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

Analyse du régime alimentaire de la carpe commune cyprinus carpio (linné, 1758) récemment introduite au Burundi

Nininahazwe, Evelyne; Sous la direction de : Dr. Emile Nibona

2024
UB, FS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1791

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

MASTER EN BIOLOGIE DES ORGANISMES ET ECOLOGIE

ANALYSE DU REGIME ALIMENTAIRE DE LA CARPE COMMUNE *Cyprinus carpio* (Linné, 1758) RECEMMENT INTRODUITE AU BURUNDI

Par :

Evelyne NININAHAZWE

Mémoire

présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie des Organismes et Ecologie

Spécialité : Biologie et Gestion des Ecosystèmes aquatiques

Sous la direction de :

Dr. Emile NIBONA

Bujumbura, mai 2024

MEMBRES DU JURY

Président : Pr. NTAKIMAZI Gaspard

Directeur : Docteur NIBONA Emile

Secrétaire : Pr. SIBOMANA Claver

DEDICACES

A nos parents ;

Notre époux ;

Nos frères et sœurs ;

Nos enfants ;

Notre famille et belle famille ;

Tous nos amis ;

Nous dédions ce mémoire.

Evelyne NININAHAZWE

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail de recherche, il me plait de témoigner mon immense gratitude, à toutes les personnes qui se sont donnés corps et âme pour mener à bien ce mémoire. Mes sincères remerciements sont adressés spécialement au Directeur de ce mémoire Dr. Emile NIBONA, qui malgré ses multiples préoccupations, a assuré sa direction en me prodiguant des conseils scientifiques. C'est à travers ses conseils, ses encouragement et suggestions que mon esprit de la recherche est grandi et amélioré. En outre, grâce à ses remarques pertinentes j'ai appris les techniques de recherche, d'analyse, d'interprétation et rédaction d'un travail scientifique de haute gamme.

Ce travail n'aurait pas pu arriver à termes n'eut été l'aide des pêcheurs de la plage Gatete au rivage du Lac Rweru. Ces pêcheurs ont accepté volontairement de nous aider à la capture des poissons de type carpe commune *Cyprinus Carpio* qui ont servi dans ce travail de recherche scientifique. Je leur adresse mes vifs remerciements pour ce travail hardi.

Mes remerciements sont aussi adressés à l'endroit des professeurs du Département de Biologie à l'Université du Burundi qui, à travers leurs enseignements, l'idée d'orienter ma recherche dans le domaine de la biologie aquatique m'est venue. C'est par les connaissances qu'ils m'ont transmises que j'ai acquis les compétences de mener ce travail scientifique.

Enfin, mes remerciements sont adressés à mes camarades de classe de l'Université du Burundi pour leurs conseils et bonne collaborations qui m'ont été bénéfiques pendant toute la période que nous avons passée ensemble.

RESUME

La présente étude a été réalisée dans le Lac Rweru en province Kirundo au Nord du Burundi, avec pour objectif la caractérisation du régime alimentaire de la carpe commune *C. carpio*. Le régime alimentaire était caractérisé à l'aide des indices d'occurrence et d'abondance. Les calculs d'indices ainsi que les figures ont été élaborés à l'aide du logiciel Statistica 6.0 et MS Excel. 70 spécimens de *C.carpio* ont été considérés pour l'étude. Les résultats ont révélé une tendance au changement du régime alimentaire suivant les classes de tailles (l'âge). L'indice d'occurrence et l'indice d'abondance ont montré que les juvéniles de *C. carpio* de ce lac se nourrissent généralement d'escargot (70%) et des détritus (45%) ; les sub-adultes des détritus (71 %) et poissons et algues (57.14 %). Les individus adultes se nourrissent généralement des détritus (79.06%), algues (60,46%), escargot 41,86% et poissons (34 %).

Les résultats ont révélé une variabilité du régime alimentaire en fonction des classes de taille. Cette variabilité reflète une bonne répartition des ressources alimentaires, qui permet de diminuer la compétition alimentaire entre les classes de taille. Les résultats ont montré la capacité des *C. carpio* de se nourrir des proies très diversifiées, indiquant une tendance omnivore du régime alimentaire de ce poisson dans le lac Rweru. La farine d'escargot peut être testée en remplacement de la farine de poisson dans la fabrication des aliments à coût abordable de *C. carpio*. Une bonne réglementation de la pêche devrait être établie et mise en vigueur afin de conserver les habitats auxquels dépendent les différents types d'aliments consommés par les différentes tailles de *C. carpio*.

Mots clés : *C.carpio*, régime alimentaire, indice d'occurrence, indice d'abondance

ABSTRACT

The present study was carried out in Lake Rweru located in Kirundo province, northern Burundi. It aims to characterize the diet of the common carp *C. Carpio*. The diet was characterized using indices of occurrence and abundance. Index calculations and figures were produced using Statistica 6.0 and MS Excel. 70 species of *C. Carpio* were considered for this investigation. The results revealed a trend towards the change in diet according to size class referred to their age. The occurrence index and abundance index showed that juveniles of *C. Carpio* in this lake generally feed on snails (70%) and detritus (45%).Sub-adults feed on detritus (71%), on fish and algae (57.14%) each. Adult individuals generally feed on detritus (79.06%), algae (60.46%), snail (41.86%) and fish (34%).

The results revealed variability in diet according to size class. This variability reflects a good distribution of food resources, which reduces competition for food between size classes. The results showed the ability of *C. Carpio* to feed on a wide variety of prey, indicating an omnivorous tendency in the diet of this fish in Lake Rweru. Snail meal can be tested as a replacement for fish meal in the manufacture of neck feeds. Fishing policy should be implemented to ensure the conservation the ecosystems serving in production of preferred food of the *C. Carpio* at various ages.

Keywords: *C. Carpio*, Carp Diet, indice of occurrence, indice of abundance

TABLE DES MATIÈRES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACES ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIÈRES ..... **vi**
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX ..... **viii**
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS ..... **ix**
AVANT-PROPOS ..... **x**
INTRODUCTION GENERALE **1**
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE **5**
I.1. Importance du poisson 5
I.2. Régimes alimentaires des poissons 6
I.3. Moyens d'intensification de l'aquaculture 8
I.4. Quelques exemples d'intensification de la carpe commune 10
I.5. Pêche et pisciculture au Burundi 11
I.5.1. Pêche 11
I.5.2. Pisciculture 12
I.6. Présentation de la carpe commune 14
I.6.1. Origine et distribution 14
I.6.2. Position systématique 14
I.6.3. Caractéristiques biologiques 15
I.6.3.1. Description de l'espèce 15
I.6.3.2. Reproduction 16
I.6.3.3. Ecologie 17
I.6.3.4. Croissance 19
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES **20**
II.1. Description de la zone d'étude 20
II.2. Matériels utilisés 21

II.3. Méthodologie de travail 22
II.3.1. Echantillonnage des poissons 24
II.3.2. Prélèvement et identification des contenus stomacaux 25
II.3.3. Indice d'occurrence 26
II.3.4. Indice numérique 26
CHAPITRE.III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS 27
III.1. Aperçu général du régime alimentaire 27
III.1.1. Fréquences des contenus stomacaux 27
III.1.2. Composition des aliments en matière sèche 31
III.1.3. Variation saisonnière de la matière sèche 32
III.1.4. Variation du régime alimentaire selon la taille 33
III.2. Possibilités d'intensification de la carpe commune compte tenu des paramètres limnologiques de l'eau du Burundi 34
CONCLUSION 38
RECOMMANDATIONS 39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 40

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figures

Figure 1 : L'espèce C. Carpio pêchée dans le lac Rweru (Photo prise par N. Evelyne, 2024) 16
Figure 2 : Zone d'étude 20
Figure 3 : Travaux de terrain et expérimentation : (a) site d'échantillonnage (b) échantillon de carpe commune (c) mensuration (d) dissection (e) prélèvement des contenus stomacaux (f) identification, triage et séchage des contenus stomacaux 22
Figure 4 : Mensurations de la longueur du corps du poisson 25
Figure 5 : Indice d'occurrence (a) en saison sèche et (b) en saison pluvieuse 29
Figure 6 : Indice relatif (a) en saison sèche et (b) en saison pluvieuse 30
Figure 7 : Proportion de la matière sèche selon les saisons 31
Figure 8 : Variations saisonnières de la matière sèche 32

Tableaux

Tableau 1 : Les poissons les plus couramment pêchés dans le lac Rweru (Nzigidahera et al., 2005) 11
Tableau 2 : Contenus stomacaux de la carpe commune C. Carpio selon les saisons 27
Tableau 3 : Classement des proies ingérées par *C. Carpio* selon la méthode numérique Hyslop (1980) en fonction des saisons 30
Tableau 4 : Evolution du nombre des proies ingérées selon la taille chez C. Carpio du lac Rweru 33
Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques de la zone d'étude 34
Tableau 6 : Résumé des paramètres physico-chimiques de la zone d'étude fait par (Niyonkuru et al. 2015) 35

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

CNDAPA : Centre National de Développement de l'Aquaculture et la Pêche Artisanale

FAO : Food and Agriculture Organization

LS : Longueur standard

LT : Longueur totale

ºC : degré Celsius

pH : potentiel hydrogène

AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée dans le cadre des travaux de fins d'études de Master en Biologie des Organismes et Ecologie, spécialité Biologie et Gestion des Ecosystèmes Aquatiques. Elle porte sur l'analyse du régime alimentaire de la carpe commune *C. carpio* récemment introduite au Burundi dans le lac Rweru. L'idée de ce travail est venue du fait que, au Burundi, le manque d'aliments a longtemps été un facteur limitatif majeur dans l'aquaculture Par conséquent, les coûts élevés de production des intrants entravent le développement de la filière et réduisent les revenus des producteurs. La récolte des données porte sur deux périodes correspondant à deux saisons, une saison sèche (septembre 2023) et une saison pluvieuse (février 2024).

Enfin les données collectées ont été traitées et analysées par des logiciels appropriés. La synthèse des informations recueillies a permis la rédaction de ce travail de mémoire. Les données de l'enquête nous ont révélés la capacité de *C. carpio* de se nourrir des proies très diversifiées et une variabilité du régime alimentaire en fonction des classes de taille. La farine d'escargot peut être testée en remplacement de la farine de poisson dans la fabrication des aliments à coût abordable de *C. carpio*.

INTRODUCTION GENERALE

Le poisson, qu'il soit pêché ou élevé, est l'une des ressources les plus importantes pour la vie des populations. La variété de ses produits répond aux attentes d'un nombre croissant de consommateurs séduits par la richesse et la diversité de leurs saveurs (Masirika et *al.*, 2020). Selon la FAO (2022), la consommation de poissons et de produits aquatiques est en augmentation au niveau mondiale, y compris au Burundi. La consommation mondiale de produits alimentaires d'origine aquatique (à l'exclusion des algues) a progressé à un taux annuel moyen de 3 % de 1961 à 2019, soit presque deux fois le rythme annuel d'accroissement de la population mondiale (1,6 %) au cours de la même période, et la consommation annuelle par habitant a atteint un record de 20,5 kg en 2019 (FAO, 2022).

Les poissons jouent un rôle important dans l'économie des pays en développement et contribuent à l'apport en protéines animales, à la création d'emploi, aux revenus des ménages et aux recettes du pays. Ils sont également des éléments clés de nombreux réseaux alimentaires naturels (Rishikanta et *al*., 2015). Depuis deux décennies, il est de plus en plus reconnu que les secteurs de la pêche et de l'aquaculture contribuent de façon essentielle à la sécurité alimentaire et à la nutrition à l'échelle mondiale (FAO, 2022). La principale voie pour développer le statut socio-économique dans n'importe quel pays du monde pour vaincre la malnutrition est la sécurité alimentaire. La malnutrition persiste actuellement notamment dans les pays sous-développés. Par conséquent, les carences nutritionnelles humaines nous rappellent sur l'importance de l'apport des protéines animales dans leur alimentation quotidienne (FAO, 2022).

Les animaux aquatiques sont les sources de protéines les plus nutritives et les moins chères, et ils fournissent des vitamines, des protéines, des micronutriments et des minéraux essentiels (Pradeepkiran, 2019). Le poisson est une excellente source de protéines et de lipides, en particulier les acides gras insaturés, qui présentent un intérêt pour la santé humaine (Nakagawa et *al*., 2007). Le rôle crucial que jouent les produits alimentaires d'origine aquatique dans la sécurité alimentaire et la nutrition est de plus en plus reconnu, pas seulement en tant que sources de protéines, mais aussi en tant que fournisseurs sans équivalent et extrêmement variés d'acides gras oméga 3 essentiels et de micronutriments bio disponibles (FAO, 2022).

Les protéines de poisson représentent environ 20 % de l'apport en protéines animales de la population mondiale et constituent une source exceptionnellement riche en acides gras polyinsaturés à longue chaîne oméga-3 (n-3), en particulier l'EPA (acide eicosapentaénoïque) et le DHA (acide docosahexaénoïque), qui ont des effets bénéfiques sur une série de pathologies humaines telles que les maladies cardiovasculaires, l'amélioration de l'acuité visuelle et le renforcement de la santé mentale (Lu et *al*., 2022).

L'un des aspects vitaux nécessaires pour la transformation de nos systèmes agroalimentaires devrait consister à privilégier et à mieux intégrer le poisson et les produits halieutiques dans les stratégies et les politiques mondiales, régionales et nationales relatives aux systèmes alimentaires. En ce début du XXIe siècle, il est de plus en plus reconnu que la pêche et l'aquaculture jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle mondiales (FAO, 2022). L'aquaculture est essentielle au développement économique des pays en développement et à l'approvisionnement alimentaire mondial. Selon l'Organisation alimentaire et agricole (FAO), cette aquaculture a le potentiel continu d'améliorer le bien-être humain et l'économie du pays (Pradeepkiran, 2019). Dans les pays en voie de développement, l'aquaculture en système intensif est une alternative (Sarr et *al.*, 2015).

La pratique de l'aquaculture peut contribuer à l'amélioration du niveau alimentaire notamment en zones rurales, les plus frappées par la sous-alimentation et la malnutrition. Pour Pellequer (2000), c'est une obligation pour l'humanité d'exploiter les animaux aquatiques non seulement en les capturant, mais aussi en les domestiquant et en les élevant comme cela a été réalisé pour les animaux terrestres.

Ainsi donc, l'aquaculture est loin de concurrencer la pêche, elle lui est plutôt complémentaire. La majeure partie de la production piscicole actuelle se fait dans des systèmes d'eau douce (99 %) ; la carpe, le tilapia et le poisson-chat sont les principales espèces de poissons utilisés (Adeleke et *al*., 2021).

