



UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE

**UFR ENVIRONNEMENT**

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :

2020-2021

N° D'ORDRE : 0401/2021

N° CARTE D'ETUDIANT :

CI 0414006238

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET  
ECOLOGIE TROPICALE

# MASTER

**BIODIVERSITE ET GESTION DURABLE DES ECOSYSTEMES**

Option : GESTION ET CONSERVATION DURABLE DE LA FAUNE SAUVAGE

THEME :

**Diversité morphologique des otolithes chez trois  
familles de poisson du lac de barrage de Buyo  
(Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)**

Présenté par :

OUATTARA Zana Issouf

JURY :

**Président : M. KOFFI Béné Jean-Claude, Professeur Titulaire,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Directeur : M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Examineur : M. KONE Mamadou, Maître-Assistant,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

Soutenu publiquement le :

05/10/2021



**UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE**

**UFR ENVIRONNEMENT**

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

-----  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique

**ANNEE ACADEMIQUE :**

**2020-2021**

**N° D'ORDRE : 0401/2021**

**N° CARTE D'ETUDIANT :**

**CI 0414006238**

**LABORATOIRE :**

**BIODIVERSITE ET  
ECOLOGIE TROPICALE**

# MASTER

**BIODIVERSITE ET GESTION DURABLE DES ECOSYSTEMES**

**Option : GESTION ET CONSERVATION DURABLE DE LA FAUNE SAUVAGE**

**THEME :**

**Diversité morphologique des otolithes chez trois  
familles de poisson du lac de barrage de Buyo  
(Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)**

**Présenté par :**

**OUATTARA Zana Issouf**

**JURY :**

**Président : M. KOFFI Béné Jean-Claude, Professeur Titulaire,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Directeur : M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Examineur : M. KONE Mamadou, Maître-Assistant,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Soutenu publiquement le :**

**05/10/2021**

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....iv

LISTE DES ABREVIATIONS .....vi

LISTE DES TABLEAUX .....vii

LISTE DES FIGURES .....viii

INTRODUCTION..... 0

PREMIERE PARTIE : GENERALITES ..... 2

    I.1. Milieu d'étude ..... 3

        I.1.1. Caractéristiques générales du lac de barrage de Buyo ..... 3

        I.1.2. Production halieutique du lac de barrage de Buyo..... 4

        I.1.3. Description de quelques familles de poisson du lac de Buyo ..... 4

            I.1.3.1. Famille des Cichlidae ..... 4

            I.1.3.2. Famille des Cyprinidae ..... 5

            I.1.3.3. Famille des Alestidae ..... 5

    I.2. Otolithes ..... 6

        I.2.1. Définition et composition des otolithes..... 6

        I.2.2. Position et fonction des otolithes ..... 7

        I.2.3. Morphologie des otolithes sacculaires ..... 8

        I.2.4. Facteurs influençant la morphologie des otolithes ..... 10

        I.2.5. Importance des otolithes dans la science..... 10

            I.2.5.1. Otolithes en Biologie aquatique ..... 10

            I.2.5.2. Otolithes en paléontologie..... 11

            I.2.5.3. Otolithes en écologie..... 11

            I.2.5.4. Otolithes en archéologie..... 11

DEUXIEME PARTIE : ..... 11

MATERIEL ET METHODES ..... 11

    II.1. Matériel..... 12

        II.1.1. Matériel biologique..... 12

## Table des matières

---

II.1.2. Matériel technique .....	12
II.1.2.1. Matériel de traitement des poissons.....	12
II.1.2.2. Matériel de traitement des otolithes.....	12
II.1.2.3. Autre matériel .....	13
II.2. Méthodes.....	13
II.2.1. Identification et mensuration des poissons .....	13
II.2.2. Prélèvement des otolithes .....	14
II.2.3. Mensuration des otolithes .....	14
II.2.4. Critères de description des otolithes .....	16
II.2.5. Traitements statistiques.....	16
II.2.5.1. Test de Wilcoxon .....	16
II.2.5.2. Corrélation et régression linéaire .....	17
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS .....	17
III.1. Résultats .....	18
III.1.1. Diversité spécifique des familles de poisson étudiées.....	18
III.1.2. Caractéristiques qualitative et quantitative des otolithes des espèces de poisson étudiées	21
III.1.2.1. Coptodon zillii.....	21
III.1.2.2. Hemichromis bimaculatus.....	21
III.1.2.3. Hemichromis fasciatus .....	22
III.1.2.4. Oreochromis niloticus .....	22
III.1.2.5. Sarotherodon galilaeus .....	23
III.1.2.6. Sarotherodon melanotheron .....	24
III.1.2.7. Brycinus imberi.....	25
III.1.2.8. Brycinus macrolepidotus.....	25
III.1.2.9. Brycinus nurse .....	26
III.1.2.10. Enteromius macrops .....	27
III.1.2.11. Labeo coubie .....	27
III.1.3. Caractères distinctifs des familles .....	28

