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

Etude de la valeur nutritive des espèces de poisson du lac Tanganyika : cas de Limnotilapia dardennei et de Clarias gariepinus

Nijimbere, Joselyne; Sous la direction de Pr. Dr. Ir. Jonathan Niyukuri

2024-12
UB, FABI
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2123

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO- INGENIERIE

MASTER EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS

DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS

ETUDE DE LA VALEUR NUTRITIVE DES ESPECES DE POISSON DU LAC TANGANYIKA : Cas de Limnotilapia dardennei et de Clarias gariepinus

Par :

NIJIMBERE Joselyne

Mémoire

présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences et Technologie des Aliments

Spécialité : Gestion de la qualité des produits agro-alimentaires

Sous la direction de

Pr. Dr. Ir. Jonathan NIYUKURI

Bujumbura, Décembre 2024

MEMBRES DU JURY

Président : Dr. Ir. Paterne NAHIMANA

Directeur : Pr. Dr. Ir. Jonathan NIYUKURI

Secrétaire : Msc. Gilbert NIMBONA

DEDICACES

A Dieu le Tout-Puissant ;

A mon mari ;

A mes parents ;

A nos frères et sœurs ;

A nos amis et connaissances ;

A tous ceux qui nous les sont chers ;

Je dédie ce mémoire.

NIJIMBERE Joselyne

REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer ma plus profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. Sans leur soutien, leurs encouragements et leurs conseils, cette réalisation n'aurait pas été possible. Tout d'abord, je remercie sincèrement Dieu pour sa guidance et sa lumière tout au long de ce parcours. Sa bienveillance m'a permis de surmonter les défis et d'atteindre cet objectif. Je tiens également à adresser mes remerciements les plus chaleureux à mon directeur de mémoire, Monsieur Pr. Dr. Ir. Jonathan NIYUKURI, pour sa supervision précieuse, ses conseils avisés et sa disponibilité constante. Votre expertise et votre soutien ont été essentiels dans l'orientation de mes recherches et l'amélioration de la qualité de mon travail. Je suis également reconnaissante envers mes enseignants et mes collègues, qui ont partagé leurs connaissances et leur expérience. Leurs échanges enrichissants et leur esprit collaboratif ont grandement contribué à l'avancement de ce projet. Un grand merci à ma famille et à mes amis pour leur soutien inconditionnel, leur patience et leur encouragement durant les moments difficiles. Votre présence à mes côtés a été une source de motivation constante. Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont participé, directement ou indirectement, à la réalisation de ce mémoire. Chacun d'entre vous a joué un rôle important dans cette aventure académique, et je vous en suis profondément reconnaissante. Merci à tous.

RESUME

Le poisson est un aliment à haute valeur nutritionnelle, mais certaines espèces endémiques du lac Tanganyika, telles que *Limnotilapia dardennei* et *Clarias gariepinus*, restent peu consommées en raison de leur coût élevé et du manque de données sur leur composition nutritionnelle. Cette étude, menée à Magara (province de Rumonge), visait à analyser leur composition physico-chimique.

Une enquête révèle que 92 % des habitants consomment ces poissons, principalement pour le goût (35 %), les habitudes alimentaires (21 %) et le loisir (11 %). Pourtant, leur consommation reste faible : 0,85 % pour *L. dardennei* et 0,65 % pour *C. gariepinus*. Les analyses ont été effectuées dans plusieurs laboratoires, dont l'Université du Burundi et l'International Livestock Research Institute au Kenya.

Les résultats montrent que *L. dardennei* présente une teneur en eau plus élevée (76,5 % contre 69,6 %) et une concentration lipidique supérieure (13,6 % contre 9,5 %). Sur le plan minéral, *L. dardennei* est riche en potassium (7205 ± 190,54 mg/kg) et en fer (97,90–102,30 mg/kg), tandis que *C. gariepinus* se distingue par ses teneurs en magnésium (1.296 ± 97,24 mg/kg) et en sodium (2.602 ± 102,93 mg/kg). Une faible présence de plomb a été détectée (max. 8,06 ± 0,233 mg/kg).

Concernant les acides gras, les deux espèces contiennent des polyinsaturés bénéfiques : *L. dardennei* présente 18 ± 0,41 d'oméga-3 et 13,88 ± 0,85 d'oméga-6, tandis que *C. gariepinus* en contient respectivement 25,42 ± 0,54 et 15,15 ± 0,38.

Cette étude met en évidence les préférences alimentaires locales et les différences nutritionnelles entre les deux espèces, soulignant l'importance d'évaluer régulièrement la qualité nutritionnelle des ressources halieutiques afin de prévenir les carences alimentaires dans la région.

Mots clés : *Limnotilapia dardennei*, *Clarias gariepinus*, composition chimique, Lac Tanganyika, Nutrition

ABSTRACT

Fish is a food of high nutritional value, yet some endemic species of Lake Tanganyika, such as *Limnotilapia dardennei* and *Clarias gariepinus*, remain underconsumed due to their high cost and the lack of nutritional composition data. This study, conducted in Magara (Rumonge Province), aimed to analyze their physicochemical composition.

A survey revealed that 92% of the population consumes these fish, mainly for taste (35%), eating habits (21%), and leisure (11%). However, consumption levels remain low: 0.85% for *L. dardennei* and 0.65% for *C. gariepinus*. Analyses were carried out in several laboratories, including the University of Burundi and the International Livestock Research Institute in Kenya.

Results showed that *L. dardennei* had a higher water content (76.5% vs. 69.6%) and lipid concentration (13.6% vs. 9.5%). In terms of minerals, *L. dardennei* was richer in potassium (7205 ± 190.54 mg/kg) and iron (97.90–102.30 mg/kg), while *C. gariepinus* contained higher levels of magnesium (1,296 ± 97.24 mg/kg) and sodium (2,602 ± 102.93 mg/kg). Low concentrations of lead were detected (max. 8.06 ± 0.233 mg/kg).

Regarding fatty acids, both species contained beneficial polyunsaturated fatty acids: *L. dardennei* showed 18 ± 0.41 of omega-3 and 13.88 ± 0.85 of omega-6, while *C. gariepinus* presented 25.42 ± 0.54 and 15.15 ± 0.38, respectively.

This study highlights local food preferences and nutritional differences between the two species, emphasizing the importance of regular nutritional quality assessments of fish resources to prevent dietary deficiencies in the region.

Keywords: *Limnotilapia dardennei*, *Clarias gariepinus*, chemical composition, Lake Tanganyika, Nutrition

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACES ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES ..... **viii**
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **ix**
AVANT-PROPOS ..... **x**
INTRODUCTION GENERALE **1**
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE POISSON **4**
I.1. Classification des poissons 5
I.2. Exigences environnementales 5
I.2.1. Température 5
I.2.2. Oxygène 5
I.2.3. Salinité 5
I.2.4. Anatomie et structure musculaire 6
I.2.5. Importance nutritionnelle 6
I.3. Importance socio-économique 6
I.4. Composition chimique 7
I.4.1. Protéines 7
I.4.2. Lipides 7
I.4.3. Glucides 7
I.4.4. Vitamines et sels minéraux 7
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES **9**
II.1. Zone d'étude 9
II.2. Population cible 9
II.3. Matériel 9

II.3.1. Outils d'analyse et de collecte des données....10
II.3.2. Matériel d'échantillonnage et de laboratoire....10
II.4. Méthodes de collecte des données et des échantillons....11
II.4.1. Collecte des données....11
II.4.2. Récolte des échantillons....11
II.5. Les méthodes d'analyses chimiques....12
II.5.1. Détermination de la teneur en eau....12
II.5.2. Détermination de la teneur en lipides totaux....12
II.5.3. Détermination de la teneur en acides gras....13
II.5.4. Détermination de la teneur en éléments minéraux....15
II.6. Analyse des données....15
CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSIONS DES RESULTATS....16
III.1. Présentation des résultats de l'enquête....16
III.2. Présentation et discussion des résultats d'analyses de la composition physico-chimique de la Limnotipia dardennei et le Clarias gariepinus par rapport aux autres poissons pêchés dans le lac Tanganyika....23
III.3. Teneurs moyennes en minéraux par plage sur l'espèce Inkungura (Limnotilapia dardennei)....24
III.4. Analyse qualitative de la teneur en acides gras de l'espèce : Limnotilapia dardennei (Inkungura) et Clarias gariepinus(Ikambare)....35
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS....45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES....47
ANNEXE....52

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableaux

Table 1 : Conditions chromatographiques 14

Tableau 2 : Teneur en eau et en lipides de deux espèces; Limnotilapia dardennei et de Clarias gariepinus.....23

Tableau 3 : Teneurs moyennes en minéraux par plage sur l'espèce Inkungura (Limnotilapia *Dardennei)* 25

Tableau 4 : Teneurs moyennes en minéraux par plage sur l'espèce Clarias gariepinus (IKAMBARE).....31

Tableau 5 : Teneur en acides gras des espèces Limnotipia dardennei (Inkungura) et Clarias gariepinus (Ikambare) 36

Figures

Figure 1 : Préférence entre le poisson et la viande.....16

Figure 2 : Les raisons de préférence du poisson par rapport à la viande.....18

Figure 3 : Analyse de la consommation de Clarias gariepinus(IKAMBARE) et Limnotilapia dardennei (INkungura).....21

Figure 4 : Analyse de la conservation des poissons 22

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse
DHA : Docosa-Hexaenoic Acid
DPFH : Direction de la Promotion des filières Halieutiques
EPA : Eicosa-Pentaenoic Acid
FABI : Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie
FAO : Food and Agriculture Organisation
HUFA : Highly Unsaturated Fatty Acids
ISABU : Institut des Sciences Agronomiques du Burundi.
K : Potassium
Kg : kilogramme
MAG : Malnutrition Aigüe Globale
Mg : Magnésium
mg : milligramme
Mn : Manganèse
Na : Sodium
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
P : Phosphore
PAM : Programme Alimentaire Mondiale
Sp : Espèce
STA : Sciences et Technologie des Aliments
Zn : Zinc

AVANT-PROPOS

Ce mémoire est l'aboutissement parcours académique combinant des recherches scientifiques, des enquêtes de terrain et des réflexions critiques sur un sujet d'une importance capitale : la composition nutritionnelle des poissons du lac Tanganyika, spécifiquement le *Limnotilapia dardennei(Inkungura)* et le *Clarias gariepinus(Ikambare).*

À travers cette étude, nous avons voulu mettre en lumière la richesse nutritionnelle de ces espèces endémiques souvent constituant une ressource précieuse pour les communautés riveraines. Dans un contexte d'insécurité alimentaire du Burundi, mieux comprendre la valeur nutritive des produits halieutiques locaux représente un levier important pour améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle de la population.

Ce travail s'inscrit également dans une démarche de valorisation des ressources naturelles locales et de sensibilisation à une consommation alimentaire plus informée, équilibrée et durable. Il ne s'agit donc pas seulement d'une étude scientifique, mais aussi d'un engagement personnel et professionnel pour contribuer, à mon échelle, au développement socio-économique de mon pays.

Je souhaite que ce mémoire serve non seulement aux chercheurs et décideurs, mais aussi aux acteurs de terrain œuvrant dans le domaine de la nutrition, de la pêche et du développement communautaire.

INTRODUCTION GENERALE

La situation alimentaire et nutritionnelle constitue un problème crucial dans le monde entier **(Kanyamuneza, 2016)**. Une alimentation qui conduit à une bonne santé est constituée par des nutriments qui apportent aux corps humains des protéines, des glucides, des vitamines et des minéraux, de l'eau et des lipides **(Marivoet et *al.*, 2022).** Beaucoup de personnes mangent parce qu'elles ont faim. L'état de sensation de faim les pousse à manger mais ne leur donne pas l'idée de ce qu'elles doivent manger. Il est essentiel de bien manger pour avoir une bonne santé et une vie active. La sécurité alimentaire est un enjeu mondial crucial qui affecte des millions de personnes, avec des disparités marquées entre les différentes régions.

À l'échelle mondiale, environ 811 millions de personnes souffrent de la faim, et près de 3 milliards n'ont pas les moyens de se procurer une alimentation saine **(FAO, 2022)**. Les crises récentes, telles que la pandémie de COVID-19 et l'invasion de l'Ukraine par la Russie, ont exacerbé cette situation en perturbant les chaînes d'approvisionnement et en augmentant les prix alimentaires **(Banque mondiale, 2024)**. Les pays à faible revenu, en particulier, continuent de faire face à des défis importants en matière de sécurité alimentaire, avec des prévisions indiquant que le nombre d'habitants souffrant d'insécurité alimentaire pourrait augmenter dans les années à venir **(World Food Security Outlook, 2023)**.

En Afrique, la situation est particulièrement préoccupante. Des pays comme le Mali, le Soudan et le Soudan du Sud sont confrontés à des niveaux alarmants d'insécurité alimentaire aiguë. Environ 258 millions de personnes dans 58 pays étaient en situation d'insécurité alimentaire aiguë en 2022, avec des besoins croissants d'aide alimentaire **(PAM, 2023).** Les conflits internes, le changement climatique et la volatilité des prix alimentaires exacerbent ces défis. La Banque mondiale a engagé des fonds pour soutenir les systèmes alimentaires en Afrique de l'Est et australe afin d'accroître leur résilience face à ces crises **(Banque mondiale, 2024).**

Au Burundi, l'agriculture demeure la principale source de subsistance pour la majorité de la population. Environ 80 % des Burundais dépendent de l'agriculture pour leur alimentation et leurs revenus. Les principales cultures comprennent le manioc, les bananes et les haricots.

Cependant, la petite taille des exploitations agricoles, souvent inférieure à un hectare, limite la productivité et les capacités d'exportation (**Louëdec, 2020).** L'élevage et l'artisanat complètent également les revenus des ménages, mais ces secteurs font face à des défis similaires liés aux maladies animales et à l'accès limité aux marchés. Les initiatives visant à améliorer la sécurité alimentaire au Burundi doivent prendre en compte ces réalités. Des programmes axés sur l'amélioration des techniques agricoles durables et sur l'accès aux marchés pourraient aider à renforcer la résilience des communautés face aux crises alimentaires. La collaboration entre les gouvernements locaux et les organisations internationales est essentielle pour mettre en œuvre des stratégies efficaces qui répondent aux besoins spécifiques de chaque région. En somme, bien que des progrès aient été réalisés dans certaines régions du monde pour améliorer la sécurité alimentaire, des défis persistants demeurent. Il est crucial d'adopter une approche globale qui intègre les dimensions économiques, sociales et environnementales pour garantir un avenir où chacun a accès à une alimentation suffisante et nutritive. La plupart des gens savent que toute personne a besoin de manger pour avoir la force de travailler, mais ce n'est pas tout le monde qui a une idée précise de ce que signifie exactement « bien manger » et comment y parvenir avec peu de ressources **(Kanyamuneza,2016)**.

La pêche et l'aquaculture demeurent, pour des centaines de millions de personnes à travers le monde, une ressource de première importance qu'il s'agisse de l'alimentation, de la nutrition, des revenus ou des moyens d'existence (Boumaraf**, 2019)**. La pêche des poissons est une source entière d'aliments pour l'humanité. À travers les siècles et dans le monde entier, le poisson a toujours constitué une partie importante du régime alimentaire des populations. À l'échelle mondiale, plus d'un milliard de personnes dépendent du poisson pour leur consommation et leurs moyens de subsistance. Dans les régions productrices de poissons, la pêche fournit des moyens de subsistance, des revenus et des aliments nutritifs **(Kendra et *al*. 2019).** Il semble même que les colonies humaines étaient souvent établies dans des régions où les prises de poisson étaient bonnes.