Face à une demande du marché en croissance constante, le développement de la pisciculture est aujourd'hui nécessaire pour compenser le déficit de la production de la pêche (Fontaine, 2009). Au Burundi, l'aquaculture pourrait jouer un rôle important dans l'amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle à travers des apports en protéines.

Pour produire des protéines animales à partir des milieux aquatiques, on peut, exploiter 1a faune piscicole qui s'y trouve naturellement ou qui pourrait s'y développer après un peuplement ou bien y faire un élevage plus ou moins contrôlé de poissons ou autres (Ntakimazi,1985).

Malgré la grande diversité d'espèces aquatiques d'élevage, un petit nombre d'espèces «de base» dominent la production aquacole, notamment la carpe herbivore dans l'aquaculture continentale et le saumon de l'Atlantique dans l'aquaculture marine. L'aquaculture en tant que moyen de production alimentaire durable a été introduite par les gouvernements coloniaux dans toute l'Afrique entre les années 1940 et 1950 (Hecht et al. 2006, Brummett et *al.*, 2008) y compris au Burundi (FAO 2013). L'objectif principal de ces introductions était de répondre aux besoins de la pêche récréative des colonisateurs (Hecht et *al.*, 2006). En conséquence, de nombreuses stations piscicoles ont été construites par le gouvernement dans les années 1950 (FAO, 2006).

En zone rurale, l'accès aux intrants aquacoles est très limité, voire impossible, à la différence des zones périurbaines. Ainsi, les modèles d'élevage de poissons sont variés et la production dépend entièrement de la richesse naturelle des étangs (Dabbadie, 1996). L'amélioration des systèmes aquacoles va nécessiter des innovations techniques supplémentaires axées sur le progrès génétique dans les programmes de sélection, les aliments aquacoles, la biosécurité et la lutte contre les maladies (FAO, 2022). De plus, la plupart des intrants dont disposent les pisciculteurs ont une faible valeur nutritive (Morissens et *al*., 1996). Le manque d'aliments a longtemps été un facteur limitatif majeur dans l'aquaculture (Torrans, 2013). Chez les espèces aquatiques notamment le poisson, l'alimentation peut se faire avec l'aliment naturel et/ou artificiel (Yemelong et *al.*, 2022). Cependant, les coûts élevés de production des intrants entravent le développement de la filière et réduisent les revenus des petits producteurs. La formulation des aliments à moindre coût ainsi que l'approvisionnement en ingrédients locaux peuvent être utilisés pour atteindre cet objectif.

La connaissance du régime alimentaire des espèces à élever, et celle de la carpe commune en particulier permettrait une production en grande quantité de ces aliments mais aussi de fabriquer ces aliments à partir d'ingrédients produits localement et à coût abordable. Ce qui permettrait aux exploitants piscicoles d'augmenter la production et leurs revenus.

Cette étude propose l'analyse du régime alimentaire de la carpe commune, *C. Carpio,* afin de constituer la base de la fabrication et la production de ces aliments. L'objectif général est de contribuer à l'amélioration de la production piscicole au Burundi à travers une meilleure connaissance du régime alimentaire de la Carpe Commune *C. Carpio.*

Les Objectifs spécifiques visés dans ce travail sont :

1) Identifier les types d'aliments présents dans l'estomac de *C. Carpio* suivant la taille
2) Déterminer la part de chaque composante dans l'alimentation de *C. Carpio*
3) Déterminer la variation saisonnière du régime alimentaire de *C. Carpio*
4) Déterminer la composition en matière sèche (M.S.) de chaque type d'aliment trouvé dans l'estomac de *C. Carpio*.

Ainsi, notre travail s'articule sur trois grands chapitres. Le premier chapitre traite la revue de la littérature. Le second chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés. Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus ainsi que leur discussion. Enfin nous clôturerons notre travail par une conclusion et quelques recommandations.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

I.1. Importance du poisson

Le poisson est riche en protéines avec une composante en acides aminés parfaitement adaptée aux besoins alimentaires de l'homme et la valeur nutritionnelle en protéines animales comparativement à celles des œufs, du lait et de la viande. En 2003, 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 (FAO, 2009). Les lipides des poissons diffèrent des lipides des mammifères et contiennent jusqu'à 40% d'acides gras insaturés à longue chaîne (14 à 22 carbones) (Turon *et al.*, 2003).

La composition du poisson varie d'une espèce et d'un individu à l'autre selon l'âge, le sexe, l'environnement et la saison. Ainsi, les lipides, les glucides, les protéines, les vitamines et sels minéraux contenus dans les aliments forment un tout indispensable à la santé (FAO, 2009). Certains poissons sont plus gras que d'autres. Plus le poisson est gras, plus il apporte d'oméga 3. Ainsi, par exemple 100 g de raie fournissent environ 0,15 g d'oméga 3, alors que 100 g de maquereau en apportent 3 g (Pagadi, 2017).

Dans l'alimentation humaine, certains acides gras tels que les acides linoléiques sont considérés comme essentiels. Cependant, les huiles des poissons contiennent d'autres acides gras polyinsaturés considérés comme essentiels pour prévenir les maladies de peau comme les acides linoléique et arachidonique. L'acide linoléique a des effets neurologiques favorables à la croissance des enfants (FAO, 2016; Claire, 2019). Les poissons sont une source importante de nutriment, vitamines et minéraux et pris uniquement avec certains produits végétaux, il constitue un aliment complet (Adjanke, 2011). Les poissons constituent des sources non négligeables de protéines, de revenus et de travail, soutenant ainsi les ménages (Kpogue *et* a*l.*, 2013 ; Rishikanta *et al*., 2015). Ils sont également une opportunité d'affaires tant pour la pêche que pour l'aquaculture et l'industrie (Bosanza *et al.*, 2019).

Comme le signale Niyonkuru et *al*., 2015, les espèces de poissons aquacoles au Burundi sont principalement l*'Oreochromis niloticus* (Tilapia), le *Clarias gariepinus* (poisson chat) et *C. Carpio* (carpe commune) en faible quantité. La carpe commune (*C. Carpio*) est considérée

comme une espèce très importante en aquaculture dans de nombreux pays d'Asie et quelques-uns d'Europe (Rahmana, 2015). Le *C. Carpio*, également connu sous le nom de carpe commune, est un poisson qui se reproduit facilement dans les zones tropicales. Il a un comportement alimentaire omnivore à tendance carnivore (FAO, 2009 ; Khan et *al*., 2020) et opportuniste (Feher et *al*., 2021 ; Yılmaz et Cerim, 2022). La carpe commune, la carpe herbivore et la carpe argentée ont été introduites en 1980 au Rwanda par des experts nord-coréens travaillant dans une petite station piscicole gouvernementale proche de Kigali. Les carpes se sont désormais répandues dans les eaux libres du bassin de l'Akagera (Plisnier et al 1988) dont le lac Rweru fait partie. La carpe commune (*C. Carpio*) a été introduit accidentellement au Burundi dans le Lac Rweru; en 2001, au nord au Burundi et permet d'importantes pêcheries (Nzigidahera et *al*. 2005).

La carpe commune est riche en vitamines (A, E, C, D, K1, B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12), minéraux (calcium, Cuivre, Iode, Magnésium, Manganèse, Phosphore, Potassium, Sélénium, Sodium et Zinc), protéines (18g / 100g) et acides aminés (Alanine, Arginine, Acide aspartique, Cystine, Acide glutamique, glycine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, proline, sérine, thréonine, tryptophane, tyrosine et valine) (Kumaresan et *al.,* 2018).La carpe commune est la troisième espèce de poisson d'eau douce la plus cultivée et la plus importante sur le plan commercial au monde. Dans certains pays européens, ce poisson représente plus de 80% de la production totale de poisson (Kolek et *al.*, 2021). Au Burundi, la production importante de la carpe commune provienne dans le Lac Rweru (Nzigidahera et *al*., 2005).

I.2. Régimes alimentaires des poissons

Il y a eu différentes tentatives pour identifier de grandes catégories de régimes alimentaires chez les poissons. La classification proposée pour le lac Tchad par Lauzanne (1977, 1983) peut dans une large mesure s'appliquer aux peuplements ichtyologiques des cours d'eau africains:

a) Consommateurs primaires dominants : les phytoplanctonivores qui filtrent et consomment les algues phytoplanctoniques; l'exemple *Sarotherodon galilaeus.* Les consommateurs de macrophytes comme *Brycinus macrolepidotus.* Les brouteurs qui consomment la couche

superficielle du sédiment composée généralement d'algues sédimentées, ou le périphyton poussant sur les substrats rocheux; *Labeo senegalensis, Citharinus citharus, Distichodus rostratus* appartiennent à cette catégorie et les détritivores comme certains tilapias.

b) Consommateurs secondaires dominants: les zooplanctonivores qui filtrent le zooplancton sur leurs branchies *(Alestes baremoze, Brachysynodontis batensoda, Hemisynodontis membranaceus).* Les benthivores consommant principalement les invertébrés benthiques *(Synodontis schall, S. clarias, Heterotis niloticus)* ; quelques espèces comme *Tetraodon lineatus* se nourrissent essentiellement de mollusques et les consommateurs de surface se nourrissant principalement des retombées d'invertébrés terrestres *(Brycinus macrolepidotus).*

c) Consommateurs terminaux: strictement piscivores, se nourrissant exclusivement de poissons vivants *(Lates niloticus, Hydrocynus brevis)* et partiellement piscivores, consommant également des crevettes ou d'autres invertébrés: *Schilbe niloticus, Bagrusbajad, Hydrocynus forskalii* (jeunes essentiellement).

En réalité, une espèce se nourrit à partir d'une palette, certes plus ou moins définie, beaucoup plus large qui lui laisse ainsi l'opportunité de se restaurer à partir des aliments ou de la catégorie de denrées les plus abondants dans le milieu fréquenté. Cette faculté d'adaptation vis-à-vis de la ressource permet, en Afrique occidentale, de ne plus considérer que six grandes catégories trophiques: limivores, micro- et macrophytophages, zooplanctophages, invertivores, omnivores et ichtyophages (Paugy, 1994).

Dans les grands lacs d'Afrique de l'Est, les poissons ont développé de véritables spécialisations trophiques. Les ressources disponibles sont principalement utilisées par les Cichlidae. On est donc amené à distinguer de nombreuses catégories trophiques (Witie et Van, 1990; Yamaoka, 1991; Paugy et Lévêque, 1997) notamment les détritivores/phytoplanctonivores consommant des débris benthiques ainsi qu'un mélange d'éléments planctoniques et benthiques. Ensuite viennent les phytoplanctonivores qui sont des brouteurs d'algues poussant sur les rochers (épilithiques) ou sur les plantes (épiphytiques) autrement dit les phytophages consommant les plantes. En plus on distingue les molluscivores consommant les bivalves et gastéropodes, certains ayant des os pharyngiens extrêmement développés qui leur permettent de broyer les coquilles, les zooplanctonivores et les

insectivores consommateurs de crevettes et de crabes appelés aussi piscivores. Enfin, on distingue les pédophages se nourrissant d'embryons et de larves d'autres espèces ainsi que les lépidophages consommant essentiellement les écailles d'autres espèces et consommateurs de parasites externes **(**Paugy et Lévêque, 1997).

Dans le Lac Rweru, Ntakimazi (1985) trouve les 3 catégories des réseaux trophiques qui sont : les consommateurs primaires (consomment les macrophites, les détritus et les algues) qui sont représentés par *Tilapia rendalli* : macrophytophage, *Sarotherodon niloticus* et *S. macrochir* : phytoplanctonophages, *Labeo victorianus* et *Astatoreochromis alluaudi* : microphytophages du fond et détritiphages. Toutes ces espèces, à part *Lobeo victorianus*, sont des espèces qui ont été introduites dans le 1acRweru.

Les consommateurs secondaires (consomment les zooplanctons, les benthon et insectes pélagiques et de surface) qui sont très diversifiés. Pour les benthophages, i1 y a *Pollimyrus nigricans, Synodontis ruandae, Clarias liocephalus* et *Mastacembelus frenatus*, auxquelles s'ajoutent1es différentes espèces de Haplochromis. Aucune espèce ne se nourrit exclusivement ni même principalement des insectes de surface, mais *Schilbemystus, Synodontis ruandae* et *Clarias liocephalus* en font un usage complémentaire ce qui explique pourquoi on trouve ces trois espèces dans 1a zone pé1agique.

I.3. Moyens d'intensification de l'aquaculture

Selon le rapport FAO, 2022, la production halieutique et aquacole totale a atteint un niveau record de 214 millions de tonnes en 2020, dont 178 millions de tonnes d'animaux aquatiques et 36 millions de tonnes d'algues, un résultat que l'on doit en grande partie au développement de l'aquaculture, notamment en Asie. La quantité destinée à la consommation humaine (à l'exclusion des algues) est de 20,2 kg par habitant, plus du double de la moyenne de 9,9 kg par habitant enregistrée dans les années 1960. En 2020, poussée par l'expansion des secteurs aquacoles chilien, chinois et norvégien, la production mondiale de l'aquaculture a progressé dans toutes les régions, à l'exception de l'Afrique, conséquence du recul des deux grands pays producteurs, l'Égypte et le Nigéria. Le reste de l'Afrique a enregistré une croissance de 14,5 pour cent par rapport à 2019.

L'Asie a maintenu sa position dominante dans l'aquaculture mondiale, produisant 91,6% du total. La croissance de l'aquaculture s'est souvent faite au détriment de l'environnement.

Le développement d'une aquaculture durable reste donc crucial pour répondre à la demande grandissante de produits alimentaires d'origine aquatique. L'amélioration des systèmes aquacoles nécessitent des innovations techniques supplémentaires axées sur le progrès génétique dans les programmes de sélection, les aliments aquacoles, la biosécurité et la lutte contre les maladies. Les domaines prioritaires en matière de pratiques aquacoles innovantes sont les aliments aquacoles et les techniques d'alimentation, la numérisation et la promotion de méthodes efficientes et favorables à l'environnement (FAO, 2022). Des études antérieures menées au Rwanda ont permis d'identifier plusieurs ingrédients alimentaires locaux ayant un potentiel pour l'aquaculture du poisson-chat et du tilapia en Afrique tilapia. C'est notamment le tourteau de soja, le tourteau de coton, le tourteau de tournesol et le tourteau d'arachide (Munguti et *al*., 2012 ; Nyina-wamwiza et *al*., 2007).