## Table des matières

---

III.2. Relations morphométriques entre la longueur total du poisson et celle de son otolithe.....	30
III.2.1. Comparaison des otolithes droit et gauche .....	30
III.2.2. Relation longueur du poisson-longueur de l'otolithe .....	30
III.3. Discussion .....	35
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	35
REFERENCES .....	35

## **REMERCIEMENTS**

Au terme de ce travail, il nous est particulièrement agréable de remercier toutes les personnes qui ont contribué, à divers niveaux, à le mener à son terme.

Nous exprimons notre infinie reconnaissance au Professeur TIDOU Abiba Sanogo Epouse KONE, Professeur Titulaire, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour son soutien à la Recherche Scientifique et la mise à disposition d'un cadre propice au travail.

Nous sommes particulièrement reconnaissants au Professeur KONE Tidiani, Professeur Titulaire, Vice-président en charge de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique à l'Université Jean Lorougnon Guédé et Directeur Scientifique de ce travail. C'est un véritable honneur qu'il nous fait en acceptant la direction de ce travail. Merci de nous faire profiter de vos qualités scientifique et humaine.

Nous exprimons notre gratitude au Directeur de l'UFR Environnement, Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire, pour avoir autorisé notre inscription en Master 2.

Merci au Professeur, KOFFI Béné Jean-Claude, Professeur Titulaire, Directeur du Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale.

Nous remercions tous les enseignants de l'Université Jean Lorougnon Guédé, en particulier, Docteur AHON Didier Bernard, Maître-assistant, Responsable du parcours Biodiversité Gestion Durable des Ecosystèmes Tropicaux, pour son dynamisme et sa disponibilité.

Nous sommes reconnaissants aux enseignants-chercheurs de l'équipe Hydrobiologie, les Docteurs, ASSEMIAN N'Guéssan Emmanuel, N'GORAN Kouamé Germain, BONY Kotchi Yves, BOUSSOU Koffi Charles (Maîtres de Conférences), KONE Mamadou, KOUAME Martin (Maîtres-assistants), DJIRIEOULOU Kémomadjèhi Claver, MONNEY Attoubé Ida, (Assistant) et aux Docteurs ASSI Romuald, DOFFOU Richard Jean-Olive, ATTOUNGBRE Severin pour leur disponibilité et leur contribution à cette étude.

Nos remerciements vont également à l'endroit du Docteur N'DRI Olga Rosemonde, Epouse AKA pour ses qualités humaine et intellectuelle. Nous éprouvons à son égard un sentiment de profonde estime et d'infinie reconnaissance pour son implication et ses précieux conseils.

Nous associons à ces remerciements, tous nos camarades de Master 2, Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes, option faune sauvage de la promotion 2020-2021, pour le soutien, les encouragements et surtout la bonne ambiance que nous avons su entretenir.

Nous exprimons notre gratitude aux membres de notre famille dont la sympathie, les encouragements et les marques de soutien tant affectif que matériel ont été de réelles sources de motivation.

## Remerciements

---

Parmi eux, je pense particulièrement à mon père feu OUATTARA Mounirou et à ma mère Minata OUATTARA pour m'avoir accordé toute leur confiance, leur soutien ; je leur suis reconnaissante pour leur compréhension, leur patience et leurs marques d'attention et d'amour surtout dans les moments difficiles.

Merci à mes frères et sœurs ainsi qu'à toute ma famille proche ou éloignée pour leur soutien moral, leurs conseils, leurs encouragements et leur soutien moral et financier dans la réalisation de ces travaux.

**LISTE DES ABREVIATIONS**

FAO : Food and Agriculture Organization

Lap : Longueur antéropostérieure

LT : Longueur totale du poisson

P : Probabilité



**LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau I** : Richesse taxonomique des poissons échantillonnés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021. .... 18

**Tableau II** : Résultat des tests de Wilcoxon pour comparer les otolithes gauche et droit des 11 espèces étudiées. .... 31

**Tableau III** : Paramètres des équations exprimant la relation entre la longueur antéropostérieure de l'otolithe et la longueur totale du poisson chez 11 espèces de poisson capturées dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021. .... 32

**LISTE DES FIGURES**

**Figure 1:** Localisation du Lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire). ..... 3

**Figure 2 :** Position des otolithes à l'intérieur de l'oreille interne des poissons (d'après Feutry,2011). ..... 8

**Figure 3 :** Dessin schématique indiquant les principaux caractères du pourtour et de la face interne (Chaine et Duivergier, 1934)...... 9