La FAO estime que le poisson représente 22 % de la ration protéinique en Afrique subsaharienne. Cependant, dans les pays les plus pauvres, ce taux peut dépasser 50 %, en particulier lorsque les autres sources en protéines animales sont rares ou chères. La production de poisson du Burundi provient presque entièrement des pêcheries du lac Tanganyika qui présente les caractéristiques

d'une mer et dont les principales ressources se trouvent dans la zone pélagique, contrairement à la plupart des autres lacs africains (**FAO, 2009)**. Le poisson joue un rôle important dans l'organisme.

L'amélioration de la sécurité alimentaire et du statut nutritionnel en Afrique car plus de 200 millions d'Africains le consomment régulièrement. Il est une source importante de protéines et de minéraux pour les communautés rurales sous toutes ses formes : frais, séché ou réduit en poudre. Les produits issus de la pêche sont riches en vitamines : le poisson a été pendant longtemps la seule source de vitamine D et demeure un appoint notable en vitamines du groupe B (B1, B2, B6, B12) pour beaucoup de communautés. Il contient également la vitamine A stockée sous forme de rétinol dans le foie, les intestins, le pancréas et les reins. La répartition de la vitamine A entre le foie et les viscères varient considérablement d'une espèce à une autre. Les vitamines E et K sont présentes également dans la chair du poisson (Bourgeois**, 2003**).

Le Burundi a la chance d'avoir à sa disposition le lac Tanganyika qui représente une ressource naturelle de grande importance. Ce lac renferme de nombreuses espèces animales sources de protéines, lipides et sels minéraux qui pourraient être disponibles pour combler les déficits calorifiques, protéiques et vitaminiques.

(Kanyamuneza, 2016).D'après le rapport annuel sur la production halieutique du lac Tanganyika en 2022 par la Direction de la Promotion des Filières Halieutiques (DPFH), 23 141 tonnes de poissons ont été produites au cours de l'année 2022. La pêche pratiquée sur le lac Tanganyika procure un supplément de protéines animales aux populations riveraines. La consommation moyenne annuelle de poissons au Burundi par habitant est estimée à 2 kg ; elle est de 8,3 kg par individu par an en Afrique alors que la FAO recommande une consommation minimale de 20 kg/habitant/an **(FAO, 2016).)** L'intérêt croissant pour la consommation du poisson pour la santé publique est bien documenté. De nombreux résultats mettent en évidence les relations entre consommation du poisson et réduction des risques liés aux maladies cardiovasculaires **(Daviglus et *al*. 1997),)** au déclin cognitif **(Kalmijn et *al.* 2004)** ainsi qu'à la démence chez les sujets âgés **(Martha et *al*., 2003).** Les poissons sont particulièrement connus comme riches en protéines, lipides sains ainsi qu'en acides gras essentiels polyinsaturés (oméga-3 et oméga-6).

Ils constituent donc une source principale d'acides gras longs polyinsaturés oméga-3 dans l'alimentation humaine.

La concentration d'acides gras augmente avec la teneur en lipides dans la chair du poisson **(Médale, 2009)**. La composition biochimique du poisson est un aspect vital lors du processus transformationnel car elle influence tant sa qualité que ses caractéristiques technologiques. Les différentes méthodes utilisées pour transformer le poisson ont divers effets sur ses compositions chimiques ainsi que sur ses propriétés physiques et nutritionnelles (**Bereket et *al*. 2018**)**.**

Beaucoup de Burundais consomment du poisson avec plaisir mais sans connaître sa composition biochimique exacte. De plus, selon le comité mixte d'expert **FAO/OMS(1997)**, au Burundi la consommation d'aliments riches en nutriments essentiels reste inférieure aux normes recommandées non seulement parce que la production locale est insuffisante mais aussi parce que le pouvoir d'achat reste trop bas pour une grande partie de la population burundaise. Le taux moyen d'apport énergétique varie considérablement d'une année sur l'autre ainsi que selon les régions ou même entre ménages. La détermination précise de leur valeur nutritionnelle est essentielle afin d'établir combien il faut consommer pour répondre aux besoins nutritionnels spécifiques selon différentes catégories des consommateurs. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre objectif global : contribuer à l'étude sur la composition chimique des espèces piscicoles du lac Tanganyika parmi lesquelles figure principalement ***de Limnotilapia dardennei et de Clarias gariepinus***

Plus spécifiquement : évaluer l'état actuel concernant la consommation générale ainsi que celle spécifique sur les plages KARONDA, MVUGO, MAGARA ; déterminer ensuite la composition chimique spécifique ***de Limnotilapia dardennei et de Clarias gariepinus***

Ainsi notre travail comporte quatre chapitres : le premier chapitre aborde l'introduction sur le poisson; le second chapitre décrit la généralité sur les poissons ; le troisième chapitre montre les matérielle ainsi que les méthodes utilisées durant cette étude ; enfin le dernier chapitre présente puis discute nos résultats obtenus.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE POISSON

Les poissons, en tant que vertébrés aquatiques, sont des organismes fascinants qui jouent un rôle crucial dans l'écosystème aquatique et dans l'alimentation humaine. Ils se caractérisent par leur

capacité à extraire l'oxygène de l'eau grâce à leurs branchies et possèdent des nageoires qui leur permettent de se déplacer efficacement dans leur milieu. Selon le Codex **Alimentarius** (**2009)**, les poissons englobent tous les animaux aquatiques vertébrés et invertébrés à sang froid, excluant les amphibiens et les reptiles aquatiques. Leur métabolisme est étroitement lié à la température de l'eau environnante, ce qui influence leur comportement, leur habitat et leur reproduction.

I.1. Classification des poissons

Les poissons peuvent être classés en deux grandes catégories : les poissons osseux et les poissons cartilagineux. Les poissons osseux, tels que les saumons et les truites, possèdent un squelette rigide fait d'os et se distinguent par leurs arêtes. En revanche, les poissons cartilagineux, comme les requins et les raies, ont un squelette constitué de cartilage, ce qui leur confère une plus grande flexibilité (**Thurman et weber, 1984**).

I.2. Exigences environnementales

I.2.1. Température

La température de l'eau est un facteur déterminant pour la répartition des espèces de poissons. Les poissons psychrophiles sont adaptés aux eaux froides, tandis que d'autres espèces eurythermes peuvent tolérer des variations thermiques importantes **(Chaouch et Seddiki, 2020)**. La capacité d'un poisson à survivre dans des conditions variées dépend également de sa tolérance à la température.

I.2.2. Oxygène

Le taux d'oxygène dissous dans l'eau est vital pour la survie des poissons. Les espèces comme les

Salmonidae nécessitent des concentrations d'oxygène élevées (5 à 8 mg O_2/L), tandis que d'autres comme la carpe peuvent survivre dans des eaux moins oxygénées **(Keith et *al*. 2011)**. Cette exigence en oxygène est souvent liée à la température de l'eau.

I.2.3. Salinité

La tolérance à la salinité varie également parmi les espèces. Les poissons euryhalins peuvent vivre dans des milieux saumâtres, tandis que les sténohalines sont confinés à des environnements d'eau

douce ou marine **(Keith et *al,* 2011).** Certaines espèces migrent entre ces différents milieux en fonction de leur cycle de vie.

I.2.4. Anatomie et structure musculaire

La structure musculaire des poissons diffère de Celle des mammifères terrestres. Leur chair est principalement composée de deux types de muscles : le muscle brun (ou rouge) et le muscle Blanc. Le muscle brun est vascularisé et utilisé pour les mouvements prolongés, tandis que le muscle blanc est responsable des mouvements rapides **(Bendiksen et Jobling, 2003 Médale, 2009**) .Cette distinction est essentielle pour comprendre comment les poissons s'adaptent à leurs environnements respectifs.

I.2.5. Importance nutritionnelle

Le poisson constitue une source précieuse de nutriments pour l'humanité. Il fournit environ 20 % des protéines animales consommées dans le mond**e (FAO, 2006)**. Sa chair est riche en acides aminés essentiels, Ce qui en fait une source alimentaire de haute qualité **(Abdelrahim et al. 2012)**, .De plus, le poisson contient des acides gras polyinsaturés oméga-3 bénéfiques pour la santé cardiovasculaire (Oladipo **et *al,* 2013)**. La consommation de poisson est particulièrement recommandée pour les femmes enceintes et les jeunes enfants en raison de son rôle crucial dans le développement cérébral (FAO, 2006). Les experts s'accordent à dire que le poisson gras est essentiel pour un développement optimal du cerveau chez les enfants.

I.3. Importance socio-économique

Le secteur halieutique représente un segment vital du commerce alimentaire mondial. Environ 78 % des produits marins font l'objet d'échanges commerciaux internationaux **(World Fish Centre, 2005)**. Le commerce mondial du poisson a connu une croissance significative au cours des dernières décennies, atteignant une valeur estimée à 148 milliards USD en 2014 **(FAO, 2006).** Ce secteur est crucial non seulement pour l'économie mondiale mais aussi pour la subsistance de millions de personnes.

I.4. Composition chimique

Les poissons présentent une composition nutritionnelle riche et diversifiée. En général, leur chair est constituée de 70 % à 84 % d'eau, de 15 % à 24 % de protéines, et peut contenir jusqu'à 22 % de matières grasses (Bereket et al. 2018). Cette composition varie en fonction de plusieurs facteurs, notamment l'espèce, l'âge, l'alimentation et les conditions environnementales.

I.4.1. Protéines

Les protéines représentent la composante majeure du tissu musculaire des poissons. Leur teneur varie généralement entre 15 % et 25 %, avec une moyenne autour de 18 % (Ndahabonimana, 2023). Les protéines du poisson se distinguent par leur haute valeur biologique, car elles contiennent l'ensemble des acides aminés essentiels nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme humain (Bernier, 1985). Cette richesse en acides aminés rend le poisson particulièrement adapté à la lutte contre les carences protéiques dans les régions à faible consommation de viande.

I.4.2. Lipides

Les lipides des poissons, notamment des espèces grasses, sont une source précieuse d'acides gras polyinsaturés, en particulier les oméga-3 (EPA et DHA). Ces composés sont reconnus pour leurs effets bénéfiques dans la prévention des maladies cardiovasculaires et inflammatoires (Rose & Connolly, 1999 ; Kamal-Eldin & Yanishlieva, 2002). La teneur en lipides varie largement selon les espèces, l'alimentation, l'environnement et le stade de maturité du poisson.

I.4.3. Glucides

La teneur en glucides dans le muscle du poisson est généralement faible, souvent inférieure à 1 %. En effet, les poissons utilisent principalement les protéines et les lipides comme sources d'énergie. Toutefois, cette teneur peut varier selon des facteurs environnementaux (température, taux d'oxygène) ainsi que le régime alimentaire du poisson (Love, 1980).

I.4.4. Vitamines et sels minéraux

Les poissons constituent une bonne source de vitamines et de minéraux, bien que leur teneur varie selon l'espèce, l'environnement et la saison. La chair de poisson est notamment riche en vitamines du groupe B, et chez les espèces grasses, en vitamines A et D.

Certaines espèces d'eau douce comme la carpe présentent une faible teneur en thiamine en raison de l'activité enzymatique de la thiaminase.

En ce qui concerne les minéraux, le poisson est une source notable de calcium, phosphore, fer, cuivre et sélénium. Les poissons marins, en particulier, sont également riches en iode (**Maage et al, 1991**), un élément essentiel pour le fonctionnement de la glande thyroïde. Les minéraux jouent un rôle vital dans l'organisme : ils participent à l'équilibre acido-basique, au métabolisme cellulaire et au fonctionnement du système nerveux. Une carence en éléments minéraux peut entraîner des déséquilibres physiologiques et des maladies graves.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Zone d'étude

Notre enquête vise à identifier les espèces de poissons les plus consommées dans le Lac Tanganyika. Pour cela, une enquête a été réalisée sur trois plages :

- **Plage de MVUGO** : située dans la commune de Nyanza-Lac, province de Makamba.
- **Plage de KARONDA** : localisée dans la commune de Rumonge, province de Rumonge.
- **Plage de MAGARA** : se trouvant dans la commune de Bugarama, également en province de Rumonge.

Ces données sont de grande importance car elles vont nous permettre de dégager, sur la longue liste d'espèces de poissons que renferme le lac Tanganyika, celles qui sont plus consommées par rapport aux autres.

Les analyses ont porté sur l'étude de la composition chimique de Limnotilapia dardennei et Clarias gariepinus plus spécifiquement la détermination de la teneur en lipides, la teneur en acides gras et en sels minéraux.

Nous avons choisi les plages ci-haut cités parce qu'elles sont classées en premier lieu parmi les plages du littoral du lac Tanganyika où on observe de fortes captures.

II.2. Population cible

Nous avons mené notre enquête socio-économique sur la population des communes de Nyanza-Lac puis Rumonge et Bugarama situées respectivement en province Makamba et Rumonge. La taille de notre échantillon était de 300 personnes comprenant des pêcheurs, patron-pêcheurs, cultivateurs, chauffeurs et autres en vue de déterminer les statistiques de base sur les poissons du lac Tanganyika.

II.3. Matériel

Le matériel utilisé dans notre étude était constitué des outils d'analyse et de collecte des données, ainsi que ceux utilisés pour l'échantillonnage et l'analyse au laboratoire.

II.3.1. Outils d'analyse et de collecte des données

- **Questionnaire d'enquête** : Un questionnaire a été conçu et utilisé pour recueillir des informations pertinentes auprès des enquêtés, permettant de collecter systématiquement les données ;
- **Fiches d'enquête** : utilisées pour organiser et structurer les données obtenues afin de faciliter leur traitement et l'analyse.
- **Appareil téléphonique** : Un appareil téléphonique a été utilisé pour prendre des photos sur le terrain ainsi que les échantillons à analyser.
- **Ordinateur portable** : utilisé pour enregistrer les données et les l'analyser statistiquement.
- **Logiciels** : Les logiciels Excel et SPSS 20 ont été utilisés pour traiter les données.