Les ingrédients locaux potentiels doivent encore être évalués, notamment les feuilles de diverses plantes, les sous-produits agro-industriels et les produits de l'agriculture. Ces ingrédients peuvent être obtenus à partir des feuilles de plantes, des sous-produits agro-industriels tels que les résidus de céréales, les drêches de brasserie et de nouveaux aliments pour animaux tels que la levure de bière épuisée (*Saccharomyces cerevisiae*). Les informations sont rares sur les espèces actuellement élevées, les pratiques et la gestion des étangs, les aliments pour poissons disponibles localement et la valeur nutritive potentielle des ingrédients locaux pouvant être utilisés pour l'alimentation des poissons. De nombreux travaux ont démontré que les larves des mouches, en particulier celles de la mouche domestique (*Musca domestica*) et la mouche soldat noire (*Hermeti aillucens*, Linnaeus, 1758) permettent d'obtenir une source de protéines pouvant remplacer avantageusement les farines de poissons (Bouafou *et al.*, 2011 ; Van Huis, 2013 ; Makkar *et al*., 2014) et pouvaient être facilement produites en milieu rural (Koné *et al*., 2017 ; Pomalégni *et al.*, 2017a ; Kenis *et al.*, 2018 ; Sanou *et al.*, 2018; Ganda *et al*., 2019).

I.4. Quelques exemples d'intensification de la carpe commune

En Egypte, la production de la carpe et du tilapia repose sur la production semi-intensive de ces poissons d'eau douce (FAO, 2009). En union Soviétique, des nouveaux modes d'exploitation de la carpe apparaissent en 1975 : élevage en cage, dans les canaux de refroidissement des centrales thermiques où l'on apporte au moins en partie une alimentation exogène. Cette alimentation apportée aux carpes est à base de céréales, tourteaux et farine de poisson avec apport de composés minéraux et quelquefois des légumineuses, pulpes de ver à soie, etc. La présentation est sous forme de granulés avec pour liant de la craie (Roland, 1975).

En Chine, la rizipisciculture (ou système de « co-culture riz-poisson ») a été sélectionnée comme un système agricole majeur du patrimoine agricole mondial par la FAO, le PNUD (Programme des Nations unies pour le Développement) et le GEF (Global Environment Facilities) en 2005. Ce système de production est considéré comme un modèle de durabilité en agriculture car il valorise au maximum des ressources dont le niveau de raréfaction s'amplifie tels que la terre et l'eau douce. En outre, il minimise l'utilisation d'intrants tels que les engrais, il produit à la fois des glucides végétaux et des protéines animales et il contribue au maintien de la biodiversité si l'on compare ce système à celui de la monoculture intensive de riz. Des expérimentations ont été conduites dans diverses régions chinoises pour évaluer et comparer la stabilité dans le temps de la productivité de rizières d'une part conduites en monoculture et d'autre part associées à la pisciculture. Il en est ressorti que le modèle riz-poisson présentait le même niveau de stabilité du rendement en riz que le modèle de monoculture de riz mais avec des consommations de pesticides et d'engrais minéral inferieures de 68 et 24 % respectivement (Lazard, 2014).

Ce système de production est déjà mis en œuvre aussi au Bangladesh, en Inde où seulement 1% des 20 millions d'hectares de rizières sont cultivés en riz-poisson, en Thaïlande, au Cambodge, au Myanmar, en Indonésie, aux Philippines. La production piscicole en rizière de ces pays demeure généralement faible, limitée par un approvisionnement aléatoire en alevins de qualité et par l'usage incontrôlé des pesticides (Mohanty et Mishra, 2003).

I.5. Pêche et pisciculture au Burundi

I.5.1. Pêche

Au Burundi, le poisson consommé provient essentiellement du lac Tanganyika et des lacs du nord. Tous ces lacs rencontrés au Burundi ne sont pas à mesure de produire des quantités suffisantes de poissons pour tous les ménages burundais (SAN, 2008). L'intensification de la production entraîne l'utilisation d'engins de pêche interdits. En conséquence, on assiste à la perte de biodiversité et à l'épuisement des stocks. Toutefois, la pisciculture pourrait être un moyen de préserver les stocks piscicoles du pays, de couvrir les besoins de la population et de corriger les disparités régionales observées dans la consommation de poisson (SAN, 2008). Actuellement, seules certaines populations urbaines et celles situées à proximité de ces lacs peuvent bénéficier de ces poissons (SAN, 2008). Malgré les diverses contraintes, le Burundi dispose d'un réseau hydrographique dense avec des paramètres physiques et chimiques favorables et de nombreux sites appropriés pour la pisciculture (Niyonkuru et *al.*, 2015). Le Tableau 1 montre les espèces de poissons les plus couramment pêchés dans le lac Rweru (Nzigidahera et *al*., 2005)

Tableau 1 : Les poissons les plus couramment pêchés dans le lac Rweru (Nzigidahera et al., 2005)

Famille	Genre/espèce	Noms Kirundi
Cyprinidae	*Barbus pellegrini*	Idari
	Cyprinus carpio	Inonzi
Cichlidae	*Labeo victorianus*	Ikirabe
	Tilapia rendalli	Ikoke, Ingege, Ikomazi
	Tilapia niloticus	Ikoke, Ingege, Ikomazi
Clariidae	*Haplochromis* sp.	Amafuro
	Clarias liocephalus	Isomvyi
Mormyridae	*Mollimyrus nigricans*	Ikiragi
Mastacembelidae	*Mastacembelus frenatus*	Imikungwe
Lepidosirenidae	*Protopterus aethiopicus*	Imamba

Dans le lac Rweru, la faune piscicole présente une diversité biologique très faible si on la compare avec celle des grands lacs Est africain. Mais, l'introduction de grands Cichlidés *Oreochromis niloticus, Oreochromis macrochir,* et *Tilapia rendalli* dans les années 1950, *Clarias gariepinus,* dans les années 1980 et *Protopterus aethiopicus* et *C. Carpio* en 2001 a permis d'importantes pêcheries (Nzigidahera et *al*. 2005). Parmi les 20 espèces connues aux lacs du Nord, 14 ont été dénombrés au lac Rweru dont 2 endémiques au sous-bassin de l'Akagera notamment *Barbus acuticeps* et *Synodontis ruandae* (Ntakimazi, 1985). La pêche de poissons est observée presque sur tous les lacs de la région de Bugesera. Cette activité est cependant développée sur les lacs Rweru, Cohoha et Rwihinda avec un accent particulier sur le lac Rweru. Les poissons pêchés sont presque partout similaires (Nzigidahera et *al*. 2005). A cause de l'utilisation du matériel de pêche inadéquat, les poissons pêchés ont sensiblement diminué en quantité tout comme en qualité car certaines espèces comme *Synodontis ruandae* et *Barbus acuticeps* ne sont plus visibles. Les poissons les plus récemment introduits comme *Protopterus aethiopicus* et *Cyprinus c.*, ensemble avec *Clarias gariepinus* et *Oreochromis niloticus* et *Oreochromis* constituent l'essentiel des prises (Nzigidahera et *al*. 2005).

I.5.2. Pisciculture

La pisciculture a été introduite au Burundi vers les années 1950, la pisciculture extensive été basée sur la distribution d'alevins (FAO 2013) à partir de deux stations étatiques (Karusi et Isare) s'est développée de manière erratique au fil de différents projets successifs. Selon Niyonkuru et *al*. (2015), *Oreochrimis niloticus* reste la principale espèce de poisson d'élevage. Dans certains cas, il est possible de trouver des Poissons-chats, *Clarias gariepinus* introduits accidentellement lors des inondations ou volontairement par les pisciculteurs. Dans les étangs situés dans les plaines des provinces de Cibitoke et Bubanza, ils sont approvisionnés en alevins par le Centre National de Développement de l'Aquaculture et de la Pêche Artisanale (CNDAPA) produit dans son centre d'expérimentation et de nurserie des alevins de *Clarias gariepinus*, mais ceux-ci sont encore en quantités insuffisantes et inaccessibles pour de nombreux pisciculteurs.

En ce qui concerne les pratiques d'élevage, l'élevage hétéro-sexuel est pratiqué par 100% des pisciculteurs dans toutes les provinces étudiées, à l'exception de la province de Bujumbura où la séparation des sexes pour la reproduction est pratiquée par 16,6% des pisciculteurs

enquêtés. Il est donc difficile d'obtenir des poissons de grande taille qui peuvent augmenter le revenu des pisciculteurs dans ces conditions (Niyonkuru et *al.*, 2015). La production a atteint son maximum : 120 t/an de tilapia (*Oreochromis_niloticus*) fournies par 2 000 agriculteurs (FAO, 2013) exploitant 2 500 petits étangs (au total 60 ha).

D'après Micha (2013), l'activité été peu pratiquée et la production été insignifiante même si le potentiel reste élevé pour une agro-pisciculture intégrée (riz-pisciculture, avec élevage : volailles-poissons, porcs-poissons, lapins-poissons). En 2015, plusieurs étangs piscicoles ont été abandonnés et beaucoup d'autres étaient encore improductifs (Niyonkuru et *al.*, 2015). Les valeurs de certains paramètres physico-chimiques ont montré que la majorité des étangs sont mal entretenus. Ainsi, les valeurs d'oxygène dissous étaient faibles et variaient entre 0,2 mg/L et 3,5 mg/L.

Le taux élevé d'abandon de la pisciculture qui variait entre 40% et 67% selon les provinces en 2015 pourrait s'expliquer par de nombreuses contraintes notamment : le manque de centres de pisciculture élevant diverses espèces de poissons et manque de centre de production d'aliments complets avec des sous-produits locaux. Environ 75% des pisciculteurs ont confirmé qu'ils n'ont jamais bénéficié d'encadrement en pisciculture (Niyonkuru et *al.*, 2015).

Les aliments distribués aux poissons dans plus de 95% des cas sont constitués de sous-produits agricoles à savoir les feuilles de patate douce ou de papaye, les troncs de bananiers, les épluchures de manioc, le son de riz ou de maïs, etc. ; mais aussi de fumier et de cadavres d'animaux. Certains de ces produits sont directement consommés par les poissons et les animaux et d'autres se décomposent pour servir de fertilisants. Les sons ou farines de riz et de maïs sont rarement utilisés par les pisciculteurs. En cas d'alimentation de riz ou de son de maïs, la fréquence de distribution est de deux fois par jour ou de 1 à 3 fois par semaine, en fonction des moyens des pisciculteurs. Dans certains cas, rien n'est distribué aux poissons. C'est le cas de la province de Bujumbura où 40,83% des pisciculteurs enquêtés ont confirmé qu'aucune nourriture n'est jetée dans leurs étangs (Niyonkuru et *al.*, 2015).

I.6. Présentation de la carpe commune

I.6.1. Origine et distribution

La carpe commune est originaire d'Asie centrale, avec une extension naturelle vers l'est (Chine), le sud et l'ouest (bassin de l'Euphrate et du Danube). Elle a été introduite en Europe (Italie) par les Romains. A l'heure actuelle, elle est présente dans toute l'Europe occidentale sauf dans les régions froides (Norvège, Russie septentrionale) et elle est bien implantée en Europe centrale (Hongrie, Tchécoslovaquie, Roumanie). Elle est considérée comme l'un des poissons les plus colonisateurs dans le monde (Bruslé, 2001).

La carpe commune, *C.Carpio* est largement répandue et souvent considérée comme une espèce nuisible en dehors de son aire de répartition naturelle. Elle est une espèce d'eau douce adaptable, capable de coloniser rapidement des habitats vierges ou perturbés (Koehn, 2004). Cette espèce est répartie dans le monde entier et a des populations fermement établies sur tous les continents (Christopher, 2008). *C.Carpio* (Linnaeus, 1758) est un membre la famille des Cyprinidés. Cette dernière est la plus grande de toutes les familles de poissons d'eau douce et comprend environ 367 genres et 3006 espèces (Nelson, 2016). Elle vit dans de nombreux écosystèmes d'eau douce ou elle est plus répandue (Kulhanek et *al.*, 2011 ; Vilizzi, 2018). Sa croissance rapide, son arrivée rapide à la maturité sexuelle et sa fécondité lui confèrent un fort potentiel d'invasion (Winker et *al.*, 2011 ; Troca et Vieira, 2012 ; Vilizzi et Copp, 2017).

I.6.2. Position systématique

Selon Nelson (1994), la classification adoptée compte tenu de la position systématique est la suivante :

- ✓ Embranchement : Chordata.
- ✓ Sous-embranchement : Vertebrata.
- ✓ Classe : Actinoptérygii.
- ✓ Sous-classe : Neopterygii.
- ✓ Infra-classe : Téléostéen.
- ✓ Super-ordre : Ostariophysi.
- ✓ Ordre : Cypriniformes.
- ✓ Super-famille : Cyprinoidea.
- ✓ Famille : Cyprinidae,
- ✓ Genre : Cyprinus.
- ✓ Espèce : *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758).

La carpe appartient à l'embranchement des Vertébrés, au super-ordre des Téléostéens (squelette ossifié) et à l'ordre des Cypriniformes qui compte 19 familles dont la famille des Cyprinidés. (Abdelmajid, 1975).

I.6.3. Caractéristiques biologiques

I.6.3.1. Description de l'espèce

Le corps est allongé trapu, peu comprimé latéralement est entièrement recouvert d'écailles, 33 à 40 grandes écailles étant réparties le long de la ligne latérale (Terofal, 1987). La bouche est terminale et protractile, avec 4 barbillons (2 longs et 2 courts) sur la lèvre supérieure (Terofal, 1987, Bruslé et Quignard, 2001). Elle ne possède pas de dents buccales mais des dents pharyngiennes. Les caractéristiques distinctives comprennent une tête courte, un museau arrondi, la nageoire dorsale est longue et tronquée, dépourvue de rayons épineux, la nageoire caudale est bien échancrée et des écailles relativement grandes (Bruslé et Quignard, 2001 ; Schultz, 2010). Durant la période de reproduction, les mâles se distinguent par la présence de tubercules au niveau de la tête et du corps (Keith et Allardi, 2001 ; Terofal, 1987). Le dos est de couleur sombre brun-vert, les flancs ont des reflets dorés, et le ventre est blanc à jaunâtre (Keith et Allardi, 2001 ; Bruslé et Quignard, 2001).

Les individus adultes mesurent de 25 à 75 cm de long mais peuvent attendre exceptionnellement jusqu'à 120 cm (Terofal, 1987). Sa taille moyenne est de 50 à 75 cm, un maximum de 1,50 m pour un poids de 35 kg. Elle peut vivre jusqu'à 15 à 20 ans (maximum de 50 ans) (Bruslé et Quignard, 2001). La pigmentation de la carpe commune va de l'or à l'olive en passant par le brun, avec une coloration jaunâtre sur les côtés inférieurs et le ventre et une teinte rougeâtre sur les nageoires inférieures. Chaque écaille sur les côtés supérieurs du poisson a une tache sombre concentrée à sa base et un bord sombre bien visible (Schultz, 2010). Les juvéniles et les mâles reproducteurs sont généralement d'un vert ou d'un gris plus foncé, avec un ventre sombre au lieu d'un ventre jaunâtre, et les femelles sont plus claires. Les nageoires sont sombres, ventre avec une nuance rouge. La carpe dorée est reproduite pour un but ornemental (FAO, 2009).



