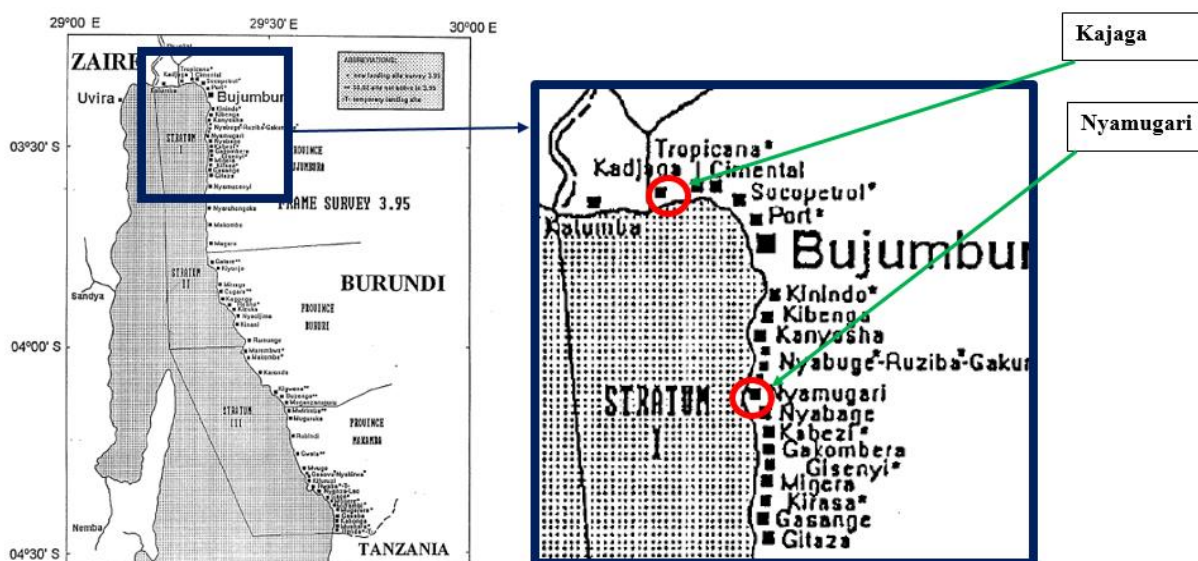


Figure II.1 Localisation des plages Kajaga et Nyamugari (adapté depuis Bambara, 1995)

II.1.1. Description de la plage de Nyamugari

D'après Nduwimana (2010), le site de débarquement de pêche de Nyamugari est une plage située dans la partie Nord du Lac Tanganyika. Il est localisé dans la province de Bujumbura, commune de Kabezi, zone Ramba, secteur Ramba et à 14 km de la ville de Bujumbura. Le site se trouve à droite de la route RN3 (Bujumbura– Rumonge) à 400 m en bas de cette dernière. C'est une plage qui jadis, était entretenu par la SUPPOBU car on y rencontre les restes des installations du matériel de séchage des poissons mais actuellement abandonné. La plage est couverte par la végétation de *Papyrus*, de *Phragmites*, de quelques arbustes et des champs de manioc à une vingtaine de mètres à partir du lac. Au bord en entrant dans le lac, le substrat est sablonneux ; la pente y est forte car un homme ne peut effectuer que quelque 5 m sans risque de se noyer. Pendant la saison sèche, l'eau est généralement transparente et a la couleur bleue, mais les vagues souvent importantes à partir de 10 h la rendent généralement trouble. En saison pluvieuse, l'eau de cette partie du lac est trouble par les alluvions apportées par les cours d'eau qui se jettent dans le lac Tanganyika dont les principaux sont : Nyankara, Ramba, Nyabage ainsi que la rivière Mugere.

II.1.2. Description de la station de Kajaga

Le site de débarquement de pêche de KAJAGA est une plage de la partie Nord du lac Tanganyika. Il est localisé dans la province de BUJUMBURA-rural, dans la commune de MUTIMBUZI, zone RUKARAMU, secteur KINYINYA et à 6 km de la ville de Bujumbura. Le site se trouve à gauche de la route BUJUMBURA-GATUMBA - RDC, à 150 m en bas de la route, près de 400 m avant l'embouchure de la grande branche de la rivière RUSIZI. C'est une plage sablonneuse avec une végétation diversement répartie, abondante vers le parc national de la RUSIZI et parsemée principalement de *Phragmites* et du *Moringa*. Dans la zone littorale le substrat est sablonneux avec un relief de faible pente, car un homme peut pénétrer le lac et effectuer plus de 150 m vers le large sans se noyer. L'eau y est généralement transparente avec une couleur bleue, mais les vagues souvent importantes à partir de 10 heures la rendent généralement trouble (Basogomba, 2010).

II. 2 Échantillonnage

Au cours de cette étude, la méthodologie d'échantillonnage utilisée est similaire à celle adoptée par Mannini et Aro (1995) dans le Projet FAO/FINIDA et plus tard par Ntakimazi (2013) dans le cadre du Projet PPCDR.

Nous avons effectué deux jours d'échantillonnage par plage et par mois, et ceci pendant cinq mois, de décembre 2019 à avril 2020 pendant les périodes des nuits obscures. L'échantillonnage se faisait le matin, à partir de 6 heures 30, au moment où les pêcheurs artisanaux débarquent sur la plage.

L'échantillonnage a porté uniquement sur les captures de la pêche artisanale et sur trois espèces précisées plus haut à savoir le *Limnothrissa miodon*, *Stolothrissa tanganyicae* et *Lates stappersii*. Comme on suppose que les unités de pêche qui viennent des sites les plus proches arrivent les premières et que celles qui proviennent des sites plus éloignés arrivent tardivement, nous avons acheté sur quelques unités de pêche, pour les petits clupéidés, 0,5 kg sur des unités arrivées avant 7h; 0,5 kg sur celles arrivées entre 7h et 8h et 0,5kg après 8h. Ceci nous faisait ainsi un échantillon total mélangé 1.5 kilos, un échantillon jugé suffisant (Aro, 1993; Mannini, 1993; Aro et Mannini, 1995; Ntakimazi, 2013) pour *Limnothrissa miodon* et le *Stolothrissa tanganyicae*. Les échantillons étaient conservés dans un sac en plastique et placé dans un endroit à l'abri du soleil en attendant les mensurations ultérieurement.

Pour *Lates stappersii* adultes, il fallait mesurer au total au moins 2kg (Aro, 1993; Aro et Mannini, 1995; Ntakimazi, 2013). Mais comme ces poissons sont rares et chers, nous avons effectué les mensurations directement sur les caisses des pêcheurs. Il fallait travailler vite parce que le poisson, dès le débarquement, entre dans le processus d'échange avec les acheteurs. Un intéressement financier était négocié avec le propriétaire pour qu'il accepte de patienter pendant l'opération.

L'échantillonnage se faisait au hasard sur les prises non encore triés par les pêcheurs, pour être sûr d'avoir toutes les tailles de poissons telles que présentes dans les captures.

Différents types de longueurs peuvent être mesurées. Il s'agit de la longueur totale, la longueur à la fourche et la longueur standard (fig. II.2). Chacune de ces mesures peut avoir sa justification selon l'anatomie ou le type de croissance chez les différentes espèces de poissons (anatomie particulière, dimorphisme sexuel, proportions corporelles différentes selon l'âge ou les conditions physiologiques, etc.) (Aro, 1993).

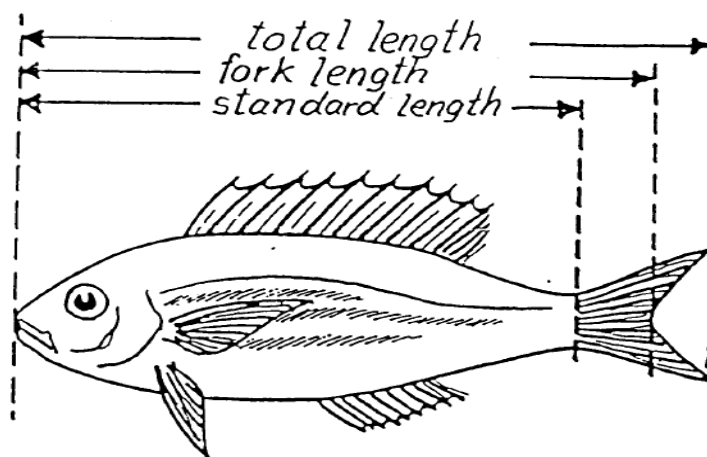


Figure II.2 Différentes mesures qu'on peut faire sur le poisson (Aro, 1993)

Dans le présent travail, nous avons opté de mesurer la longueur totale, déjà adoptée depuis les années antérieures, c'est-à-dire la distance entre l'extrémité du museau à l'extrémité de la nageoire caudale (Aro, 1993; Aro & Mannini, 1995; Ntakimazi, 2013).

La longueur totale est la distance horizontale du poisson prise entre le museau et l'extrémité postérieure de la nageoire caudale (Lévêque *et al.* 1990-1992). C'est la longueur maximale du poisson dans le sens horizontal. La longueur standard est la distance horizontale de l'extrémité antérieure du museau à la base de la nageoire caudale à l'endroit où le pédoncule caudal peut être replié aisément (fig. II.2). Ces longueurs sont mesurées au moyen de l'ichtyomètre (fig. II.3)

Le poisson est couché sur le flanc droit, le museau fermé et calé contre la planchette au début de la planche à mesurer avec la main gauche. Le poisson est étiré à son maximum jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale avec la main droite. La longueur est donc lue en millimètres, à l'extrémité de la nageoire caudale. Pour plus de rapidité, un aide notait les longueurs lues parce que l'échantillonneur avait des mains mouillées et les yeux fixés sur la planche à mesurer (fig. II. 3).



Figure II.3: Mensuration des poissons et enregistrement des longueurs dans un cahier (A) et l'ichtyomètre utilisé (B).

Après les travaux d'échantillonnage et de mensuration des poissons sur terrain, les données enregistrées dans le carnet ont été notées sur des fiches ad hoc, soit deux types de fiches, une fiche pour les clupéidés et une autre pour *Lates stappersii* (voir annexe 1 et 2). Chaque longueur de poisson enregistrée sur le carnet est représentée sur le formulaire par une petite barre verticale dans la gamme de taille correspondante. Après l'enregistrement, nous avons noté le total obtenu pour chaque gamme de taille dans la colonne ad hoc.

Pour l'estimation des captures débarquées sur la plage le jour de l'échantillonnage, toutes les unités de pêche artisanale sorties cette nuit-là ont été comptées. Un échantillon variant de 3 à 12 unités d'unités a été pris aléatoirement choisi pour compter le nombre de caisses débarquées et ainsi estimer le poids total des captures.

Il était ainsi possible d'extrapoler, par règle de trois, les captures totales de la pêche artisanale au jour d'échantillonnage sur la plage. Les prises pour les deux clupéidés sont regroupées parce qu'ils sont mélangées lors des captures.

II. 3 Traitement des données

Les données constituées nous ont permis d'étudier les paramètres suivants: les caractéristiques des captures et la fréquence des tailles et, chez les espèces étudiées, les paramètres de croissance, l'index de croissance, la mortalité, le recrutement. Nous avons aussi évalué l'importance quantité des captures de poissons débarquées aux plages de Kajaga et Nyamugari.

II. 3. 1 Fréquence de taille

Les données notées sur les fiches sur le terrain ont été enregistrées dans un classeur Excel pour créer les mêmes fiches en format électronique. Elles ont ensuite été regroupées en un échantillon valide à analyser, constitué par les enregistrements pour chaque espèce, par site et par campagne de deux jours, qui ont ensuite été pris ensemble pour constituer des données mensuelles. Cela permet de calculer les fréquences de longueur au sein de chacun des échantillons. Compte tenu de leur taille maximale, les clupéidés qui diffèrent de 1 mm et les *Lates* qui diffèrent de 9 mm peuvent être classés dans une même tranche d'âge (Aro, 1993; Aro & Mannini, 1995; Ntakimazi, 2013).

Les poissons ont alors été regroupés en classes de taille à 2 mm d'intervalle pour les clupéidés et 10 mm pour le *Lates stappersii*. Une fréquence est le pourcentage de chacune des classes de taille par rapport au nombre total des individus dans l'échantillon.

Les fréquences obtenues ont été exprimées sous forme d'histogrammes et présentées schématiquement côte à côte pour en visualiser les tendances d'un mois à l'autre et d'une station à une autre. Les graphiques sont illustrées de manière à visualiser les poissons matures et immatures dans chacun des échantillons sur base des tailles de maturité sexuelles de la bibliographie (voir plus haut au point I. 2). Nous avons fait l'ANOVA à l'aide du logiciel R (version 3.5.1) pour faire la comparaison entre les tailles observées à Kajaga et celle observées à Nyamugari.

II. 3. 2 Estimation des paramètres de croissance

L'étude de la croissance des poissons est un aspect essentiel dans l'évaluation des stocks de poissons. Elle constitue une étape primordiale pour analyser la structure et la dynamique d'une population, sa mortalité, sa production (Niyonkuru, 2007; Pauly & David, 1981).

On distingue trois méthodes d'étude de la croissance des poissons :

- L'analyse des marques sur les pièces osseuses (Garod & Neweli, 1958; Moreau, 1979)
- Le marquage expérimental (Welcomme, 1967)
- L'analyse des structures par la fréquence des tailles.

Cette dernière, la plus couramment utilisée (Pauly, 1985; Sparre & Venema, 1998; Niyonkuru, 2007, Niyonkuru et al. 2015b; Bounou et al. 2020; López-Martínez et al. 2020, Aprila et al. 2020), a été adoptée dans la présente étude. En effet, les deux premières méthodes sont plus adaptées pour des poissons des régions tempérées où la saisonnalité est marquée avec des arrêts ou ralentissements de croissance pendant la saison défavorable (hiver par exemple).

Le modèle de croissance de l'équation de Von Bertalanffy (1957) permet de décrire de manière satisfaisante la croissance de nombreuses espèces de poissons (Niyonkuru, 2007). C'est cette équation qui montre la relation entre les paramètres de croissance et exprime la longueur totale (Lt) du poisson comme fonction de son âge t selon l'expression suivante:

$$L_t = L_\infty (1 - \exp(-K(t-t_0)))$$

- L_t = Longueur totale du poisson;

- L_{∞} = longueur asymptotique (longueur maximale théorique atteinte par le poisson);
- K = coefficient de croissance, paramètre décrivant la forme de la courbe, c'est la vitesse avec laquelle le poisson se rapproche de la taille maximale L_{∞} ;
- t_0 = âge théorique correspondant à une longueur nulle.

Dans le présent travail, les paramètres K et L_{∞} ont été estimés à l'aide du programme ELEFAN I incorporé dans le logiciel FiSAT II (Gayanilo et *al.* 2005).

II. 3. 3 Indice de croissance Φ'

Après avoir comparé les valeurs de L_{∞} et de K , plusieurs auteurs (Beverton & Holt, 1956; Banerji & Krishnan, 1973) se sont rendus compte qu'il serait inapproprié de considérer isolement L_{∞} et K . Ils ont par conséquent défini un indice de performance de croissance Φ' en longueur utilisé pour la comparaison des performances de croissance des espèces de poisson étudiées. Cet indice tient compte des paramètres de croissance L_{∞} et K . Il est donné par l'équation de Munro & Pauly (1983):

$$\Phi' = \log K + 2 \log L_{\infty}.$$

Le logiciel FiSAT II permet de calculer rapidement cet indice une fois qu'on a les paramètres de croissance L_{∞} et K .