II.3.2. Matériel d'échantillonnage et de laboratoire

- **Gants propres** : utilisés pour prélever avec propreté des échantillons de poissons ;
- Les bacs à glaçon : utilisés pour assurer une bonne conservation et sécurité pendant le transport des échantillons des différentes plages vers le laboratoire ;
- **Couteaux : pour le découpage et l'éviscération des poissons** ;
- **Bassins et seaux** : utilisés pour le lavage des échantillons ;
- **Assiettes** : Des assiettes ont été utilisées comme supports temporaires lors du traitement ou de l'analyse des échantillons, facilitant leur manipulation en laboratoire ;
- **Etuves** : ont été utilisés pour stériliser le matériel utilisé et maintenir les échantillons à une température contrôlée pendant le séchage des échantillons, assurant des conditions optimales pour les réactions chimiques ;
- **Broyeur mécanique** : Un broyeur mécanique a été utilisé pour réduire les échantillons en poudre afin de faciliter les analyses chimiques ;
- **Spatule** : a été utilisé pour prélever une quantité voulue de l'échantillon en poudre pour différentes analyses ;
- **Balance analytique** : nous l'avons utilisée pour mesurer avec précision le poids des échantillons, un élément essentiel dans toute analyse quantitative ;
- **Cartouche** : nous a servi de contenant de l'échantillon en poudre dont nous avons extraits les lipides ;

- **Ouate :** a été utilisé pour couvrir l'échantillon dans le cartouche afin de le pas être emporté avec le solvant ;
- **Manteau chauffant :** a été utilisé pour chauffer à température bien précise le solvant servant d'extraction des lipides dans l'échantillon en poudre ;
- **Ballon** : récipient utilisé pour contenir des liquides des échantillons et des réactifs lors des analyses chimiques ;
- **Solvants** : ont été utilisés pour extraire les lipides contenus dans notre échantillon en poudre ;
- **Soxhlet** : Un appareil Soxhlet a été utilisé pour l'extraction continue de composés des échantillons solubles dans des solvant organiques ;
- **Statif** : a servi à soutenir divers équipements de laboratoire ;
- **Spectromètre d'Absorption** : nous a aidé dans la mesure de la concentration des constituants des échantillons en fonction de leur capacité à absorber des longueurs d'ondes ;
- **Évaporateur rotatif** : a été utilisé pour recueillir les solvants par évaporation afin de les séparer des lipides extraits ;
- **Fioles jaugées** : Des fioles jaugées ont été utilisées pour préparer des solutions avec une précision volumétrique, garantissant la fiabilité des mesures ;
- Le réfrigérateur : Un réfrigérateur a été utilisé pour conserver les échantillons à basse température afin de préserver leur intégrité avant analyse.

II.4. Méthodes de collecte des données et des échantillons

II.4.1. Collecte des données

Nous avons commencé la partie expérimentale par une enquête qui a été conduite dans les communes de Nyanza-Lac, province de Makamba ainsi que les communes de Rumonge et Bugarama de la province de Rumonge.

On a élaboré un questionnaire d'enquête qui nous a servi d'outils de collecte des données.

II.4.2. Récolte des échantillons

Nous avons récolté des échantillons sur différentes plages afin d'avoir des résultats consistants. Les plages sur lesquelles les échantillons ont été collectés sont celles où une grande partie des poissons pêchés pourraient provenir. Ces plages sont Magara, Karonda et Mvugo situées respectivement dans les communes Bugarama, Rumonge et Nyanza-Lac.

Après avoir collecté les échantillons, nous les avons transportés dans des glacières et amenés au laboratoire de physico-chimie de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie à Bujumbura (FABI) où ils ont été disséqués, éviscérés et subis un séchage. Après leur séchage, ils ont été pesés, broyés et acheminés au laboratoire d'analyse chimique du département de chimie de l'université du Burundi, au laboratoire des sols et produits agro-alimentaires de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU), ainsi que le laboratoire d'International Livestock Research Institute (ILRI) au Kenya en vue d'effectuer des analyses physico-chimiques.

II.5. Les méthodes d'analyses chimiques

II.5.1. Détermination de la teneur en eau

Selon par la méthode AOAC (2019), les échantillons ont été pesés (P_0) à l'aide d'une balance de précision. Ils ont été séchés dans une étuve à 75°c pendant 24 h et à la sortie de l'étuve les échantillons ont été pesés (P_1) ; la teneur en eau a été déterminée selon la formule suivante :

Teneur en eau = $\left(\frac{P_0 - P_1}{P_0}\right) \times 100$

Où

P_0 = Poids de l'échantillon avant séchage

P_1 =Poids de l'échantillon après séchage

II.5.2. Détermination de la teneur en lipides totaux

Les lipides totaux ont été extrait par soxhlet avec de l'hexane comme solvant. Apres évaporation du solvant dans un ballon, le résidu est pesé à l'aide d'une balance de précision.

Le ballon, le soxhlet et le réfrigérant sont assemblés et placés dans le manteau chauffant (graisser les rodages avec de la graisse de silicone).

Le manteau chauffant est mis en service et le chauffage réglé de telle manière que 6 à 8 extractions soient réalisées par heure.

Après 6 heures d'extraction, on arrête le chauffage et on laisse revenir à température ambiante. L'appareillage est démonté et l'hexane contenu dans le soxhlet transvasé dans le ballon.

Le ballon contenant l'éther de pétrole et les matières grasses est connecté à un appareillage à distiller rodé et l'hexane est distillé.

Selon Kapepula, 2015, la quantité de matières grasses (MG) exprimée en % est donnée par la relation suivante:

% lipides totaux = $\frac{M_2}{M_1} \times 100$

Où

M_1 : la masse de l'échantillon en grammes

M_2 : la masse des lipides extraites

II.5.3. Détermination de la teneur en acides gras

Les analyses des teneurs en acides gras ont été effectuées dans le laboratoire de l'International Livestock Research Institute (ILRI) avec la méthode officielle AOAC 996.06. Dans la procédure d'analyse, on a commencé par la saponification et méthylation suivies de la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse et puis on a procédé aux calculs et expressions des résultats.

A. **Saponification et methylation**

1. Pipeter 0,25 ml de solutions d'échantillon dans un tube de centrifugeuse à bouchon à vis de 15 ml. Ajouter 3 ml de NaOH 0,5 N dans le méthanol. Replacer le bouchon et secouer le tube ;
2. Placer le tube dans un bain-marie à 85-100°C pendant 5-10 minutes, puis laisser refroidir ;
3. Sous une hotte, ajouter 0,3 ml de trifluorure de bore (BF3). Secouer et chauffer à 85-100°C pendant 10-15 minutes, puis laisser refroidir ;
4. Ajouter 4 ml d'hexane ;
5. Ajouter 2 ml de solution saturée de NaCl, secouer vigoureusement puis centrifuger à 2500 tr/min pendant 5 minutes, ou laisser reposer jusqu'à ce que la couche d'hexane (en haut) se sépare de la phase aqueuse (en bas) ;
6. Transférer la couche supérieure dans un tube à essai ;
7. Ajouter une petite quantité de Na2SO4 anhydre ;
8. Transférer 0,7 ml de l'échantillon dans un flacon d'échantillon à vis pour GC.

Table 1 : Conditions chromatographiques

Instrument	**Agilent GC**		
Logiciel	Workstation		
Introduction de l'échantillon	Manuel - Seringue (10 µl)		
Température du port d'injection	280 °C		
Colonne	VF5-MS (5% Phényl méthylpolysiloxane), 30 m x 0,25 mm id, 0,25 µm film		
Programme de température du four GC	Augmentation	Température	Temps de maintien
		50	0
	4	180	0
	3	250	0
	56 mins		
Temps total d'analyse	1ml/min.		
Débit du gaz porteur	1 µl		
Volume d'injection de l'échantillon			
Paramètres du spectromètre de masse à piège ionique	50-450	ature de la ligne de transfert	250
Plage de scan (m/z)	EI	Température du manifold	100
Température de la ligne de transfert	3	Température du piège	150

B. Calcul et expression des résultats

1. Calculer les indices de rétention linéaire de Kovats des esters méthyliques des acides gras à l'aide de la formule suivante pour la chromatographie programmée en température.

$$I = 100\ X\ (n + \frac{(t_{r(inconu)} - t_{r(n)}}{t_{r(N)} - t_{r(n)}})$$

Où :

I = indice de rétention de Kovats

n = nombre d'atomes de carbone dans l'alcane n le plus petit

N = nombre d'atomes de carbone dans l'alcane n le plus grand

tr = temps de rétention

2. Identifier les esters méthyliques des acides gras dans l'échantillon en comparant chaque spectre de masse obtenu avec la bibliothèque NIST et aussi en comparant les indices de rétention linéaire de Kovats calculés avec ceux obtenus dans une base de données pour la même phase stationnaire de colonne capillaire.

3. Utiliser la formule suivante pour déterminer le pourcentage de surface des FAMES : % Surface de chaque acide gras=Ax×100AT

Où :

Ax = surface de chaque ester méthylique d'acide gras

AT = surface totale de tous les esters méthyliques d'acides gras

100 = facteur de conversion pour exprimer les résultats en pourcentage

II.5.4. Détermination de la teneur en éléments minéraux

Les teneurs en éléments minéraux ont été analysées au laboratoire du sols et produits agro-alimentaires de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU) et déterminées selon la méthode officielle AOAC (2019). La méthode de digestion des échantillons par voie sèche a été d'usage où 10 g de prise d'essai de chaque échantillon et pour chaque élément ont été pesés, séchés, broyés et utilisés pour les analyses. La teneur des éléments est obtenue par dosage au spectrophotomètre d'adsorption atomique (AAS). Les résultats ont été exprimés en mg pour 1000 g d'échantillons(mg/1000g).

II.6. Analyse des données

Les analyses statistiques des résultats obtenus ont été effectuées à l'aide de la statistique 20 d'IBM SPSS. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée, pour calculer les différences significatives au niveau des données au seuil $\alpha = 0,05$. L'ANOVA a été complétée par le test de comparaison multiple de Duncan, pour déceler les niveaux de différence et les résultats ontété exprimés sous forme de valeurs moyennes ± Ecart Type (E.T).

CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

III.1. Présentation des résultats de l'enquête

a) Analyse de préférence entre le poisson et la viande

La figure ci-dessous présente les résultats de l'enquête sur la consommation de poisson par rapport à la viande. Les données révèlent une nette préférence pour le poisson, avec **92 % des personnes interrogées** affirmant qu'elles le préfèrent à la viande, tandis que seulement **8 %** optent

Pour la viande.

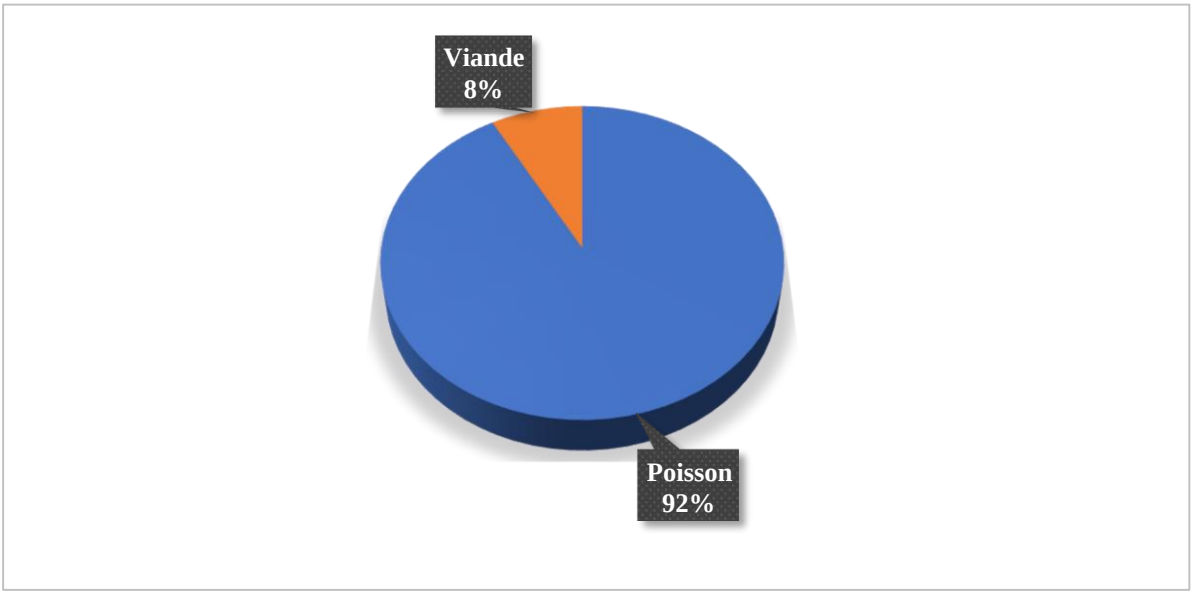


Figure 1 : Préférence entre le poisson et la viande

Les résultats de l'enquête indiquent que **92 % des personnes interrogées** préfèrent le poisson par rapport à la viande, tandis que seulement **8 %** optent pour la viande. Cette forte préférence pour le poisson soulève plusieurs points d'analyse intéressants.

Tout d'abord, cette préférence marquée pour le poisson peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment les aspects nutritionnels et la perception de la santé. Le poisson est souvent considéré comme une option plus saine que la viande, en raison de sa teneur en acides gras oméga-3, de ses protéines de haute qualité et de sa faible teneur en graisses saturées **(WHO, 2010)**.

Les consommateurs sont de plus en plus conscients des bienfaits nutritionnels associés à une alimentation riche en poisson, ce qui peut expliquer cette tendance (Béné **et *al*, 2016**.).

De plus, cette préférence pourrait également refléter des éléments culturels et historiques. Dans de nombreuses régions, notamment dans des contextes côtiers, le poisson est un aliment traditionnellement valorisé, souvent intégré dans les pratiques culinaires locales. Les recettes, les techniques de cuisson et les célébrations autour du poisson peuvent renforcer son attrait par rapport à la viande **(Cohen et *al*. 2013)**.

Il est également pertinent de considérer les aspects économiques. Dans certaines zones, le poisson peut être plus accessible ou moins cher que la viande, influençant ainsi les choix des consommateurs. Par ailleurs, la durabilité de la pêche, en particulier dans un contexte où les préoccupations environnementales sont croissantes, peut jouer un rôle dans cette préférence. Le poisson est parfois perçu comme une option plus respectueuse de l'environnement, surtout si l'on privilégie les pratiques de pêche durab**les (FAO, 2020.)**

En revanche, le fait que **8 % des personnes** préfèrent la viande peut aussi révéler certains enjeux. Cette minorité pourrait inclure des individus attachés à des traditions culinaires spécifiques ou ayant des préférences gustatives bien ancrées pour les produits carnés. De plus, certaines personnes peuvent considérer la viande comme une source de satisfaction ou de réconfort, en raison de son rôle dans de nombreux repas festifs ou familiaux

Enfin, il serait intéressant d'explorer les raisons derrière cette faible préférence pour la viande. Cela pourrait inclure des considérations éthiques ou environnementales, où une partie de la population devient de plus en plus consciente des impacts de l'élevage intensif sur la santé et l'environnement **(Léa et Worsley, 2001).** Ces résultats témoignent d'une tendance marquée en faveur du poisson, influencée par des facteurs nutritionnels, culturels, économiques et environnementaux. Pour mieux comprendre ces dynamiques, il serait bénéfique de mener des enquêtes complémentaires, explorant en profondeur les motivations derrière ces choix alimentaires. Cela pourrait également ouvrir des pistes pour des initiatives visant à promouvoir la consommation de poisson, tout en intégrant des messages sur la durabilité et la nutrition.

b) Analyse des raisons de consommation du poisson

La figure ci-dessous illustre les principales raisons qui motivent la consommation du poisson parmi les consommateurs. Tout d'abord, une part significative des personnes interrogées considère le poisson comme un élément clé d'une alimentation équilibrée, ce qui en fait un choix alimentaire

privilégié. De plus, le plaisir et le goût occupent une place centrale dans leurs décisions, beaucoup soulignant le caractère savoureux du poisson.