Figure 1 : L'espèce C. Carpio pêchée dans le lac Rweru (Photo prise par N. Evelyne, 2024)

I.6.3.2. Reproduction

La carpe commune est considérée comme un poisson migrateur qui, se déplace vers les prairies inondées lors de sa période de reproduction (Crivelli, 2001). Les femelles deviennent matures à partir de leur 3ème année, et les mâles, à partir de 2 ans (Bruslé et Quignard, 2001 ; Keith et Allardi, 2001 ; Schultz, 2010). La carpe fraie au printemps et en été, selon la latitude, devient active lorsque les températures atteignent 60°F et la reproduction se déroule entre mars et août dans la végétation et en eau peu profonde, la ponte se déroule de mai à juillet (Hajlaoui et *al.*, 2016) et de mars à août, à l'aube et un peu au crépuscule (Bruslé et Quignard, 2001). Ces lieux de fraies permettent aux carpes de protéger les œufs d'éventuels prédateurs mais aussi de les exposer à la lumière nécessaire pour leur éclosion (Hajlaoui et *al.*, 2016). Pendant la journée ou la nuit, plusieurs mâles accompagnent une ou deux femelles dans des eaux peu profondes et végétalisées, ainsi que des éclaboussures et du trash à mesure que les œufs seront libérés et fécondés (Hajlaoui, 2016 ; Schultz, 2010).

La fécondité moyenne est de 100.000 œufs/kg, les œufs sont collés grâce à leur mucus sur la végétation aquatique (Hajlaoui, 2016). D'après cet auteur, les femelles pondent de 80000 à 120000 œufs par kg de poids, le diamètre de l'œuf gonflé est de 1,5mm. Une femelle de 5 kg produit 765 000 œufs (Bruslé et Quignard, 2001).

La ponte est tributaire de la photopériode dont la diminution de l'intensité lumineuse provoque la diminution de la fréquence du frai. Après une période d'incubation de 4 à 8 jours, les alevins voient le jour et grossissent rapidement à condition que le milieu soit riche en nourriture et la température adaptée (Hajlaoui et *al*., 2016).La carpe peut s'hybrider avec le carassin, espèce assez similaire, ce qui donne naissance à des individus stériles aux caractères intermédiaires entre les deux espèces, la carpe de Kollar (Keith et Allardi, 2001 ; Mounia, 2019)**.**

I.6.3.3. Ecologie

La carpe vit dans les eaux tranquilles, stagnantes, chaudes et peu profondes des rivières, des canaux, des étangs et des lacs, à fonds de sable ou de vase riches en végétation aquatique. Elle est pêchée souvent à la ligne, c'est le candidat idéal pour l'aquaculture et la pêche sportive. Elle a une prédilection aux eaux chaudes, de 27° à 32°c (optimum de 30.8°c) et elle supporte les eaux saumâtres (salinité maximale de 14-15 mg /l), une faible concentration en oxygène (valeur létale : < 1mg/l) et tolère une température élevée (T°>30°c). Cette espèce est grégaire et benthique (Bruslé, 2001 ; Martin et *al.,* 1998), cependant elle s'isole avec l'âge (Crivelli, 2001), sédentaire et de mœurs plutôt nocturnes. Elle préfère des habitats à faible intensité lumineuse (Martin et *al.,* 1998). Elle est photophobe ou lucifuge, sélectionnant les habitats à faible intensité lumineuse, avec des variations saisonnières (Bruslé, 2001 ; Martin et *al.,* 1998). La carpe commune fréquente les eaux tièdes, stagnantes et lentes, ou la végétation est dense et au fond sablonneux ou vaseux (Terofal, 1987; Keith et Allardi, 2001).

La carpe commune habite généralement les milieux d'eau douce, en particulier les étangs, les lacs et les rivières, et habite aussi rarement les milieux d'eau saumâtre. Elle est largement distribuée dans presque tous les pays du monde, mais il est très populaire en Asie et dans certains pays européens. En raison de sa grande popularité, sa distribution a été largement étendue par l'introduction humaine (Rahman, 2015). La carpe commune réside naturellement dans une eau neutre. Le sol est généralement constitué de sable, d'humus et de vase. C'est un poisson typique des zones inférieures et des milieux lentisques (étangs, bras morts). Elle se complaît dans les eaux à fonds vaseux où la végétation est dense.

C'est un migrateur holobiotique qui se déplacent des eaux peu profondes des zones de frai (prairies inondées) jusqu'aux eaux profondes, en hiver, où de nombreux congénères se rassemblent (Feunteun et *al.*, 2011).

La meilleure croissance est obtenue quand la température de l'eau oscille entre 23 et 30 °C. Le poisson peut survivre aux périodes froides de l'hiver. Une salinité jusqu'à environ 5‰ est tolérée. La gamme de pH optimal est entre 6,5 et 9,0. Cette espèce peut survivre à des faibles concentrations d'oxygène (0,3-0,5 mg/litre) aussi bien qu'à une sursaturation (FAO, 2009). La carpe commune *C. Carpio* peut vivre dans de milieux abiotiques variés et biotiques et est une espèce omnivore, très fertile, à reproduction fractionnée et généraliste. Son potentiel d'invasion est puissant grâce à la combinaison de ces qualités, ce qui lui permet de se propager rapidement et d'augmenter sa biomasse.

L'espèce s'est déjà établie dans 91 des 120 pays où elle a été introduite, notamment en raison de l'aquaculture et des activités ornementales. Sa présence dans un écosystème naturel a des effets écologiques importants. En particulier, il a été démontré que la présence de *C. carpio* a un impact sur :

- Les densités des macrophytes enracinés, qui sont principalement affectées par des perturbations physiques et une turbidité accrue ;
- Les densités des invertébrés benthiques, qui sont affectées par la prédation et la modification de l'habitat ;
- La biomasse du phytoplancton, qui est modifiée par l'excrétion et la bioturbation.

Le zooplancton est présent de manière indirecte grâce à ses effets sur le phytoplancton ou directement grâce à la planctophagie des carpes juvéniles *C. carpio*. De plus, la *C. carpio* est l'une des espèces de poissons autochtones qui sont abondantes grâce à divers effets indirects, dont ceux mentionnés ci-dessus. (Kulhanek et *al*., 2011). Elle est durable, s'adapte aux conditions climatiques changeantes (Crespi et New, 2009), tolère les fluctuations de température (Syed et *al*., 2020) et est capable de tolérer les changements de niveaux d'oxygène dans l'eau (Rashid et *al*., 2019).

I.6.3.4. Croissance

La croissance est rapide dans des eaux tièdes : 14.7 cm à 1 an, 26.2 cm à 2 ans, 33.1 cm à 3 ans, 38.2 cm à 4 ans, 40.8 cm à 5 ans, 43.6 cm à 6 ans, 46.2 cm à 7 ans, 48.4 cm à 9 ans. L'optimum thermique de la croissance se situe en générale à 28-30 °C. Une amélioration de la croissance a été obtenue expérimentalement par traitement des carpes par une hormone de croissance (GH bovine : 12,5 à 100 µg/g) et l'optimum d'efficacité s'est situé à 35 °C (Bruslé et Quignard, 2013).

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Description de la zone d'étude

La collecte des spécimens utilisés dans notre étude a été faite au lac Rweru dans la localité de Gatete. Le lac Rweru est l'un des huit lacs de la dépression de Bugesera en province de Kirundo, au Nord-Est du Burundi (Fig. 2). Il se localise au Nord du Burundi à la frontière avec le Rwanda, entre 2°21' et 2°27' de latitude Sud et 30° 17' et 30° 24' de longitude Est.

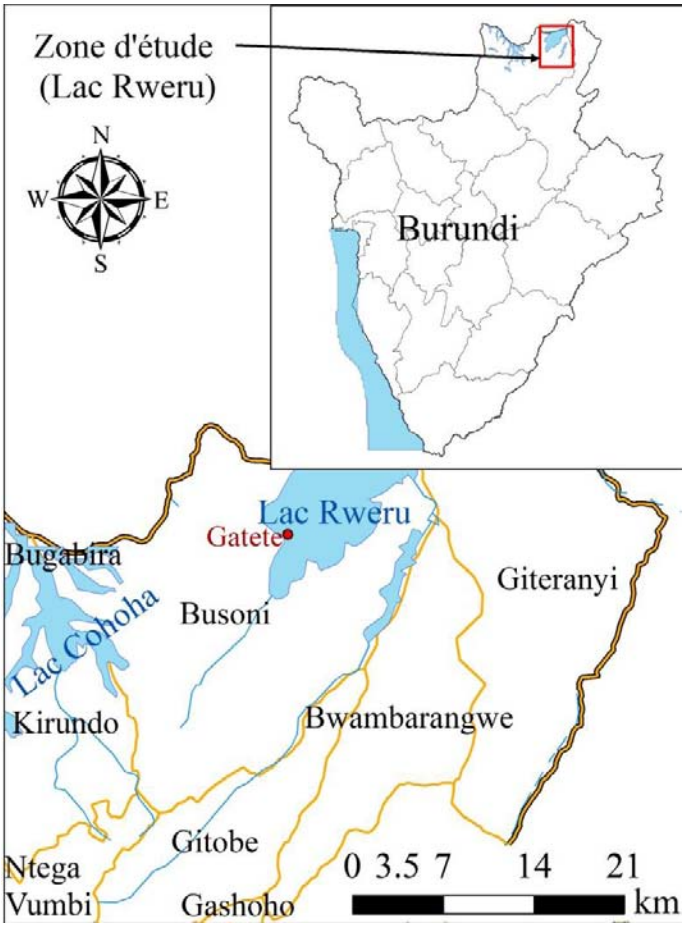


Figure 2 : Zone d'étude

La dépression du Bugesera est caractérisée par de vastes vallées marécageuses avec un relief peu élevé compris entre 1200 et 1500 m d'altitude (Nzigidahera et al., 2005). Le lac Rweru comprend une superficie de 100 km^2 dont 70% pour le Burundi, sur une altitude de 1324 m et se positionne juste à la hauteur du coude que la Nyabarongo fait avant de se diriger à l'Est pour former l'Akagera (Fig. 2).

Il est situé à 40 km de la ville de Kirundo dans la région naturelle de Bugesera. Le lac Rweru a une forme étalée, plus ou moins arrondie. Sa plus grande longueur orientée dans le sens Sud-Ouest et Nord-Est, est de 18 km, la largeur étant de l'ordre de 14,5 km et la profondeur varie de 3 à 4 m. Plusieurs affluents venant du Sud, Sud-Est et du Sud-Ouest débouchent dans le lac à travers des tapis végétaux. Au Nord-Est, un chenal communique avec le lac vers la Nyabarongo. Dans sa partie Sud, le lac est connecté avec le lac Kanzigiri (entre 1,5 et 2 km de distance) par un canal qui traverse le marais de Ruduhira (Ntakimazi, 1985).

La Région de Bugesera est la plus aride du Burundi. Le climat de cette région extériorise deux saisons de pluie: la première débutant généralement vers le mois de Septembre et se terminant le mois de Novembre. La seconde s'étale entre les mois de Janvier à Mai. Entre les deux saisons s'intercale par une petite période de saison sèche qui dure tout le mois de Décembre. Au cours des mois de Juin à Septembre s'étale la saison sèche. Les températures moyennes varient entre 20 à 25°C (Ntakimazi, 1985). Au lac Rweru, la zone littorale est occupée par des débris végétaux et des souches de papyrus ; elle est moins longue, mais elle est beaucoup plus large, puisqu'elle s'étend parfois au marécage périphérique. Parfois, il est difficile de définir les limites du lac, du marécage fixe ou des îlots flottants (Ntakimazi, 2006). Au S-E du lac, le littoral a un fond rocheux ; la ceinture de papyrus y est plus étroite, mais elle est toujours présente. On remarque aussi la présence de la jacente d'eau (*Eichhornia crassipes)* immergé dans l'eau du lac Rweru.

II.2. Matériels utilisés

Au cours de ce travail, le matériel suivant a été utilisé: les lignes appâtées appelé palangres servant à capturer les poissons, l'alcool dénaturé dans lequel on met les échantillons récoltés, les flacons pour conserver les items trouvés dans l'estomac, les bistouris servant à disséquer, les gants pour l'hygiène, les boites de pétri dans lesquelles on sèche les items trouvés, la loupe binoculaire servant à agrandir pour une bonne vision, une étuve servant au séchage des items trouvés, la balance de précision (0,01gramme près) la matière sèche d'aliments trouvés dans l'estomac, le mètre ruban pour mesurer la longueur et une cuillère pour trier les items trouvés



Figure 3 : Travaux de terrain et expérimentation : (a) site d'échantillonnage (b) échantillon de carpe commune (c) mensuration (d) dissection (e) prélèvement des contenus stomacaux (f) identification, triage et séchage des contenus stomacaux

II.3. Méthodologie de travail

En ichtyologie, plusieurs méthodes de détermination du régime alimentaire d'une espèce de poisson peuvent être utilisées comme l'utilisation des isotopes stables, modification de l'alimentation en conditions contrôlées de pisciculture (Church et *al.*, 2009), analyse des contenus stomacaux. Cette dernière est la méthode 1a plus couramment utilisée (Dabbadie, 1996 ; Ahlbeck et *al*., 2012 ; Bakeret al., 2013 ; Keyombe et al.,2017 ; Sahtout, et al, 2018 ; Biet et al., 2021 ; Attal et *al*., 2022) et c'est celle que nous avons utilisée pour déterminer le régime alimentaire de la carpe commune *Cyprinus carpio*. L'abondance d'un aliment dans le tube digestif d'un individu n'est pas toujours le même que la fraction ingérée. Certaines particules sont détruites ou rendues méconnaissables par la mastication, ou digérées plus rapidement que d'autres.

Plus longtemps les aliments séjournent dans le tube digestif, plus les particules à digestion rapide diminuent. Il y a comme une accumulation sélective de la fraction à assimilation lente ou indigeste.

Les méthodes de récolte et d'analyse de ces contenus stomacaux varient suivant les objectifs qu'on se fixe. Au cours de cette étude, le choix a été porté sur l'évaluation de la quantité totale de nourriture consommée, l'estimation des rations journalières d'individus isolés ou d'une population ou même la détermination de la valeur nutritive et énergétique (digestibilité, assimilabilité) des aliments ingérés. De nombreuses méthodes ont été utilisées par différents auteurs pour analyser les contenus stomacaux chez les poissons (Hyslop, 1980).