Cet indice Φ' est maintenant abondamment employé en eau libre, par exemple par Marshall (1990) pour caractériser la croissance globale de *Clarias gariepinus* dans plusieurs collections d'eaux d'Afrique australe. Pauly *et al.* (1988) l'ont employé pour obtenir une estimation vraisemblable de la croissance de *Sarotherodon melanotheron* dans une lagune de l'Ouest africain (Pauly & Moreau, 1997).

II. 3. 4 Estimation de la mortalité

C'est Beverton & Holt (1957) qui ont défini les notions de base sur l'étude de la mortalité des poissons. La diminution de l'effectif des populations se fait à une vitesse exprimée par l'équation

$$\text{suivante: } \frac{\partial N}{\partial t} = -ZN$$

où Z est le coefficient instantané de mortalité totale et N le nombre de poissons à l'instant t .

Normalement, deux raisons expliquent la réduction d'une population. Il s'agit de la mort naturelle (maladie, prédation, etc.) et la mort par capture (pêche).

Il est possible de déterminer le coefficient de mortalité naturelle M tel que $\frac{\partial N}{\partial t} = -MN$ et F , le coefficient instantané de mortalité par pêche tel que $\frac{\partial N}{\partial t} = -FN$. La mortalité totale Z est donc la somme de la mortalité naturelle et la mortalité par capture. On a: $Z = F + M$.

Comme la composition par âge n'est pas connue dans la présente étude, de bonnes estimations sont obtenues à partir des données relatives à la longueur comme envisagé par Gulland (1969). D'après Pauly (1983), les courbes de captures à partir des longueurs permettent de contourner les difficultés liées à la détermination de l'âge individuel des poissons étudiés. Il est donc possible d'étudier de larges échantillons sans obligatoirement connaître la clé âge-longueur.

Le paramètre Z a été estimé Z par la méthode de Jones & Van Zalinge (Jones/van Zalinge plot) et M par la méthode de Pauly (Pauly's M equation) incorporés dans FiSAT II (Pauly, 1980; Pauly, 1984a; Jones, 1984; Jones & van Zalinge, 1981).

La détermination du taux d'exploitation E est donnée par le rapport de la mortalité par pêche sur la mortalité totale: $E = F/Z$. Il est compris entre 0 et 1. Quand $E = 0.5$, on a une exploitation optimale; quand $E > 0.5$, on a une surexploitation.

Pour les populations à faible longévité, le rapport M/K est souvent très élevé (plus de 2). En pareil cas, le rendement par recrue présente un maximum pour une valeur de $E (= F/Z)$ élevée (supérieure à 0,5) habituellement liée à une valeur de F elle-même très élevée.

La longévité potentielle, t_{\max} , a été calculée par la formule: $T_{\max} \approx 3/K$ (Taylor, 1962 ; Pauly, 1980).

II. 3. 5 Modèle de recrutement

Au cours de la présente étude, les variations mensuelles de recrutement ont été évaluées à partir des distributions de fréquence de tailles, correspondant à la période d'étude. Lorsqu'un groupe d'âge de poissons s'intègre pour la première fois dans le stock exploitable, on parle de recrutement. L'âge hypothétique des individus de chaque classe de longueur est calculé par l'équation de von Bertalanffy décrite précédemment. Cet âge correspond à un mois de naissance donné au cours de l'année ou de l'une des années antérieures. La taille de recrutement est la taille atteinte par les individus devenant vulnérable à la pêche. Le modèle de recrutement saisonnier a été obtenu en utilisant les données de fréquences de longueurs restructurées (Pauly, 1987).

II. 3. 6 Analyse des captures par unité (CPUE)

Une évaluation des captures de poissons par la pêche artisanale a été effectuée en généralisant les observations des unités prises comme échantillons. Pour chaque site, nous avons estimé le nombre d'unités effectuant la pêche artisanale quotidiennement, mensuellement et annuellement (Coenen et al. 1998).

Les captures des unités de pêche prises comme échantillons ont été généralisées et nous ont permis de calculer, pour chacun des deux sites, les prises moyennes par jour, par mois et par an, tout en excluant les jours pendant lesquels la pêche sur le lac est arrêtée. Nous avons utilisé les captures totales (toutes les trois espèces confondues) et pour la pêche artisanale uniquement. Nous avons comparé les résultats obtenus à ceux du traitement des données recueillis par les services de la Direction des pêches pour les années 1999, 2000, 2008 et 2009, mais également à ceux des autres études antérieures. Il était ainsi possible d'extrapoler, par règle de trois, les captures totales de la pêche artisanale au jour d'échantillonnage sur la plage.

CHAPITRE III RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

III. 1 Caractéristiques des captures

D'une manière générale, comme le montre le tableau de l'annexe 3, les captures pour *Limnothrissa miodon* n'ont présenté aucune irrégularité sur toutes les plages échantillonnées. Pour *Stolothrissa tanganyicae*, les captures sont plutôt rares à Kajaga; nous n'avons pu trouver des échantillons de cette espèce qu'en décembre 2019 et en avril 2020. Pour *Lates stappersii*, nous n'avons observé à Kajaga que quelques individus en mars 2020, qui ne peuvent pas faire objet d'analyses.

Un total de 59 échantillons a été obtenu pour *Limnothrissa miodon*, 25 échantillons pour *Stolothrissa tanganyicae* et 13 échantillons pour *Lates stappersii* pendant la période de décembre 2019 à avril 2020. Le nombre total d'échantillons de captures par espèce, site et mois est indiqué dans le tableau de l'annexe 3. La proportion de représentativité en nombres d'individus pour les trois espèces se voit sur la figure III.1. Les résultats de l'ANOVA qui montrent la différence entre les tailles de LMI et STA de Kajaga et ceux de Nyamugari sont synthétisés dans le tableau III-1.

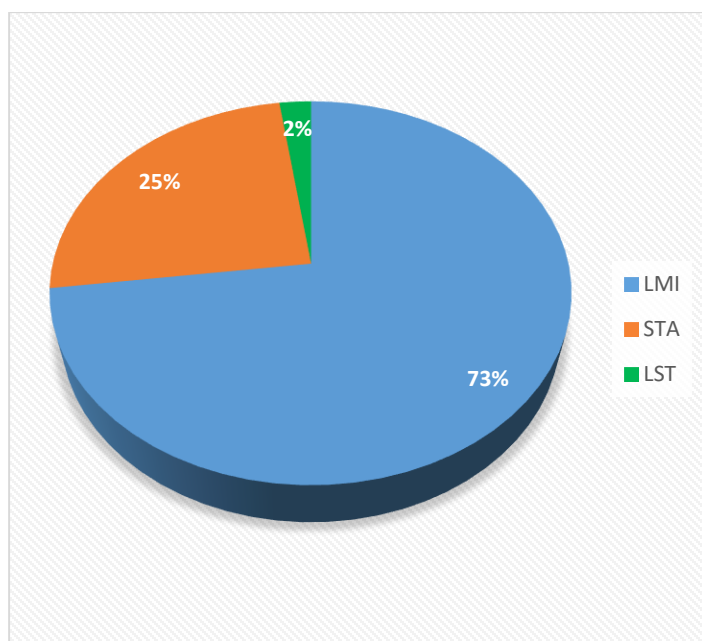


Figure III.1 Part (en %) de chaque espèce pour le nombre d'individus. LMI: *L. miodon*, STA: *S. tanganyicae* et LST: *L. stappersii*

Les tailles à grande fréquence de Kajaga et Nyamugari sont très significativement différentes ($p < 0,01$), avec des tailles élevées à Nyamugari. En effet, à Kajaga, il y a une forte pression de pêche due à un nombre important d'unités qui y débarquent. Parmi ces dernières, il y a celles qui se contentent de pêcher dans la zone très proche du littoral et capturent beaucoup de juvéniles. Cette mauvaise pratique ne se fait pas à Kajaga où le nombre d'unités dépasse rarement 30 (tableau III-6).

Tableau III-1 Comparaison des tailles de LMI et STA observées à Kajaga et à Nyamugari (Tf : taille à grande fréquence en mm; Lmoy: longueur moyenne en mm)

Espèce	Kajaga				Nyamugari				df	p
	Tf	Lmoy	sd	n	Tf (mm)	Lmoy (mm)	sd	n		
LMI	54	57	16	4534	56	67	15	2768	7300	<2e-16 ***
STA	76	70	10	998	84	82	10	1488	2484	<2e-16 ***

III. 1. 1 *Limnothrissa miodon*

Limnothrissa miodon est bien représentée dans toute la zone d'échantillonnage. Le nombre total de spécimens est plus élevé à Kajaga. La longueur minimale observée à Kajaga est de 24mm et de 30 mm à Nyamugari. La longueur maximale observée est de 140 mm à Kajaga et de 124 mm à Nyamugari. En 1963, Aro & Mannini (1995) ont observé une longueur minimale de 20 mm et une longueur maximale de 160 mm dans cette partie nord du lac. En 2013, la taille minimale observée était de 40 mm et de 96 mm celle maximale à Kajaga (Ntakimazi, 2013). Le fait d'avoir une taille maximale très élevée à Kajaga peut être le fait du hasard, voyant que la taille ayant une grande fréquence est la plus élevée à Nyamugari.

La taille ayant une grande fréquence est de 54 mm à Kajaga et de 56 mm à Nyamugari (tableau III-1). En analysant la figure III. 2 et le tableau III-1, on trouve que la taille ayant une grande fréquence est de 54 mm sur les deux sites pris en ensemble. À Kajaga, une forte fréquence de taille se situe entre 32 et 68 mm et entre 44 et 90 mm à Nyamugari. En combinant les échantillons des deux sites, on constate que la plus grande fréquence se situe entre 34 et 90 mm de taille.

Moreau et *al.* (1991) ont analysé les fréquences de taille de cette espèce et ont montré que la longueur asymptotique est de 168 mm, le coefficient de croissance K de 1.05 an^{-1} . Ils ont également montré un taux de mortalité totale Z de 5.92 an^{-1} et un taux de mortalité par pêche F de 3.83 an^{-1} à une température de 26° C .

Elle était entre 40 et 99 en 1993 (Aro & Mannini, 1995) et entre 56 à 96 mm à Kajaga en 2013 (Ntakimazi, 2013).

À Kajaga en décembre 2019, il se remarque deux cohortes différentes, la première composée par des individus de 34 à 56 mm et la seconde par ceux de 62 à 86 mm de longueur (Annexe 4). De janvier à mars 2020, les schémas ne permettent pas de mettre en évidence les différentes cohortes.

Cependant, avec l'analyse des tailles des individus capturés en mars, il est visible qu'il s'agit d'une nouvelle cohorte entrante qui a continué son évolution jusqu'en avril, se différenciant visiblement d'une autre cohorte composée par quelques individus matures.

À Nyamugari, nous observons en décembre 2019, une cohorte unique composée essentiellement d'individus de 68 à 98 mm de longueur. En janvier, deux cohortes sont visibles une entrante avec des individus de 32 à 52 mm et une autre composée d'individus de 62 à 90 mm de longueur. En Février, mars et avril, les différentes cohortes ne sont pas bien visibles parce que les cohortes constituées de poissons matures ont été représentées par de très petits nombres d'individus.

En comparant les fréquences de tailles, on constate que les tailles ayant des grandes fréquences sont les plus petites dans cette partie nord du lac du côté du Burundi que dans les autres parties (tableau III-3).

La fréquence la plus élevée observée se situe dans le groupe de longueur 80-89 mm dans la partie centrale du lac en 1993 (Aro & Mannini, 1995), 86-152 mm en 2001 (Mulimbwa, 2006) à Uvira.

La composition en longueur de *Limnothrissa miodon* dans les captures d'Uvira et de Kigoma en 1993 était assez similaire avec presque un manque de jeunes immatures, les captures montrant un pic dans les groupes de longueur de 100-109 mm et 110-119 mm respectivement en 1993 (Aro & Mannini, 1995) (tableau III-3).

Ces résultats montrent un fort taux d'immaturité (les individus immatures sont ceux ayant une taille < 68 mm) dans les captures de la pêche artisanale dans la partie nord du lac (fig. III.2 & tableau III-2). Le degré d'immaturité est de 80.26% à Kajaga et de 52.60% à Nyamugari. En considérant les deux sites en même temps, le taux d'immaturité s'élève à plus de 69%, donc moins de 31% d'individus de *Limnothrissa miodon* sont capturés matures. Cette rareté des *L. miodon* adultes dans cette partie nord du lac est due, non seulement à la pression de pêche mais également au mode de vie de cette espèce dans cet écosystème.

En effet, comme vue plus haut, les jeunes préfèrent cette partie nord du lac où il n'y a pas beaucoup de *Lates stappersii*, son principal prédateur. Une autre raison est que les jeunes *L. miodon* vivent vers la zone littorale pour regagner la zone pélagique à l'âge adulte, ce qui leur expose aux pêcheurs artisanaux.

III. 1. 2 *Stolothrissa tanganyicae*

Stolothrissa tanganyicae est bien représenté à Nyamugari pendant les cinq mois d'échantillonnage. À Kajaga, nous n'avons pu observer ses représentants qu'en décembre et en avril. Une longueur maximale de 128 mm et de 112 mm a été observée respectivement à Kajaga et à Nyamugari. Nous avons observé des longueurs minimales de 42 mm et celle de 54 mm à Kajaga et Nyamugari respectivement. La taille ayant une grande fréquence est de 76 mm à Kajaga et 84 mm à Nyamugari (fig. III.2). Dans l'ensemble, les longueurs de *Stolothrissa tanganyicae* ont varié de 42 mm à 128 mm Lt. Les individus les plus fortement capturés se trouvent dans les tranches de longueur de 60 à 66 mm et de 74 à 90 mm (fig. III.2). La fréquence la plus élevée est celle de 8.99% correspondant à 76 mm de longueur.

L'analyse des fréquences de taille faite par Moreau et al. (1991) ont montré que pour cette espèce, la longueur asymptotique est de 109 mm, le coefficient de croissance K de 2.6 an^{-1} . Elle a montré un taux de mortalité totale Z de 17.2 an^{-1} et un taux de mortalité naturelle M de 4.28 an^{-1} .

En 1993, Aro et Mannini (1995) avaient observé une taille minimale variant de 20 à 29mm à Bujumbura, elle était de 30 mm en 2011 à Uvira (Mulimbwa, 2006) et de 40 mm en 2013 à Kajaga (Ntakimazi, 2013). Une taille minimale observée en 1994-1995 à Uvira variait de 24 à 29 mm, contre la longueur maximale variant de 105 à 110mm (Mulimbwa, 2006) (tableau III-3).

En analysant la figure en annexe 5, on peut voir une succession de deux cohortes, une de 54 à 66 mm et une autre de 70 à 98 mm, qui ne se sont pas mélangées du tout. La première cohorte était déjà presque entièrement mature en décembre. Elle a continué à évoluer et à être capturée jusque fin mars. Une nouvelle cohorte est apparue en avril. Curieusement si on observe les mêmes figures, on voit que le même scénario s'est produit à Kajaga même si on ne voit que les mois extrêmes de la période d'échantillonnage. La principale cohorte de décembre est presque entièrement mature, alors que la cohorte d'avril est presque entièrement immature. Ces deux cohortes peuvent aussi être observées sur la figure globale des fréquences de tailles sur les deux plages (fig. III. 2).

Contrairement à *Limnothrissa miodon*, *Stolothrissa tanganicae* se serait vu capturé à la taille adulte d'une manière générale (Tableau III-2 et fig. III. 2).

Les taux de maturité sont respectivement de 56.91% et 88.84% à Kajaga et Nyamugari. La maturité (les individus matures ont une taille $>$ ou $=$ 70 mm) est globalement estimée à 72.88% sur les deux plages prises ensemble.