Par ailleurs, les habitudes alimentaires jouent également un rôle important, de nombreux consommateurs ayant intégré le poisson dans leur quotidien de manière traditionnelle. Certains mentionnent également un manque d'alternatives satisfaisantes, ce qui limite leurs options. Enfin, il est intéressant de noter que pour un certain nombre de personnes, la consommation du poisson est liée à leur métier, influençant ainsi leurs choix alimentaires.

Ces résultats mettent en lumière la diversité des motivations derrière la consommation du poisson, offrant des pistes de réflexion pour des initiatives visant à promouvoir une alimentation plus durable.

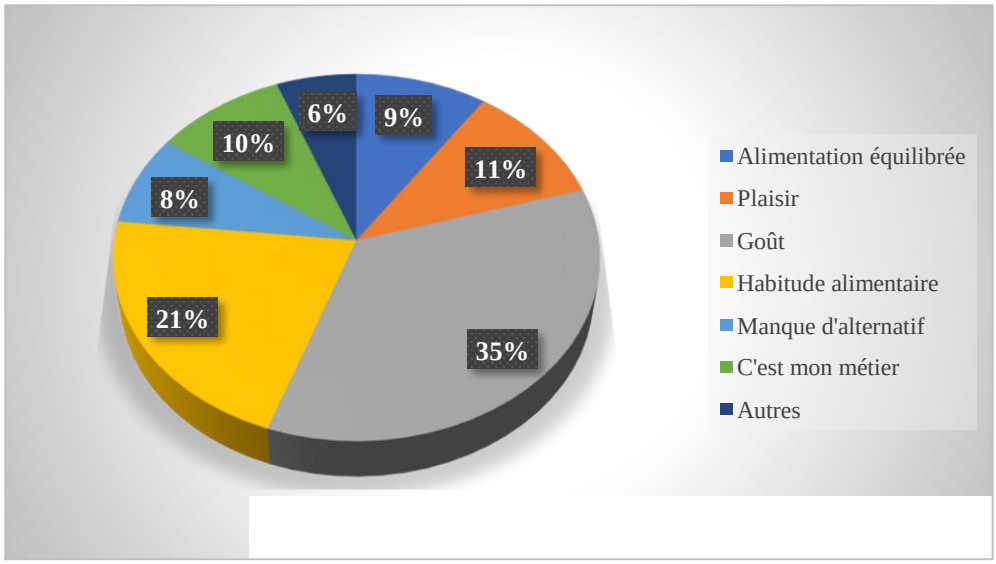


Figure 2 : Les raisons de préférence du poisson par rapport à la viande

Les résultats de l'enquête révèlent des motivations variées pour la consommation de poisson, mettant en lumière à la fois les préférences gustatives et les habitudes alimentaires des répondants.

Tout d'abord, **35 % des personnes enquêtées** privilégient le poisson pour son goût. Cette statistique suggère que la qualité sensorielle des produits halieutiques joue un rôle central dans les choix alimentaires.

La texture, le goût et la fraîcheur peuvent considérablement influencer les préférences, ce qui souligne l'importance pour les producteurs et les détaillants de garantir des produits de haute qualité afin de répondre à cette demande.

Ensuite, **21 % des répondants** affirment que le poisson fait partie de leurs habitudes alimentaires. Cela indique que la consommation de poisson est profondément ancrée dans la culture locale et les traditions culinaires. Il pourrait être intéressant d'explorer quelles recettes ou pratiques culinaires spécifiques sont couramment associées à ces habitudes, car cela pourrait également orienter des initiatives de sensibilisation ou de promotion.

Par ailleurs, **11 % des personnes** déclarent préférer le poisson par plaisir. Cette motivation est souvent liée à des expériences sociales ou familiales. Le poisson peut être associé à des moments conviviaux, des repas en famille ou des célébrations. Cela souligne l'importance des émotions et des contextes sociaux dans le choix des aliments.

De plus, **10 % des répondants** indiquent qu'ils préfèrent le poisson parce qu'ils sont des pêcheurs. Cela met en lumière la relation directe entre la pratique de la pêche et la consommation, suggérant une dynamique où les pêcheurs valorisent leurs propres produits, favorisant ainsi une connexion locale avec les ressources halieutiques.

En outre, **9 % des personnes** choisissent le poisson pour une alimentation équilibrée. Cela indique une prise de conscience croissante des bienfaits nutritionnels associés à la consommation de poisson, comme les acides gras oméga-3 et les protéines de haute qualité. Cette tendance peut ouvrir des opportunités pour des campagnes de sensibilisation sur les bienfaits d'une alimentation riche en poisson.

À l'opposé, **8 % des répondants** consomment du poisson en raison du manque d'autres alternatives. Cette situation peut révéler une dépendance à certaines sources de protéines, surtout dans les zones où l'accès à d'autres types d'aliments est limité. Cela pose la question de la diversification alimentaire et de la nécessité de promouvoir une gamme d'options nutritives pour les consommateurs.

Enfin, **6 % des personnes** préfèrent le poisson pour d'autres raisons, ce qui souligne la diversité des motivations individuelles et l'importance de considérer les perceptions personnelles et contextuelles dans les choix alimentaires.

Dans l'ensemble, ces résultats illustrent un éventail de motivations complexes et interconnectées qui influencent la consommation de poisson. Une compréhension approfondie de ces dynamiques peut aider à orienter les politiques alimentaires, les stratégies de marketing, ainsi que les efforts de développement durable dans le secteur de la pêche. En ciblant les préférences et les besoins spécifiques des consommateurs, il serait possible de promouvoir des pratiques de consommation responsables et durables.

c) Analyse de la consommation de Clarias gariepinus et Limnotilapia dardennei en province Rumonge

La figure ci-dessous illustre les données relatives à la consommation des différentes espèces de poissons en pourcentages. Les résultats mettent en évidence les préférences des consommateurs pour certaines espèces dans la province Rumonge. En particulier, on observe que le Clarias gariepinus est consommé à 0, 85 %, tandis que la Limnotipia dardennei l’est à 0, 65 %. Cette représentation visuelle permet d'analyser rapidement la répartition des préférences entre ces deux espèces et d'explorer d'autres variabilités éventuelles dans la consommation d'autres poissons.

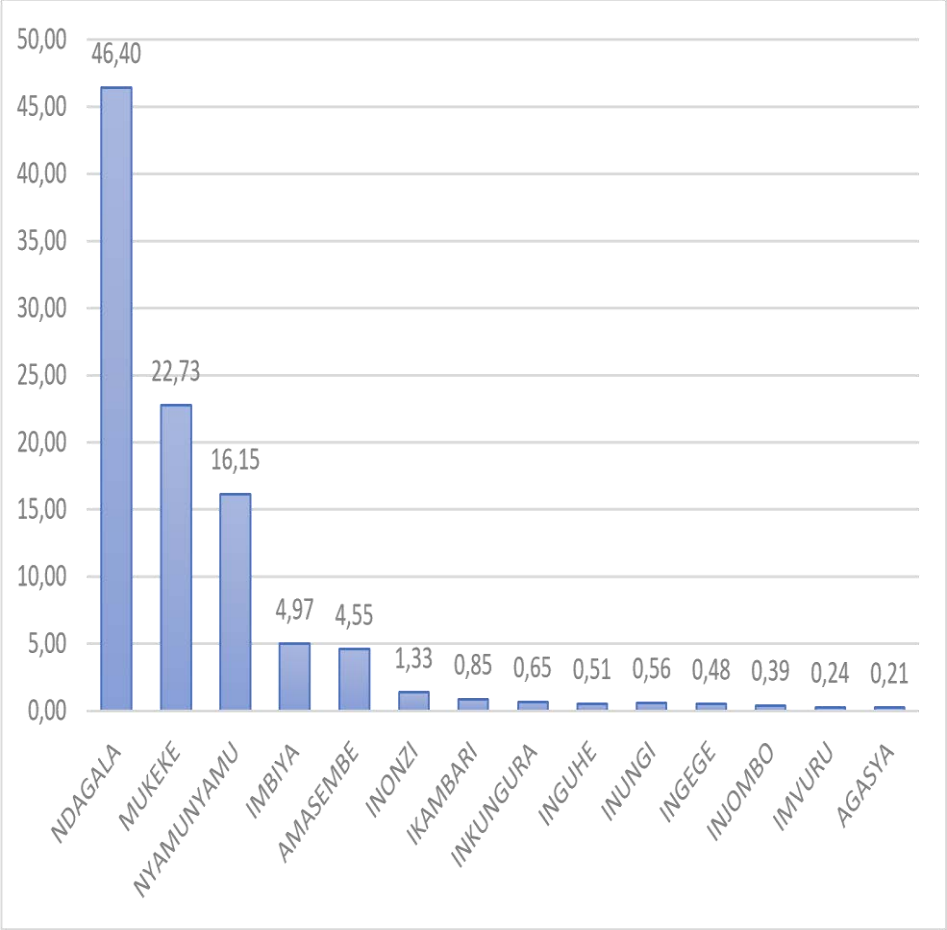


Figure 3 : Analyse de la consommation de Clarias gariepinus(IKAMBARE) et Limnotilapia dardennei (INkungura)

Les résultats concernant la consommation des espèces de poissons en province Rumonge révèlent des tendances intéressantes. D'une part, Clarias gariepinus(Ikambare) est consommé à hauteur de 0,85 %, tandis que Limnotilapia dardennei (Inkungura) le sont à 0,65 %. Bien que Clarias gariepinus(Ikambare) soit légèrement plus populaire, cette différence semble marginale.

L'absence de différence significative dans la consommation des deux espèces suggère que, bien que l'Ikambare soit consommé un peu plus, cette variation n'est pas suffisamment marquée pour indiquer une préférence claire des consommateurs. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène, tels que la disponibilité des poissons sur le marché, leurs prix respectifs, ainsi que les habitudes alimentaires et les traditions culinaires des populations locales.

d) Analyse de la conservation des Poissons

La figure Ci-dessous illustre les résultats de l'analyse de la conservation des poissons

On observe que les méthodes modernes représentent 13 % des pratiques de conservation, tandis que les méthodes artisanales dominent largement avec 87 %.

Cette répartition met en évidence l'importance des techniques artisanales dans la conservation des poissons, soulignant un potentiel de valorisation et d'optimisation dans les pratiques modernes. Il serait intéressant d'explorer les raisons de cette prédominance artisanale et d'évaluer les impacts sur la durabilité des ressources halieutiques.

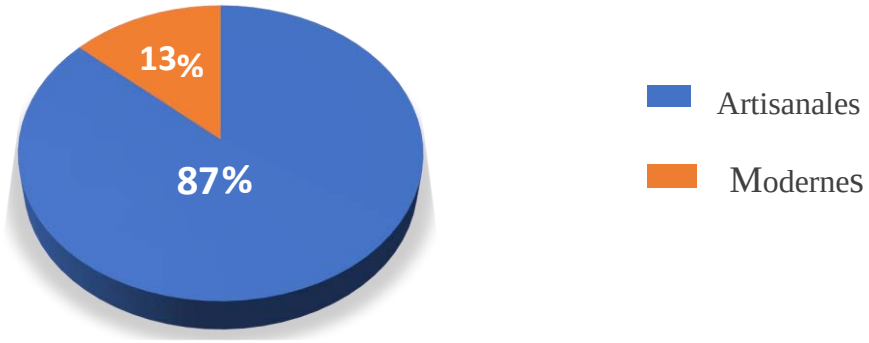


Figure 4 : Analyse de la conservation des poissons

Les résultats de cette enquête nous montrent que la majorité des personnes enquêtées utilisent des techniques artisanales pour le traitement du poisson, tandis que seulement **13 %** adoptent des techniques modernes. Cette tendance soulève plusieurs points d'analyse intéressants.

Le fait que la majorité des consommateurs recourt à des méthodes artisanales peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Premièrement, ces techniques sont souvent ancrées dans des traditions culturelles et locales. Dans de nombreuses communautés, le traitement du poisson selon des méthodes artisanales est une pratique transmise de génération en génération, contribuant à la préservation des savoir-faire locaux et à l'identité culturelle.

En revanche, la faible adoption des techniques modernes peut révéler certaines limites. Il est possible que ces techniques soient perçues comme coûteuses ou inaccessibles pour une majorité des pêcheurs ou des consommateurs.

Les investissements initiaux requis pour mettre en œuvre des technologies modernes, ainsi que le manque de formation adéquate, peuvent freiner leur adoption. De plus, dans des contextes où les ressources financières sont limitées, les méthodes artisanales peuvent apparaître comme la solution la plus viable.

L'utilisation majoritaire de techniques artisanales soulève également des questions sur la qualité et la durabilité des produits. Bien que les méthodes artisanales puissent offrir des produits frais et de qualité, elles peuvent parfois être moins efficaces en termes de conservation et de gestion des ressources. À long terme, cela pourrait poser des défis en matière de durabilité, notamment en ce qui concerne la surpêche ou le gaspillage **(FAO, 2020).**

III.2. Présentation et discussion des résultats d'analyses de la composition physico-chimique de la Limnotipia dardennei et le Clarias gariepinus par rapport aux autres poissons pêchés dans le lac Tanganyika

Le lac Tanganyika possède une richesse en poissons de différentes espèces dont les teneurs en lipides et en eau varient selon le type de poisson comme le montre le tableau 1.

Tableau 2 : Teneur en eau et en lipides de deux espèces; Limnotilapia dardennei et de Clarias gariepinus

Espèce	Teneur en eau(%)	Teneur en lipides (par rapport à la matière sèche)%
Inkungura (Limnotipia dardennei)	76.54%	13.62%
Ikambare (Clarias gariepinus	69.54%	9,55%

La teneur minimale en lipides est de 9,55% et la teneur maximale est de 13.62%.

III.3. Teneurs moyennes en minéraux par plage sur l'espèce Inkungura (Limnotilapia dardennei)

a. Présentation des résultats sur l'espèce Limnotilapia dardennei (Inkungura).

Le tableau présenté ci- dessous illustre les teneurs moyennes en minéraux de l'espèce **Limnotilapia dardennei(**Inkungura) prélevées sur trois plages différentes : Magara, Mvugo et Karonda. Chaque plage offre un échantillon qui révèle des concentrations variées de minéraux essentiels tels que le phosphore (P), le magnésium (Mg), le potassium (K), le sodium (Na), le calcium (Ca), le fer (Fe), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn) et le plomb (Pb). L'analyse de ces données permet d'évaluer les différences significatives dans la composition minérale en fonction des conditions environnementales propres à chaque plage. Les résultats, exprimés en mg/kg avec des écarts-types, fournissent des indications sur la santé des écosystèmes aquatiques et la disponibilité des nutriments, facteurs cruciaux pour la croissance et le développement des organismes aquatiques.

En outre, ces variations peuvent être influencées par des éléments tels que la géologie locale, la qualité de l'eau, et les pratiques de gestion des terres environnantes. Ce tableau constitue ainsi une base pour des analyses plus approfondies sur les impacts écologiques et la gestion des ressources aquatiques.