Les avantages et les inconvénients des unes et des autres sont examinés par Hyslop (1980):

- La méthode numérique consiste à compter tous les individus d'une catégorie de proie dans l'échantillon, et à exprimer le nombre obtenu en pourcentage par rapport au nombre total des proies. Elle est peu applicable quand les proies n'ont pas des tailles comparables, par exemple quand on trouve ensemble des algues, des fragments d'insectes, des poissons des aliments sans unité bien définie (exemple : détritus) ou quand la digestion est fort avancée.
- La méthode d'occurrence : on note le nombre d'estomacs dans lesquels une catégorie de proies est trouvée, et on l'exprime en pourcentage par rapport au nombre total d'estomacs analysés. C'est une méthode rapide, qui nécessite un appareillage minimum, et qui donne néanmoins une bonne image du spectre alimentaire de l'espèce considérée. Elle a l'inconvénient de ne pas donner une idée de la quantité totale de nourriture ingérée par le poisson et l'importance relative de chacune des catégories de proies.
- La méthode des dominances : on compte 1e nombre d'estomacs où une proie donnée domine visiblement toutes les autres par le volume ou par le poids, et on 1'exprime en pourcentage par rapport au nombre total d'estomacs analysés. Certains auteurs (Lauzanne, 1978 ; Hyslop, 1980) trouvent que cette méthode est entachée d'une certaine subjectivité, parce que la proie dominante est quelquefois difficile à déterminer.

Dans 1a pratique, la méthode des dominances est toutefois plus facilement reproductible que la méthode "des points" de Hynes (1950), où un certain nombre de points est attribué arbitrairement à chaque proie, en fonction de son abondance et de sa taille, 1e total des points obtenus étant exprimé en pourcentage par rapport au nombre total de points donnés à 1'ensemble des proies.

Notre objectif étant de déterminer, surtout au point de vue qualitatif et quantitatif, le régime alimentaire des Carpes communes trouvées dans le lac Rweru, nous avons choisi d'adopter la méthode d'occurrence en association avec la méthode des dominances. Ceci nous permet de définir la gamme des proies dont se nourrit cette espèce de poissons, et de déterminer ses préférences. Ces méthodes ont été utilisées par Abebe Tesfaye et *al*., 2020, Bibentyo et *al*., 2018.

Les estomacs furent prélevés aux poissons ramenés au laboratoire pour des analyses nécessitant l'usage de déclaration. La longueur standard (L.S) et la longueur totale (LT) de chaque individu étaient mesurées sur place. Chez certains poissons, beaucoup d'estomacs contenaient des aliments à un stade de digestion très avancé. Ceci explique pourquoi, notre identification a un nombre de proie relativement limités.

Une fois l'estomac ouvert et lavé de tout son contenu dans un flacon, une liste des différentes catégories d'aliments rencontrées (= occurrence) était alors dressée et le type de proies qui domine parmi celles-ci par son volume total ou l'espace qu'i1 occupe au fond de la cuvette ou dans le champ visuel du binoculaire (= dominance).

II.3.1. Echantillonnage des poissons

L'échantillonnage des poissons a été effectué sur deux périodes correspondant à deux saisons, une saison sèche (8-19 septembre 2023) et une saison pluvieuse (2-9 février 2024). Au total 70 spécimens de poisson ont été capturés dont 40 pendant la saison sèche et 30 autres durant la saison pluvieuse. L'objectif était de se rendre compte d'une éventuelle variation du régime alimentaire suivant les saisons. Les poissons étaient capturés à l'aide des lignes appâtées appelé palangres, lesquelles étaient tendues par les pécheurs le soir à 16 heures et révélées le lendemain vers 7 heures du matin.

Pour chaque poisson, la longueur totale du corps (LT) et la longueur standard (LS) étaient mesurées sur place à l'aide d'un ichtyomètre (Fig. 4).

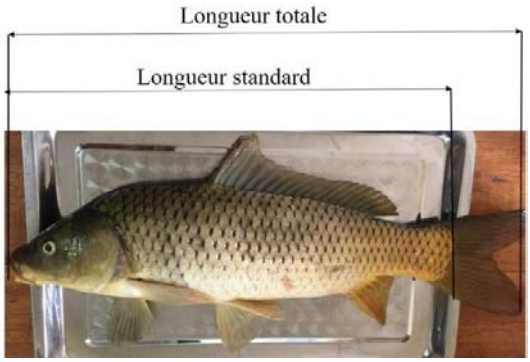


Figure 4 : Mensurations de la longueur du corps du poisson

Chaque flacon était marqué par une étiquette indiquant le code d'enregistrement du spécimen, le site et la date.

Au laboratoire, les contenus ont été mis chacun dans sa boîte de pétri. Ils étaient observés à l'aide d'une loupe binoculaire, puis triés à l'aide d'une pince mince. Seuls ont été analysés les contenus stomacaux en bon état, présentant des proies identifiables. Les différents éléments sont séparés, déterminés et comptés. Le triage, nous a permis de classer les contenus trop dégradés et non identifiables parmi les détritus. Les items ont été séchés dans une étuve à 60 ^{o}c jusqu'à un poids constant et ensuite pesés à l'aide d'une balance de précision (0,01g). Les données ont été traitées avec les logiciel Excel et Statistica, version 6.0 pour voir la part de chaque type d'aliment dans le régime alimentaire de *Cyprinuscarpio*, mais aussi pour voir s'il y aurait variation de son régime alimentaire avec la saison et la taille (âge).

II.3.2. Prélèvement et identification des contenus stomacaux

Les spécimens capturés étaient disséqués et les contenus des tubes digestifs (de l'œsophage jusqu'à l'orifice anal) étaient prélevés et préservés dans des flacons contenant une solution d'alcool dénaturé. Les contenus digestifs étaient observés au laboratoire à la loupe binoculaire. Les proies observées étaient identifiées selon leur nature. La caractérisation du régime alimentaire était réalisée selon deux indices alimentaires, celles-ci comprennent la méthode qualitative qui est l'indice d'occurrence et la méthode semi-quantitative qui est

l'indice numérique, toutes décrites par Lauzanne (1975). Les résultats de l'analyse du régime alimentaire de la Carpe commune *C. carpio*, sont exprimés au moyen des paramètres notamment l'indice d'occurrence, l'indice numérique ou d'abondance.

II.3.3. Indice d'occurrence

Cette méthode d'analyse qualitative est réalisée au moyen de la fréquence d'aliment. Elle consiste à compter le nombre d'estomacs *Na* où une catégorie « a » d'aliment est représentée. Ce nombre s'exprime en pourcentage du nombre *Nt* d'estomacs non vides analysés, on définit ainsi un indice d'occurrence (I_o) (Hyslop, 1980).

$$I_o = \frac{Na \times 100}{Nt}(\%)$$

Avec : I_o = Indice d'occurrence, *Na* = Nombre d'Estomacs où une catégorie d'aliment « a » est représentée et *Nt* = Nombre total d'estomac non vides analysés.

II.3.4. Indice numérique

Cette méthode d'analyse consiste à compter le nombre d'individus N_x d'une catégorie d'aliment « x » pour tout l'échantillon considéré. Ce nombre est exprimé en pourcentage du total d'individus N_{xt} trouvés pour l'échantillon.

On définit un indice numérique (I_{ab}) (Hyslop, 1980).

$$I_{ab} = \frac{N_x \times 100}{N_{xt}}(\%)$$

Avec : N_x = Nombre d'individus d'une catégorie d'aliment (x) pour tout l'échantillon considéré, N_{xt} = Nombre total d'individus trouvés pour l'échantillon.

Selon la méthode numérique les proies sont classées en fonction de leur indice d'occurrence en: Proies accidentelles I_o<10, Proies secondaires 10 < I_o<50, Proies préférées I_o> 50. Les calculs des indices d'occurrence et numérique (d'abondance), ainsi que les figures ont été élaborés à l'aide des logiciels MS Excel et Statistica 6.0.

CHAPITRE.III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

III.1. Aperçu général du régime alimentaire

III.1.1. Fréquences des contenus stomacaux

Les Tableaux 2 et 3 montrent l'ensemble des résultats obtenus durant toute la période d'étude en termes d'indice d'occurrence et d'abondance. D'une manière générale, la Carpe commune montrent un régime alimentaire diversifié : il se compose de poissons, des mollusques (escargot), d'algues, Macro-invertébré et les détritus (sable, boue, non identifié).

Tableau 2 : Contenus stomacaux de la carpe commune C. Carpio selon les saisons

	Fréquence d'occurrence (Ni)		Fréquence relative %	
Proie	Saison sèche Ni=40	Saison pluvieuse Ni= 30	Saison sèche Ni=40	Saison pluvieuse Ni= 30
Macroinvertebré	0	1	0	3.33
Poisson (restes)*	15	13	37.5	43.33
Phytoplancton (algues)	25	7	62	23.33
Mollusque (escargot)**	16	21	40	70
Détritus***	32	17	80	56.66

*Restes : écailles, nageoires, dent ; **escargot : chair et coquille ; ***Détritus : indéterminés, sables, boues.

Les détritus constituent l'essentiel du régime alimentaire. Ils sont préférés durant toutes les saisons respectivement 80 % en saison sèche et 56.66 % en saison pluvieuse : ils représentent, à eux seuls, plus de 50 % d'indice d'occurrence relative mais aussi d'abondance relative. Ensuite, le poisson représentent les proies préférées durant les saisons sèche et pluvieuse respectivement par 37.5% et 43.33%et constitue la proie secondaire de la carpe commune au même titre que l'escargot qui représente 40% pendant la saison sèche alors qu'il devient principale en saison pluvieuse (70 %). Quant aux algues, elles sont préférées en saison sèche (62%) et deviennent secondaires durant la saison pluvieuse (23.33%).

Dans les contenus stomacaux des poissons échantillonnés durant la période d'étude, le macro-invertébré est peu fréquent en saison sèche (3.33%) et absent en saison pluvieuse, il est donc considéré comme proie accidentelle. Les gros fragments (une nageoire) ont été comptés comme poissons, en supposant que ce sont les restes de digestion d'une proie entière. La présence de grains de sable dans les estomacs contenant des coquillages, confirme que la carpe commune se nourrit généralement sur le fond et peut capturer des organismes enfouis dans le sable (Tableau 2 et 3, Fig. 5 et 6). L'importance relative de ces particules dans le tube digestif augmente au fur et à mesure que les aliments sont assimilés. Dans l'intestin, elles peuvent même devenir les plus abondantes. La carpe est un poisson qui vit principalement dans le fond mais cherche sa nourriture dans les couches intermédiaires et supérieures de la colonne d'eau (FAO, 2009). Les résultats de la présente étude corroborent avec ceux des autres chercheurs selon lesquels, la carpe commune est omnivore et se nourrit de petits animaux benthiques (larves d'insectes, mollusques, crustacés, vers, etc.) et de végétaux (Terofal, 1987 ; Keith et Allardi, 2001).

Dans l'estomac, il est difficile de différencier les particules végétales broutées directement sur des plantes vivantes ou ramassées sur le fond parmi les détritus, surtout chez des poissons fréquentant la zone littorale où les deux types de nourriture existent. De même que les contenues stomacaux se présentant sous forme d'amas, noirs, dont les algues sont difficilement dissociables et donc pratiquement impossible à identifier car elles sont souvent mélangées à des débris végétaux, du sable ou de l'argile.

Des travaux réalisés par García-Berthou (2001) au Lac Banyoles en Espagne, ont signalé que les chironomidés sont généralement les plus importantes proies de la carpe. Lors de cette étude, pas de machrophytes trouvés dans le contenu stomacal, alors que au Lac Ziway en Ethiopie c'est la proie secondaire (Tesfaye, 2020). Ceci peut être expliqué par la rareté des macrophytes immergés dans notre zone d'étude (Ntakimazi, 1985). La contribution des macrophytes dans le régime alimentaire de la carpe commune adulte est en fonction de leur présence dans le Lac (Girum et Seyoum, 2012).

La Figure 5 présente les résultats des indices d'occurrence et de préférence des différents types de proies trouvés dans l'estomac de poissons capturés pour les deux saisons. On remarque que les macro-invertébrés sont absents en saison sèche.

Leur apparition peut être considérée comme accidentelle vu sa faible fréquence et aussi faible abondance. Les détritus et les algues occupent la première place pendant la saison sèche. L'escargot et les détritus sont des proies préférentielles pendant la saison pluvieuse. Le poisson est présent comme proie secondaire durant toutes les saisons (Fig. 5).

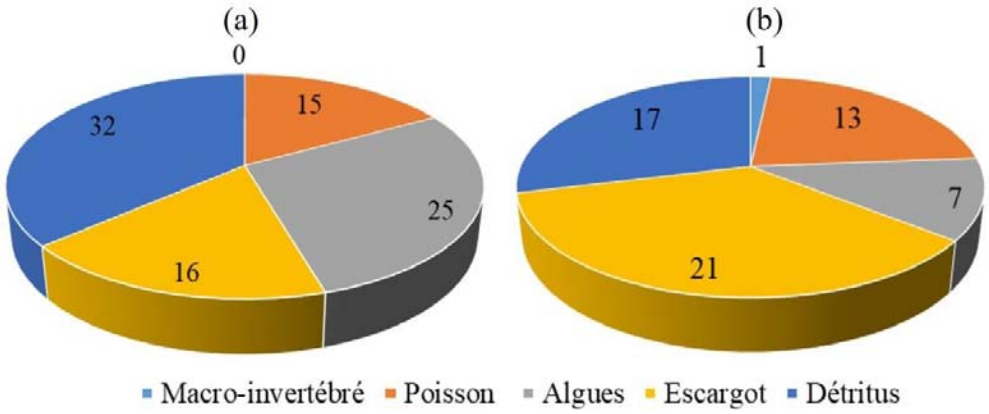


Figure 5 : Indice d'occurrence (a) en saison sèche et (b) en saison pluvieuse

Ces résultants sont similaires à ceux d'Attal et *al.* (2022) en Algérie qui indiquent que la carpe commune est omnivore. La consommation d'escargot est aussi importante surtout pendant la saison pluvieuse. Marsden (1997) trouve les mêmes résultants et dit que 77% des carpes capturés contiennent les escargots dans leur estomac. L'abondance de leur consommation est due à leur abondance dans la nature mais pas par la préférence. Dans cette étude, ils sont consommés en grande quantité en saison pluvieuse et selon Marsden (1997), c'est pendant l'hiver que les escargots deviennent des aliments importants pour la carpe. L'introduction d'*Astatoreochromis alluaudi* comme malacophage est un exemple de ce qui peut arriver quand on tente une acclimatation sans tenir suffisamment compte des ressources nutritives du milieu et les adaptations qu'une espèce peu faire dans son régime en fonction de la nourriture disponible. Un poisson peut se nourrir d'un type d'aliment parce qu'il y est spécialisé, ou parce que c'est une proie facile et particulièrement abondante dans le milieu, ce qui peut changer d'un biotope à l'autre, ou même d'une saison à l'autre (Attal et *al.*, 2022 ; Ntakimazi,1985). Aucun zooplancton n'a été trouvé comme proie de la carpe. Ceci est probablement en rapport avec la pauvreté relative du zooplancton dans les petits lacs du Bugesera (Ntakimazi, 1985).