**Figure 4:** Photographie des trois familles de poissons capturés dans le lac de barrage de Buyo ..... 12

**Figure 5 :** Matériel de traitement des poissons ..... 12

**Figure 6 :** Matériel de traitement des otolithes..... 13

**Figure 7 :** Photographie montrant quelques étapes du prélèvement des otolithes. .... 15

**Figure 8 :** Photo numérique de la sagitta montrant les mesures effectuées dans cette étude.. 16

**Figure 9 :** Photographie des six espèces de la famille des Cichlidae capturés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021..... 19

**Figure 10 :** Photographie des trois espèces de la famille des Alestidae capturés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021..... 20

**Figure 11 :** Photographie des deux espèces de la famille des Cyprinidae capturés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021. .... 20

**Figure 12 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Coptodon zillii* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. .... 21

**Figure 13 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Hemichromis bimaculatus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. .... 22

**Figure 14 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Hemichromis fasciatus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. .... 22

**Figure 15 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Oreochromis niloticus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. .... 23

**Figure 16 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Sarotherodon galilaeus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. .... 24

**Figure 17 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Sarotherodon melanotheron* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021..... 24

**Figure 18 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Brycinus imberi* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. .... 25

<b>Figure 19 :</b> Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce <i>Brycinus macrolepidotus</i> capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. ....	26
<b>Figure 20 :</b> Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce <i>Brycinus nurse</i> capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. ....	26
<b>Figure 21 :</b> Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce <i>Enteromius macrops</i> capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. ....	27
<b>Figure 22 :</b> Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce <i>Labeo coubie</i> capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. ....	28
<b>Figure 23 :</b> Photographie de la face interne des otolithes droits des 11 espèces de poisson capturées dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021. ....	29
<b>Figure 24 :</b> Relation entre la longueur antéropostérieure de l'otolithe droit et la longueur totale du poisson chez six espèces de la famille des Cichlidae capturées dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021. ....	33
<b>Figure 25 :</b> Relation entre la longueur antéropostérieure de l'otolithe droit et la longueur totale du poisson chez trois espèces de la famille des Alestidae capturées dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021. ....	34
<b>Figure 26 :</b> Relation entre la longueur antéropostérieure de l'otolithe droit et la longueur totale du poisson chez deux espèces de la famille des Ciprinidae capturées dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021. ....	34

## **INTRODUCTION**

Le poisson constitue une ressource accessible d'aliments nutritifs et de protéines animales pour une grande partie de la population mondiale. Dès lors, il est admis que les ressources halieutiques ne sont pas inépuisables (Jamet & Lagoin, 1981). Cependant, dans les pays en voie de développement, la fin des années 1990 a marqué le début de la diminution des captures globales dans les eaux continentales (FAO, 2002). En Afrique, parmi toutes les ressources de protéines ingérées, le poisson et les produits de la mer se classent quatrièmes, après les céréales, les légumineuses et le lait (FAO, 2016). Ainsi, approvisionner les populations constitue un véritable challenge pour les gouvernements, surtout à cette époque où les consommateurs s'intéressent de plus en plus à la qualité de leur alimentation ; vu la pollution croissante des milieux aquatiques. Dans un tel contexte, il apparaît important de gérer durablement les stocks halieutiques et cela passe nécessairement par une meilleure connaissance de la biologie et l'écologie des poissons.

Chez les organismes ichtyophages, la présence d'otolithes dans les estomacs est capable de fournir des informations importantes sur l'individu consommé. Les otolithes ont une forme distinctive qui est souvent caractéristique de l'espèce de poisson à laquelle ils appartiennent (Veen *et al.*, 2005). C'est pour quoi les hydrobiologistes, ainsi que les taxinomistes et les archéologues, se fient souvent à la forme et à la taille des otolithes conservés ou non digérés pour déterminer quelles étaient les espèces et la taille des poissons consommés par les prédateurs (Olsson & North, 1997). Les relations entre l'otolithe et le poisson ont été étudiées par plusieurs auteurs (Echeveria, 1987 ; Campana *et al.*, 1993 ; Aydin *et al.*, 2004 & Veen *et al.*, 2005). Aussi, d'autres chercheurs ont réussi à mesurer la durée du cycle de reproduction du poisson (Seret & Opic, 2011) et à calculer leur âge (Panfili & Tomás, 2001) grâce à cette structure. Dès lors, l'otolithe apparaît comme une pièce incontournable dans l'étude des poissons.