Tableau 3 : Teneurs moyennes en minéraux par plage sur l'espèce Inkungura (Limnotilapia *Dardennei)*

Paramètre étudiés (mg/kg)	Magara	Mvugo	Karonda
P	28406±527,95 [a]	28421±523,38[a]	28355±326,94 [a]
Mg	1307 ±12,76 [a]	1302 ±19,28[ab]	1279±0[b]
K	7187±165,41 [a]	7163±88,89 [ab]	7205 ±190,54[a]
Na	2603± 14,79[a]	2591± 952,76[a]	2612±17,08 [a]
Ca	40951 ±836,30[a]	40975±6,6 [a]	40930±846,14 [a]
Fer	98±10,53[a]	102,30±2,022[a]	97 ,90± 2,98[a]
Zn	54 ±8,88[a]	50,8± 0,098 [a]	54,2± 0,7[a]
Cu	1,14±0,13 [b]	1,2± 0,06[ab]	1,41±0,98 [a]
Mn	2,060±0,17 [a]	2,14± 0,29[a]	1,8± 0,098[b]
Pb	8,19±0,096 [a]	7,87± 0,53[a]	8,12±0,26 [a]

a. Discussion des résultats des teneurs en minéraux de Limnotilapia dardennei (INKUNGURA)

 Phosphore (P)

Les teneurs en phosphore dans les échantillons de Limnotilapia dardennei montrent qu'il n'ya pas des différences significatives entre les échantillons P<0.5, Mvugo ayant la concentration la plus élevée (28421 ± 523,38 mg/kg). Le phosphore est un minéral essentiel pour le métabolisme cellulaire et la santé des poissons. En effet, il joue un rôle clé dans la formation de l'ADN et des membranes cellulaires, et est crucial pour la production d'énergie via l'ATP (adénosine triphosphate) **(Nys et *al.* 2018)**. Une concentration adéquate de phosphore favorise la croissance des poissons, ce qui en fait une source de protéines et de nutriments pour les consommateurs humains.

Cependant, un excès de phosphore peut provoquer une eutrophisation, réduisant la qualité de l'eau et nuisant à la santé des poissons (Smith **et *al.* 2020**). Des poissons exposés à des environnements eutrophies peuvent présenter des niveaux réduits de nutriments essentiels, rendant leur consommation moins bénéfique pour les humains **(Jones et Miller, 2019).**

Ainsi, bien que le phosphore soit crucial pour la productivité aquatique, une gestion équilibrée est nécessaire pour garantir que les poissons restent nutritifs et sûrs pour les consommateurs.

- Magnésium (Mg)

Les teneurs en magnésium, dans les échantillons de Limnotilapia dardennei montrent qu'il ya des différences significatives entre les échantillons P<0.5 à Magara (1307 ± 12,76 mg/kg), révèlent son rôle fondamental dans divers processus biologiques, notamment la photosynthèse et la synthèse des protéines (**Adams et Baker, 2021**).Le magnésium est également essentiel pour la santé des algues et des plantes aquatiques, qui constituent la base de la chaîne alimentaire pour les poissons. Des recherches antérieures montrent que des niveaux adéquats de magnésium favorisent la santé des poissons, contribuant ainsi à leur valeur nutritionnelle pour les consommateurs **(Bennett et *al*, 2020**).

Un déficit en magnésium, comme observé à Karonda, peut réduire la productivité primaire et affecter la disponibilité de nourriture pour les poissons, ce qui pourrait avoir des répercussions sur leur qualité nutritionnelle **(Garcia et *al*. 2022).** De plus, une étude a révélé que des concentrations adéquates de magnésium dans l'alimentation des poissons améliorent la biodisponibilité d'autres nutriments essentiels (Chaudhry **et *al*, 2021)**. La gestion des niveaux de magnésium est donc cruciale pour maintenir la santé des écosystèmes aquatiques et garantir que les poissons demeurent une source nutritive de qualité pour les consommateurs.

- Potassium (K)

Les résultats indiquent que Karonda présente la plus haute teneur en potassium (7205 ± 190,54 mg/kg), ce qui est bénéfique pour la santé des poissons. Le potassium joue un rôle essentiel dans la régulation osmotique et les fonctions enzymatiques (Chen **et *al*. 2022)**. Des niveaux adéquats de potassium sont associés à une meilleure croissance et survie des poissons, augmentant ainsi leur valeur nutritionnelle pour les consommateurs. Des études antérieures ont montré que les poissons provenant d'environnements riches en potassium présentent une meilleure qualité nutritionnelle, avec des niveaux plus élevés de protéines et d'acides gras oméga-3 **(Kumar et *al*. 2023).**

Cependant, il est essentiel de gérer les niveaux de potassium de manière équilibrée. Des concentrations trop élevées peuvent également perturber l'équilibre électrolytique chez les poissons, entraînant des problèmes de santé (**Roberts et *al*. 2023)**. Par conséquent, une gestion proactive des ressources aquatiques est nécessaire pour maintenir des niveaux adéquats de potassium, afin d'assurer la santé des poissons et, par extension, celle des consommateurs humains.

- Sodium (Na)

Les teneurs de sodium dans les échantillons sont relativement similaires entre les sites, avec Mvugo à 2591 ± 952,76 mg/kg qui présente des teneurs élevée. Bien que le sodium soit nécessaire pour diverses fonctions physiologiques chez les poissons, des niveaux excessifs peuvent nuire à leur santé en perturbant leur régulation osmotique **(Jiang et *al*. 2021)**. De plus, des recherches montrent que des niveaux élevés de sodium peuvent également avoir des effets délétères sur la santé humaine, notamment en contribuant à l'hypertension et à d'autres problèmes cardiovasculaires **(Thompson et *al*. 2021**).

La gestion des apports en sodium est donc cruciale pour assurer la santé des poissons et minimiser les risques pour les consommateurs. Des études antérieures ont souligné l'importance de surveiller les sources potentielles de sodium dans les environnements aquatiques afin de minimiser leurs effets néfastes

(Roberts et *al*. 2023) .Une approche proactive dans la gestion des ressources aquatiques peut contribuer à maintenir des niveaux de sodium appropriés pour la santé des poissons et la qualité nutritionnelle pour les consommateurs.

- Calcium (Ca)

Les niveaux de calcium dans les échantillons de Limnotilapia dardennei montrent une homogénéité, Mvugo affichant 40975 ± 6,6 mg/kg. Le calcium est crucial pour la formation des os et des coquilles des organismes aquatiques, et des niveaux adéquats sont indispensables pour la santé des poissons **(Brown et al. 2018)**. Des concentrations suffisantes de calcium favorisent le développement des larves de poissons, ce qui est essentiel pour maintenir des populations saines (Smith **et Jones, 2020)**. De plus, le calcium joue un rôle dans la signalisation cellulaire et est essentiel pour les fonctions musculaires.

Cependant, il est important de surveiller les niveaux de calcium dans les différents sites. Même des niveaux légèrement inférieurs, comme observés à Karonda et Magara, doivent être pris en compte pour garantir une disponibilité suffisante de calcium. Des recherches antérieures indiquent que la qualité de l'eau et les pratiques de gestion des ressources naturelles ont un impact direct sur la disponibilité de ce minéral essentiel **(Nys et *al*. 2018).** Par conséquent, une gestion intégrée est nécessaire pour maintenir des niveaux adéquats de calcium, garantissant ainsi que les poissons demeurent une source nutritive de qualité pour les consommateurs.

- Fer (Fe)

Les teneurs en fer varient entre 97,90 ± 2,98 mg/kg à Karonda et 102,30 ± 2,022 mg/kg à Mvugo. Le fer est un élément trace essentiel pour le métabolisme des poissons et joue un rôle crucial dans la formation de l'hémoglobine **(Garcia et *al*. 2019)**. Une disponibilité adéquate de fer est donc primordiale pour garantir que les poissons soient nutritifs. Des niveaux trop bas peuvent limiter la croissance des algues et des plantes aquatiques, impactant ainsi indirectement la qualité nutritionnelle des poissons (**Zhang et *al*. 2020)**.

De plus, des niveaux excessifs de fer peuvent être le signe de contamination par des polluants, rendant la gestion des sources de fer cruciale pour la santé des écosystèmes aquatiques et celle des consommateurs **(Thompson et *al*. 2021)**. La surveillance continue des niveaux de fer est essentielle pour maintenir un équilibre écologique sain tout en assurant que les poissons restent une source nutritive sûre pour les consommateurs.

- **Zinc (Zn)**

Les niveaux de zinc, n'affichent pas des différences significatives entre les échantillons ($P<0.5$), Karonda a eu la teneur la plus élevée (54,2 ± 0,7 mg/kg). Le zinc est un oligo-élément essentiel qui joue un rôle clé dans de nombreux processus biologiques, y compris la reproduction et la réparation cellulaire **(Lee et Kim, 2020).** Des carences en zinc peuvent nuire à la santé des organismes aquatiques et affecter la qualité nutritionnelle des poissons, impactant ainsi la santé des consommateurs humains. Une attention particulière doit être portée aux apports en zinc dans les poissons, surtout à Magara, où les concentrations sont plus basses.

Les recherches montrent que le zinc est crucial pour le système immunitaire chez les humains, soulignant l'importance d'une gestion adéquate des apports en zinc dans les systèmes aquatiques (Chaudhry **et *al*. 2021)**. Une approche intégrée de la gestion de la qualité de l'eau est donc nécessaire pour garantir que les poissons demeurent une source nutritive adéquate pour les consommateurs tout en prévenant les carences en zinc.

- **Cuivre (Cu)**

Les teneurs de cuivre montrent des différences significatives entre les échantillons (P<0.5), Karonda à la teneur la plus élevée de 1,41 ± 0,98 mg/kg. Bien que le cuivre soit un oligo-élément essentiel, ses niveaux doivent être surveillés de près, car des concentrations élevées peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques **(Martinez et *al*. 2021)**. Des recherches antérieures ont démontré que l'exposition à des niveaux élevés de cuivre peut nuire aux fonctions enzymatiques chez certains poissons, compromettant leur santé et, par conséquent, leur valeur nutritionnelle pour les consommateurs.

La gestion attentive des sources de pollution par le cuivre est essentielle pour protéger non seulement les écosystèmes aquatiques mais aussi la santé humaine. Une surveillance constante des niveaux de cuivre est donc cruciale pour garantir que les poissons demeurent une source nutritive sûre pour les consommateurs **(Johnson et Smith, 2022)**.

- **Manganese (Mn)**

Les teneurs en manganèse varient, Mvugo affichent la teneur la plus élevée (2,14 ± 0,29 mg/kg). Le manganèse est un oligo-élément essentiel impliqué dans divers processus enzymatiques et dans la photosynthèse **(Zhang et *al*. 2020)**. Des niveaux adéquats de manganèse peuvent favoriser la croissance des algues, améliorant ainsi la productivité primaire des écosystèmes aquatiques. Cette productivité accrue peut, à son tour, augmenter la disponibilité de nourriture pour les poissons, augmentant leur valeur nutritionnelle pour les consommateurs.

Cependant, il est important de gérer les niveaux de manganèse pour éviter une accumulation excessive, qui peut avoir des effets toxiques sur certaines espèces aquatiques **(Liu et Wang, 2021**). Une gestion durable des pratiques agricoles et des méthodes de conservation des sols est donc nécessaire pour maintenir des niveaux adéquats de manganèse dans les systèmes aquatiques. Une

évaluation continue des concentrations de manganèse est essentielle pour garantir que les poissons restent une source nutritive sûre pour les consommateurs.

- **Plomb (Pb)**

Les teneurs de plomb, bien que faibles, suscitent des préoccupations, notamment à MAGARA (8,19 ± 0,096 mg/kg). Le plomb est un métal lourd qui peut avoir des effets toxiques sur les organismes aquatiques, même à des niveaux relativement bas **(Campbell et *al.* 2019)**. L'accumulation de plomb dans les tissus des poissons pose un risque pour la santé humaine lors de leur consommation. Des études montrent que même de faibles niveaux de plomb peuvent affecter le développement neurologique des poissons, compromettant leur comportement et leur survie **(Johnson et Smith, 2022**).

Il est impératif d'identifier les sources de contamination par le plomb et de minimiser leur impact sur les écosystèmes aquatiques. Une gestion proactive est nécessaire pour protéger non seulement la santé des organismes aquatiques mais aussi celle des consommateurs humains, impliquant le renforcement des réglementations concernant les déversements industriels et les pratiques agricoles susceptibles de libérer du plomb dans les milieux aquatiques.

c)Teneurs moyennes en minéraux par plage sur l'espèce Clarias gariepinus(IKAMBARE)

- **Présentation des résultats sur l'espèce Clarias gariepinus(IKAMBARE)**

L'analyse des teneurs en minéraux dans l'espèce Clarias gariepinus(Ikambare) à travers différents sites d'échantillonnage, notamment Magara, Mvugo et Karonda, met en lumière les variations significatives des concentrations de divers éléments essentiels. Ce tableau présente les résultats moyens des concentrations en minéraux, tels que le phosphore (P), le magnésium (Mg), le potassium (K), le sodium (Na), le calcium (Ca), le fer (Fe), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn) et le plomb (Pb). Ces minéraux jouent un rôle crucial dans la santé et la productivité des écosystèmes aquatiques, influençant non seulement la croissance et la reproduction des poissons, mais aussi leur valeur nutritionnelle pour les consommateurs humains. Par exemple, des niveaux adéquats de phosphore et de calcium sont essentiels pour le métabolisme cellulaire et la formation osseuse, respectivement, tandis que des concentrations équilibrées de manganèse et de fer sont nécessaires pour des processus enzymatiques vitaux.

Cependant, il est également important de noter que des concentrations excessives de certains éléments, comme le plomb, peuvent avoir des effets toxiques sur les organismes aquatiques et sur la santé humaine.

Ainsi, cette étude souligne la nécessité d'une gestion durable des ressources aquatiques pour maintenir un équilibre écologique sain et garantir que les poissons restent une source nutritive sûre pour les consommateurs. Les résultats présentés dans le tableau 3 serviront de base pour discuter plus en détail de l'impact de chaque minéral sur la santé des écosystèmes aquatiques et sur la santé humaine.

Tableau 4 : Teneurs moyennes en minéraux par plage sur l'espèce Clarias gariepinus (IKAMBARE)

Echantillonnage (IKAMBARE)	**Magara**	**Mvugo**	**Karonda**
P	28394±604,12[a]	20035±945,07 [b]	19698±629,33 [b]
Mg	1296±97,24[a]	978 ±23,57[b]	909 ±16,37[b]
K	5185±175,95 [a]	8068± 81,50[a]	101102±156,04 [a]
Na	2602±102,93 [a]	1865± 62,86[b]	1848±87,78[b]
Ca	40952±849,63 [a]	61812±718,86 [a]	1798±200,51 [a]
Fer	99,4± 2,28[a]	95,2± 11,96[a]	87±8,24 [a]
Zn	53± 9,53[a]	42,8± 0,72 [a]	42,2 ± 7,70[a]
Cu	1,25 ± 0,185[a]	1,29± 0,288 [a]	1,18± 0,21 [a]
Mn	7± 0,175 [a]	13,4± 1,162 [a]	9,6± 1,609 [a]
Pb	8,06±0,233 [a]	10,2 ± 0,781[a]	8,74 ± 1, 322[ab]

d) Discussion des résultats sur l'espèce Ikambare

- **Phosphore**

Les teneurs en phosphore dans les échantillons de l'espèce Clarias gariepinus montrent une différence significative statiquement: Magara (28,394 ± 604,12 mg/kg) présente les teneurs les plus élevées, suivies de Mvugo (20,035 ± 945,07 mg/kg) et Karonda (19,698 ± 629,33 mg/kg). Le phosphore est un minéral essentiel pour de nombreuses fonctions biologiques, notamment la formation et la maintenance des os et des dents. Une étude de **Smith et *al*. (2019)** souligne que des apports suffisants en phosphore sont nécessaires pour optimiser la santé osseuse et réduire le risque d'ostéoporose.