Ceci trouve une explication au fait que *Stolothrissa tanganicae* passe la phase larvaire et juvénile en eau au large où se trouvent les zones de nurserie. Au fur et à mesure que les poissons grandissent, ils se rapprochent de la côte et entrent dans la zone de pêche dans laquelle ils sont entièrement recrutés lorsqu'ils atteignent une longueur d'environ 56 mm, à environ 5 mois (Mannini et al. 1996).

Nos résultats diffèrent de ceux de Ntakimazi (2013) mais également de ceux d'Aro et Mannini (1995) qui ont observé un fort degré d'immaturité de *Stolothrissa tanganicae* dans cette partie du lac. Sa rareté dans les captures serait due à un certain nombre de raisons. C'est une espèce fortement exposé à la prédation de *Lates stappersii* et de *Limnothrissa miodon* pendant toute sa période juvénile (Aro et Mannini, 1995). La partie nord du lac se trouvant dans le bassin du nord (Capart, 1952) présente des caractéristiques similaires à celles du littoral du lac, avec une profondeur qui, probablement continue à s'affaiblir par sédimentation.

Ces caractéristiques dont la profondeur (Capart, 1952; Cohen et al. 2016), la température (Coulter et al. 1991; Tierney et al. 2010), le pH (Kelly, 2001), pour ne citer que celles-ci, font que *S. tanganicae*, une espèce essentiellement pélagique soit rare dans les captures.

Il est seulement nécessaire de vérifier sa représentativité dans les captures actuelles sur un plus large éventail de plages de débarquement et pendant une période plus longue pour tirer de véritables conclusions sur son abondance actuelle dans tout le lac.

III. 1. 3 *Lates stappersii*

Durant toute la période d'échantillonnage, 220 individus de *Lates stappersii* à Nyamugari et seulement 7 à Kajaga ont été mesurés. La fréquence de tailles de ceux de Nyamugari peut s'observer sur la figure III.3. D'une manière générale, les longueurs varient entre 90 mm (longueur minimale) et 270 mm (longueur maximale). Les tailles les plus représentées sont celles variant entre 120 et 150 mm Lt avec celle de 140 mm dominante. Les quelques individus matures (ayant au moins 260 mm Lt) ne représentent que moins de 2%, pour dire que le taux d'immaturité représente plus de 98% des captures. Dans les années 1993-1994, la taille la plus petite pour *Lates stappersii* observée dans les captures dans la partie nord du lac était de 10-19 mm et les fréquences les plus élevées correspondaient aux classes de longueur de 100-109 mm Lt (Aro & Mannini, 1995). En 2013, plus de 59% des captures de *Lates stappersii* étaient des immatures dans la partie nord du lac Tanganyika (Ntakimazi, 2013). Cela montre que, comme le montrent les résultats de cette étude et les études antérieures, dans la partie nord du lac Tanganyika, on y capture des individus immatures. Cela est dû au fait que cette partie constitue une zone de croissance pour cette espèce. Une autre raison comme l'ont conclu Aro & Mannini (1995) ; Mannini et al. (1996) et Mulimbwa (2006), c'est la surexploitation plus forte au nord que dans la partie sud. Malheureusement, comme le signale Ntakimazi (2013), les techniques de pêche employées aujourd'hui ne permettent pas d'éviter la capture de ces *Lates stappersii* immatures, ceci parce qu'ils se mélangent avec *Stolothrissa tanganyicae*, leurs proies, dont la pêche se fait avec des carrelets de 4 et 5 mm de maille.

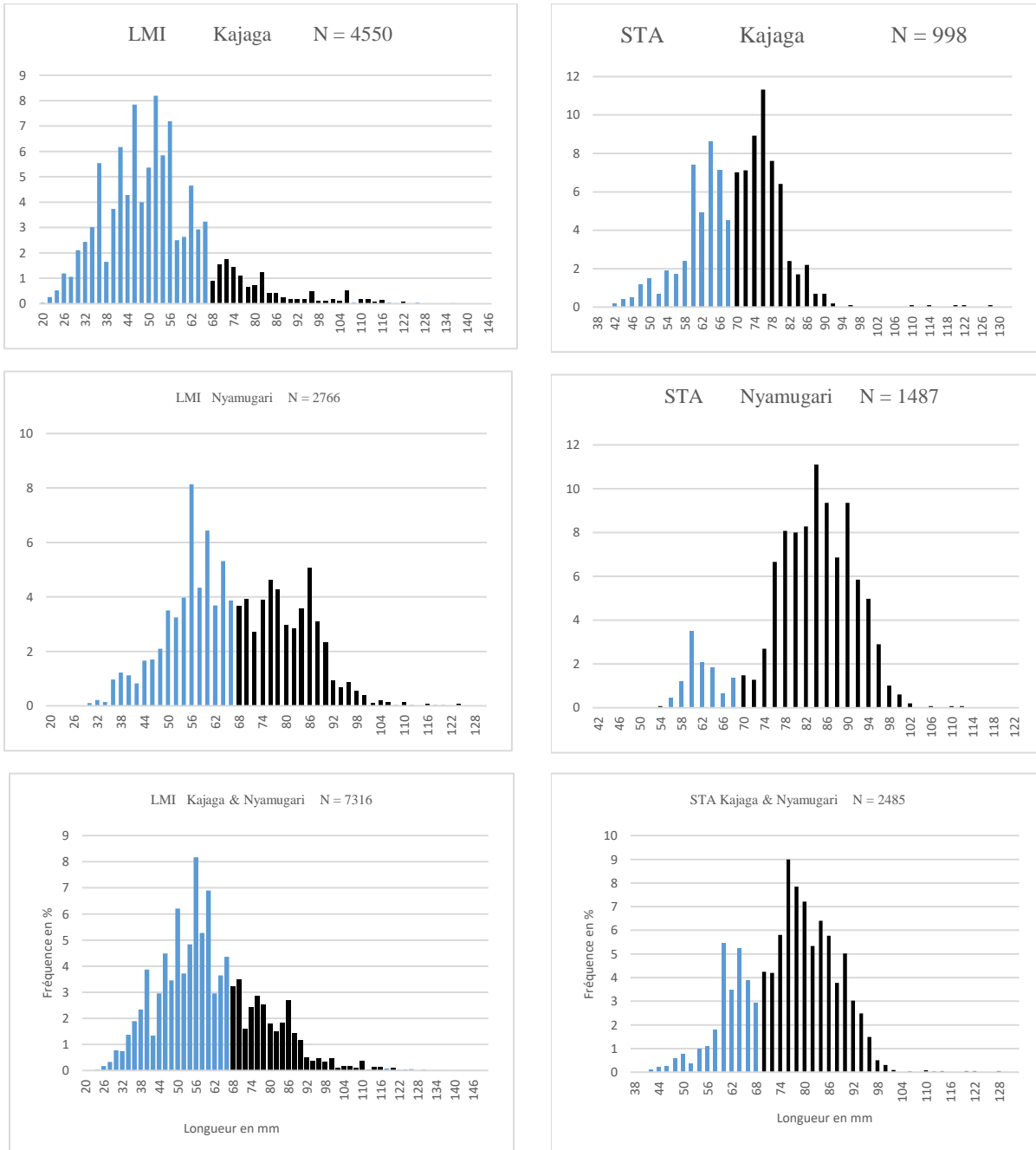


Figure III.2 Fréquences de longueur (en %) des captures de LMI et STA et débarquées à Kajaga et Nyamugari de décembre 2019 à avril 2020. Les barres bleues des histogrammes correspondent à des poissons immatures, celles noires à des poissons matures.

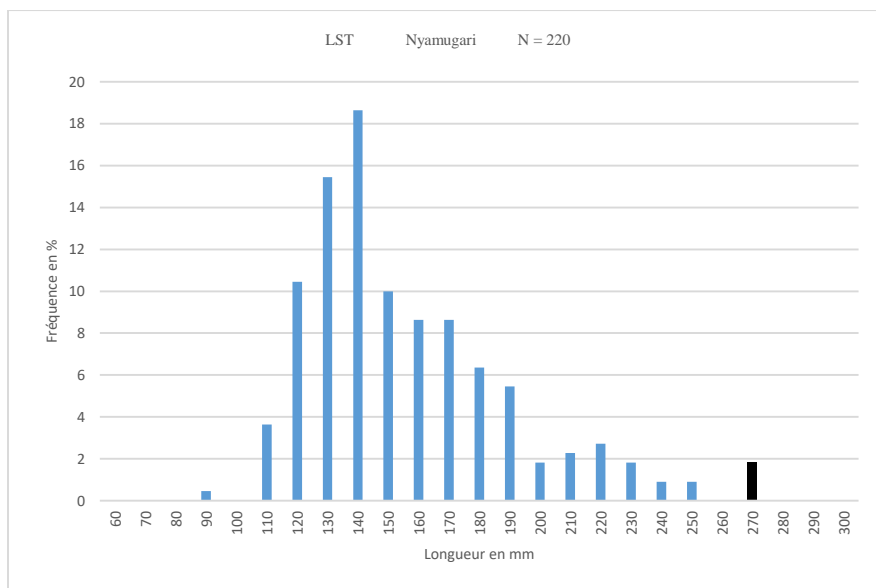


Figure III.3 Fréquence de longueur (en %) des captures de LST débarquée à Nyamugari de janvier à avril 2020. Les barres bleues des histogrammes correspondent à des poissons immatures, celles noires à des poissons matures.

Tableau III-2 : Degré de maturité et d'immaturité en pourcentage par espèces

Kajaga	Maturité	Immaturité
LMI	19.74	80.26
STA	56.91	43.09
LST	—	—
Nyamugari		
LMI	47.40	52.60
STA	88.84	11.16
LST	1.82	98.18
Kajaga & Nyamugari		
LMI	30.19	69.81
STA	72.88	27.12
LST	—	—

Tableau III-3 Changement des tailles de LMI, STA et LST selon la période et les sites d'échantillonnage (Tf: la taille ayant une grande fréquence)

<i>Limnothrissa miodon</i>					
Periode	Site	Lmax (mm)	Lmin (mm)	Tf (mm)	Références
1993-1994	Bujumbura	160	20	65	Aro & Mannini, 1995
1994-1995	Uvira	192	90	104	Mulimbwa, 2006
2013	Kajaga	96	40	84	Ntakimazi, 2013
2019-2020	Kajaga	140	24	54	Présente étude
2019-2020	Nyamugari	124	30	56	Présente étude
<i>Stolothrissa tanganycae</i>					
Periode	Site	Lmax (mm)	Lmin (mm)	Tf (mm)	Références
1993-1994	Bujumbura	100 à 1009	20 à 29	40 à 49	Aro & Mannini, 1995
1999-2001	Uvira	109	24	110	Mulimbwa, 2006
2013	Kajaga	88	40	68	Ntakimazi, 2013
2011	Kajaga	84	30	64	Ntakimazi, 2013
2019-2020	Kajaga	128	54	76	Présente étude
2019-2020	Nyamugari	112	42	84	Présente étude
<i>Lates stappersii</i>					
Periode	Site	Lmax (mm)	Lmin (mm)	Tf (mm)	Références
1993-1994	Bujumbura	390 à 399	10 à 19	100 à 109	Aro & Mannini, 1995
1999-2002	Uvira	355	60	124	Mulimbwa, 2006
2013	Kajaga	430	140	170	Ntakimazi, 2013
2019-2020	Kajaga	-	-	-	Présente étude
2019-2020	Nyamugari	270	90	140	Présente étude

III. 2 Les paramètres de croissance

Dans notre zone d'étude, la distribution des fréquences de taille obtenue pour les trois espèces nous ont permis d'estimer les paramètres de croissance. La synthèse des paramètres de croissance estimés par espèce et par site est présentée dans le tableau III-2. La figure III. 4 montre une nette progression du mode principal. Les valeurs retenues correspondent à la valeur d'ajustement normalisée (Rn) la plus élevée.

La longueur asymptotique (L_{∞}) de *Limnothrissa miodon* estimée dans le présent travail est inférieure à celle estimée Aro & Mannini (1995) dans les années 1993-1994. Elle était de 176 mm, 175 mm, 178 mm respectivement à Bujumbura, Kipili et Mpulungu (Aro & Mannini, 1995) et de 179 mm à Uvira (Mulimbwa, 2006).

Elle est, dans la présente étude de 148 mm à Kajaga et de 132 mm à Nyamugari. Ceci s'explique par la faible longueur maximale observée dans le nord du lac actuellement, elle-même due à la pression de pêche, aux mauvaises pratiques de pêche et à l'écologie des espèces étudiées. Le coefficient de croissance K est de 1.04 à Kajaga et 0.94 à Nyamugari. Il est donc proche de celui estimé dans les études antérieures ($K = 0.86, 1.16, 0.84$ à Bujumbura, Kipili et Mpulungu respectivement) (Aro & Mannini, 1995).

L'indice de performance de croissance \emptyset' estimé est de 4,36 à Kajaga et 4.58 à Nyamugari. Il est proche de celui estimé antérieurement ($\emptyset' = 4.43, 4.55$ et 4.42 à Bujumbura, Kipili et Mpulungu respectivement) (Aro & Mannini, 1995).

Contrairement à *Limnothrissa miodon*, L_∞ de *Stolothrissa tanganyicae* estimée dans le présent travail est supérieure à celle des années antérieures. Elle est, dans cette étude, de 135 et 118 mm à Kajaga et Nyamugari respectivement alors qu'elle était, en 1993, de 110 mm à Uvira et Mpulungu, 114 mm à Bujumbura, 111 mm à Karonda et 100 mm à Kigoma. Le coefficient de croissance K est également faible dans le présent travail (0.94 et 0.99) par rapport à celui de 1993-1994 (proche ou supérieur à 2 pour tous les sites) (Aro et Mannini, 1995).

L'indice de croissance \emptyset' de la présente étude ($\emptyset' = 4.23$ et 4.14) et celui de 1993-1994 ($\emptyset' = 4.44$ à Bujumbura, 4.37 à Karonda, 4.27 à Kigoma) (Aro et Mannini, 1995).

Cela serait dû au fait que, comme indiqué plus haut, les rares captures de *Stolothrissa tanganyicae* ne sont constituées, dans la présente étude, pratiquement que d'individus matures.

Pour les deux espèces de clupéidés, il ressort de l'analyse du tableau III-4 que :

- Les tailles maximales observées ($L_{t_{max}}$) et les L_∞ sont toujours plus élevées à Kajaga qu'à Nyamugari (voir raisons plus haut).
- Les valeurs de K sont voisines de 1, variant de 0,92 à $K=1,04$. Il s'agit des valeurs très faibles qui traduisent une faible croissance comme chez les espèces de grandes tailles. Ces résultats devraient être confirmés par des études ultérieures s'étendant sur une période plus ou moins longue et avec des effectifs élevés des échantillons. Si l'on obtenait des résultats similaires ou proches, on pourrait en déduire que ces deux espèces ont une faible croissance.

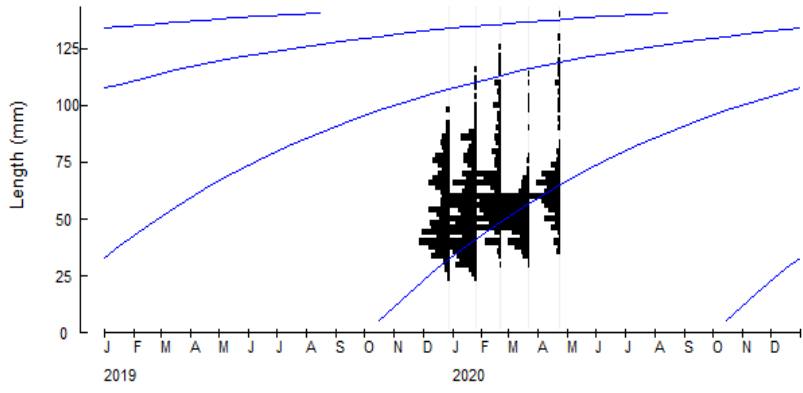
Les causes seraient alors à rechercher dans les facteurs environnementaux ou anthropiques comme la pression de la pêche.