Les densités des invertébrés benthiques, sont aussi affectées par la prédation et la modification de l'habitat par la présence de la carpe commune (Kulhanek et *al*. 2011).

La Figure 6 présente l'indice relatif des différents aliments en fonction des saisons. Les détritus sont le groupe de proies qui dominent pendant la saison sèche (80%), alors que les mollusques (escargot) dominent durant la saison pluvieuse (70%).

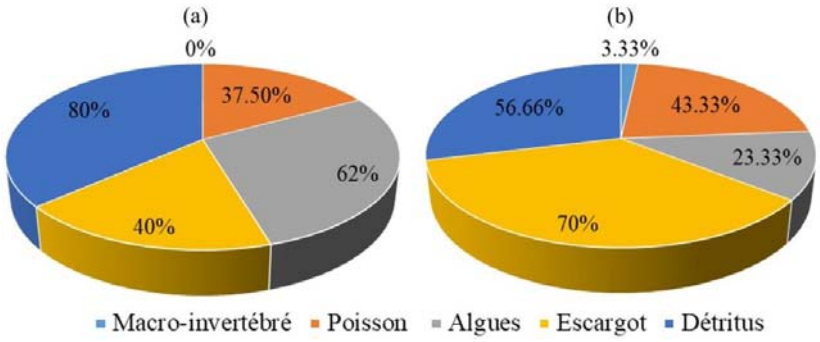


Figure 6 : Indice relatif (a) en saison sèche et (b) en saison pluvieuse

En saison sèche, les détritus sont les plus dominantes (80%), suivies de celles d'algue (62%), l'escargot représente (40%) et le poisson (37,50%). Celle de la figure 6 (b) montrent que l'escargot est le plus dominant (70%), suivies de celles des détritus (56.66%), le poisson représente (43.33%) et l'algue (23.33%).

Tableau 3 : Classement des proies ingérées par *C. Carpio* selon la méthode numérique Hyslop (1980) en fonction des saisons

Méthode utilisée	Classement	Nature des proies	
		Saison sèche	Saison pluvieuse
Hyslop (1980)	Proies accidentelles I_o<10	Macro-invertébré	Aucune proie
	Proies secondaires 10 I_o<50	Poisson Mollusque (escargot)	Poisson Phytoplancton (algues)
	Proies préférées I_o> 50	Phytoplancton (algues) Détritus	Mollusque (escargot) Détritus

Les macro-invertébrés n'ont contribué que pour 3.33%. Ceci traduit que l'espèce *C. Carpio* est détritivore à tendance omnivore. García et Berthou (2001), qui ont travaillé au Lac Banyoles en Espagne, ont trouvé les mêmes résultats en indiquant que les détritus et les végétaux représentent la majeure partie de son régime alimentaire (Michel et Obedorff ,1995 ; García-Berthou, 2001).

III.1.2. Composition des aliments en matière sèche

Pour la matière sèche (M.S.) des aliments consommés par la Carpe commune (Fig.7), seuls le poisson, l'escargot, le macro-invertébré et le détritus ont fait objet d'analyse complète car l'algue est pauvre en matière sèche et aussi est difficile à la trier manuellement avec le détritus. On a opté de déterminer la matière sèche ensemble avec les détritus. Les 70 estomacs examinés des poissons échantillonnés contiennent les proies pesant 84.44 g, soit une masse moyenne de matière sèche de 1, 206 g par estomac pour un individu de longueur moyenne standard 36,557 cm et total de 42,185 cm.

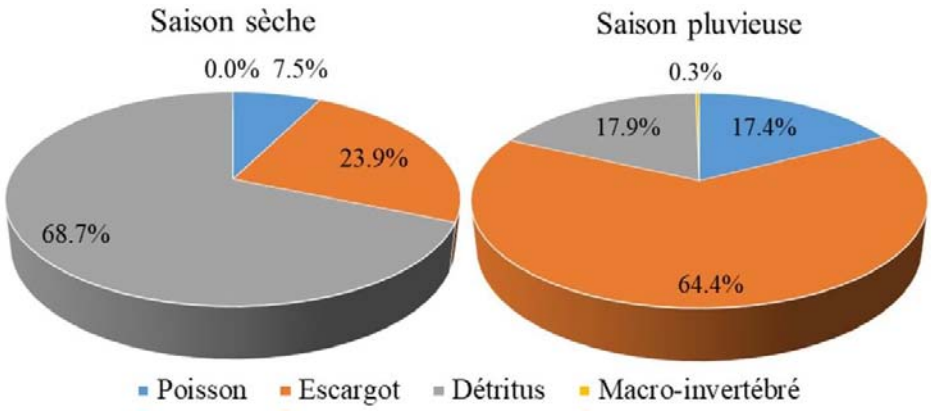


Figure 7 : Proportion de la matière sèche selon les saisons

Les résultats de la présente étude montrent que, durant la saison sèche, les détritus sont dominants dans la matière sèche tandis que l'escargot domine durant la saison pluvieuse (Fig. 7). La composition qualitative d'un contenu stomacal est fonction de la préférence du poisson et aussi de l'abondance du type de nourriture présent dans le milieu.

L'importance du détritus dans le régime alimentaire de *C. carpio* a été soulignée dans d'autres études (Khan, 2003 ; Sahtout et *al.*, 2018). De même, on peut donc diviser les différents taxons en deux groupes : un groupe de proies qui est habituellement présent dans les contenus

stomacaux durant toutes les saisons et dont l'abondance relative est généralement importante, et un second groupe dont la présence dans les contenus stomacaux est limitée. Néanmoins, certains taxons peuvent être absents durant certaines saisons comme les macro-invertébrés durant la saison sèche. De nombreux facteurs peuvent affecter le régime alimentaire de *C. carpio*, y compris l'âge et le poids, la disponibilité des ressources alimentaires naturelles, la saison, etc. (Rahman et *al*. 2009). Dans le lac Dal de la vallée du Cachemire (Inde), Naik et ses collaborateurs (2015) ont montré que les détritus sont des proies abondantes quelle que soit la saison.

III.1.3. Variation saisonnière de la matière sèche

L'analyse de la Figure 8 montre la variation saisonnière de la matière sèche des contenus stomacaux de la carpe commune *C. carpio.*

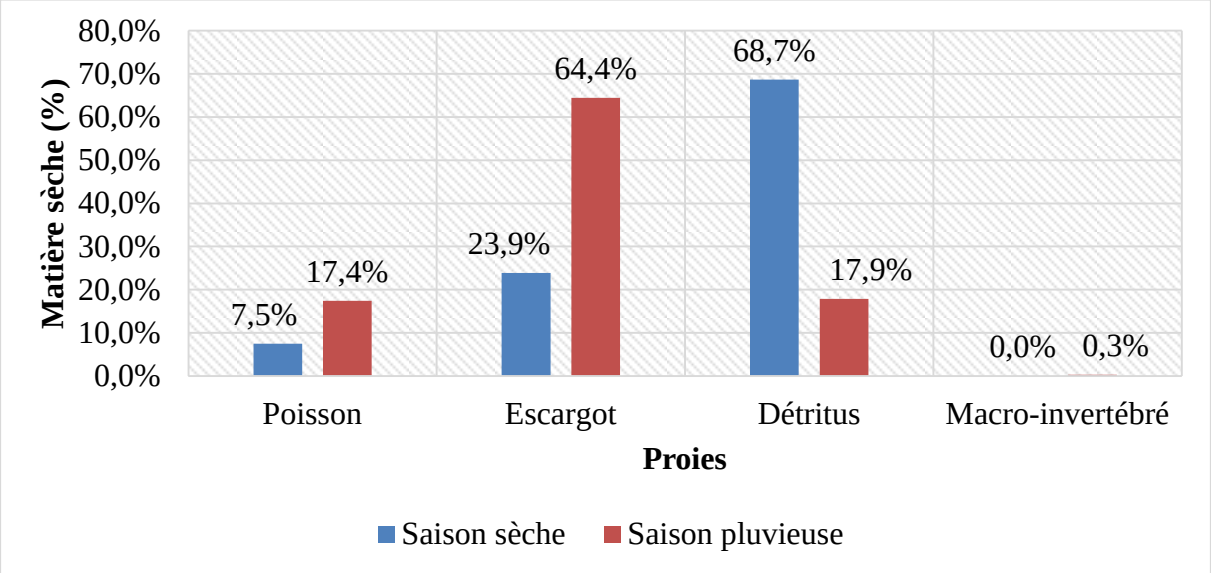


Figure 8 : Variations saisonnières de la matière sèche

Cette matière sèche est composée par les détritus, les escargots et les poissons au taux de 67,3% ; 23,9% et 7,5% respectivement pendant la saison sèche et 17,9% ; 64,4% et 17,4% pendant la saison des pluies. Cela revient à dire que le détritus est abondamment consommé par la carpe commune pendant la saison sèche tandis que l'escargot est abondamment consommé pendant la saison des pluies.

Le régime alimentaire de *C. carpio* présente des variations saisonnières, ce qui s'explique d'après Ali par le fait qu'il change de lieu à certaines périodes pour se nourrir (Ali et *al.* 2010).

III.1.4. Variation du régime alimentaire selon la taille

En référence aux stades de développement de la carpe commune selon Bruslé et Quignard (2013), les résultats de la présente étude montrent aussi des variations du régime alimentaire en fonction de la taille de *C. Carpio* durant sa croissance (Tableau 4).

Tableau 4 : Evolution du nombre des proies ingérées selon la taille chez C. Carpio du lac Rweru

Proies	LT<33,1cm (1-3 ans) N=70		33,1< LT<43,6cm (3-6 ans) N=7		LT>43,6cm (6 ans et plus) N=43	
Macro-invertébré	1	5%	0	0%	0	0%
Poisson	8	40%	4	57,14%	15	34%
Algue	2	10%	4	57,14%	26	60,46%
Escargot	14	70%	3	42,85%	18	41,86%
Détritus	9	45%	5	71%	34	79,06%

Les spécimens étaient subdivisés en trois (3) différentes classes de tailles selon leur degré de croissance suivant les observations (Terofal, 1987 ; Bruslé et Quignard, 2001 ; Bruslé et Quignard, 2013) sur la taille de la première maturité sexuelle et croissance chez *C. carpio*. Ces classes sont : Classe 1 représentée par des spécimens de LT< 33,1cm considérés comme des juvéniles ; Classe 2 représentée par des spécimens de LT 33,1 à 43,6cm considérés comme des sub-adultes ; Classe 3 représentée par des spécimens de plus de 43,6cm, considérés comme des individus adultes. L'analyse du tableau 4 montre qu'au fur et à mesure que la taille augmente, l'ingestion d'algue et détritus augmente tandis que celle d'escargot et d'insecte diminue. La consommation des poissons ne suit pas un rythme constant. Ces résultats sont comparables avec ceux de Bruslé et Quignard, (2001) qui trouvent que les juvéniles se nourrissent de plancton et ensuite deviennent benthophages.

Ceci concorde avec les résultats de Tesfaye **(**2020) qui indique que les juvéniles se nourrissent largement sur les proies d'origine animal tandis que celles d'origine végétales sont plus important pour les adultes. Mais, les juvéniles et les adultes sont tous omnivores. Ils consomment les proies d'origine végétale et animale. La carpe commune est une espèce omnivore à forte tendance carnivore (Michel et Oberdorff, 1995) qui a une préférence pour les proies animales et végétales benthiques (Billard, 1995). Au niveau volumétrique (Tableau 4), les résultats ne sont pas tout à fait similaires que ceux trouvé par Tesfaye **(**2020) ; celui-ci trouve que la majorité des proies des juvéniles dans l'estomac été des zooplanctons (34.2%), insectes (26.3%) et détritus (25.8%) tandis que les adultes préfèrent les détritus (31.4%), macrophytes (30%) et insectes (20%) (Tesfaye, 2020). Ceci est probablement aussi en rapport avec la pauvreté relative du zooplancton dans les petits lacs du Bugesera (Ntakimazi, 1985).

III.2. Possibilités d'intensification de la carpe commune compte tenu des paramètres limnologiques de l'eau du Burundi

Durant la période d'étude, les paramètres physico-chimiques de la zone d'étude ont été pris, en fonction du matériel qui était à notre disposition et en comparaison avec d'autres recherches de l'Université du Burundi. Les résultats de ces analyses sont repris dans le Tableau 5. Les valeurs de ces résultats des paramètres physico-chimiques de la zone d'étude répondent aux normes standards prescrites par la FAO (2009) pour la carpe commune.

Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques de la zone d'étude

Paramètresphysico-chimiques	
Oxygène dissout (mg/L)	4,27
pH	8,57
Température (°C)	25,9
Conductivité (µS/cm)	164,9
NH_4^+(mg/L)	0,9
NO_2^-(mg/L)	0,135
NO_3^-(mg/L)	0,2
PO_4^{3-}(mg/L)	0,00014
DCO(mg/L)	51
DBO_5(mg/L)	16

Pour analyser les possibilités d'intensification de la carpe commune dans toutes les régions du Burundi, les résultats de cette étude ont été comparés avec ceux de Niyonkuru *et al*.(2015) sur les conditions physico-chimiques de l'eau dans les provinces Bujumbura, Bubanza, Cibitoke, Makamba, Muramvya, Rutana, et Kirundo (Tableau 6).