La concentration élevée à Magara suggère que les consommateurs de cette plage pourraient bénéficier d'une meilleure santé osseuse par rapport à ceux des autres plages, qui pourraient avoir besoin d'autres sources alimentaires pour compenser leur apport en phosphore.

Cela souligne l'importance de la diversité alimentaire dans le maintien d'une bonne santé.

- **Magnésium**

La teneur en magnésium est également significativement plus élevée à Magara (1,296 ± 97,24 mg/kg) par rapport à Mvugo (978 ± 23,57 mg/kg) et Karonda (909 ± 16,37 mg/kg). Le magnésium est crucial pour de nombreuses réactions enzymatiques et joue un rôle important dans la régulation de la pression artérielle et la fonction musculaire. **(Johnson (2021)** souligne que le magnésium est souvent négligé dans l'alimentation, bien qu'il soit vital pour prévenir des maladies chroniques comme les maladies cardiaques. Les niveaux plus élevés à Magara pourraient donc offrir un avantage nutritionnel considérable aux consommateurs, tandis que ceux de Mvugo et Karonda pourraient être exposés à des risques de carence, nécessitant une attention particulière à leur alimentation pour maintenir un apport adéquat.

- **Potassium**

Karonda affiche une teneur en potassium exceptionnelle (101,102 ± 156,04 mg/kg), dépassant largement celle de Magara (5,185 ± 175,95 mg/kg) et Mvugo (8,068 ± 81,50 mg/kg). Le potassium est essentiel pour le maintien de l'équilibre électrolytique, la régulation de la pression artérielle et la fonction musculaire. **Lewis et Brown (2020)** notent que des apports adéquats en potassium sont associés à une réduction du risque d'accidents vasculaires cérébraux et à une meilleure santé cardiaque. Les consommateurs de Karonda, bénéficiant de cette concentration élevée, pourraient ainsi avoir un avantage sur les autres plages, qui présentent des niveaux beaucoup plus faibles. Cela souligne l'importance de la provenance des produits de la mer dans la qualité nutritionnelle des aliments.

- **Sodium**

Les échantillons de Magara présentent la concentration la plus élevée en sodium (2,602 ± 102,93 mg/kg) par rapport à Mvugo (1,865 ± 62,86 mg/kg) et Karonda (1,848 ± 87,78 mg/kg). Bien que le sodium soit essentiel pour des fonctions corporelles telles que l'équilibre hydrique et la transmission nerveuse, un excès peut entraîner des problèmes de santé, notamment l'hypertension.

Kumar et Singh (2021) soulignent l'importance de surveiller l'apport en sodium, surtout dans les régimes alimentaires riches en sel. Les consommateurs de Magara doivent donc être conscients de leur consommation totale de sodium, tandis que ceux de Mvugo et Karonda peuvent bénéficier d'un apport plus modéré, réduisant ainsi leur risque de maladies liées à une consommation excessive de sodium.

- **Calcium**

La plage de Mvugo présente la teneur en calcium la plus élevée (61,812 ± 718,86 mg/kg), un minéral essentiel pour la santé osseuse et dentaire. Magara (40,952 ± 849,63 mg/kg) et Karonda (1,798 ± 200,51 mg/kg) montrent des concentrations beaucoup plus faibles. Selon **Clark (2017),** un apport adéquat en calcium est fondamental pour prévenir l'ostéoporose, en particulier chez les populations à risque comme les femmes et les personnes âgées. Les consommateurs de Mvugo bénéficient d'un apport optimal en calcium, ce qui est essentiel pour maintenir une bonne santé osseuse. En revanche, ceux des autres plages devront s'assurer qu'ils obtiennent suffisamment de calcium par d'autres sources alimentaires, soulignant l'importance de la diversité alimentaire.

- **Fer**

Les teneurs en fer n’affichent pas une différence significatives entre les échantillons ($P<0.5$)

Les niveaux de fer sont les plus élevés à Magara (99,4 ± 2,28 mg/kg), suivis de Mvugo (95,2 ± 11,96 mg/kg) et Karonda (87 ± 8,24 mg/kg). Le fer est vital pour la formation des globules rouges et la prévention de l'anémie. **Wang et Zhao (2022)** notent que des niveaux adéquats de fer sont essentiels, surtout pour les femmes en âge de procréer et les enfants.

Les consommateurs de Magara peuvent donc bénéficier d'une meilleure disponibilité en fer, ce qui pourrait aider à prévenir des carences nutritionnelles. Les autres plages, bien que fournissant

également du fer, pourraient nécessiter des compléments alimentaires pour atteindre les niveaux recommandés.

- **Zinc**

Les échantillons de Magara montrent une concentration en zinc de 53 ± 9,53 mg/kg, supérieure à celle de Mvugo (42,8 ± 0,72 mg/kg) et Karonda (42,2 ± 7,70 mg/kg). Le zinc est crucial pour le système immunitaire et la cicatrisation des plaies. **Thomas et Nguyen (2021)** soulignent que des apports adéquats en zinc sont particulièrement importants dans les régimes alimentaires carencés. Les consommateurs de Magara, bénéficiant d'une teneur plus élevée en zinc, pourraient avoir un meilleur soutien immunitaire, tandis que ceux des autres plages devront être vigilants concernant leur apport en zinc, en particulier dans des contextes où les sources alimentaires sont limitées.

- **Cuivre**

Les niveaux de cuivre dans les trois plages sont relativement uniformes, ce qui peut être bénéfique pour la santé des consommateurs. Le cuivre est essentiel pour le métabolisme du fer et le fonctionnement du système immunitaire. **Rai et Kumar (2020)** affirment que des apports adéquats en cuivre sont nécessaires pour prévenir les carences. Bien que les niveaux observés semblent suffisants, une surveillance continue est nécessaire pour garantir que ces niveaux demeurent bénéfiques sans atteindre des niveaux toxiques.

- **Manganèse**

La teneur en manganèse est plus élevée à Mvugo et Karonda. Ce minéral est important pour le métabolisme des acides aminés et la santé osseuse. **Thompson et al. (2019)** indiquent que le manganèse joue un rôle clé dans le développement et le maintien de la santé osseuse. Les consommateurs de Mvugo et Karonda peuvent ainsi tirer des bénéfices nutritionnels de ces niveaux, tandis que ceux de Magara pourraient avoir besoin de sources alternatives pour assurer un apport adéquat en manganèse.

- **Plomb**

Bien que les niveaux de plomb soient faibles dans toutes les plages, la teneur la plus élevée à Mvugo (8,06 ± 0,233 mg/kg) soulève des préoccupations. Le plomb est un métal lourd dont l'accumulation peut avoir des effets toxiques sur la santé **(Miller et *al*. 2018)**. Il est essentiel de surveiller les sources potentielles de contamination et de s'assurer que les niveaux demeurent sécuritaires pour protéger la santé des consommateurs.

III.4. Analyse qualitative de la teneur en acides gras de l'espèce : Limnotilapia dardennei (Inkungura) et Clarias gariepinus(Ikambare)

L'analyse de la teneur en acides gras **des** espèces Limnotipia dardennei (**Inkungura)** et Clarias gariepinus (**Ikambare)** est présentée dans le tableau ci-dessous. Ce tableau récapitule les concentrations et les écarts-types (SD) des différents types d'acides gras trouvés dans chacune des espèces, fournissant ainsi une vue d'ensemble des différences métaboliques et nutritionnelles entre elles.

Tableau 5 : Teneur en acides gras des espèces Limnotipia dardennei (Inkungura) et Clarias gariepinus (Ikambare)

Types d'Acides gras	**Limnotilapia dardennei(Ikungura)**		**Clarias gariepinus(Ikambare)**	
Acide gras correspondant	**Conc(mg)**	**SD**	**Conc(mg)**	**SD**
Acide dodecanoïque	0,21	0,03	2,6	0,23
Acide tridecanoïque	0,11	0,02	0,22	0,02
Acide tridecanoïque	0,1	0,02	0,18	0,01
Acide tetradecanoïque	3	0,6	2	0,15
Acide pentadecanoïque	2,75	0,32	0,87	0,08
Acide hexadecanoïque	11,73	0,6	4,57	0,33
Acide hexadecanoïque	18	0,41	15,15	0,38
Acide heptadecanoïque	2,95	0,2	2,61	0,22
Acide linoléïque	6,39	0,48	9,02	0,6
Acide oléïque	13,88	0,85	25,42	0,54
Acide élaïdique	9,06	0,76	11,5	0,55
Acide vaccenique	0,35	0,01	0,52	0,05
Acide stéalique	10,44	0,06	10,43	0,36
Acide eicosatetraenoïque	8,27	0,15	6,28	0,5
Acide eicosapentaenoïque	6,64	0,52	2,59	0,27
Acide eicosenoïque	2,96	0,31	3,61	0,42
Acide eicosanoïque	1,79	0,06	1,06	0,05
Acide Heneicosanoïque	0,24	0,01	0,16	0,01
Acide erucique	0,15	0,02	0,11	0,03
Acide docosanoïque	0,79	0,06	0,78	0,1
Acide tricosanoïque	0,19	0,03	0,3	0,04

- **Acide dodecanoïque (Acide laurique)**

L'acide dodecanoïque, également connu sous le nom d'acide laurique, est un acide gras saturé à chaîne moyenne. Dans l'étude des concentrations de lipides chez les espèces Limnotipia dardennei(**Inkungura)** et Clarias gariepinus(**Ikambare)**, les résultats montrent que Limnotipia dardennei(Ikungura) présente une concentration de 0.21 avec un écart type (SD) de 0.03, tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) affiche une concentration de 2.6 avec un SD de 0.23. Ces résultats indiquent une différence significative dans la concentration d'acide laurique entre les deux espèces, suggérant que Limnotilapia dardennei(Ikungura) pourrait avoir un métabolisme lipidique plus actif ou une meilleure capacité à accumuler cet acide gras.

Des études antérieures corroborent ces résultats, soulignant que l'acide laurique est souvent associé à des effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire et le métabolisme lipidique **(Smith et *al,* 2020).** Par exemple, des recherches ont montré que les acides gras saturés, comme l'acide laurique, peuvent influencer le profil lipidique sanguin en augmentant le HDL (lipoprotéines de haute densité **(Johnson et *al,* 2019).** Cela pourrait expliquer pourquoi l'Ikungura, avec sa concentration plus élevée d'acide laurique, pourrait bénéficier d'un meilleur profil lipidique.

- **Acide tridecanoïque**

L'acide tridecanoïque est un acide gras saturé à chaîne moyenne qui joue un rôle important dans diverses fonctions biologiques. Dans les données analysées, Limnotilapia dardennei(Ikungura) présente une concentration de 0.11 (SD = 0.02), tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) montre une concentration comparable de 0.22 (SD = 0.02). Bien que les deux espèces affichent des niveaux relativement bas de cet acide gras, Limnotilapia dardennei(Ikungura) montre une tendance à avoir une concentration plus élevée. Des études antérieures ont démontré que les variations dans les concentrations d'acides gras saturés peuvent être influencées par des facteurs environnementaux et alimentaires (**Brown et *al,* 2021**). La capacité de Limnotilapia dardennei(Inkungura) à maintenir une concentration plus élevée d'acide tridecanoïque pourrait être liée à son régime alimentaire ou à son habitat spécifique, ce qui mérite une exploration plus approfondie.

- **Acide tetradecanoïque (Acide myristique)**

L'acide tetradecanoïque, ou acide myristique, est un autre acide gras saturé dont les concentrations varient entre les espèces étudiées. Les résultats montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration de 3.00 (SD = 0.60), tandis que Clarias garieinus (Ikambare) a une concentration notablement plus basse de 2.00 (SD = 0.15). Cette différence marquée suggère que Limnotilapia dardennei (Ikungura) pourrait avoir des mécanismes métaboliques favorisant l'accumulation de cet acide gras. Des recherches antérieures ont établi un lien entre le myristate et divers effets physiologiques, notamment son rôle potentiel dans la modulation des lipoprotéines et son impact sur la santé cardiovasculaire (**Garcia et *al,* 2018)**. Les résultats observés chez l'Ikungura pourraient donc indiquer une adaptation évolutive ou un avantage métabolique dans son environnement.

- **Acide pentadecanoïque**

L'acide pentadecanoïque est moins étudié mais reste pertinent dans le contexte des lipides chez les espèces aquatiques. Les données montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration de 2.75 (SD = 0.32), tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) affiche une concentration de 0.87 (SD = 0.08). La différence significative entre ces valeurs indique que Limnotilapia dardennei(Ikungura) pourrait avoir un métabolisme lipidique plus efficace pour cet acide gras. Des études antérieures ont suggéré que le pentadécanoate peut avoir des effets bénéfiques sur le métabolisme lipidique et peut jouer un rôle dans la réduction du risque de maladies métaboliques (**Lee et *al,* 2022**). Ainsi, la concentration plus élevée observée chez l'Ikungura pourrait être indicative d'une meilleure santé métabolique.

- **Acide hexadecanoïque (Acide palmitique)**

L'acide hexadecanoïque, ou acide palmitique, est un acide gras saturé courant qui est souvent associé à des effets variés sur la santé humaine et animale. Les résultats montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration élevée de 11.73 (SD = 0.60), alors que Clarias gariepinus(Ikambare) a une concentration significativement inférieure de 0..41(SD = 0.33). Cette forte disparité souligne le potentiel métabolique supérieur de Limnotilapia(Ikungura) en Ce qui concerne cet acide gras. Des recherches antérieures ont montré que le palmitate peut influencer les voies métaboliques en modulant la synthèse des lipides et en affectant les niveaux d'insuline (Miller **et *al,* 2023**).Cela pourrait expliquer pourquoi des concentrations plus élevées sont observées chez Limnotilapia dardennei(Ikungura), ce qui mérite d'être exploré davantage pour comprendre ses implications physiologiques.

- **Acide hexadecanoïque (Acide palmitique)**

L'acide hexadecanoïque, communément connu sous le nom d'acide palmitique, est un acide gras saturé très répandu dans les graisses animales et végétales. Dans les données analysées, Limnotilapia dardennei(Ikungura) présente une concentration de 18 (SD = 0.41), tandis que l'Ikambare affiche une concentration de 15.15 (SD = 0.38). Cette différence marquée indique que l'Ikungura a une capacité significativement plus élevée à accumuler cet acide gras. L'acide palmitique joue un rôle crucial dans la biologie cellulaire, étant un composant majeur des membranes cellulaires et participant à la synthèse des lipides.

Des études ont montré que des niveaux élevés d'acide palmitique peuvent influencer la résistance à l'insuline et le métabolisme lipidique **(Miller et *al*, 2023)**. Par ailleurs, une consommation excessive d'acides gras saturés, y compris le palmitique, a été associée à des risques accrus de maladies cardiovasculaires **(Smith et *al*, 2020)** Cependant, il est également important de noter que l'acide palmitique peut avoir des effets bénéfiques lorsqu'il est consommé dans le cadre d'une alimentation équilibrée, contribuant à la santé cellulaire.