- Comme dans le cas des valeurs de K , on remarque les mêmes tendances pour les valeurs de \emptyset' qui varient de 4,14 à 4,58. Une meilleure performance de croissance étant observée à Nyamugari pour *Limnothrissa miodon* et à Kajaga pour *Stolothrissa tanganicae*.
- La longévité oscille autour de la valeur 3ans quel que soit le milieu. Elle varie de 2,88 à 3,26 ans. Néanmoins, il y a lieu de constater que la longévité la plus élevée est observée à Nyamugari pour *Limnothrissa miodon* et à Kajaga pour *Stolothrissa tanganicae*, soit respectivement 3,26 ans et 3,19 ans. Il s'agit des valeurs de t_{\max} qui sont très proches pour ces deux espèces.

Pour *Lates stappersii*, ayant obtenu un échantillon relativement insuffisant à Kajaga, les traitements effectués concernent seulement le site de Nyamugari. Les paramètres de croissances obtenus sont: $L_{\infty} = 284$; $K = 0.65$; et $\emptyset' = 4.72$. Ils sont très différents de ceux des années antérieures dans les autres parties du lac (L_{∞} variant de 578 à 604 mm; K variant de 0.40 à 0.43 et \emptyset' supérieur à 5). Cela parce que, comme l'a signalé Aro & Mannini (1995), on ne pêche que des juvéniles de *Lates stappersii* au nord du lac.

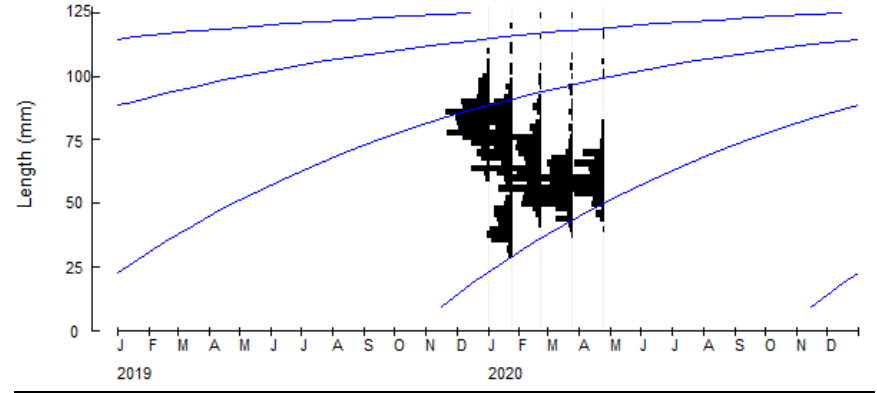
Nous présentons ici les résultats sur cette espèce pour montrer la tendance, mais ils sont d'une très faible fiabilité à cause de l'absence quasi totale de la partie mature de la population de *Lates stappersii*.

La figure III-4 présente les courbes de croissance de l'équation de von Bertalanffy pour les différentes espèces étudiées. L'analyse de ces courbes montrent que les clupéidés étudiés atteignent une taille de près de 7,5 cm contre une taille de plus moins 12,5 cm pour *L. stappersii*

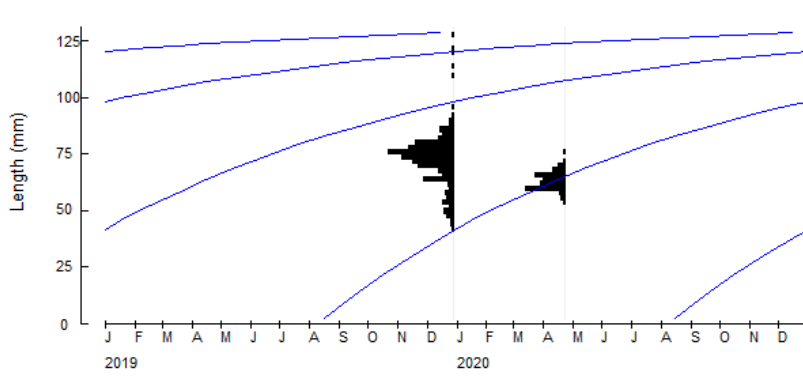


A)

(a)

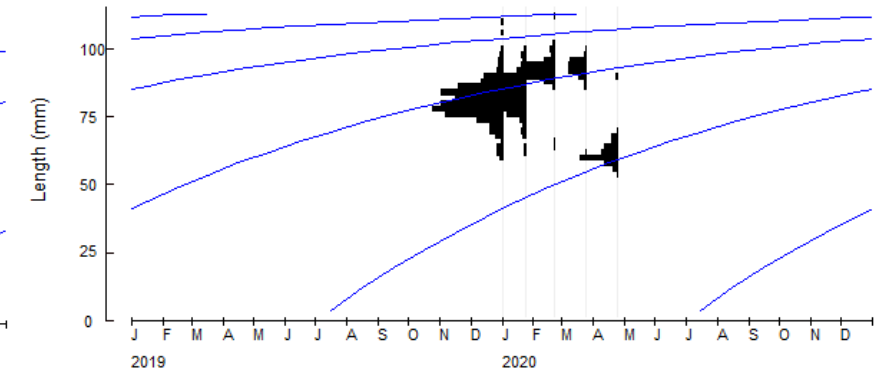


(b)

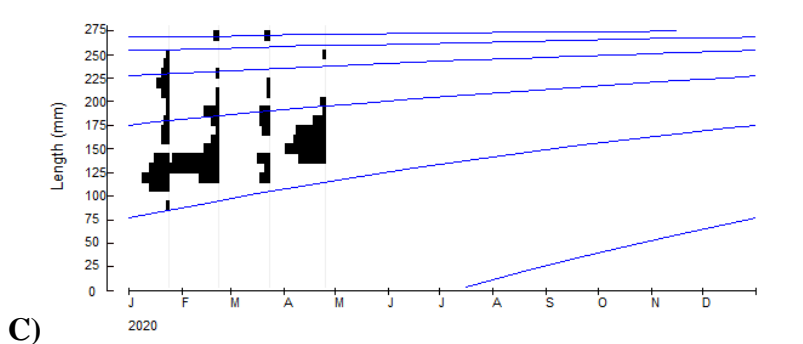


B)

(a)



(b)



C)

Figure III.4 Courbes de croissance de von Bertalanffy pour *L. miodon* (A), *S. tanganyica* (B) et *L. stappersii* (C) à Kajaga (a) et à Nyamugari (b)

Tableau III-4 Estimation des paramètres de croissance

<i>Lates stappersii</i>						
Plage	Lt max obs. (en mm)	L_{∞} (en mm)	K (an ⁻¹)	\emptyset'	Rn	Tmax
Kajaga	150	–	–	–	–	
Nyamugari	270	284	0.65	4.72	0.208	4.61
<i>Stolothrissa tanganyicae</i>						
Plage	Lt max obs. (en mm)	L_{∞} (en mm)	K(an ⁻¹)	\emptyset'	Rn	Tmax
Kajaga	128	135	0.94	4.23	0.158	3.19
Nyamugari	112	118	0.99	4.14	0.155	3.03
<i>Limnothrissa miodon</i>						
Plage	Lt max obs. (en mm)	L_{∞} (en mm)	K(an ⁻¹)	\emptyset'	Rn	Tmax
Kajaga	140	148	1.04	4.36	0.12	2.88
Nyamugari	124	132	0.92	4.58	0.128	3.26

III. 3 La mortalité et le taux d'exploitation

Les paramètres de mortalité et le taux d'exploitation pour les 3 espèces, ainsi que d'autres paramètres y relatifs, sont indiqués dans le tableau III. 5 et les graphiques de Jones et van Zalinge (Jones, 1984; Jones & van Zalinge, 1981) pour estimer la mortalité totale Z se voient sur la figure III. 5. La mortalité totale Z varie de 4.11 à 7.58 an⁻¹. Le taux d'exploitation E est supérieur ou égal à 0.7 pour toutes les espèces et sur tous les sites. Cela signifie que ces trois espèces sont soumises à une surexploitation dans cette partie du lac parce que E est supérieur à 0.5. Ce sont les mêmes constats qu'ont fait Mannini et *al.* (1996); Aro & Mannini (1995) et Mulimbwa (2006). Si on observe le taux d'exploitation pour les Cichlidés (Niyonkuru et *al.* 2015b) il semble que ces trois espèces pélagiques sont plus exploitées que les plus soumises aux mortalités naturelles. Ces dernières sont très voisines très inférieures aux mortalités par pêche. Cela pourrait signifier une forte pression de pêche dans la zone d'étude.

Selon les études effectuées sur les deux clupéidés (Allen, 1971; Mannini, 1991), il se remarque une surestimation de Z dans la présente étude par rapport à la longévité de ces espèces (Lévêque et al. 1977).

Normalement, on devrait s'attendre à ce que Z de *Limnothrissa miodon* par exemple se situe entre 2 et 3 ans^{-1} . Comme le $Z=M+F$ et comme les valeurs de M sont très proches de celles des études antérieures, il est clair que la pression de la pêche est intense dans le milieu d'étude.

Lates stappersii, une espèce ayant une grande taille, présente une mortalité naturelle plus faible et ainsi un renouvellement le plus lent. Un Z de 1,5 peut être considéré comme représentatif pour cette espèce (Mannini et al. 1996). Cette surestimation de Z est due à la sélectivité des engins de pêche commerciale qui capturent des tailles plutôt petites.

D'après Beverton & Holt (1966), pour les populations à faible longévité, le rapport M/K est souvent très élevé (plus de 2). L'analyse du tableau III-5 montre que partout, le rapport M/K est partout inférieur à 2, ce qui traduit une courte longévité pour les espèces étudiées. Cela corrobore les valeurs de t_{\max} pour ces espèces pour lesquelles la longévité est de plus ou moins 3 ans pour les deux espèces de clupéidés contre plus ou 5 ans pour le *Lates*.

Tableau III-5 Les paramètres de mortalité pour *Stolothrissa tanganicae* (STA), *Limnothrissa miodon* (LMI) et *Lates stappersii* (AST) à Kajaga et à Nyamugari

Milieu	Espèce	$M(\text{an}^{-1})$	$Z(\text{an}^{-1})$	$F(\text{an}^{-1})$	E	M/K
Kajaga	S.TA	1.09	7.58	6.49	0.86	1,16
	L.MI	1.13	4.18	3.05	0.73	1,1
Nyamugari	S.TA	1.17	6.57	5.40	0.82	1,19
	L.MI	1.08	4.11	3.03	0.74	1,18
	L.ST	0.69	2.30	1.60	0.70	1,1

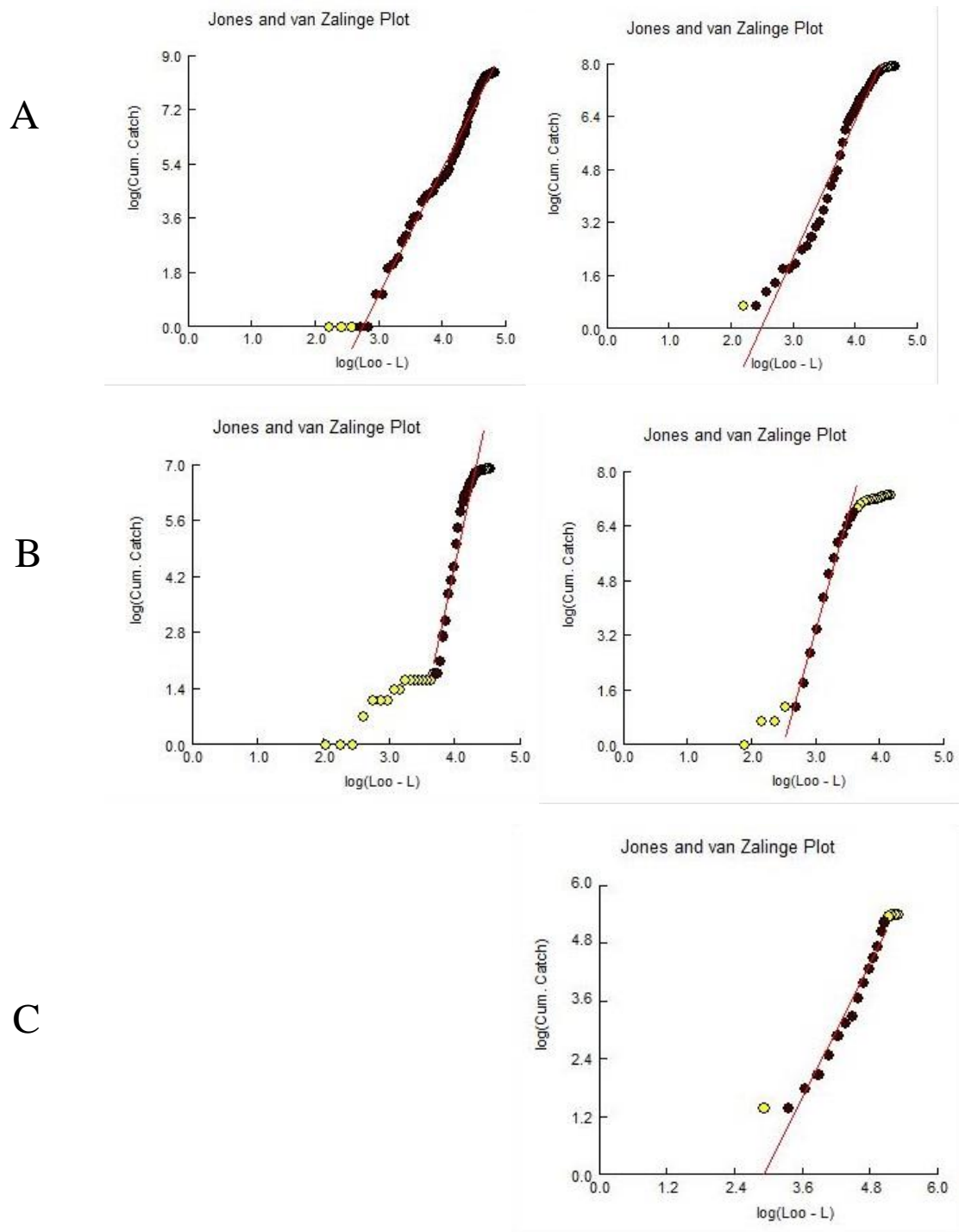


Figure III.5 Graphique de Jones et van Zalinge pour estimer la mortalité totale de LMI (A), STA (B) et LST (C). A droite à Nyamugari et à gauche Kajaga.

III. 4 Le modèle de recrutement

On peut montrer le recrutement dans la pêche pour les espèces étudiées par un graphique qui permet de visualiser les variations dans la fréquence des différentes tailles en fonction du temps. Les courbes de recrutement obtenues dans les deux sites pour les trois espèces sont présentées sur la figure III. 6.

Même si les niveaux de chevauchement ou de netteté ne sont pas les mêmes, les populations des deux espèces de clupéidés montrent deux modes de recrutement. Les tailles et âges de recrutement des deux clupéidés sont souvent les mêmes (Mulimbwa & Shirakihara, 1994). Normalement, pour les trois espèces, le recrutement est continu au cours de l'année parce qu'on observe toutes les tranches de tailles dans les échantillons de tous les mois (Mulimbwa, 2006; Mannini et al. 1996, Aro & Mannini, 1995; Mulimbwa et Shirakihara, 1994). Cependant, des périodes de pics de recrutement existent.