En Côte d'Ivoire, les travaux réalisés en ichtyologie ont permis de connaître la biodiversité des poissons (Kamelan, 2014), leur écologie alimentaire (Kouamélan, 1999), leur reproduction (Koné, 2000) ainsi que leurs zones de reproduction (N'Dri, 2020). Cependant, le domaine de l'otolithologie reste encore peu exploré et les relations concernant les espèces d'eau douce ivoiriennes et leurs otolithes sont encore méconnues.

La présente investigation vise donc à fournir des données morphologiques et morphométriques des otolithes chez quelques familles de poissons du lac de barrage de Buyo en Côte d'Ivoire. De façon spécifique, il s'agit de :

- inventorier les familles des poissons collectées ;

- décrire la forme des otolithes des espèces collectées ;
- étudier les relations entre la longueur, la largeur et le poids du poisson et celle de son otolithe.

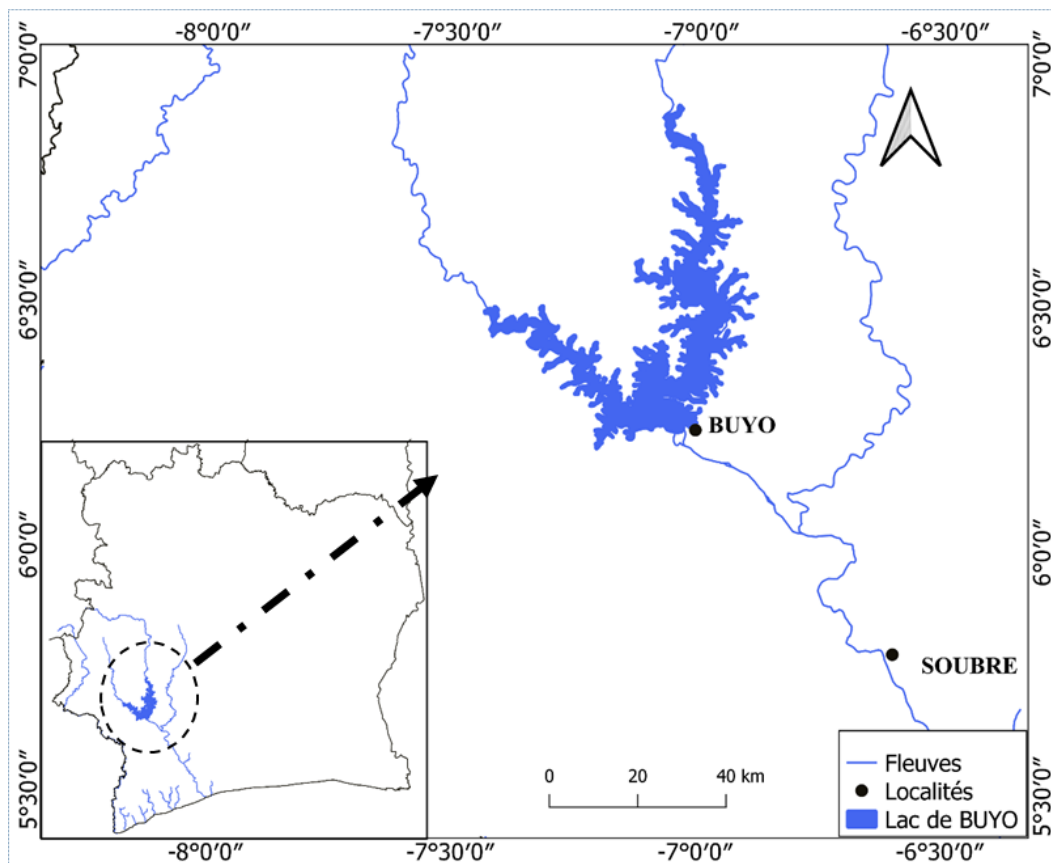
Outre l'introduction et la conclusion, le présent mémoire présente trois parties. La première, traite des généralités. La seconde partie porte sur le matériel utilisé et les méthodes employées pour atteindre les objectifs fixés. Les résultats obtenus sont exposés et discutés à la troisième partie.

**PREMIERE PARTIE :**  
**GENERALITES**

## I.1. Milieu d'étude

### I.1.1. Caractéristiques générales du lac de barrage de Buyo

Avec une superficie moyenne estimée à 600 km<sup>2</sup>, le lac de Buyo (Figure 1) constitue le deuxième plus grand lac de barrage hydroélectrique de Côte d'Ivoire après celui de Kossou. Il est compris entre 06°54' et 07°31' de longitude ouest et 01°14' et 07°03' de latitude nord avec un bassin versant de 75000 km<sup>2</sup> (Anonyme, 1999). Le régime hydrologique du lac dépend de celui du fleuve Sassandra, de l'affluent primaire N'Zo et des précipitations de la région (Traoré, 1989a). A l'instar des barrages hydroélectriques de Kossou et de Taabo sur le fleuve Bandama, d'Ayamé I et II sur la rivière Bia, celui de Buyo a changé l'hydrologie du lit principal du fleuve Sassandra.