Tableau 6 : Résumé des paramètres physico-chimiques de la zone d'étude fait par (Niyonkuru et al. 2015)

Paramètres	Bujumbura	Bubanza	Cibitoke	Makamba	Muramvya	Rutana	Kirundo
Température ambiante (°C)	(18.5, 25)	(19.5, 29)	(24, 28.5)	(19.5, 26)	(18, 23)	(17.5, 28)	(20.3, 21.3)
Température de l'eau (°C)	(18, 24.5)	(19, 28)	(20, 25.5)	(19.5, 25)	(18, 23)	(18, 26)	(21, 22)
pH d'eau	(7.1, 7.6)	(6.1, 7.5)	(6.9, 8.2)	(6.8, 8)	(6.2, 7.5)	(6.5, 7.5)	(6.8, 7)
Oxygène dissout (mg/L)	(1.55, 1.75)	(0.4, 4.5)	(1.1, 4.5)	(3, 5)	(0.5, 3.6)	(2.5, 5.5)	(0.56, 2.4)
Conductivité (µS/cm)	(100, 127.5)	(13, 40)	(75, 110)	(10, 95)	(60, 110)	(10, 90)	(10, 273.7)
TDS (mg/L)	(40, 60)	(10, 20)	(30, 80)	(20, 75)	(10, 60)	(5, 40)	(50, 136.7)
Profondeur de l'eau (cm)	(70, 100)	(50, 100)	(40, 80)	(70, 120)	(40, 100)	(60, 70)	(30.6, 65)
Transparence de l'eau (cm)	(28.5, 38)	(10, 40)	(7, 25)	(15, 40)	(5, 30)	(20, 35)	(11.3, 16.3)
Superficie des étangs (are)	(1.58, 7.6)	(0.4, 4)	(0.6, 3.4)	(4, 5)	(0.4, 10.5)	(1.5, 5.2)	(5, 12.3)

Ces résultats montrent que l'élevage de la carpe commune peut être étendu dans les autres régions du Burundi présentant des étangs d'eau avec des conditions physico-chimiques similaires à celles du lac Rweru. Selon la FAO, 2009 la meilleure croissance est obtenue quand la température de l'eau oscille entre 23 et 30 °C. L'optimum thermique de la croissance se situe en générale entre 28-30 °C (Bruslé et Quignard, 2013). Quand la température est inférieure à 6°C, *C.carpio* cesse de se nourrir (Bruslé et Quignard, 2013). Les températures des provinces mentionnées dans le Tableau 5 et celle de la zone d'étude varient entre 18 et 28 °C, ce qui confirme la possibilité de survie de la carpe commune dans presque toutes les eaux des étangs du Burundi.

Concernant le pH, les résultats d'analyse repris au Tableau 5 et 6 montrent une variation des valeurs compris entre 6.1 et 8.57. Or, selon la FAO (2009), la gamme de pH optimal à laquelle la carpe commune peut survivre se situe entre 6,5 et 9,0. Donc cette espèce peut se rependre dans toutes les eaux du Burundi vis-à-vis du pH.

L'oxygène dissout dans les eaux du Burundi est compris entre 0.4 et 5.5 mg/L (Tableau 5et6). Les études précédentes ont révélé que la carpe commune peut survivre à des faibles concentrations d'oxygène (0,3-0,5 mg/litre) aussi bien qu'à une sursaturation (FAO, 2009). Cela assure la capacité d'adaptation de cette espèce dans les eaux du Burundi étant donnée qu'elle tolère les fluctuations de niveaux d'oxygène dissout comme conclut par l'étude faite par Rashid et *al*., (2018). Les concentrations de TDS et de la conductivité électrique des eaux des étangs du Burundi varient entre 5 et 136.7 mg/L et entre 10 et 273.7 µS/cm, respectivement (Tableau 5et6). Cela indique que ces eaux ne sont pas saumâtres et que de telles conditions ne constituent pas un facteur limitant pour l'apprivoisement de la carpe commune. En effet, les études précédentes ont montré que cette espèce supporte les eaux saumâtres avec une salinité maximale de 14-15 mg /l (Bruslé, 2001, Martin et *al*., 1998). En ce qui concerne la transparence des eaux et leur profondeur, le Tableau 6 montre qu'elles varient entre 5 et 40 cm et entre 30.6 et 120 cm, respectivement. Ces conditions sont favorables à la survie de la carpe commune qui préfère des habitats a faible intensité lumineuse (Martin et *al*., 1998). En plus, elle est photophobe ou lucifuge, en supportant les variations saisonnières (Bruslé, 2001, Martin et *al*., 1998). Elle s'adapte facilement dans les eaux à fonds vaseux et peu profondes où la végétation est dense (Feunteun et *al*., 2011).

La fertilisation de l'étang est nécessaire pour favoriser la prolifération des algues. Pour son alimentation, la farine d'escargot peut remplacer la farine de poisson comme ingrédient dans la fabrication d'aliment. En guise d'exemple, cette farine réduit le coût de l'alimentation des poissons comme s'est fait pour les poules pondeuses en Côte d'Ivoire (Diomandé et *al.*, 2008). En effet, la farine d'escargot *Achatina fulica* a été évaluée pour sa valeur nutritive et utilisée par des poules pondeuses. Elle a été introduite à différents taux (0, 1, 2, 3, 4, 5 et 6 %) dans les régimes alimentaires de poules pondeuses Isabrown de 16 semaines d'âge en substitution de la farine de poisson pendant 14 semaines d'expérimentation. La farine d'escargot a été plus riche en protéines (62,4 contre 58,2 %), en cendres (22,7 contre 20,0 %) et en calcium (7,7 contre 7,0 %) que la farine de poisson. Par contre, elle a été plus pauvre en matières grasses (4,3 contre 10,0 %) que celle de poisson. Les taux de matières sèches des deux farines ont été identiques.

L'analyse chimique des régimes alimentaires a montré que les taux de protéines augmentaient avec les teneurs croissantes de farine d'escargot. En revanche, ces régimes ont été de plus en plus pauvres en phosphore et en matières grasses lorsque leurs taux de farine d'escargot augmentaient. Les autres composantes chimiques (sucres, calcium, cendres) ont été identiques à celles du régime témoin ne contenant pas de farine d'escargot (RT). Par ailleurs, le prix de revient des régimes a diminué avec l'augmentation du taux de farine d'escargot dans ces régimes (Diomandé et *al*., 2008). De nombreux travaux ont démontré que les larves des mouches, en particulier celles de la mouche domestique (*Musca domestica*) et la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*, Linnaeus, 1758) permettent d'obtenir une source de protéines pouvant remplacer avantageusement les farines de poissons (Bouafou *et al.*, 2011 ; Van Huis, 2013 ; Makkar *et al*., 2014) et pouvaient être facilement produites en milieu rural (Koné *et al*., 2017 ; Pomalégni *et al.*, 2017a ; Kenis *et al.*, 2018 ; Sanou *et al.*, 2018 ; Ganda *et al*., 2019).

CONCLUSION

La présente étude a révélé une tendance au changement du régime alimentaire suivant les classes de tailles. Le *C. Carpio* se nourrisse généralement des détritus, aliments indéterminés, d'algues, de poissons, d'escargot et d'insecte terrestre. Les résultats ont montré la capacité des *C.carpio* de se nourrir des proies très diversifiées, indiquant une tendance omnivore du régime alimentaire de ce poisson dans le lac Rweru comme l'ont aussi observé plusieurs chercheurs ayant travaillé sur cette espèce originaire d'Asie. Il ressort de la présente étude que l'intensification de l'élevage de la carpe commune est possible au Burundi, avec possibilité d'avoir des aliments de ce poisson à moindre coût.

RECOMMANDATIONS

Au terme de cette étude, nous suggérons aux autorités compétentes de promouvoir l'intensification de l'élevage de la carpe commune au Burundi pour satisfaire les besoins en protéines animales dont la population burundaise a besoin. En plus, la farine d'escargot devrait être testée en remplacement de la farine de poisson pour voir son résultat dans l'élevage de *C. carpio*. En outre, la présente étude recommande l'établissement et le respect d'une bonne réglementation de l'aquaculture. Enfin, il est souhaitable que les chercheurs poursuivent les recherches sur ce thème en étudiant les effets du remplacement conjoint de la farine de poisson et de l'huile de poisson.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdelmajid H. (1975). L'élevage de la carpe en Tunisie. Quelques aspects de sa biologie.
2. Adjanke A. (2011). Formation en pisciculture : production d'alevins et gestion de ferme piscicole. Coordination togolaise des organisations paysannes et de producteurs agricoles. Lomé. http://www.roppa.info/
3. Ahlbeck I., Hansson S., and Hjerne O. (2012). Evaluating fish diet analysis methods by individual-based modelling Can. J. Fish. Aquat. Sci. 69: 1184–1201 (2012) doi:10.1139/F2012-051
4. Ali G., Mehmet Y., Ayse K., Semra B., 2010 Feeding properties of common carp (C. CarpioL. 1758) living in Hirfanli Dam Lake, Ankara, Turkey. Aquatic Ecology 18(2):545-556.
5. Attal M., Bouchelouche D., Baha M., Arab A.(2022). Variation saisonnière du régime alimentaire de la carpe (Cyprinuscarpio) au niveau du lac barrage Ghrib (Ain Defla) Algérie.
6. Baker R., Amanda B. et Marcus S., (2013). Fish gut content analysis: robust measures of diet Composition
7. BibentyoB. ,Balagizi A. , Aleke Lina , Matabaro L. etMbalassa M. (2018). Régime alimentaire de Clarias gariepinus (Burchell, 1822) (Clariidae, Teleostei) dans le réservoir de Nyangara, bassin du Lac Tanganyika à Uvira (Sud –Kivu, RD Congo). Annales des Sciences et des Sciences Appliquées, Vol 4(4/4, juillet 2018), 237-255
8. Biet B., Vollette J., Thirion J. (2021). Distribution et régime alimentaire hivernal de la Loutre d'Europe Lutralutra (Linnaeus, 1758) (Chordata, Mammalia, Carnivora) dans l'estuaire de la Gironde en Charente-Maritime. Annales de la société des sciences naturelles de la charente-maritime.
9. Billard, R. (1995) Les Carpes : Biologie et Elevage. Quae, 1ére édition Paris. 388 pp.
10. Bosanza Z.J.B., Mongeke M.M., Dongo P.E., Bobuya N.P., Zwave K.N., Ngbolua K.N. (2019). Effets de nourrissage et de la fertilisation minérale sur la croissance du poisson serpent (*Parachannainsignis*) en étang. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.,* 7:52-57.

11. Bouafou K.G.M., Konan B.A., Meite A., Kouame K.G. et Coulibaly K.S. (2011). Détermination du taux optimal de farine d'asticots séchés dans le régime du rat en croissance. Journal of Animal et Plant Sciences, Vol. 12, Issue 2: 1553-1559.
12. Bruslé J., Quignard J. P., (2013). Biologie des poissons d'eau douce européens. Lavoisier, PP : 175-176.
13. Bruslé J., Quignard J.P. (2001). Biologie des poissons d'eau douce européens. Ed. Technique et Documentation, Paris, 625p.
14. Christopher R. Penne (2008). Seasonal Distribution, Aggregation, and Habitat Selection of Common Carp in Clear Lake, Iowa Transactions of the American Fisheries Society 137:1050–1062, 2008 Copyright by the American Fisheries Society 2008 DOI: 10.1577/T07-112.1
15. Church M. R., Ebersole J. L., Rensmeyer K. M., Couture R. B.,Barrows F. T., and Noakes D. L.G. (2009). Mucus: a new tissue fraction for rapid determination of fish diet switching using stable isotope analysis Can. J. Fish. Aquat. Sci. 66: 1–5 doi:10.1139/F08-206).
16. Claire K. Apport nutritionnel du poisson dans notre alimentation (Acides gras) Disponible sur 2019. www.futurascience.com
17. Copp, G. H., Vilizzi, L., Mumford, J., Fenwick, G. V., Godard, M. J. etGozlan, R. E. (2009). Calibration of FISK, an invasive-ness screening tool for non-native freshwater fishes. Risk Analysis 29, 457–467.
18. Crespi V., New M. (2009). Cultured aquatic species fact sheets. Rome : FAO.
19. Dabbadie L. (1996). Etude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le centre-ouest de la cote d'Ivoire : approche du réseau trophique.Thèse de doctorat de l'université Paris6, 214 p.
20. Diomandé M, AllouKippré V, Koussémon M et Kaménan A (2008). Substitution de la farine de poisson par celle d'escargot (Achatinafulica) dans l'alimentation des poules pondeuses en Côte d'Ivoire. Livestock Research for Rural Development. Volume 20, Article #2. Retrieved April 5, 2024, fromhttp://www.lrrd.org/lrrd20/1/diom20002.htm

21. FAO (2006). The State of Worlds Aquaculture.FAO Technical Paper No 500, Rome, Italy. 80-88.
22. FAO. (2009). Fishery information, Data and statistics Unit. Fishstat plus: universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production 1950-2007. Version 230. FAO Fisheries Department Disponible sur 2009.
23. FAO; IFAD; WFP (2013). The State of Food Insecurity in the World. The Multiple Dimensions of Food Security; FAO: Rome, Italy, 2013; ISBN 978-92-5-107917-1.
24. FAO. (2016). The state of world fisheries and aquaculture 2016: Contributing to food security and nutrition for all. http://www.franciscoblaha.info/blog/2016/7/8/the-state-of-the-worldfisheries-and-aquaculture-2016.
25. FAO. (2020). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. FAO, Rome, Italie, 247 p.
26. FAO. (2022). La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022. Vers une transformation bleue. Rome, FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461fr
27. Feher, M., Fauszt, P., Tolnai, E., Fidler, G., Pesti-Asboth, G., Stagel, A., Szucs, I., Biro, S., Remenyik, J., Paholcsek, M., etStundl, L. (2021). Effects of phytonutrient-supplemented diets on the intestinal microbiota of C. Carpio. PloS One, 16(4), e0248537. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248537
28. Feunteun E., Persat H., Allardi J., Keith Ph., (2011). Les Poissons d'eau douce de France.Collection Inventaires et Biodiversité, publication scientifique du Muséum Biotope Edition.
29. Fontaine P, Legendre M., Vandeputte M., Fostier A, (2009). Domestication de nouvelles espèces et développement durable de la pisciculture. CahAgric, vol. 18, n° 2-3, mars-juin 2009.
30. Ganda H., Zannou-Boukari H.T., Keni, M., Chrysostome C.A.A.M. and Mensah G.A. (2019). Potentials of animal, crop and agri-food wastes for the production of fly larvae. Journal of Insects as Food and Feed 5: 59-67. DOI: https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0064. https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0064

31. García-Berthou E, (2001). Size- and depth dependent variation in habitat and diet of the common carp (C. Carpio). Emili Aquat sci 63 :466– 476.
32. Girum T. and Seyoum M. (2012). Macrophyte species composition, distribution and diversity in relation to some physicochemical factors in the littoral zone of Lake Ziway, Ethiopia. African Journal of Ecology. 51 : 66–77.
33. Hajlaoui W., Mili S., Troudi D. et Missaoui H. (2016). Étude De La Biologie De Reproduction Chez La Carpe Commune CyprinusCarpioCommunis Pêchée Dans La Retenue Du Barrage De Sidi Saad (Centre de la Tunisie) Bull. Soc. zool. Fr., 2016, 141(1) : 25-39.
34. Hyslop, E. (1980). Stomach contents analysis-a review of methods and their Application. Cath. Fish. Biol. (1980) 17, 411- 429.
35. Keith P. et Allardi J. 1997. Bilan des introductions de poissons d'eau douce en France. Bull. Fr. Pêche Piscic.,344/345 : 181-191.
36. Keith, P., Persat, H., Feunteun, E., Allardi, J., Adam, B., etGeniez, M. (2001). Les poissons d'eau douce de France. Les Poissons d'eau Douce de France, 552.
37. Kenis M., Bouwassi B., Boafo H., Devic E., Han R., Koko G., Koné N'G., Maciel-Vergara G., Nacambo S., Pomalegni S.C.B., Roffeis M., Wakefield M., Zhu F. and Fitches E. (2018). Small-scale fly larvae production for animal feed. In: Halloran, A., Flore, R. Vantomme, P. and Roos, N. (Eds.). Springer, pp 239-261. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_15
38. Keyombe,Yasindi W. Andrew, Oyugi O. (2017).Comparative assessment of diet and condition factor of *C. Carpio* and *Oreochromis leucostictus* in Lake Naivasha, Kenya James Last DalmasInt. J. Aquat. Biol. (2017) 5(3): 228-235DOI: ISSN: 2322-5270; P-ISSN: 2383-0956. www.ij-aquaticbiology.com
39. Khan T. A., 2003 Dietary studies on exotic carp (C. CarpioL.) from two lakes of western Victoria, Australia. Aquatic Sciences 65:272–286.
40. Khan, M. S. K., M. A. M. Siddique, and H. Zamal. (2013). Replacement of fish meal by plant protein sources in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet: Growth performance and utilization. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 12:855–63.