Pour le *L. miodon*, les niveaux de chevauchement sont semblables à Kajaga et à Nyamugari (figure III. 6 (A)).

Les grands pics de recrutement sont observés de mai à septembre à Kajaga et de mai à juillet à Nyamugari. Cette période correspond à la saison sèche, le constat que nous partageons avec Mannini et al. (1996); Mulimbwa & Shirakihara (1994).

Pour *S. tanganicae*, les niveaux de chevauchement sont clairement différents entre Kajaga et Nyamugari (figure III.6 (B)). Deux recrutements sont visibles à Kajaga, les grands pics correspondant aux mois de mars-avril-mai pour le premier recrutement et de septembre à novembre pour le second. Il y a un grand chevauchement entre les courbes de recrutement de *S. tanganicae* à Nyamugari où les deux recrutements (un de février à mai et un autre de juin à août) semblent s'être mélangés. Ces résultats sont similaires à ceux de 1994 et 1995 à Uvira et à Kigoma (Mannini et al. 1996). En 1994, un recrutement mineur a lieu au début de l'année, et un autre considéré comme principal a eu lieu de juin à novembre. En 1995, le principal recrutement a eu lieu de juin à août. Globalement, la principale période de recrutement de *S. tanganicae* s'observe de juin à novembre, c'est-à-dire une période de saison sèche et les mois qui la suivent (Mulimbwa & Shirakihara, 1994, Mannini et al. 1996, Bulengela et al. 2019). Il est probable que cette période soit propice au développement de ces deux clupéidés car elle correspond à la faible abondance locale de *L. stappersii* adultes leur prédateur (Coenen, 1995; FAO, 1978).

C'est également la période d'augmentation de la production primaire et secondaire qui, à son tour, est une conséquence de l'approfondissement de la thermocline et du mélange vertical des eaux (Plisnier et *al.* 1996; Plisnier et *al.* 2009).

Pour *L. stappersii*, un seul recrutement (composé surtout de juvéniles) s'observe au cours de l'année à Nyamugari.

Les grands pics de recrutement s'observent de juin à septembre (quatre mois). Dans les années 1993-1994, au cours d'un cycle annuel, un recrutement majeur a eu lieu pendant cinq mois d'avril à août (quatre mois) (Mannini et *al.* 1996).

Les juvéniles de *Lates stappersii* capturées dans le nord du lac entrent dans le recrutement aussitôt qu'ils atteignent la taille de recrutement de *S. tanganycae* avec qui ils sont souvent associés et capturés ensemble, un problème difficile à résoudre avec des techniques de pêche sélective.

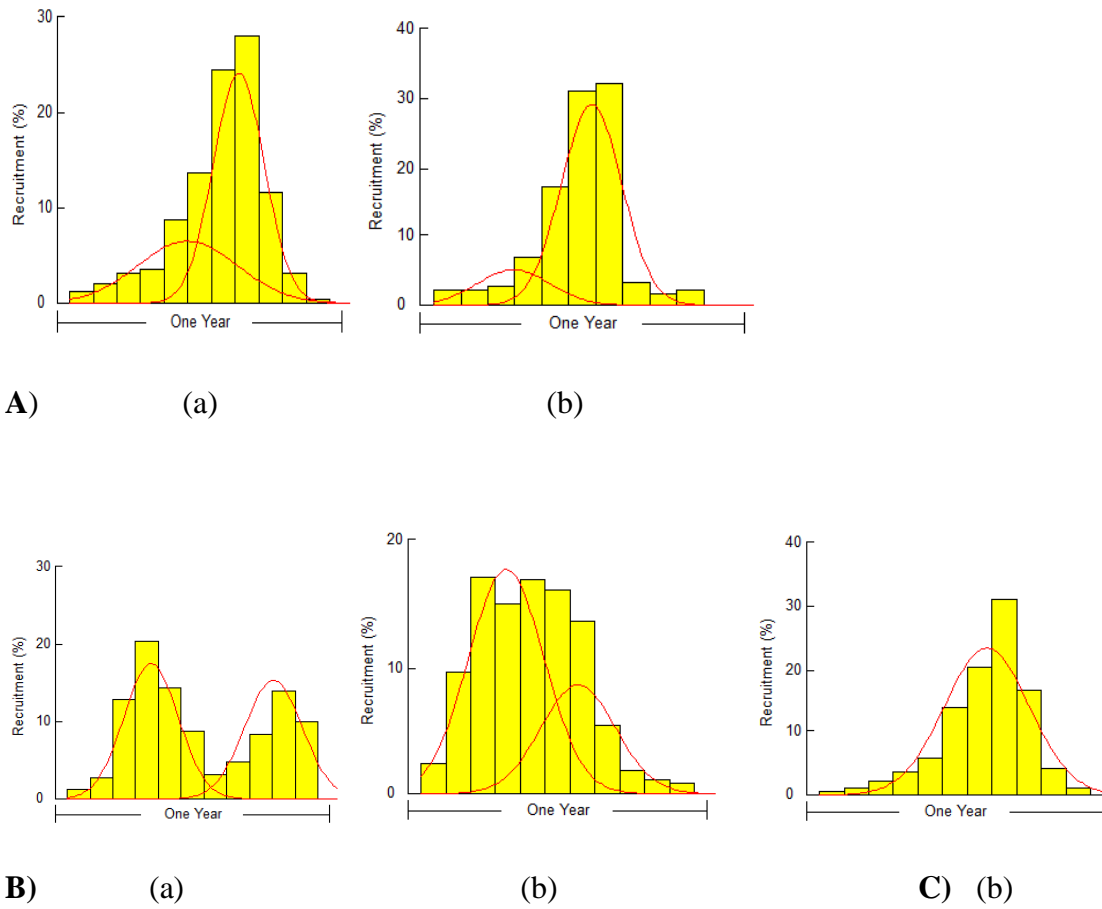


Figure III.6 Courbe montrant les pics de recrutement réalisées à l'aide de FiSAT pour *L. miodon* (A), *S. tanganycae* (B) et *L. stappersii* (C) à Kajaga (a) et à Nyamugari (b)

III. 5 Les captures par unité d'effort (CPUE)

Les captures moyennes par unité de pêche artisanale pendant la période d'étude (décembre 2019 à avril 2020), le nombre d'unités actives de pêche et les captures moyennes totales débarquées à chaque site sont présentées dans le tableau III. 6. En moyenne, 68 unités à Kajaga et 20 unités à Nyamugari ont fait la sortie chaque nuit. La capture moyenne par unité de pêche (par nuit ou sortie de pêche) est de 16 kg à Kajaga et 9.1 kg à Nyamugari.

En observant l'évolution des CPUE dans différentes études sur le lac Tanganyika en général et dans la partie nord en particulier, il se remarque une régression de la capture par unité de pêche artisanale au fur des années (figure III. 7 & III.8).

Cette diminution de la CPUE prédit une diminution de la production qui est en partie due à la surexploitation locale déjà noté par Roest, (1992). Elle est également influencée par la rareté des deux espèces clés, *L. stappersii* et *S. tanganyicae* (voir plus haut III.1) dans cette partie du lac. Roest (1992) indique que *L. stappersii* et *S. tanganyicae* ont des profils d'abondance cycliques avec des périodes de 6 à 8 ans entre les pics successifs dans la partie nord du lac. Il est alors probable que notre période corresponde à la période de dépression sur la courbe cyclique de production. Comme le signalent Cohen et *al.* (2016), les changements climatiques, surtout l'augmentation globale de la température seraient en train d'agir sur la production des poissons dans le lac Tanganyika. Si cette tendance de la production est similaire sur toutes les plages de débarquement comme c'était déjà le cas en 1993-1994 (Aro & Mannini, 1995), la pêcherie sur le lac Tanganyika serait en grand danger.

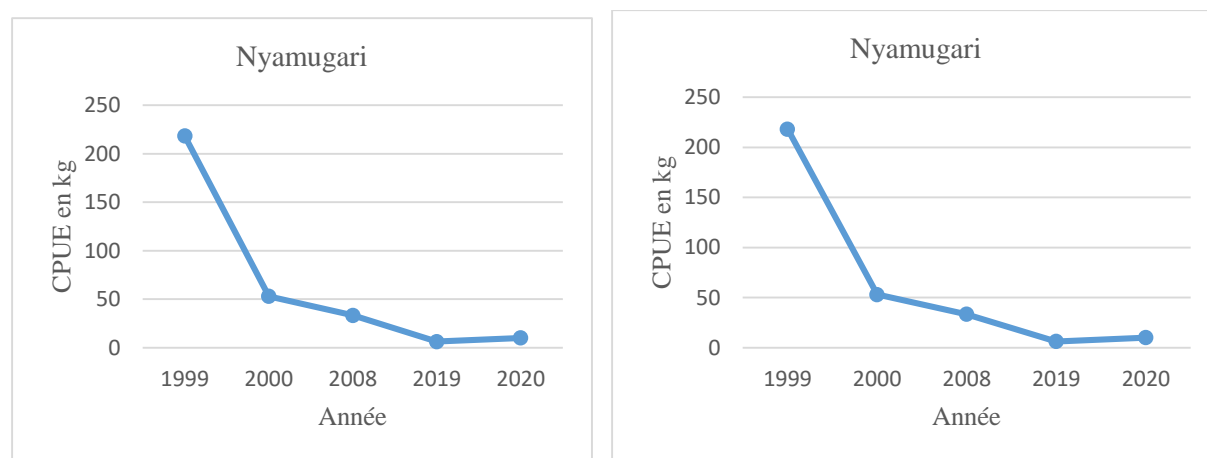


Figure III.7 : Évolution de la capture par unité d'effort à Kajaga et à Nyamugari

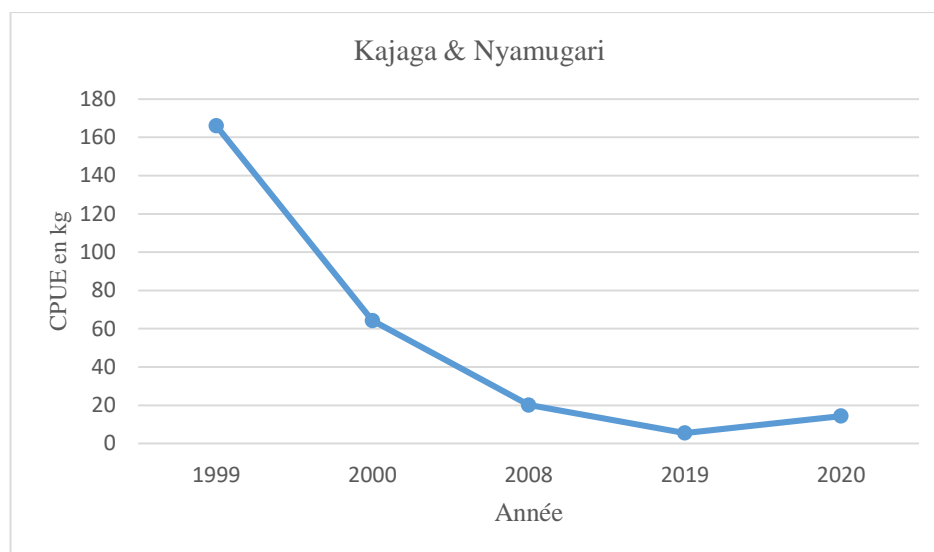


Figure III.8 Évolution de la capture par unité d'effort à Nyamugari et Kajaga.

Tableau III-6: Synthèse de la CPUE à Kajaga et à Nyamugari pendant les 5 mois d'échantillonnage

Kajaga				Nyamugari			
Date	Nbre d'unités	Cap-moy/unit	Cap-moy-tot	Date	Nbre d'unités	Cap-moy/unit	Cap-moy-tot
24-dec	37	5.15	190.55	30-dec	3	6	18
27-dec	26	4.6	119.6	31-dec	6	6.3	37.8
Moy 2019	32	4.9	155.1		5	6.2	27.9
20-jan	43	29.15	1253.45	22-jan	15	14.4	216
24-jan	8	6.25	50	23-jan	16	15.5	248
18-feb	106	17.6	1865.6	20-feb	22	13.7	301.4
19-feb	104	39.4	4097.6	21-feb	24	5.35	128.4
20-mar	72	12.3	885.6	23-mar	29	13.42	389.18
21-mar	75	9.7	727.5	24-mar	23	2.55	58.65
21-apr	118	30.72	3624.96	23-apr	30	5.14	154.2
22-apr	90	5.31	477.9	24-apr	28	8.2	229.6
moy2020	77	18.8	1622.8		23	9.8	215.7
moy tot/jour	68	16.0	1329.3		20	9.1	178.1
moy/mois	1358	320.4	26585.5		392	181.1	3562.5
moy/An	16296	3844.3	319026.2		4704	2173.4	42749.5

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus dans la présente étude montrent que les fréquences de tailles des espèces étudiées continuent à diminuer et varient d'un site à un autre. Ces fréquences de taille sont significativement différentes à Kajaga et à Nyamugari. Les paramètres de croissance des espèces étudiées varient selon les espèces, selon les périodes et selon les sites d'échantillonnage.

La présente étude nous montre que les paramètres de mortalité (Z, M et F) sont plus élevés, avec un taux d'exploitation conséquemment plus élevé que le seuil normal de 0.5. Toutes les trois espèces sont soumises à une surexploitation compte tenu des valeurs de E estimées dans le présent travail (un taux d'exploitation ($E = F/Z$) plutôt élevé (>0.5) pour toutes les trois espèces et aux deux stations ($E = 0.73$ et 0.86 pour *L. miodon* et *S. tanganyicae* à Kajaga; $E = 0.82$; 0.74 et 0.70 pour *S. tanganyicae*, *L. miodon* et *L. stappersii* respectivement à Nyamugari).

Les résultats sur les fréquences de tailles indiquent que les poissons actuellement débarqués sur cette partie du lac sont globalement immatures. Les causes de la capture de poissons de plus en plus petits seraient les mauvaises pratiques de pêche comme la pêche dans la zone de croissance, la surpêche et l'utilisation de filets de petite maille. La capture par unité d'effort a également considérablement baissé par rapport aux années antérieures.

L'étude du mode de recrutement montre que la saison sèche et les mois proches à cette saison constituent des pics de recrutement.

Des études plus étendues dans le temps et dans l'espace, ce qui n'était pas à la portée ce travail, permettraient d'aboutir à des conclusions plus solides.

Il est important de réserver et protéger certaines zones dans le nord du lac qui sert visiblement de refuge, de site de reproduction et de croissance pour *L. miodon* et d'autres espèces.

La réglementation régissant la pêche sur le lac Tanganyika devrait être expliquée et appliquée plus rigoureusement, notamment avec la lutte contre l'utilisation des engins et de méthodes de pêche inappropriés. Cela implique un fonctionnement adéquat des institutions nationales en charge de la pêche et de l'organe régional de régulation qu'est l'autorité du lac Tanganyika (ALT).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLEN, K.R., Relation between production and biomass. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 1971, 28: 1573-81.

ALLISON, E., COWAN, V., PALEY, R., Lutte contre la pollution et autres mesures pour protéger la biodiversité du Lac Tanganyika (RAF/92/G32). Étude Spécialisée de Biodiversité, Avis pour le Programme d'Action Stratégique, 2000, 31 p

ALLISON, E.H., PALEY, R.G.T., NTAKIMAZI, G., COWAN, V.J., WEST, T. K., Évaluation et conservation de Biodiversité dans le lac Tanganyika: rapport technique final de BIODIVERSITY. Lutte contre la pollution et autres mesures visant à protéger la biodiversité du lac Tanganyika (RAF/92/G32), GEF, NRI, MRAC, IFE, 2000, 205 p.