**Figure 1:** Localisation du Lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire)

En moyenne, la ville de Buyo enregistrait 2000 à 2500 mm de pluies (Anonyme, 1999), ce qui en fait le pôle forestier et pluviométrique de la Côte d'Ivoire. La variation annuelle de



température est de l'ordre de 3 °C (de 24 à 27 °C). L'humidité relative est toujours très élevée, variant de 70 à 90 % (Aloko, 2001).

### **I.1.2. Production halieutique du lac de barrage de Buyo**

Depuis la mise en eau du lac de barrage de Buyo, la production annuelle des pêcheries a connu une augmentation régulière d'année en année, passant de 1553 tonnes en 1982 à 10500 tonnes en 1989 (Traoré, 1996 ; Vanga, 1998). Les études menées par l'IDESSA ont montré que l'exploitation halieutique du lac est basée essentiellement sur la capture de cinq espèces (Traoré, 1996) : *Oreochromis niloticus*, *Heterotis niloticus*, *Sarotherodon galilaeus*, *Chrysichthys maurus* et *Coptodon zillii*. Seules trois familles de poissons sur les dix-sept (17) que comporte le lac participent de façon significative à la production halieutique (Traoré, 1989b). Il s'agit des familles des Cichlidae, des Osteoglossidae et des Claroteidae. Hormis la première année (1982) où les Characidae ont montré une prépondérance dans les captures, ces trois principales familles ont toujours fourni plus de 80 % des captures.

La famille des Cichlidae est de loin la mieux représentée dans les captures réalisées par les pêcheurs. En effet, dans la zone de pêche de Buyo, les Cichlidae représentent plus de 61,7 % des captures totales (dont 38,3 % de *Oreochromis niloticus*, 7,8 % de *Sarotherodon galilaeus*, 9,8 % de *Coptodon zillii* et 5,8 % de *Hemichromis fasciatus*). Dans la zone de pêche de Guessabo, les Cichlidae représentent 70 % des captures totales (dont 58,2 % de *Oreochromis niloticus*, 6,8 % de *Sarotherodon galilaeus*, 4,2 % de *Coptodon zillii* et 0,8 % de *Hemichromis fasciatus*). Dans la zone de pêche de Guiglo, les Cichlidae ont fourni en moyenne 70,4 % des captures totales avec 59,9 % de tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*, 7,2 % de *Sarotherodon galilaeus*, 2,9 % de *Coptodon zillii* et 0,4 % d'*Hemichromis fasciatus*.

### **I.1.3. Description de quelques familles de poisson du lac de Buyo**

#### **I.1.3.1. Famille des Cichlidae**

La famille des Cichlidae appartient au sous-ordre des Labroidei, qui compte aussi des familles comme les Pomacentridés (Poisson clown) ou les Scaridés (Poisson perroquet). Cette famille comporte plus de 200 genres et entre 1 600 et 1 800 espèces, réparties principalement en Afrique, en Amérique centrale, Amérique du Sud, Texas (une espèce), Israël, Madagascar, Syrie, Iran, Sri Lanka et sur les côtes sud des Indes. De nombreuses espèces sont importées et parfois élevées en Europe à des fins aquariophiles, en raison de leurs couleurs vives et de leurs mœurs parfois évoluées.

La position systématique des Cichlidae selon Emília (2017) est :

Règne	:	Animalia
Embranchement	:	Chordata
Sous-embranchement	:	Vertebrata
Super-classe	:	Osteichthyes
Classe	:	Actinopterygii
Sous-classe	:	Neopterygii
Infra-classe	:	Teleostei
Super-ordre	:	Acanthopterygii
Ordre	:	Perciformes
Sous-ordre	:	Labroidei
Famille	:	Cichlidae

### **I.1.3.2. Famille des Cyprinidae**

Les Cyprinidés (Cyprinidae) forment la plus grande famille de poissons d'eau douce, comprenant environ 3 000 espèces réparties dans 370 genres (Eschmeyer & Fong, 2015). Ils sont caractérisés par un corps généralement recouvert de larges écailles cycloïdes, une tête nue, des nageoires pelviennes insérées au milieu de l'abdomen et une forme généralement allongée. En Afrique, environ 25 genres sont connus du Maghreb jusque dans les régions tropicales et subtropicales.