41. Koehn J.D. (2024). Carp(*C. Carpio*) as a powerful invader of Australian waterways.Freshwater Biology 49:882-894.
42. Kolek L., Szczygieł J., Napora R. Ł., et Irnazarow I., (2021).Effect of Trypanoplasmaborreli infection on sperm quality and reproductive success of common carp (*C. Carpio L*.) males. Aquaculture, (539). P: 736623
43. Koné N'G. Sylla M., Nacambo S. and Kenis M. (2017). Production of house fly larvae for animal feed through natural oviposition. Journal of Insects as Food and Feed 3: 177-186. DOI: https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0044
44. Kpogue D.N.S., Mensah G.A., Fiogbe E.D. (2013). A review of biology, ecology and prospect for aquaculture of *Parachannaobscura*.Reviews. *Fish Biology and Fisheries*, 23: 41-50.
45. Kulhanek, S. A., Leung, B., Ricciardi, A. (2011). Using ecological niche models to predict the abundance and impact of invasive species: application to the common carp. Ecological Applications, 21(1), 203-213. https://doi.org/10.2307/29779647
46. Kumaresan R., Vinitha K., et Kannan K., (2018).Mapping of *C. Carpio*research: a global Perspectives. Library Philosophy et Practice.
47. Lauzanne, L. (1975). Régime alimentaire et relations trophiques des poissons du lac Tchad. Cach. ORTOM, série Hydrobiol. Vol. x, n°4 :267-310.
48. Lauzanne L., (1976). Régimes alimentaires et relations trophiques des poissons du lac Tchad, Cah. ORSTOM, Série Hydrobiol., vol X (4), 267-310.
49. Lauzanne L., (1978). Étude quantitative de l'alimentation de Sarotherodongalilaeus (Pisces, Cichlidae) du lac Tchad. Cah. ORSTOM, série. Hydrobiol., 12, 71-81. PP : 175-176.
50. Lazard J, 2014. La diversité des pisciculturesmondiales illustrée par les cas de la Chine et du Nigeria. CahAgric 23 : 24-33. doi : 10.1684/agr.2014.0680)
51. Lévêque C., Paugy D., Teugels G.G. (1990). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'afrique de l'ouest. Tome 1, MRAC Tervuren, collection faune tropicale n°XXVII, pp.122-183

52. Lévêque, C. (1997). Biodiversity Dynamics and conservation: The freshwater Fish Tropical Africa.Cambridge University Press,UK.
53. Lévêque, C. (2006). Le peuplement ichtyologique des lacs peu profonds (pp. 341-353). In Lévêque, C. etPaugy, D. (Eds), Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD Éditions Paris.
54. Makkar H.P.S., Tran G., Heuze V. and Ankers P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology 197: 1-33. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008.
55. Marsden J. E. (1997) Common Carp Diet Includes Zebra Mussels and Lake Trout Eggs, 12:3, 491-492, DOI: 10.1080/02705060.1997.9663559
56. Martin M, Goubier V, Kokkidis M.J, Exbrayat J.M (1998). Comparative evolution of the ovary maturation of black-bass (*Micropterus salmoides*) according to the water temperature. PolskieArchiwHydrobil, 44(1-2) : 129-138.
57. Marques, R.C., Bernardi, J.V.E., Dorea, J.G., Brandao,K.G. , Bueno, L., Leao,R.S., Malm, O. (2013). Fish consumption during pregnancy,mercury transfer, and birth weight along the Madeira River Basin in Amazonia. Int. J. Environ. Res. Public Health 2013, 10 , 2150-2163. http://doi.org/10.3390/ijerph10062150
58. Masirika J. M. et al. (2020). Etude par la chaîne de valeur de la filière d'exploitation de Bagrusspp. Dans la partie congolaise des Lacs Albert et Edouard Int. J. Biol. Chem. Sci. 14(6): 2304-2321, August 2020 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)
59. Michel P., Oberdorff T. (1995). Feeding habits of fourteen european freshwater fish Species. *Cybium*, 19(1) : 5-46.
60. Mohanty RK, Mishra A, 2003. Successful rice–fish integrated farming adopting rainwater conservation measures. FishingChimes 22 : 97-9.
61. Morissens P., Oswald M., Sanchez F., Hem S., sous presse .1996. Approche de nouveaux modèles d'exploitation piscicole adaptés au contexte rural ivoirien.

62. Mounia T. (2019). L'effet des Helminthes parasites sur la biologie de quelques poissons d'eau douce (Cyprinuscarpio, Luciobarbuscallensis et Abramis brama) peuplant le Barrage de Beni Haroun (Wilaya de Mila, Est d'Algérie),thèse de doctorat
63. Mounia F. M., ChahinezB.,Nouha K., Naima K., Amel M., Mourad B. (2018). Feeding habits of C. Carpio in Foum El-Khanga Dam, Souk-Ahras, AlgeriaAACLBioflux, 2018, Volume 11, Issue 2. http://www.bioflux.com.ro/aacl 554-564p
64. Munguti, J., H. Charo-Karisa, M. A. Opiyo, E. O. Ogello, E. Marijani, L. Nzayisenga, and D. Liti. (2012). Nutritive value and availability of commonly used feed ingredients for farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*L.) and African catfish (*Clariasgariepinus*, Burchell) in Kenya, Rwanda and Tanzania. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition andDevelopment*12 (51):6135–55. doi:10.18697/ajfand.51.11085.
65. Naik G., Rashid M., Balkhi M. H., Bhat F. A., 2015 Food and feeding habits of C. CarpioVar. communis: a reason that decline Schizothoracine fish production from Dal Lake of Kashmir Valley. Fisheries and Aquaculture Journal 6: 155. doi:10.4172/2150-3508.1000155.
66. Nakagawa Heisuke (2007). Evaluation of Quality in Cultured Fish. http://cabidigitallibrary.orggby154. 117.23.129
67. Nelson, J.S., 1994.- Fishes of the world. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York, p.600.
68. Nelson, J. S., Grande, T. C., et Wilson, M. V. (2016). Fishes of the World. John Wileyet Sons.
69. Niyonkuru C, Bullock M. Andy (2009). Stratégie Agricole Nationale du Burundi 208-2015. Juillet 2008). Etude Sur La Politique Sectorielle D'utilisation De L'eau Et L'agriculture. Usaid Burundi Policy Reform Project Consultants: M. Andy BULLOCK, Consultant international Dr. Charles, Consultant National Bujumbura, juin 2009 p87)
70. Niyonkuru C, Nibona E et Moreau J, (2015). Characteristics,constraints and perspectives of the fish farming in Burundi.Journal of Environmental Science and Engineering B 4 (2015) 240-249 doi:10.17265/2162-5263/2015.05.002
71. Ntakimazi, G. (1985).Hydrobiologie du Bugesera. En particulier des lacs Cohoha sud et Rweru en vue d'une gestion qualitative de la forme piscicole. Vo. I et II, Thèse de doctorat, F.U.L. 454 p.

72. Ntakimazi, G. (2006). Etude d'adaptation aux changements climatiques: Les écosystèmes naturels humides. Projet Préparation du Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques (PANA). MINATTE/PNUD-GEF, 43 P.
73. Nyina-wamwiza, L., B. Wathelet, and P. Kestemont. (2007). Potential of local agricultural by-products for the rearing of African catfish, Clariasgariepinus in Rwanda: Effects on growth feed utilization and body composition. *Aquaculture Research*38 (2):206–14.doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01658.x.
74. Nzigidahera,B., Fofo, A. et Misigaro A.(2005) : Paysage Aquatique Protèg de Bugesera : Etude d'identification. MINATTE/INECN. 95 p
75. Pagadi S. (2017). Valeur nutritive des produits de la pêche: Composition chimique du poisson. COMHAFAT-ATLAFCO, Casablanca, Maroc 2017, 10.
76. Plan d'Action de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau du Burundi. Etat des lieux sur la gestion du secteur eau au Burundi. Rapport du Comité technique National de l'Eau. 2008.
77. Plisnier P.-D., Micha J.-C. et Frank V. 1988. — Biologie et exploitation des poissons du lac Ihema (Bassin Akagera, Rwanda). Namur, Presses Universitaires de Namur : 212 p .
78. Pomalégni S.C.B., Gbemavo D.S.J.C., Kpadé C.P., Kenis M. and Mensah G.A. (2017). Traditional use of fly larvae by small poultry farmers in Benin. Journal of Insects as Food and Feed 3, 187-192. DOI: https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0061
79. Paugy D. etLevêque C., 1999. Régimes alimentaires et réseaux trophiques. In Lévèque, C. et D. Paugy, (eds): Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme. Editions de l'IRD, Paris: pp 167-190.
80. Pradeepkiran J. A. (2019).Aquaculture role in global food security with nutritional value : a review .Tranitionalscience,Volume 3,isue 2,March 2019, 903-910p. https://doi.org/10.10 93/tas/txz012
81. Rashid I., Kumar P.A., Kumar R., Srivastava P., Singh M., Murali S., Kushwaha B. (2019). Genome-wide Comparative analysis of HIF binding sites in C. Carpio for in silcoidentification of functional hypoxia response elements. Sec.Computational Genomics, 10 :2019. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00659.

82. République du Burundi and F.A.O. (2009). Programme National de sécurité alimentaire (PNSA) (2009-2015). Burundi: Agriculture Et De Elevage.
83. République du Burundi. 2008. Recensement général de la population et de l'habitat. Burundi: Ministère de l'Intérieur.
84. Rishikanta, N., Singh, S., Das, K., Kumar, S., Behera, S., Nagesh, T.S. (2015). Length-weight relationship and condition factor of *Cyprinuscarpio*reared in bheries of South 24 Parganas district in West Bengal, *International Journal ofFisheries and Aquatic Studies*. 6: 239–242.
85. Roland B. L'aquaculture en Union Soviétique. Pisciculture Française d'Eau Vive et d'Etang, 1975, 41, pp.32-39. hal-01601115
86. Sahtout F., Boualleg C., Kaouachi N. (2018). Feeding habits of C. Carpio in Foum El-KhangaDam, Souk-Ahras, Algeria. Aquaculture, Aquarium, ConservationetLegislation, 11.2:554-564.
87. Sanou A.G., Sankara F., Pousga, S., Coulibaly K., Nacoulma J.P., Kenis M., Clottey V.A., Nacro S., and Somda I. (2018). Indigenous practices in poultry farming using maggots in Western Burkina Faso. Journal of Insects as Food and Feed 4: 219-228. Doi: https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0004.
88. Sarr S. M. , Thiam A., Faye El H. , Sene M. et Ndiaye M.(2015). Production of young Tilapia fish (Oreochromis niloticus) with 3 foods containing under agroindustrial products in the North of Senegal. S. M. SARR et al. / Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(5): 2598-2606, 2015 DOI : http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.29 Available online at http://www.ifg-dg.org
89. Schultz K., (2010). Ken Schultz's field guide to freshwater fish. John Wiley et Son.
90. Syed N., Shah T.H., Balkhi M.H., Bhat F.A., Abubakr A. Wani I.F. (2020). Lengh-weight relationship and condition factor of C. Carpio var. communis in Manasbal Lake, Kashmir, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(2):1539-1544.
91. Tesfaye A., Getahun A. and Fetahi T. (2020). Food and feeding habits of the juvenile and adult Common carp (C. Carpio) in Lake Ziway, Ethiopia SINET: Ethiop. J. Sci., 43(2):77–87, ISSN: 0379–2897 (PRINT).
92. Terofal F. (1987). Les poissons d'eau douce. Edition Solar, Paris, 287pp.

93. Torrans(2013). Projet d'aquaculture UA-BIRA et FAO 7 - 28 juillet 2013.Soumis au Bureau interafricain des ressources animales de l'Union africaine par Dr. Les Torrans, Chercheur ichtyobiologisteSpécialste en production de poisson (les.torrans@ars.usda.gov; 662-390-3882)
94. Turon F, Villeneuve P, et Michelle P. Amélioration de la qualité nutritionnelle d'huiles des poissons. CIRAD, Laboratoire de Lipotechnie. TABLE 40/16, 34398, Montpellier cedex, France 2003, 6.
95. Van Huis A., Van Itterbeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G. and Vantomme P. (2013). Edible insects future prospects for food and feed security. FAO forestry paper 171, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
96. Vilizzi, L., Copp, G. H. (2017). Global patterns and clines in the growth of common carp C. Carpio. Journal of Fish Biology, 91(1), 3-40. https://doi.org/10.1111/jfb.13346
97. Yemelong S. W. D., Towa N.A.,Ewoukem E. T. (2022). Effect of artificial food and zooplankton on the gut bacterial flora and growth characteristics of common carp (C. Carpio) /Int. J. Biol. Chem. Sci. 16(2): 721-732, April 2022 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). Available online at http://www.ifgdg.org.
98. Yılmaz, Ö., etCerim, H. (2022). Some Population Parameters of C. Carpio (L., 1758) From Yeşilırmak (Samsun, Türkiye). Acta Natura et Scientia, 3(2), 126-136..Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.https://doi.org/10.29329/actanatsci.2022.352.05)