APRILA, L.S., WOWOR, D., BOER, M., FARAJALLAH, A., Population dynamics of *Macrobrachium sintangense* and *M. lanchesteri* in Lake Lido, West Java, *Earth Environ. Sci.* 2020, 457 012008. Doi: 10.1088/1755-1315/457/1/012008

ARO, E., Guidelines for sampling pelagic fish catches on Lake Tanganyika. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN—FM/04 (En): 1993, 23p.

ARO, E., MANNINI, P., Results of Fish Population Biology Studies on Lake Tanganyika during July 1993-June 1994. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN—TD/38 (En), 1995, 104p.

BAMBARA, S., Rapport sur l'Enquête Cadre Simultanée pour le lac Tanganyika, Burundi. FAO/FINNIDA Recherche pour l'Aménagement des Pêches au lac Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN-TD/39: 1995, 27p.

BANERJI, S.K., KRISHNAN, T.S., Acceleration of the assessment of fish populations and comparative studies of similar taxonomic groups, 1973, p158-175. In Pauly, D. Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques, ICLARM, Adaptation en français par Jacques Moreau, ENSAT, Collection POLYTECH de l'I.N.P. de Toulouse, 1997, 288 p.

BASOGOMBA, J., Étude des caractéristiques de la pêche sur le long du lac Tanganyika : cas de la zone littorale de Kajaga. Mémoire, université du Burundi: Institut de Pédagogie Appliquée ; Département de Biologie, 2010, 42p.

BEADLE, L.C., The inland waters of tropical Africa, an introduction to tropical limnology. 2nd ed. Longman, London, 1981, 84 pp.

BELLEMANS M.: Historiques des pêcheries artisanales et coutumières au Burundi de 1952-1991, 1991, Statistiques et informations. Pêches, Burundi.

BERTALANFFY V., L., Quantitative laws on metabolism and growth. *Quart. Rev. Biol.* 1957, 32: 217-231. Doi: 141.218.001.105

BEVERTON, R.J., HOLT, S.J., A review of methods for estimating mortality rates in exploited populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. Rapp. P.V. Reun. CIEM 1956, 140: 67-83. In NIYONKURU C. Étude comparée de l'exploitation de la démographie des poissons cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi: 2007, 199p

BEVERTON, R.J., HOLT, S.J., On the dynamics of exploited fish populations. Chapman and Hall, 1957, London, 533 p, Facsimile reprint 1993. In NIYONKURU C. Étude comparée de l'exploitation de la démographie des poissons cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi: 2007, 199p

BOOTSMA H., HECKY, R.E., Conservation of the African Great Lakes: A Limnological Perspective. *Conservation Biology*, 1993, 7, 3, 644–656

BOUNGOU, M., SINARÉ, Y., ZAMBA, A. I., SANTOS, M. J., KABRÉ, G. B., The population of monogeneans on the gills of *Sarotherodon galilaeus* (Linnaeus, 1758) (Cichliformes:Cichlidae) and the impact of abiotic and biotic parameters. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2020, 8(2): 11-17

BRICHARD, P., Pierre Brichards'book of cichlid and all other fishes of Lake Tanganyika. (T.F.H) publication Inc. Neptune city. 1989, 543 p.

BUHUNGU, S., MONTCHOWUI, E. BARANKANIRA, E., SIBOMANA, C., NTAKIMAZI, G., BONOU, C.A. Caractérisation spatio-temporelle de la qualité de l'eau de la rivière Kinyankonge, affluent du Lac Tanganyika, Burundi, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2018, 12(1): 576-595 DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.44>

BULENGELA, G., ONYANGO, P., BREHM, J., STAEHR, P.A., SWEKE, E., “Bring fishermen at the center”: the value of local knowledge for understanding fisheries resources and climate-related changes in Lake Tanganyika, *Springer Nature B.V.* 2019. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00443-z>

BULLOCK, A., NIYONKURU, C., Étude sur la politique sectorielle d'utilisation de l'eau et la sante. *USAID Burundi Policy Reform Project*, 2009, 85p

CAMUS, C., Fluctuation du niveau du lac Tanganyika. *Bull. Acad. Sci. d'Outre- Mers*, 1965, 4: 1242-1256.

CAPART, A., Le milieu géographique et géophysique. Résultats scientifiques de l'exploitation hydro biologique du lac Tanganyika, (1946-1947). Institut royal des sciences naturelles de Belgique. 1952, Bruxelles. 127p.

CHEVASSUS-AU-LOUIS, B., LAZARD J. Situation et perspectives de la pisciculture dans le monde : consommation et production. *Cahier Agricole*, 2009, 18, 2-3. Doi: 10.1684/agr.2009.0283

COENEN, E.J. Presentation of SSP Results: Fisheries statistics.1994 Third Joint Meeting of the LTR's Coordination and International Scientific Committees; Kigoma, Tanzania 28—30.11., LTR/94/3.7, 1994, 17 pp.

COENEN, E.J., LTR's fisheries statistics subcomponent: march 1995 update of results for Lake Tanganyika. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN-TD/32 (En): 1995, 45 pp.

COENEN, E.J., PAFFEN, P., NIKOMEZE, E., Catch per Unit of Effort (CPUE) study for different areas and fishing gears of Lake Tanganyika. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika, GCP/RAF/271/FIN-TD/80 (En), 1998, 86 p.

COHEN, A.S., BILLS R., COCQUYT, C.Z., CALJON A.G., The impact of sediment pollution on biodiversity in Lake Tanganyika. *Consr v.Biol.* 1993, 7: 667-677.

COHEN, A. S., GERGURICH, E. L., KRAEMER, B. M., MCGLUE, M. M., MCINTYRE, P. B., RUSSELL, J. M. , SIMMONS, J. D., SWARZENSKI, P. W., Climate warming reduces fish production and benthic habitat in Lake Tanganyika, one of the most biodiverse freshwater ecosystems. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2016, 113:9563–9568.

COULTER, G.W, *Tanganyika and its life*. British Museum (Natural History), 1991, London. 354p

COULTER, G. W., Lake Tanganyika, In K. Martens, B. Goddcris & G. Coulter (Eds), Speciation in Ancient Lakes. *Arch. Hydrobiol. Beth. Ergebn. Limnol.*, 1994, 44: 13-18.

DE PONTUAL H., PANFILI J., WRIGHT P.J. & TROADEC, H.. Introduction générale. *In* Manuel de Sclérochronologie des poisons, 2002, Editions IRD & Ifremer. (19-28).

DEVOS L. & SNOEKS J., The non-Cichlid fishes of the Lake Tanganyika basin. In MARTENS K.; GODDEERIS B. and COULTER G. (eds) speciation in Ancient Lakes. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol*, 1994, 44:391-405.

ECCLES, D.H. *FAO species identification sheets for fishery purposes*. Field guide to the freshwater fishes of Tanzania. (Prepared and published with the support of the United Nations Development Program, Project URT/87/016.), Rome, FAO. 1992. 145 p, disponible sur <http://www.fao.org/docrep/010/t0605e/t0605e00.HTM>, consulté le 6/10/2020.

EMERUSENGE, E., Cadre de Gestion Environnementale et Sociale (CGES). Projet Multisectoriel Infrastructures Eau et Énergie, Rapport final, Bujumbura, 2007,106p

EVERT M.J., Le lac Tanganyika, sa faune et la pêche au Burundi. Mémoire, Louvain, 1970 ; Bujumbura 1980 ; 201p.

FAO, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Atteindre les objectifs de développement durable. Rome, 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FAO, Lake Tanganyika Research and Development Project, Tanzania. Fishery biology and stock assessment, based on the work of D.W. Chapman, H. Rufli, P. van Well and F. Roest. FI: DP/URT/71/012, Technical Report 1, 1978, 37 p.

FAO, Management of African inland fisheries for sustainable production. Paper presented at the First Pan African Fisheries Congress and Exhibition, UNEP, Nairobi. FAO, Rome, 1995a.

FAO, Profil de la pêche par pays : la République du Burundi, 2005, FAO, Rome

FAO, Report of the Ninth session of the sub-committee for Lake Tanganyika. Dar-es-Salaam, Tanzania, 2001, 52p, FAO Fisheries Report No. 682, Rome

FERMON, Y., 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. Action Contre la Faim – USA, 2007, 86p

GAYANILO, F.C.J., SPARRE, P., PAULY, D. *FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT II). Revised version. User's guide.* 2005, FAO United Nations, Rome.

GNF, Le Lac Tanganyika, un lac de superlatifs, est le “Lac le plus menacé de l'année 2017”. *Communiqué de Presse de Global Nature Fund pour la Journée Mondiale des Zones Humides du 2 février 2017.* Disponible sur : www.globalnature.org/ThreatenedLake2017.

GOURÈNE, G., TEUGELS, G.G., Synopsis de la classification et phylogénie des Pellonulinae de l'Afrique Occidentale et Centrale (Teleostei; Clupeidae). *J. Afr. Zool.* 1994, 108(1):77-91. In <https://www.fishbase.org>

GULLAND, J.A., Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie: Analyse des populations. Manuels FAO des Sciences halieutiques, 4, FAO, ROME, 1969, 160 p.

HANEK, G., COENEN E.J., KOTILAINEN, Aménagement des pêches au lac Tanganyika. Bujumbura-Burundi : Projet FAO/FINNIDA. Recherche pour l'aménagement des pêches au Lac Tanganyika. GCP/RAF/FIN/TD/25, 1993, P1-22.

HANEK, G., Management of Lake Tanganyika Fisheries. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN-TD/25 (En): 1994, 15p.

HECK, S., BÉNÉ C., REYES-GASKIN R. Investing in African fisheries: building links to the Millennium Development Goals, *Fish and Fisheries*, 2007, 8(3): 211-26.

HORI, M., GASHAGAZA, M.M., NSHOMBO, M., KAWANABE, H., Littoral fish communities in Lake Tanganyika: irreplaceable diversity supported by intricate interactions among species. *Conserv Biol* 1993, 7:657–666.

JONES, R., Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). FAO *Fish.Tech.Pap.* (256): 1984, 118p. In GAYANILO, F.C.J., SPARRE, P., PAULY, D. *FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT II). Revised version. User's guide.* 2005, FAO United Nations, Rome.

JONES, R., VAN ZALINGE N.P., Estimations of mortality rate and population size for shrimp in Kuwait waters. *Kuwait Bull. Mar. Sci.*, 1981, 2: 273-288. In GAYANILO, F.C.J., SPARRE, P., PAULY, D. *FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT II). Revised version. User's guide.* 2005, FAO United Nations, Rome.

KAPTUÉ, A.T., HANAN, N.P., PRIHODKO, L., Characterization of the spatial and temporal variability of surface water in the Soudan-Sahel region of Africa. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2013, 118: 1472-83. doi:10.1002/jgrg.20121.

KELLY, W., Lac Tanganyika : Résultats et constats tirés de l'initiative de conservation du PNUD/GEF (Raf/92/G32) qui a eu lieu au Burundi, en République Démocratique du Congo, en Tanzanie et en Zambie. Projet sur la Biodiversité du Lac Tanganyika, 2001, 155p.

KULLANDER, S.O., ROBERTS, T.R., Out of Lake Tanganyika: endemic lake fishes inhabit rapids of the Lukuga River. *Ichthyol. Explor. Freshwat*, 2012, 22(4):355-376. In <https://www.fishbase.org>

LANGENBERG, T.V. *On the limnology of Lake Tanganyika.* Thesis Wageningen University, The Netherlands—with summary in Dutch and French, 2008, 202p. ISBN 978-90- 8504-784-1.

LÉVÊQUE, C., DURAND, J.R., ECOUTIN, J.M., Relations entre le rapport P/B et la longévité des organismes. Cah. ORSTOM, ser. *Hydrobiol.*, 1977, 11: 17-31.

LÉVÊQUE, C., PAUGY, D., TEUGELS, G.G. Faune des Poissons d'Eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, 1990-1992. 910 p. Paris: ORSTOM. In MONTCHOWUI, É., NIYONKURU, C., AHOANSOU MONTCHO, S., CHIKOU, A. LALÈYÈ, P., L'ichtyofaune de la rivière Hlan au Bénin (Afrique de l'Ouest), *Cybium*, 2007, 31(2): 173-176

LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., CABANILLA-CARPIO, C., RUIZ-CHOEZ, W., ARZOLA-SOTELO, E. A., Interannual variability of distribution, abundance and population dynamics of the smooth hammerhead *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) in the central-southeast Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, 2020. Doi: 10.1111/jfb.14360

LOWE, B.S., JACOBSON, S. K., ANOLD, H., MBONDE, A.S., O'REILLY, C. M., Adapting to change in inland fisheries: analysis from Lake Tanganyika, East Africa, *Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature* 2019. (<https://doi.org/10.1007/s10113-019-01516-5>)

MANNINI, P., ARO, E., Guidelines for catch handling on board *R/V Tanganyika Explorer*. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN-FM/19 (En): 1995, 19p.

MANNINI, P., ARO, E., KATONDA, I., KASSAKA B., MAMBONA, C., MILINDI, G., PAFFEN, P., VERBURG, P., Pelagic fish stocks of Lake Tanganyika: biology and exploitation. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries of Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN—TD/53 (En), 1996, 60p.

MANNINI, P., Aspects de la dynamique et de l'aménagement du stock de *Limnothrissa miodon* du lac Kivu. PNUD/FAO - RWA/87/012/Document de Travail (TR)/43: 1991, 21 pp.

MANNINI, P. Field Notes for Fish Biology. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika, 1993. GCP/RAF/271/FIN-FM/08 (En): 28p.

MEEATU, Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la plaine de l'Imbo. MEEATU, Bujumbura, 2013, 36P

MEEATU, Stratégie de communication, d'éducation et de sensibilisation du public sur la biodiversité au Burundi (CESPB), 2014, Bujumbura, 56P

MESNIL, B., Structures démographiques dans les modèles d'évaluation de stocks. In PANFILI J.; DE PONTUAL, TROADEC, H., WRIGHT, J. P. Manuel de Sclérochronologie des poissons. Editions IRD & Ifremer, 2002, 180-196 p.

MÖLSÄ, H., REYNOLDS, J.E., COENEN, E.J., LINDQVIST, O.V., Fisheries research towards resource management on Lake Tanganyika. *Hydrobiologia* 1999, 407:1–24.

MOREAU J. Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude, 1979. Thèse d'Etat en Sciences naturelles, Institut National Polytechnique de Toulouse: 301 p. In NIYONKURU C. Étude comparée de l'exploitation de la démographie des poissons cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi: 2007, 199p

MULIMBWA, N., Assessment of the commercial artisanal fishing impact on three endemic pelagic fish stocks, *Stolothrissa tanganyicae*, *Limnothrissa miodon* and *Lates stappersii*, in Bujumbura and Kigoma sub-basins of Lake Tanganyika, *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 2006, 29:3, 1189-1193.

<https://doi.org/10.1080/03680770.2005.11902872>

MULIMBWA, N., SHIRAKIHARA, K., Growth, recruitment and reproduction of sardines (*Stolothrissa tanganyicae* and *Limnothrissa miodon*) in north western Lake Tanganyika, *Tropics* 1994, 4: 57-67.

MUNRO, J. L. & D. PAULY, 1983 A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*. 1(1): 5-6

MUSHAGALUSA, C.D., NSHOMBO, M., LUSHOMBO, M., Littoral fisheries on Cichlidae (Pisces) from the northwestern part of Lake Tanganyika, East Africa. *Aquat Ecosyst HealthManag* 2014, 17:41–51.

MWIMA, H.K., Environmental governance dimensions and perspectives for three transboundary African lakes. *Aquat Ecosyst Health Manag*, 2014, 17:97–102.