La position systématique de cette famille selon Nelson (2006) se présente comme suit :

Règne	:	Animalia
Embranchement	:	Chordata
Sous-embranchement	:	Vertebrata
Super-classe	:	Osteichthyes
Classe	:	Actinopterygii
Sous-classe	:	Neopterygii
Infra-classe	:	Teleostei
Super-ordre	:	Ostariophysi
Ordre	:	Cypriniformes
Super-famille	:	Cyprinoidea
Famille	:	Cyprinidae

### **I.1.3.3. Famille des Alestidae**

La famille des Alestidae, autrefois identifiée Alestinae au sein des Characidae comprend environ 110 espèces de petites et moyennes tailles largement distribuées dans la plupart des bassins de l'Afrique intertropicale sub-saharienne (Greenwood *et al.*, 1966). Les espèces de cette famille ont des formes variées et une écologie assez diversifiée. Les Alestidae rassemblent la plupart des Characiformes africains, excepté les Hepsetidae, Distichodontidae et Citharinidae. Des questions plus larges, comme celle de la réelle position des Alestidae au sein des Characiformes et des relations entre les genres au sein de la famille, demeurent, à l'heure actuelle, en grande partie sans réponse. Cette absence de conclusions suggère donc quelques doutes quant à la validité de l'actuelle et traditionnelle classification proposée par Brewster (1986) et Meyer (1987).

La position systématique de cette famille se décline comme suite :

Règne	:	Animalia
Sous-règne	:	Bilateria
Infra-règne	:	Deuterostomia
Embranchement	:	Chordata
Sous-embranchement	:	Vertebrata
Super-classe	:	Osteichthyes
Classe	:	Actinopterygii
Sous-classe	:	Neopterygii
Infra-classe	:	Teleostei
Super-ordre	:	Ostariophysi
Ordre	:	Characiformes
Famille	:	Alestidae

## **I.2. Otolithes**

### **I.2.1. Définition et composition des otolithes**

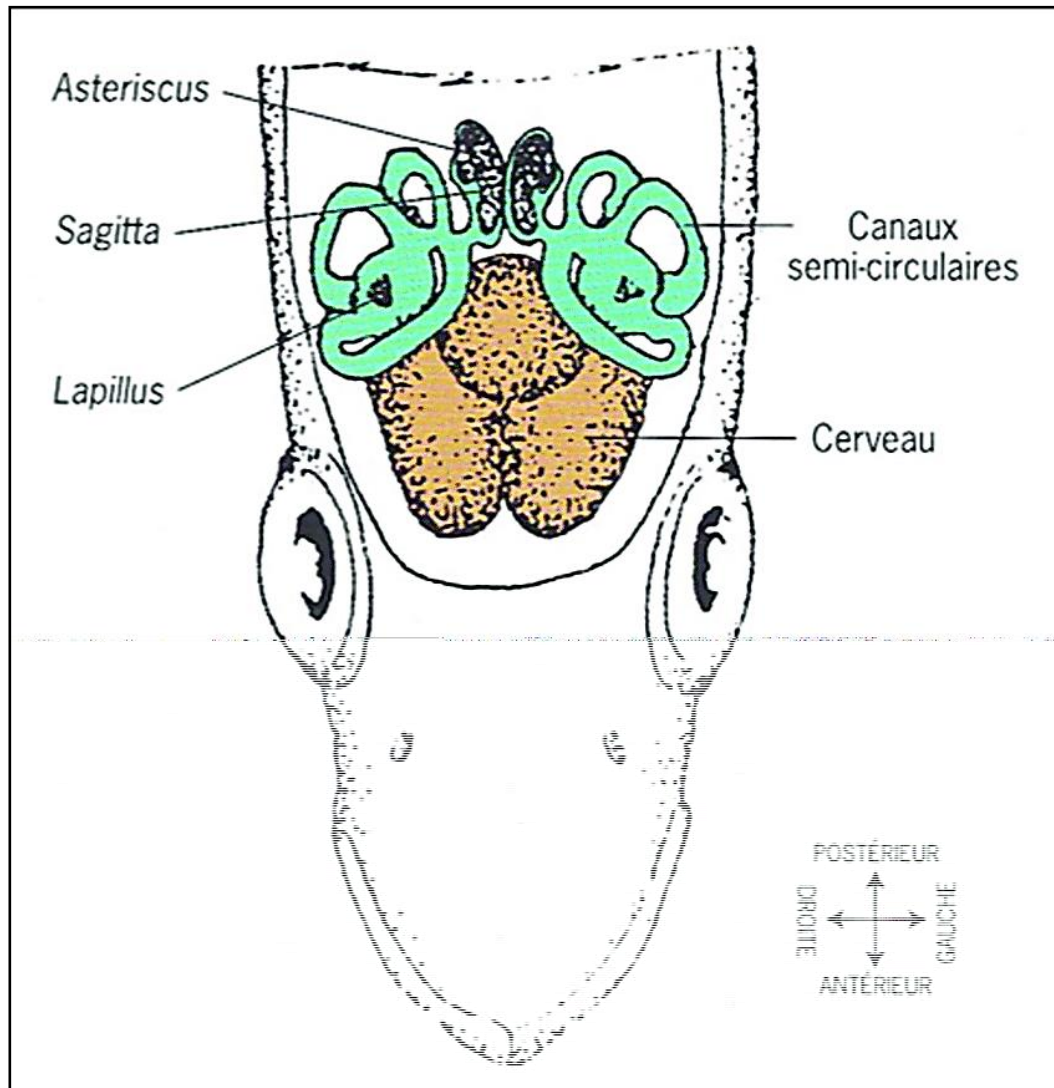
L'otolithe (*oto* : oreille ; *lithos* : pierre) ou poussière d'oreille est une concrétion minérale trouvée dans le système vestibulaire de l'oreille interne des vertébrés et un constituant normal de cet organe (Pannella, 1971). Il est constitué d'aragonite, une forme cristallisée de carbonate de calcium, fixée sur une matrice organique composée largement d'une protéine proche de la kératine (Degens *et al.*, 1969). Contrairement au calcium squelettique qui peut être mobilisé pour l'homéostasie (Simkiss, 1974), les otolithes ne semblent pas sujets à des résorptions minérales, excepté en cas de stress extrême (Mugiya & Uchimura, 1989). Pannella (1971) a été