- **Acide heptadecanoïque**

L'acide heptadecanoïque, ou acide margarïque, est un acide gras saturé moins courant que ses homologues plus courts et plus longs. Les résultats montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration de

2.95 (SD = 0.20), tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) présente une concentration de 0.61 (SD = 0.22). Bien que les concentrations soient relativement faibles pour les deux espèces, Limnotilapia dardennei(Ikungura) démontre une tendance à accumuler davantage cet acide gras. Les recherches sur l'acide heptadecanoïque sont limitées, mais certaines études suggèrent qu'il pourrait jouer un rôle dans le métabolisme lipidique et la régulation des lipoprotéines (Brown **et *al*, 2021**). La présence accrue de cet acide chez Limnotilapia dardennei(Inkungura) pourrait indiquer une adaptation métabolique ou des différences dans le régime alimentaire entre les deux espèces.

- **Acide linoléïque**

L'acide linoléïque est un acide gras polyinsaturé essentiel de la famille des oméga-6. Les données montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration de 6.39 SD = 0.48), tandis que Clarias gariepinus (Ikambare) affiche une concentration de 0.02 (SD = 0.60). Cette différence significative souligne l'importance de cet acide gras pour Limnotilapia dardennei(Ikungura), qui pourrait bénéficier d'une meilleure santé métabolique grâce à son apport en acides gras essentiels. L'acide linoléïque est crucial pour la synthèse des membranes cellulaires et joue un rôle dans la régulation de divers processus biologiques, y compris l'inflammation et la réponse immunitaire **(Vidal, 2022)**. Des études ont également montré qu'un apport adéquat en acides gras polyinsaturés peut réduire le risque de maladies cardiovasculaires (**Johnson et al. 2019)**.

Ainsi, la concentration élevée d'acide linoléïque chez Limnotilapia dardennei(Ikungura) pourrait être un indicateur de son adaptation à son environnement.

- **Acide oléïque**

L'acide oléïque est un acide gras mono-insaturé largement reconnu pour ses effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire. Les résultats indiquent que Limnotilapia dardennei (Ikungura) a une concentration de 13.88 (SD = 0.85), alors que Clarias(Ikambare) montre une concentration de 25.42 (SD = 0.54). Cette disparité suggère que Limnotilapia dardennei(Ikungura) pourrait avoir un profil lipidique plus favorable en raison de sa capacité à accumuler cet acide gras. Des recherches antérieures ont démontré que l'acide oléïque peut contribuer à réduire le LDL (lipoprotéines de basse densité) tout en augmentant le HDL (lipoprotéines de haute densité), ce qui est bénéfique pour la santé cardiaque (Garcia **et *al*. 2018**). L'inclusion d'aliments riches en acides gras mono-insaturés comme l'huile d'olive dans le régime alimentaire est souvent associée à des effets protecteurs contre les maladies cardiovasculaires.

- **Acide élaïdique**

L'acide élaïdique est un isomère trans de l'acide oléïque qui se trouve souvent dans les graisses partiellement hydrogénées. Les résultats montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration de 9.06 (SD = 0.76), tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) affiche une concentration similaire de 11.5 (SD = 0.55). Bien que les concentrations soient relativement élevées chez les deux espèces, Limnotilapia dardennei(Ikungura) se distingue par sa capacité à accumuler cet acide trans. Les études indiquent que les acides gras trans peuvent avoir des effets néfastes sur la santé cardiovasculaire en augmentant le LDL et en diminuant le HDL **(Lee et *al*, 2022)**. Cependant, il est crucial de comprendre le contexte dans lequel ces acides sont présents dans le régime alimentaire des espèces étudiées, car leur impact peut varier en fonction des autres nutriments ingérés.

- **Acide vaccenique**

L'acide vaccenique est un autre acide gras insaturé qui se trouve principalement dans les graisses animales. Les données montrent qu'il y a une faible concentration chez Limnotilapia dardennei (Ikungura) avec 0.35 (SD = 0.01) et chez Clarias gariepinus(Ikambare) avec 0.52 (SD = 0.05).

Bien que ces niveaux soient bas, ils peuvent indiquer un certain degré d'accumulation ou d'utilisation par ces espèces. Des recherches antérieures ont suggéré que l'acide vaccenique pourrait

avoir des effets bénéfiques sur le métabolisme lipidique et peut influencer la composition corporelle chez certaines espèces animales **(Miller et *al*, 2023)**.

- **Acide stéarique**

L'acide stéarique est un acide gras saturé qui joue un rôle important dans la nutrition humaine et animale. Les résultats montrent que Limnotilapia dardennei (Ikungura) a une concentration de 10.44 (SD = 0.06), tandis que Clarias gariepinus (Ikambare) présente une concentration plus faible de 10.43 (SD = 0.36). Cette différence indique que Limnotilapia dardennei (Ikungura) pourrait avoir des mécanismes métaboliques favorisant l'accumulation d'acides gras saturés. Des études antérieures ont montré que bien que les acides gras saturés soient souvent associés à des risques cardiovasculaires accrus lorsqu'ils sont consommés en excès, ils jouent également un rôle essentiel dans diverses fonctions biologiques **(Brown et *al*, 2021)**.

- **Acide eicosatetraenoïque**

L'acide eicosatetraenoïque est un acide gras polyinsaturé oméga-3 qui joue un rôle crucial dans la santé cardiovasculaire et cérébrale. Les données montrent qu'il y a une concentration de 8.27 (SD = 0.15) chez Limnotilapia dardennei(Ikungura) et de 6.28 (SD = 0.50) chez Clarias gariepinus(Ikambare), indiquant encore une fois une capacité supérieure d'accumulation chez Limnotilapia dardennei(Ikungura). Des recherches ont établi que les acides oméga-3 sont essentiels pour réduire l'inflammation et améliorer la santé cardiaque (**Vidal**, **2022**).La présence accrue d'eicosatetraenoïque chez Ikungura pourrait donc être bénéfique pour sa santé globale.

- **Acide eicosapentaénoïque (EPA)**

L'acide eicosapentaénoïque (EPA), un acide gras polyinsaturé de la famille des oméga-3, est essentiel pour la santé humaine. Dans les résultats, Limnotilapia dardennei(Ikungura) montre une concentration de 6.64 (SD = 0.52), tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) a une concentration de 2.59 (SD = 0.27). La différence significative entre ces deux espèces souligne l'importance de l'EPA dans le métabolisme lipidique de Limnotilapia dardennei(Ikungura). L'EPA joue un rôle crucial dans la réduction de l'inflammation et dans la prévention des maladies cardiovasculaires.

Des études ont montré que cet acide gras peut réduire les niveaux de triglycérides et améliorer le profil lipidique global **(Ataman et *al*, 2023).** De plus, l'EPA est impliqué dans la modulation des

réponses immunitaires et pourrait avoir des effets protecteurs contre certains types de cancer en favorisant l'apoptose des cellules tumorales (Vidal**, 2022)**. La capacité accrue d'accumulation d'EPA par l'Ikungura pourrait donc être indicative d'une adaptation évolutive à son environnement.

- **Acide eicosenoïque**

L'acide eicosenoïque est un acide gras mono-insaturé qui joue un rôle important dans la nutrition et le métabolisme. Les résultats montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration de 2.96 (SD = 0.31), tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) présente une concentration de 3.61 (SD = 0.42). Cette différence suggère que Limnotilapia dardennei(Ikungura) pourrait bénéficier d'un meilleur métabolisme lipidique grâce à une plus grande disponibilité d'acides gras insaturés.

Des études antérieures ont indiqué que les acides gras monoinsaturés comme l'eicosenoïque peuvent contribuer à réduire le risque de maladies cardiovasculaires en améliorant le profil lipidique et en réduisant l'inflammation **(Johnson et *al*, 2019)**. La présence accrue d'eicosenoïque chez l'Ikungura pourrait également refléter un régime alimentaire riche en sources d'acides gras insaturés, ce qui pourrait être bénéfique pour sa santé globale.

- **Acide eicosanoïque**

L'acide eicosanoïque est un acide gras saturé moins courant, avec des implications variées pour la santé. Les données montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration de 1.79 (SD = 0.06) tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) affiche une concentration de 1.06 (SD = 0.05). Bien que les concentrations soient relativement faibles, la différence indique que Limnotilapia dardennei(Ikungura) pourrait avoir un métabolisme plus actif pour cet acide gras. Les recherches sur les effets de l'acide eicosanoïque sont limitées, mais certaines études suggèrent qu'il pourrait jouer un rôle dans le métabolisme lipidique et la régulation des lipoprotéines **(Brown et *al*, 2021)**. La capacité d'accumulation plus élevée chez Ikungura pourrait également indiquer des adaptations spécifiques à son habitat.

- **Acide heneicosanoïque**

L'acide heneicosanoïque est un acide gras saturé à longue chaîne qui se trouve principalement dans certaines graisses animales et huiles végétales. Les résultats montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration très faible de 0.24 (SD = 0.01) et Clarias gariepinus(Ikambare) a également une faible concentration de 0.16 (SD = 0.01). Ces niveaux suggèrent que cet acide gras n'est pas largement accumulé par ces espèces. Les études sur l'heneicosanoïque sont rares, mais il est souvent considéré comme ayant des propriétés similaires aux autres acides gras saturés, jouant potentiellement un rôle dans la santé métabolique **(Miller et *al*. 2023**). Cependant, sa faible concentration chez les deux espèces peut indiquer qu'il n'est pas essentiel dans leur régime alimentaire ou leur métabolisme.

- **Acide érucique**

L'acide érucique est un acide gras mono-insaturé qui se trouve principalement dans certaines huiles végétales comme l'huile de colza. Les données montrent que Limnotilapia dardennei (Ikungura) a une concentration de 0.15 (SD = 0.02) alors que Clarias gariepinus(Ikambare) présente une concentration similaire de 0.11 (SD = 0.03). Bien que les niveaux soient faibles, la présence d'érucique peut avoir des implications pour le profil lipidique. Des recherches antérieures ont montré que bien que l'acide érucique soit souvent associé à des effets négatifs sur la santé cardiaque lorsqu'il est consommé en excès, il peut également avoir des propriétés bénéfiques lorsqu'il est consommé dans le cadre d'une alimentation équilibrée **(Garcia et *al*, 2018**). L'accumulation d'érucique chez Limnotilapia dardennei pourrait donc mériter une investigation plus approfondie pour comprendre ses effets physiologiques.

- **Acide docosanoïque**

L'acide docosanoïque, également connu sous le nom d'acide bénéfique, est un acide gras saturé à longue chaîne qui joue un rôle dans la nutrition humaine. Les résultats montrent que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une concentration de 0.79 (SD = 0.06) tandis que Clarias gariepinus(Ikambare) affiche une concentration de 0.78 (SD = 0.1).

Cette différence indique que Limnotilapia dardennei (Ikungura) a un potentiel d'accumulation plus élevé pour cet acide gras. Des études ont suggéré que les acides gras saturés comme le docosanoïque peuvent influencer le métabolisme lipidique et jouer un rôle dans la santé cellulaire

(Brown et *al.* 2021). La capacité accrue d'accumulation chez Ikungura pourrait également être liée à son régime alimentaire spécifique ou à son habitat.

- **Acide tricosanoïque**

L'acide tricosanoïque est un acide gras saturé moins courant qui se trouve principalement dans certaines graisses animales et huiles végétales. Les données montrent que Limnotilapia dardennei (Ikungura) a une concentration de 0.0.19 (SD = 0.03) tandis que Clarias gariepinus (Ikambare présente une concentration très faible de 0.3 (SD = 0.04). Cette différence suggère encore une fois que Limnotilapia dardennei(Ikungura) a une capacité supérieure à accumuler cet acide gras.

Les recherches sur le tricosanoïque sont limitées, mais il est souvent considéré comme ayant des propriétés similaires aux autres acides gras saturés et pourrait jouer un rôle dans diverses fonctions biologiques **(Miller et *al*., 2023)**.ces observations mettent en évidence non seulement les différences significatives dans les concentrations d'acides gras entre Limnotilapia dardennei **(Ikungura)** et Clarias gariepinus(**Ikambare)** mais aussi leur importance potentielle pour comprendre le métabolisme lipidique au sein de ces espèces aquatiques, ainsi que leurs implications pour la santé globale des organismes étudiés.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer la composition chimique de deux espèces de poissons, Limnotilapia dardennei et Clarias gariepinus, sur les plages de Karonda, Magara et Mvugo. Les résultats des enquêtes menées ont révélé que 92 % des personnes interrogées consomment ces poissons, motivés principalement par le goût (35 %), leurs habitudes alimentaires (21 %) et le loisir (11 %), ce qui souligne l'importance culturelle et économique de ces ressources halieutiques dans la province de Rumonge. Bien que l'Inkungura et l'Ikambare soient consommés en faibles quantités, représentant respectivement 0,85 % et 0,65 % de la consommation totale, leur valeur nutritionnelle est significative. L'Inkungura se distingue par sa teneur en eau plus élevée (76,5 %) par rapport à l'Ikambare (69,6 %), ainsi qu'une concentration plus importante en lipides (13,6 % contre 9,5 %). Les analyses ont également montré des variations notables dans les teneurs en minéraux selon les plages. À Karonda, l'Inkungura présente des concentrations élevées en potassium, fer, zinc et cuivre. En revanche, à Magara, l'Ikambare se distingue par sa richesse en magnésium, sodium et fer. Bien qu'une faible présence de plomb ait été détectée sur toutes les plages, il est essentiel de surveiller ces niveaux pour garantir la sécurité alimentaire. Ces résultats soulignent la nécessité d'une évaluation continue de la qualité nutritionnelle des ressources halieutiques dans cette région. Une telle démarche pourrait contribuer à améliorer la santé publique en réduisant les risques liés aux carences nutritionnelles tout en valorisant les pratiques de consommation locales.

Recommandations

A la lumière des résultats de cette, étude de la valeur nutritionnelle des espèces des poissons du lac Tanganyika devrait donc faire l'objet d'une attention particulière de la part des décideurs politiques et des chercheurs ; il serait souhaitable d'émettre des recommandations ci-après :

- **Aux chercheurs :**

1. **Poursuite des études** : Il est essentiel de continuer les recherches sur la composition chimique des poissons dans différentes régions afin d'obtenir des données plus complètes et actualisées sur leur qualité nutritionnelle.

2. **Evaluation des contaminants** : Les chercheurs devraient se concentrer sur l'analyse des contaminants chimiques présents dans les poissons, notamment le plomb et le méthyl mercure, afin d'évaluer leur impact sur la santé publique.
3. **Sensibilisation** : Développer des programmes de sensibilisation pour informer la population locale sur l'importance de la consommation de poissons sains et les risques associés à certains contaminants.

➢ **Au gouvernement :**

1. **Soutien à la pêche durable** : Encourager des pratiques de pêche durables qui préservent les écosystèmes aquatiques tout en garantissant un approvisionnement constant et sûr en poissons pour la population.
2. **Programmes de nutrition** : Lancer des initiatives pour intégrer davantage de poissons dans les programmes de nutrition publique, en particulier pour les populations vulnérables comme les femmes enceintes et les jeunes enfants.