NAHAYO, A. Renforcement de la filière du conditionnement et de transformation du poisson du lac Tanganyika et appui à sa commercialisation. Analyse de la filière pêche, FAO, Bujumbura, 2010, 76p. Disponible sur: https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13468315558930/pr_-_rapport_fao_analyse_de_la_filire_peche.pdf Consulté le 25/ 5/ 2020

NDUGUMBI, Z., VAN WELL, P., CHAPMAN, D.W. Biology of *Limnothrissa miodon* in Lake Tanganyika. FAO Report, FI: DP/URT/71/012/38/, 1976, 1—7.

NDUWIMANA, V. Étude des caractéristiques de la pêche sur le littoral du Lac Tanganyika: Cas de la station de Nyamugari. Mémoire, Université du Burundi: Institut de Pédagogie Appliquée, Département de Biologie, 2010 : 47p.

NIYONKURU, C. Étude comparée de l'exploitation de la démographie des poissons Cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 2007, 199p.

NIYONKURU, C., ISUMBISHO, P., MOREAU, J., Growth, Mortality Rates and Exploitation of Cichlids in Anthropological Coastal Zone in the North of Lake Tanganyika, *Journal of Agriculture and Life Sciences*, 2015b, 2, 1.

NIYOYITUNGIYE, L., GIRI, A., MISHRA, B. P., Quantitative and qualitative analysis of phytoplankton population in relation to environmental factors at the targeted sampling stations on the Burundian littoral of Lake Tanganyika. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2020, 8(1, Part B), 110-121.

NTAKIMAZI, G., Le rôle des écotones terre/eau dans la diversité biologique et les ressources du lac Tanganyika. Bujumbura-Burundi : Université du Burundi, Faculté des Sciences. Projet UNESCO/DANNIDA 510/BDI/40, 1995, 84p.

NTAKIMAZI, G., 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, 1998, 15p

NTAKIMAZI, G., Rapport d'étude sur les fréquences de longueur des principaux poissons capturés dans le lac Tanganyika et les lacs du Nord. *Programme Post Conflit de Développement Rural* (PPCDR), 2013, 80p

NTAKIMAZI, G.: Conservation of the resources of the African Great Lakes: Why? An overview. *Mitt. Internat. Verien. Limnol* 1992, 23, 5-9

NYAKAGENI, B., *Biologie et écologie d'un poisson endémique du lac Tanganyika Luciolates stappersii* ; Thèse présentée en vue de l'obtention du Doctorat du 3ème cycle, Université Paul Sabatier, Toulouse, 1985.

O'REILLY, C.M., ALIN, S. R., PLISNIER, P. D., COHEN, A. S., McKEE, B.A., Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa. *Nature* 2003, 424:766 768. Doi: 10.1038/nature01833.

PATTERSON, G., MAKIN J., L'état de la diversité biologique et les sources du Lac Tanganyika. Rapport final, 1998, Projet UNESCO/DANNIDA 510/BDI/40, 1991-1994,97p.

PAULY, D., Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Stud. Rev.* 1984a, (8):325p.

PAULY, D., On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks, *J. Cons. CIEM*, 1980, 39(3):175-192.

PAULY, D., Length-converted catch curves: powerful tool for fisheries research. Part I. *Fishbyte*, 1983, 1 (2):9-13.

PAULY, D., Population dynamics of shorts-lived species, with emphasis on squids, 1985, NAFO Council Stud. 9: 143-154

PAULY, D., A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates, 1987, p7-34 In NIYONKURU, C. Étude comparée de l'exploitation de la démographie des poissons Cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 2007, 199p.

PAULY, D., DAVID, N., ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data, *Meeresforschung*, 1981, 28(4), 205-21

PAULY, D., MOREAU, J., Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques, 1997, In NIYONKURU, C. Étude comparée de l'exploitation de la démographie des poissons Cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 2007, 199p

PHILIPPE, P., Place de la pêche artisanale dans les pêcheries du secteur nord du lac Tanganyika, 1990, Laboratoire d'Ichtyologie.

PLISNIER, P.-D., CHITAMWEBWA, D., MWAPE, L., TSHIBANGU, K., LANGENBERG, V., COENEN, E., Limnological annual cycle inferred from physical-chemical fluctuations at three stations of Lake Tanganyika, *Hydrobiologia*, 1999, 407: 45-58,.

PLISNIER, P.D., LANGENBERG, V., MWAPE, L., CHITAMWEBWA, D., TSHIBANGU, K., COENEN, E., Limnological sampling during an annual cycle at three stations on Lake Tanganyika (1993- 1994). FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN-TD/46 (En): 1996, 136 p.

PLISNIER, P.-D., MGANNA, H., KIMIREI, I., CHANDE, A., MAKASA, L.; CHIMANGA, J., ZULU, F., COCQUYT, C., HORION, S., BERGAMINO, N., NAITHANI, J., DELEERSNIJDER E., ANDRE, L., DESCY J.-P., CORNET, Y., Limnological variability and pelagic fish abundance (*Stolothrissa tanganyicae* and *Lates stappersii*) in Lake Tanganyika; *Hydrobiologia* 2009, 625:117–134, DOI 10.1007/s10750-009-9701-4

POLL, M., Poissons non Cichlidae. Résultats scientifique d’exploration hydrobiologique du Lac Tanganyika (1945-47). Vol III, fasc. SA. Institute Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, 1953, 251 pp, In <https://www.fishbase.org> consulté le 6/10/2020

REGAN, C. T., A revision of the Clupeid fishes of the genus *Pellonula* and of related genera in the rivers of Africa. *Annals and Magazine of Natural History*, 1917, 19(110), 198-207. <http://dx.doi.org/10.1080/00222931709486925>

ROEST, F. C. The pelagic fisheries resources of Lake Tanganyika, *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen*, 1992, 23:1, 11-15. DOI: 10.1080/05384680.1992.11904003

RYAN, E. K., SOREGHAN, M. J., MCGLUE, M. M., TODD, J. A., MICHEL, E., KAUFMAN, D. S., & KIMIREI, I., Paleo-environmental implications of time-averaging and taphonomic variation of shell beds in Lake Tanganyika, Africa, *palaios*, 2020, 35(2), 49-66.

SPARRE, P., VENEMA, S.C. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO *Fish. Tech. Paper*, 306.1, Rev. 2., Rome, FAO 1998, 407p

TAYLOR, C., Growth equations with metabolic parameters. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 1962, 26: 270-280, In NIYONKURU, C. Étude comparée de l’exploitation de la démographie des poissons Cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de l’Université d’Abomey-Calavi, 2007, 199p

TIERNEY, J.E, MAYES, M.T, MEYER, N., JOHNSON, C., SWARZENSKI, P.W., COHEN, A.S., RUSSELL, J.M., Late-twentieth-century warming in Lake Tanganyika unprecedented since AD 500. *Nat Geosci*, 2010, 3:422–425. <https://doi.org/10.1038/ngeo865>

VAN DER KNAAP, M., KATONDA, K.I., DE GRAAF, G.J., Lake Tanganyika fisheries frame survey analysis: assessment of the options for management of the fisheries of Lake Tanganyika. *Aquat Ecosyst Health Manag* 2014, 17:4–13. <https://doi.org/10.1080/14634988.2014.882733>

VANDELANNOOTE, A., ROBBERECHT, H., DEELSTRA, H., VYUMVUHORE, F., BITETERA L., OLLEVIER, F., The impact of the River Ntakangwa, the most polluted Burundian affluent of Lake Tanganyika, on the water quality of the lake. *Hydrobiologia* 1996, 328: 161-171.

VERBURG, P., HECKY R. E., KLING, H., The physics of the warming of Lake Tanganyika by climate change *Limnol. Oceanogr.*, 2009, 54(6, part 2), 2418–2430

WELCOMME, R. L., Observations on the biology of the introduced species of Tilapia in Lake Victoria. *Rev. Zool. Bot. Afr*, 1967, 76(3-4), 249-279.

WHITEHEAD, P.J.P., FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeioidi). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. FAO Fish. Synop. 1985, 125(7/1):1-303. Rome: FAO, sur www.fishbase.org

ANNEXES

Annexe 1 : Formulaire pour l'enregistrement des données pour les clupéidés

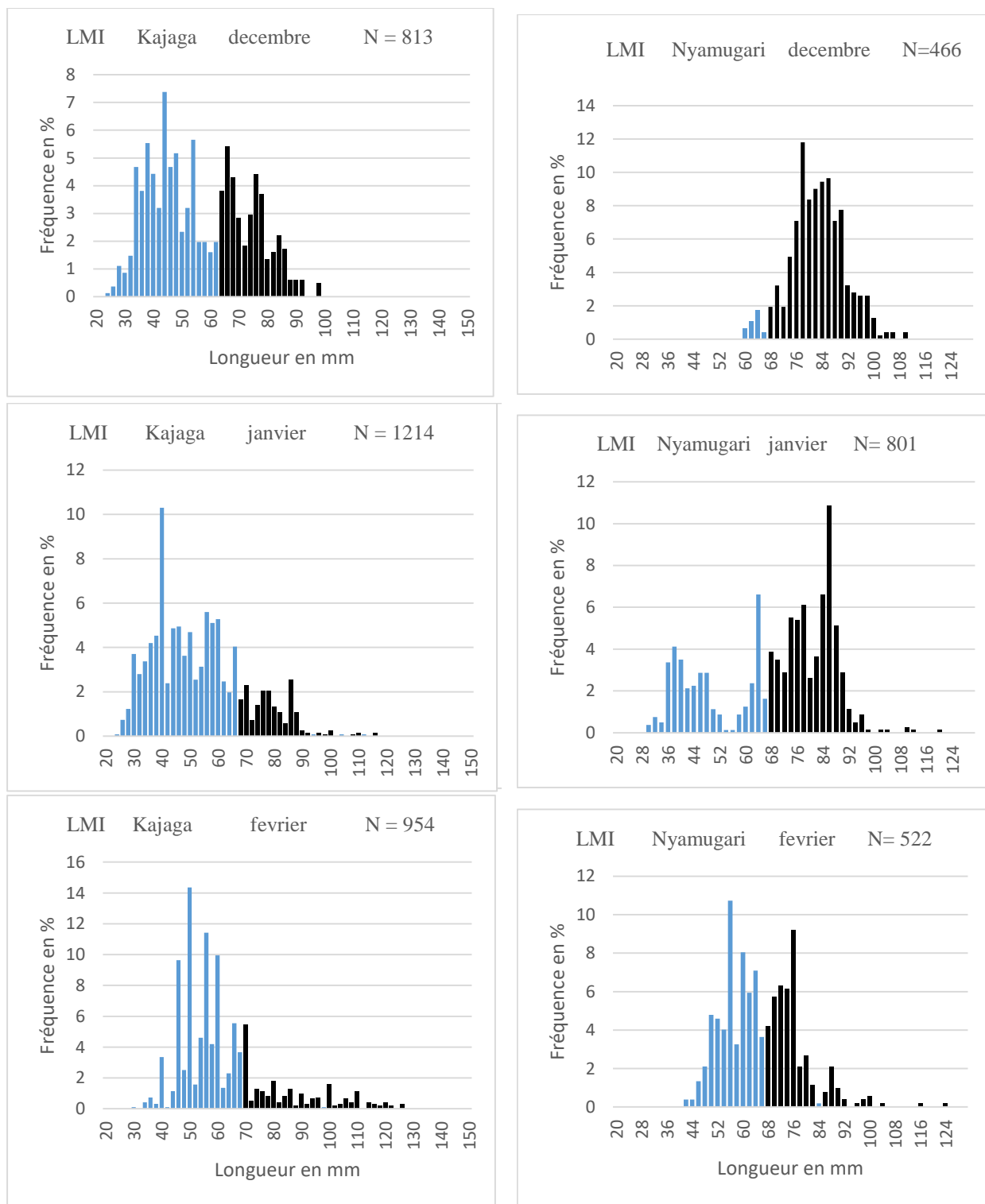
Fréquences de longueur des poissons capturés par la pêche					
	Lac:	Date:			
	Site:	Type de pêche:			
	Espèce:	Capture totale des unités échantillonnées:			
Lt (mm)	Poissons mesurés	Total		Lt (mm)	Poissons mesurés
					Total
10				72	
12				74	
14				76	
16				78	
18				80	
20				82	
22				84	
24				86	
26				88	
28				90	
30				92	
32				94	
34				96	
36				98	
38				100	
40				102	
42				104	
44				106	
46				108	
48				110	
50				112	
52				114	
54				116	
56				118	
58				120	
60				122	
62				124	
64				126	
66				128	
68				130	
70				132	
	Total				
	Enquêteur:				

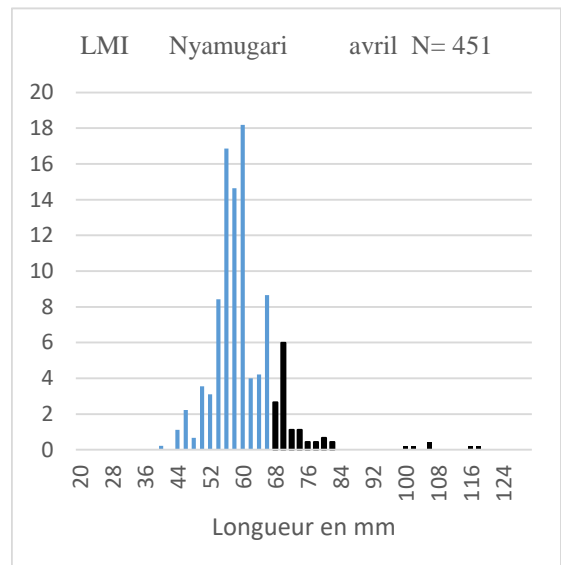
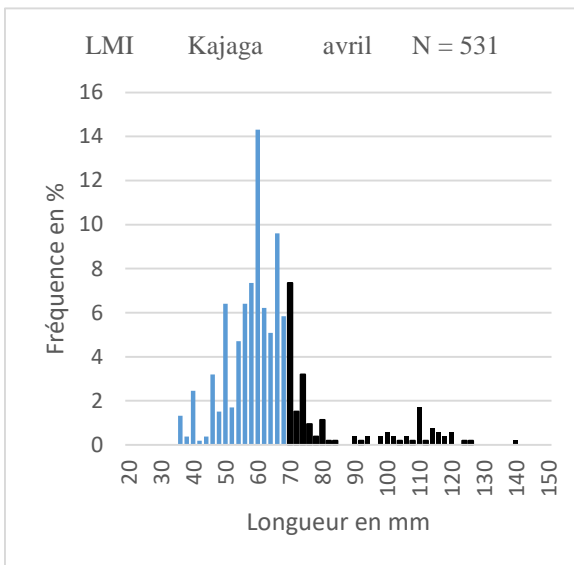
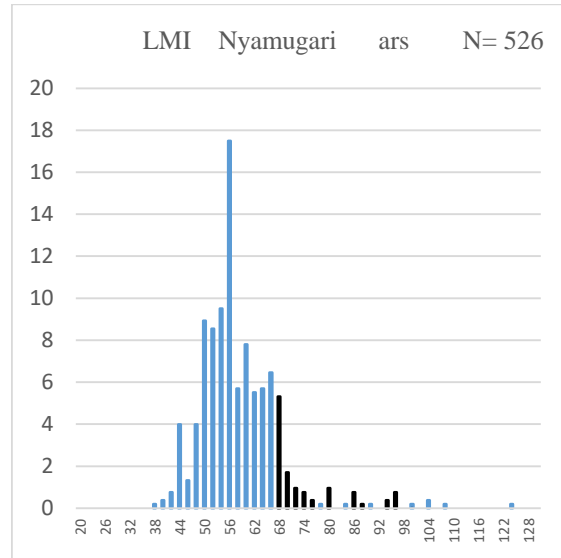
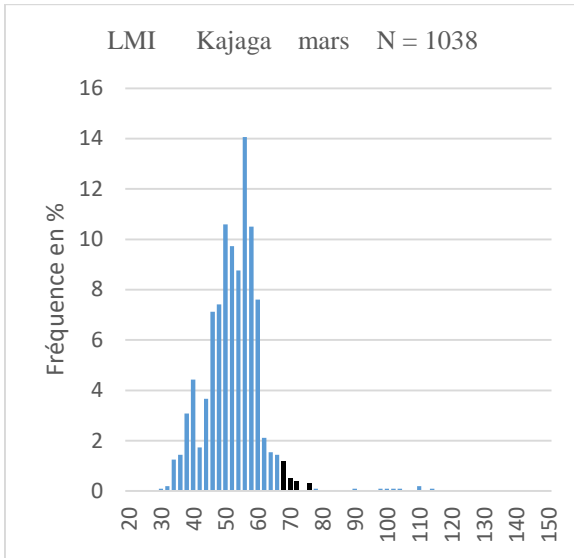
Annexe 2: Formulaire pour l'enregistrement des données pour *Lates stappersii* adultes