le premier à décrire les accroissements primaires dans les otolithes et il a suggéré qu'ils sont déposés quotidiennement.

### **I.2.2. Position et fonction des otolithes**

Les otolithes participent à l'estimation des accélérations linéaires et jouent ainsi un rôle dans l'équilibration de l'organisme. Si, chez l'humain, ces structures mesurent de 3 à 19  $\mu\text{m}$  de longueur, elles sont généralement beaucoup plus grosses chez les Téléostéens et peuvent atteindre plusieurs centimètres. Chez les Ostéichthyens, l'oreille interne est composée de trois parties, l'utricule, le saccule et la lanгаа, chacune d'elle contenant une paire d'otolithes existantes, respectivement la sagitta, le lapillus et l'astericus (Figure 2).

Par ailleurs, les otolithes sont impliqués dans la mécano-réception, agissant comme transducteurs de sons électromécaniques et de déplacements (Popper & Hoxter, 1981). Ils ajoutent leur inertie de masse à la couche gélatineuse des trois sacs otiques, augmentant leur sensibilité aux forces de gravitation et d'accélération linéaire (Ross & Pote, 1984). Le labyrinthe des poissons est impliqué dans le maintien de l'équilibre et il possède des cellules nerveuses qui sont sensibles à la pression, à la gravité, aux mouvements angulaires et aux vibrations sonores (Lowenstein, 1971). En outre, les otolithes servent probablement aussi à percevoir la profondeur à laquelle nage le poisson (Girard, 2005).

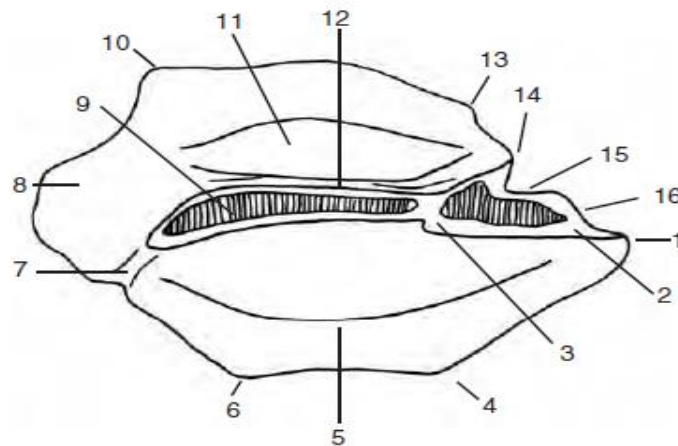


**Figure 2 :** Position des otolithes à l'intérieur de l'oreille interne des poissons (d'après Feutry,2011)

### I.2.3. Morphologie des otolithes sacculaires

Au stade embryonnaire, la forme des otolithes sacculaires se présente comme une petite boule. Pendant la croissance elle développe la forme ovale aplatie, montrant ses structures caractéristiques telles que des lobes, des encoches, des sillons et des protubérances. Les caractères les plus importants sont illustrés par la figure 3. La face interne de l'otolithe montre une entaille horizontale, le sulcus, avec un éventuel colliculum antérieur et postérieur. Le sulcus est la partie de l'otolithe qui est en contact avec le système nerveux et où se passe la transmission des vibrations acoustiques. Le sulcus est souvent délimité par des bords saillants, appelés crista (respectivement crista supérieure et crista inférieure). Au-dessus de la crista supérieure se trouve normalement une dépression dans l'area dorsale. Près du bord ventral on observe souvent un sillon (sillon ventral). Les bords de l'otolithe ont des structures très