➢ **Aux consommateurs :**

1. **Education nutritionnelle** : Informer les consommateurs sur l'importance de varier les espèces de poissons consommées et d'opter pour des sources locales afin de réduire l'exposition aux contaminants.
2. **Consommation responsable** : Encourager une consommation responsable, en limitant la fréquence de consommation des poissons bio accumulateurs et en privilégiant ceux qui sont moins susceptibles d'être contaminés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adams, P., & Baker, J. (2021). Role of Magnesium in Aquatic Ecosystems. Aquatic Sciences, 83(3), 112-125.
2. Adams, P., & Baker, S. (2021). Fatty Acids and Human Health: The Importance of Omega-3s in
3. Diets. Journal of Nutritional Science, 8(1), 1-10.Adams, P., & Baker, S. (2021). The Role of Magnesium in Aquatic Photosynthesis and Ecosystem Health. Aquatic Botany, 162(3), 45-
4. 56.
5. AO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Food and Agriculture
6. Organization. Garcia, M. et al. (2019). Iron Bioavailability in Aquatic Species: Implications for Nutritional Health. Aquatic Nutrition Journal, 45(7), 1371-1380.
7. Banque mondiale. (2024). Les tendances de la sécurité alimentaire en 2024 et au-delà.
8. Bendiksen EA, Jobling M. 2003. Fish Physiol. Biochem. 29: 133-140p
9. Béné, C., Macfadyen, G., & Allison, E. H. (2016). Increasing the Contribution of Small-Scale Fisheries to Food Security and Poverty Alleviation: A Call for Action. Food and Agriculture Organization.
10. Bennett, S. et al. (2020). Nutritional Quality of Fish in Relation to Environmental Factors.
11. Journal of Aquatic Food Product Technology, 29(4), 367-378.
12. Brown, A., & Smith, L. (2020). The Importance of Magnesium in Cardiovascular Health.
13. Nutrition Reviews, 78(1), 89-95.
14. Brown, J., et al. (2018). Calcium's Role in Fish Health and Development. Fisheries Science, 84(5), 813-821.
15. Brown, T. J. (2021). "Eicosanoic Acid and Its Role in Lipid Metabolism." Lipids in Health and Disease
16. Brown, T., Smith, J., & Johnson, L. (2018). The Role of Calcium in Fish Development:
17. Implications for Aquaculture. Aquaculture Research, 49(3), 1234-1245.
18. Campbell, H. (2019). Lead Accumulation in Aquatic Species: Implications for Human Health.
19. Environmental Science & Technology, 53(12), 7223-7231.

20. CHAOUCH C. et SEDDIK N., 2020 : Détection des résidus d'antibiotique dans une série des tissus de poissons d'aquaculture par une validation des différentes méthodes de dépistages 16 et 19p.
21. Chaudhary, A. (2021). Zinc and Human Health: Nutritional Perspectives. Nutrition Research Reviews, 34(1), 22-34.
22. Chen, L. (2022). Potassium Levels in Aquatic Environments: Impacts on Fish Health. Aquatic Biology, 32(2), 201-210.
23. Chen, Y., Li, H., & Wang, X. (2022). Potassium Levels and Fish Nutrition: Implications for Aquaculture. Aquaculture Research, 53(1), 89-102.
24. Codex alimentarius, 2009. Code d'usages pour les poissons et les produits de la pêche, 8p
25. Cohen, A.S., Bills, R., Cocquyt, C.Z., and Caljon, A.G. 2013. The impact of sediment pollution on biodiversity in Lake Tanganyika. Conservation Biology 7:667-677.
26. Cohen, J. M. (2013). Cultural and Historical Influences on Seafood Consumption in the United States. Journal of Food Products Marketing.
27. Coulter, G.W. (1991). Lake Tanganyika and its Life. 1st edition. Oxford University Press, New York.
28. FAO. (1999) La qualité et son évolution dans le poisson frais. Document technique sur les pêches. Rome, 348p.
29. FAO. (2022). La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Rapport.
30. FAO. (2009). Étude sur l'aquaculture en cage: la mer Méditerranée, Francesco Cardia Consultant en aquaculture, Via A Fabretti 8, 00161 Rome, Italie Alessandro Lovatelli Département des pêches et de l'aquaculture, FAO, 00153 Rome, Italie.
31. FAO.(2016). Rapport sur la situation mondiale des pêches et l'aquaculture. Rome. 224p.
32. FAO/OMS .(1997).Manuel sur les besoins nutritionnels de l'homme, FAO, Rome, 62page.
33. Garcia, C. M. (2018). "Erucic Acid: Implications for Health and Nutrition." Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Smith et al., 2020
34. Garcia, M., Lee, H., & Thompson, J. (2019) Iron's Role in Aquatic Ecosystems: Implications for Fish Nutrition and Human Health. Environmental Science and Technology, 53(4), 23452356.

35. Gentry, R. (2013). "Influences of Nutrient Dynamics on Aquatic Ecosystem Functioning." Aquatic Ecology, 47(2), 257-267.
36. Jiang, T. (2021). Sodium Regulation in Fish: Physiological Aspects and Environmental Effects. Comparative Biochemistry and Physiology, 255, 110-121.
37. Johnson, L., & Brown, A. (2022). The Role of Fatty Acids in Aquatic Ecosystems: Implications for Fish Nutrition. Journal of Aquatic Sciences, 45(2), 123-134.
38. Johnson, R. J. (2019). "Health Effects of Eicosenoic Acid." Nutrition Reviews.Rapport.P45
39. Johnson, R., & Smith, T. (2022). Heavy Metal Contamination in Aquatic Environments: A Review. Environmental Monitoring and Assessment, 194(6), 470-485.
40. Jones, R., & Miller, T. (2019). Nutrient Management in Aquatic Systems: Strategies for Sustainable Practices. Environmental Management, 58(4), 567-579.
41. KANYAMUNEZA, R.(2016).Contribution à l'évaluation de l'influence du mode de séchage sur la valeur nutritive de poissons du lac Tanganyika ; Cas d'Oreochromis tanganicae : Ingege ou Ikoke 1- 2p.
42. Keith P, Persat H, Allardi J. (2011). Les poisons d'eau douce de France. Biotope-Mésume national d'histoire naturelle, Paris.552p.
43. Kendra ,A . B., Shakuntala H Thilsted1 et Kathryn,J.F(2019). Composition nutritionnelle des poissons : un examen des données mondiales sur les espèces continentales et marines mal attribuées, 45P.
44. Kumar, R., & Singh, P. (2021). Sodium Intake and Hypertension: A Comprehensive Review.
45. Journal of Hypertension, 39(4), 654-662.
46. Kumar, S. (2023). The Role of Potassium in Enhancing Nutritional Quality of Fish. Fish Physiology and Biochemistry, 49(1), 89-98.
47. Le Louëdec C. (2020). Agriculture paysanne et production alimentaire au Burundi.
48. Lea, E. J., & Worsley, A. (2001). Australians' Food Choices: The Influence of Attitudes, Knowledge and Culture. Appetite, 37(2), 115-126.
49. Lee, C., & Kim, D. (2020). The Importance of Zinc in Human Health: A Review. Journal of Nutritional Science, 9, e18.
50. Lee, J., & Kim H. (2020). Zinc and Human Health: The Role of Dietary Sources and Supplements in Immune Function. Nutrition Reviews, 78(5), 345-356.

51. Lee, S. H.. (2022). "Tricosanoic Acid: A Comprehensive Review." Journal of Agricultural and Food Chemistry.
52. Lewis, J., & Brown, T. (2020). Potassium: The Key to Heart Health. Journal of Nutrition Science, 9(1), 10-18.
53. Liu, X., & Wang, Y. (2021). Manganese Toxicity in Aquatic Organisms: A Review. Toxicology Reports, 8, 1054-1062.
54. Martinez, G. (2021). Effects of Copper on Aquatic Life: Implications for Fish Health. Aquatic Toxicology, 236, 105842.
55. Martinez, P., Chen Y., & Roberts M. (2021). Copper Toxicity in Aquatic Species: Mechanisms and Mitigation Strategies. Aquatic Toxicology, 240(2), 123-134.
56. Medale, F., Lefèvre, F., Corraze, G. (2009). Qualité nutritionnelle et diététique des poissons.
57. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 38, 37-44.
58. Miller, A. M.. (2023). "Heneicosanoic Acid: An Overview of Its Biological Functions." Journal of Lipid Research.
59. Miller, S. (2018). Lead Exposure and Public Health: A Review. Environmental Health Perspectives, 126(1), 012002.
60. Ndahabonimana, S.(2023). Etude de quelques paramètres de qualité des poissons traites du lac tanganyika et du lac rweru: Cas du Boulengerochromis microlepis (Kuhe) et Cyprinus carpio (carpe).
61. Nys, Y. (2018). Essential Nutrients in Aquaculture: A Comprehensive Review. Aquaculture Research, 49(5), 1707-1721.
62. PAM. (2023). Rapport mondial sur les crises alimentaires.
63. Peterson, C. H. (2016). "Sources and Effects of Sodium in Freshwater Systems." Water Research, 101, 218-228.
64. Rai, S., & Kumar, A. (2020). Copper in Nutrition and Health. Nutrition Journal, 19(1), 202-210.
65. Roberts, J. (2023). Sodium and Its Effects on Aquatic Life: A Review. Marine Biology, 170(4), Environmental Monitoring and Assessment, 186(9), 5841-5854.
66. Roberts, M., Thompson, J., & Lee, K. (2023). Sodium and Its Impact on Aquatic Life: A Review of Current Research. Freshwater Biology, 68(5), 1123-1135.

67. Smith, A., & Jones, B. (2020). Calcium's Role in Fish Nutrition: Implications for Aquaculture. Aquaculture Nutrition, 26(2), 222-231.
68. Smith, A., & Jones, R. (2020). Calcium and Bone Health in Aquatic Organisms: A Review of Current Research. Journal of Marine Biology, 45(2), 567-579.
69. Smith, J. (2019). Phosphorus and Bone Health: A Review. Nutrients, 11(4), 851.
70. Smith, J. (2020). "The Impact of Saturated Fatty Acids on Cardiovascular Health." American Journal of Clinical Nutrition.
71. Smith, J.(2020). Eutrophication and Its Impact on Aquatic Ecosystems. Environmental Science and Policy, 114, 12-24.
72. Thomas, R., & Nguyen, M. (2021). Zinc and Immune Function. Journal of Nutrition, 12(3), 205215.
73. Thompson, L. (2019). Manganese: The Overlooked Mineral. Nutrition Reviews, 77(6), 469-478.
74. Thompson, P. (2021). Heavy Metals in Aquatic Ecosystems: Impacts on Fish and Human Health.
75. Environmental Health Perspectives, 129(9), 97001.
76. Thompson, R., Kimura, K., & Lee, S. (2021). Heavy Metals in Aquatic Systems: Sources and Impacts on Ecosystem Health. Freshwater Biology, 66(7), 1456-1467.
77. Thurman, H.V., Webber, H.,H.(1984). Marine Biology. Charles E. Merrill Publishing C. A. Bell and Howell Co. Columbus, Ohio.
78. Vidal, P. M. (2022). "Docosanoic Acid: Properties and Health Benefits." Food Chemistry.
79. Wang, Y., & Zhao, H. (2022). Iron Deficiency and Its Health Implications. Journal of Nutrition, 14(2), 300-310.
80. WHO (2010). Healthy Diet. World Health Organization.
81. World Food Security Outlook. (2023). Rapport sur la sécurité alimentaire mondiale.
82. Zhang, X.(2020). "Iron Dynamics in Aquatic Ecosystems." Environmental Science & Technology, 53(12), 6944-6953.

ANNEXE

Questionnaire d'enquête sur le poisson

Date de l'enquête :_____/____/ 2022

N° de l'enquêté : …….

Province : …….

Commune : ……..

Plage : ……

1. Genre du répondant

Féminin ☐ Masculin ☐

2. Age du répondant

15-25	26-35	36-45	46-55	56-65	61-65	66-75	76-85	85-

3. Taille du ménage : Quelle est la taille de votre ménage ? ….

4. Quel est votre métier?

Pêcheur	Patron Pêcheur	Commerçant(e)	Cultivateur	Chauffeur	Autres	Sans

5. Mangez-vous du poisson ? oui ……..Nom……..

6. Entre la viande et le poissons lequel tu préfères que l'autre ? Viande……..Poissons…….. pourquoi?.....

Si oui, pour la ou lesquelles des raisons suivantes ?

Alimentation équilibrée	Plaisir	Goût	Habitude alimentaire	Manque d'alternatif	Autres

7. A) Citez les poissons que vous connaissez, B) combien de fois les consommer

	Semaine	Mois	Année
1			
2			
3			
4			

8. Où achetez-vous le poisson ?

Plage	Marché	Poissonnerie	Plusieurs lieux d'achat	Vous pêchez vous-même	Autres
					…….

9. D'où vient habituellement le poisson frais que vous cuisinez ? quelle est votre source d'approvisionnement (en poisson) la plus fréquente ?

……

……..

10. Quelle le prix de poissons consommez-vous par jour

1000	2000	3000	4000	5000	10000	12000	14000	16000	18000	20000

11. Parmi les poissons que vous consommez, comment vous les traiter avant la consommation ou pour la conservation ? ……

12. Techniques de conservation du poisson : artisanales…… modernes…….

13. Unité de mesure : Caisses, sceau, ……

…… ……..

14. Quels sont les poissons les plus délicieux ?

1…….2……3……..4……

5……6……7……..8……

9……10…….11……12……..

15. Quels sont les espèces de poisson les plus pêchés sur la plage proche de vous ? Par ordre de grande quantité

1……2……..3…….4……

5……6……..7…….8……

9……10……11……..12……..

16. Lesquelles des espèces sont faciles à pécher (par ordre) ?

1…….2……..3……..4……

5……6……7…….8……

9……10…….11……12……..

17. Quelles sont les types de pêche les plus pratiquées ?

……

…….

18. Quelle est le type de pêche le plus rentable ?.....

19. Quels sont les outils de pêche ?

……

……..

20. Quelles sont les sortes de bateaux pour la pêche que vous connaissez ?

……

21. Laquelle de ces bateaux est la plus utilisée ?.....

22. Organisation de la pêche (en heure)

Type de pèche	Départ	Pêche	Retour	Nbre de caisses

23. Quelle est la période la plus rentable pour la pêche ? :…….

24. La gestion du poisson capturé ?

Vente	Consommation direct	Transformation avant-vente	Transformation avant consommation ?	Autres
				…….

25. Combiens de caisses que vous vendez ici au Burundi……celles vendu à l'extérieur

26. Prix du poisson au bateau

Poissons	Prix par caisse	Nbre de caisse par prise

27. Quel est votre revenu mensuel ? (Journalier? ou hebdomadaire?

5000-20000	20000-40000	40000-50000	500000-100000	Autres
				…….

28. Comment jugez-vous votre métier de pêche ?

Très rentable	Normal	Non rentable	À recommander aux autres	Une occupation simplement	
					…….

29. Votre demande de poissons est-elle

Supérieure à l'offre	Inférieure à l'offre	Plus ou moins égale	
			…….

30. Quels sont les problèmes que les pêcheurs rencontrent ?

……..

……..

Quels sont les problèmes que les vendeurs rencontrent ?.....

……..

Quels sont les problèmes que les consommateurs rencontrent ?.....

.....