Fréquences de longueur des poissons capturés par la pêche						
	Lac:	Date:				
	Site:	Type de pêche:				
	Espèce:	Capture totale de l'unité:				
TL (mm)	Poissons mesurés	Total		TL (mm)	Poissons mesurés	Total
10				310		
20				320		
30				330		
40				340		
50				350		
60				360		
70				370		
80				380		
90				390		
100				400		
110				410		
120				420		
130				430		
140				440		
150				450		
160				460		
170				470		
180				480		
190				490		
200				500		
210				510		
220				520		
230				530		
240				540		
250				550		
260				560		
270				570		
280				580		
290				590		
300				600		
	Total:					
	Enquêteur:					

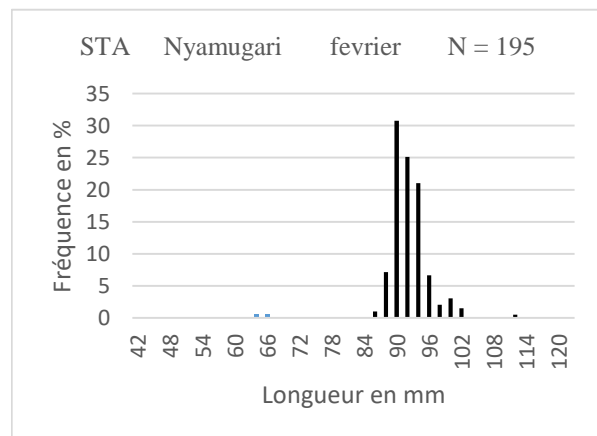
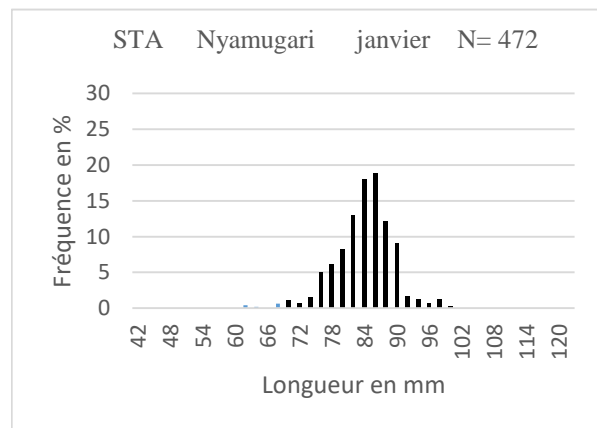
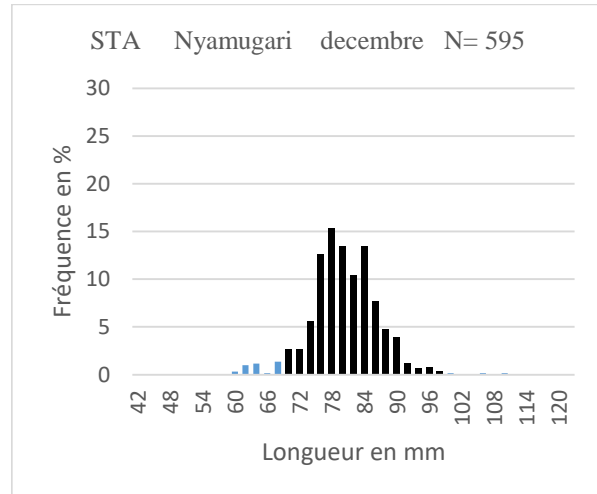
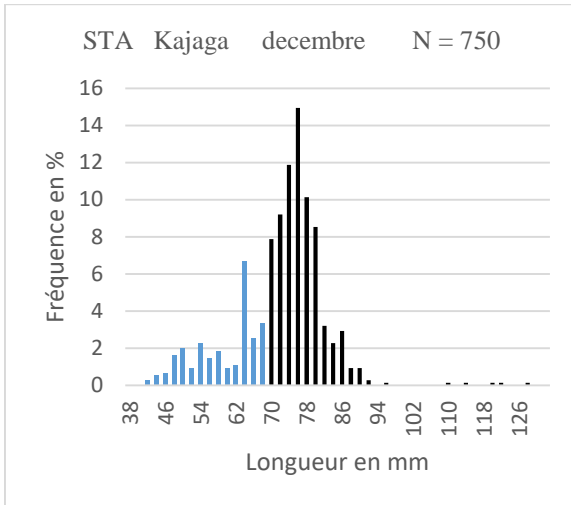
Annexe 3: Nombre total d'échantillons et de spécimens analysés au cours de ce travail

<i>Limnothrissa miodon</i>						
	dec-19	jan-20	feb-20	mar-20	apr-20	total (5mois)
Kajaga						
No. d'échantillons	6	6	6	7	5	30
No. total d'individus mesurés	813	1214	954	1038	531	4550
Nyamugari						
No. d'échantillons	5	6	6	6	6	29
No. total d'individus mesurés	466	801	522	526	451	2766
Total						
No. d'échantillons	11	12	12	13	11	59
No. total d'individus mesurés	1279	2015	1476	1564	982	7316
<i>Stolothrissa tanganicae</i>						
	dec-19	jan-20	feb-20	mar-20	apr-20	total (5mois)
Kajaga						
No. d'échantillons	2	0	0	0	2	4
No. total d'individus mesurés	750	0	0	0	248	998
Nyamugari						
No. d'échantillons	5	4	5	4	3	21
No. total d'individus mesurés	595	472	195	90	135	1487
Total						
No. d'échantillons	7	4	5	4	5	25
No. total d'individus mesurés	1345	472	195	90	383	2485
<i>Lates stappersii</i>						
	dec-19	jan-20	feb-20	mar-20	apr-20	total (5mois)
Kajaga						
No. d'échantillons	0	0	0	1	0	1
No. total d'individus mesurés	0	0	0	7	0	7
Nyamugari						
No. d'échantillons	0	1	5	2	4	12
No. total d'individus mesurés	0	58	75	26	61	220
Total						
No. d'échantillons	0	1	5	3	4	13
No. total d'individus mesurés	0	58	75	33	61	227

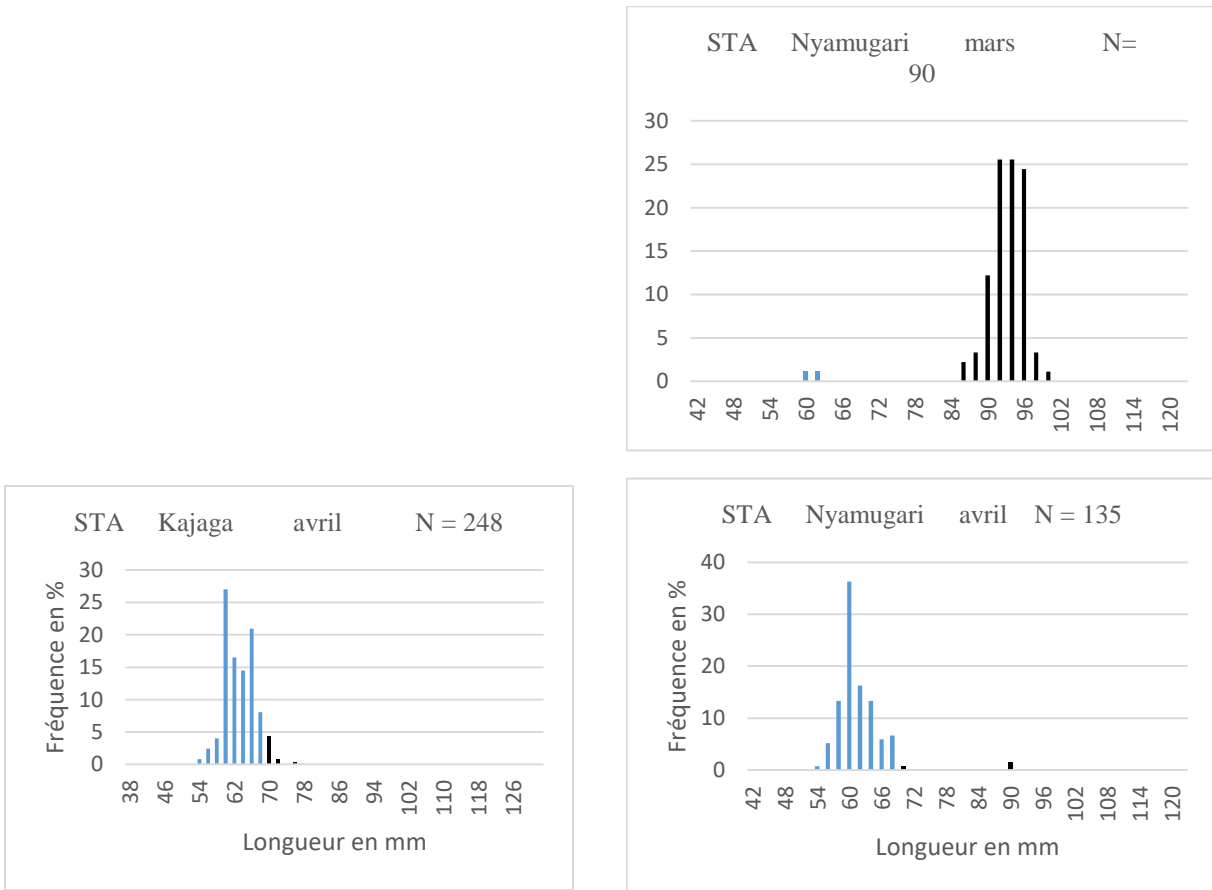




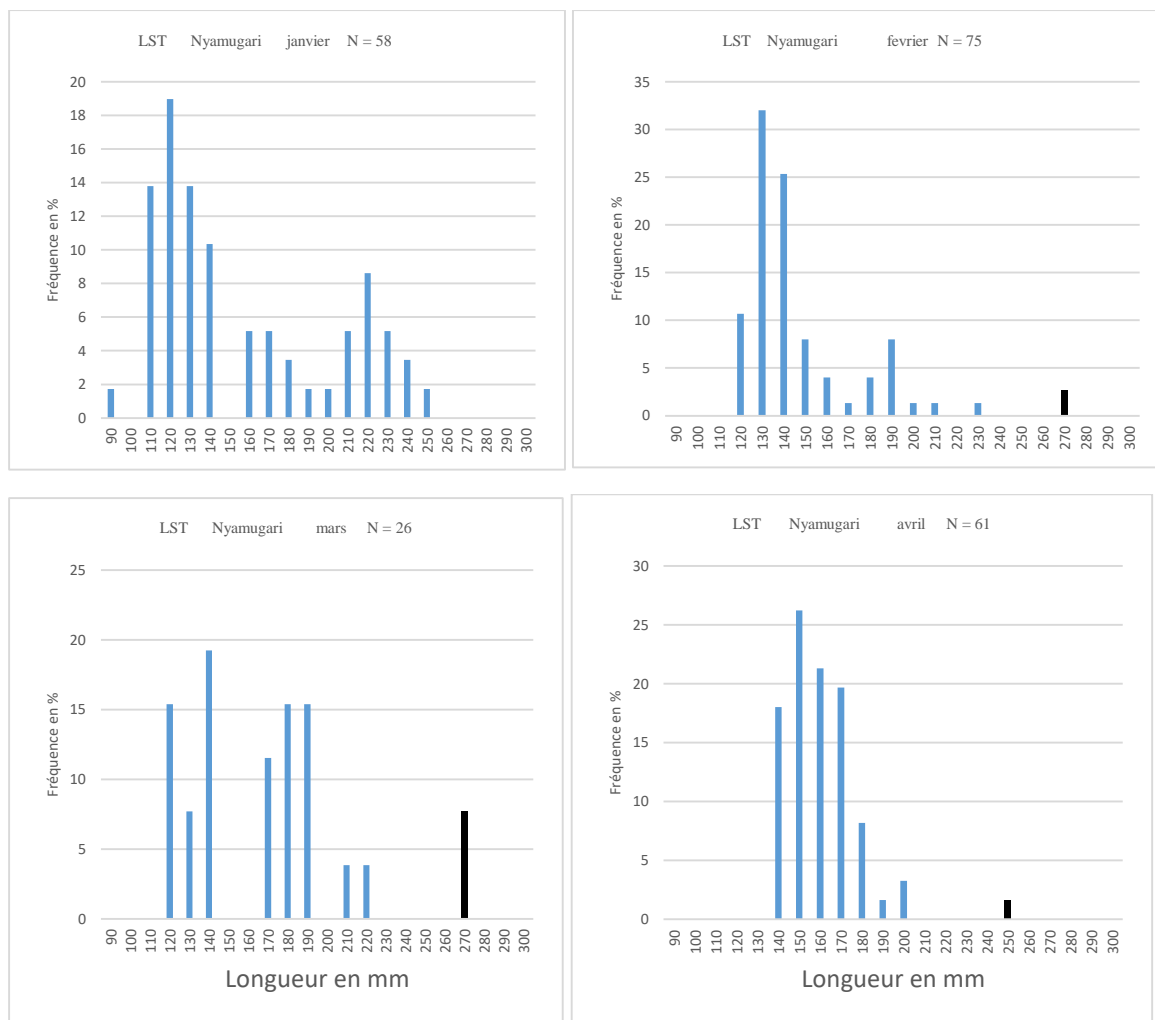
Annexe 4 (suite): Fréquences mensuelles de longueur (en %) des captures de *Limnothrissa miodon* débarquées à Kajaga et à Nyamugari de décembre 2019 à avril 2020. Les barres bleues des histogrammes correspondent à des poissons immatures, celles noires à des poissons matures.



Annexe 5 : Fréquences mensuelles de longueur (en %) des captures de *Stoltothrissa tanganyicae* débarquées à Kajaga et à Nyamugari de Décembre 2019 à avril 2020. Les barres bleues des histogrammes correspondent à des poissons immatures, celles noires à des poissons matures.



Annexe 5 (Suite): Figure: Fréquences mensuelles de longueur (en %) des captures de *Stolothrissa tanganicae* débarquées à Kajaga et à Nyamugari de Décembre 2019 à avril 2020. Les barres bleues des histogrammes correspondent à des poissons immatures, celles noires à des poissons matures.



Annexe 6: Fréquences mensuelles de longueur (en %) des captures de *Lates stappersii* débarquées à Nyamugari de janvier à avril 2020. Les barres bleues des histogrammes correspondent à des poissons immatures, celles noires à des poissons matures.