variables (saillants, droits, crénelés, lisses, entaillés). La face externe est généralement (lisse ou avec protubérances) et peu utile pour l'identification du poisson. La convexité de l'otolithe, visible en vue ventrale, est importante pour l'identification de l'espèce. L'otolithe atteint rapidement sa forme caractéristique après le stade larvaire. Les otolithes peuvent présenter des changements morphologiques considérables lors de leur croissance (changements ontogénétiques). Quelques séries de croissance ont été illustrés par Nolf (1985). Souvent les otolithes de poissons juvéniles montrent des bords finement crénelés et une face externe fortement bourrelée. Au stade adulte, les bords deviennent plus émoussés, mais des saillies et excroissances typiques apparaissent ; la face externe devient plus lisse. Chez des poissons très âgés, les otolithes deviennent plus compacts, et toutes les structures ont tendance à s'émousser. Comme toutes les structures biologiques, les otolithes présentent une variabilité intra-spécifique. Quoique celle-ci puisse être considérable, cette variabilité n'est cependant rarement d'un tel ordre qu'elle n'empêche la distinction d'espèces voisines (Seret & Opic, 2011). La description des otolithes se fait généralement selon la terminologie utilisée par Chaine et Duvergier (1934).



**Figure 3** : Dessin schématique indiquant les principaux caractères du pourtour et de la face interne (Chaine et Duvergier, 1934)

1. rostre, 2. ostium avec colliculum ostial, 3. collum avec ses angles supérieur et inférieur, 4. angle antéro-ventral, 5. Sillon ventral de la section inférieure déterminant une zone interne et une bordure périphérique, 6. angle postéroventral, 7. gouttière post-caudale aboutissant à l'encoche séparative des bords ventral et dorsal, 8. Expansion postérieure avec section postérieure, 9. cauda avec colliculum caudal, 10. angle postéro-dorsal, 11. area, séparée du bord par une bordure périphérique (ces deux régions, par leur ensemble, constituent la section postérieure), 12. ligne médiane, 13. angle antéro-dorsal, 14. angle antéro-ventral, 15. bordure postérieure, 16. bordure antérieure.

supérieure), 12. crête supérieure, 13. angle antéro-dorsal, 14. antirostre, 15. excisura avec, au fond, sa commissure, 16. formation excisurale.

#### **I.2.4. Facteurs influençant la morphologie des otolithes**

La croissance des otolithes est un phénomène complexe qui intègre divers facteurs endogènes ou exogènes, bien qu'elle soit régulée par la physiologie du poisson (Morales-Nin, 2000). La forme des otolithes est d'abord spécifique et régulée par le génome (Campana & Casselman, 1993) et les applications qui en découlent pour la reconnaissance des espèces sont donc immenses (Panfili *et al.*, 2002). La taille corporelle, les facteurs biologiques (reproduction et régime alimentaire) et de nombreux autres facteurs environnementaux physiques et chimiques (température, salinité, pH, éléments lourds de l'eau) peuvent avoir une influence sur la croissance des otolithes (Campana & Casselman, 1993, Lombarte & Leonart, 1993, Morales-Nin, 2000). L'analyse de la forme des otolithes est un moyen indirect qui permet d'étudier les relations entre l'organisme et l'environnement dans lequel il se trouve (Tuset *et al.*, 2003). L'analyse de la forme des otolithes a fait l'objet de nombreuses études sur la discrimination de populations de poissons (Stransky *et al.*, 2008, Ferguson *et al.*, 2011). Les différences significatives de forme des otolithes observées chez la morue (*Gadus morhua*) ont fourni une base phénotypique pour la discrimination des stocks (Cardinale *et al.*, 2004). Les facteurs confondants tels que l'âge et la taille du poisson n'affectent pas la forme des otolithes (Gagliano & McCormick, 2004). Comme les otolithes ne subissent pas de changement à court terme et de remaniement, leur morphologie est conservée durant toute la vie (Campana & Casselman, 1993). Cependant, si l'analyse de la forme des otolithes permet de différencier les populations, elle ne permet pas d'expliquer les causes de cette différenciation, qui peuvent être génétiques et/ou environnementales mais sont exprimées via la physiologie (Cardinale *et al.*, 2004). La forme de l'otolithe ne varie pas pour les individus d'une espèce provenant d'environnements comparables, même si des différences génétiques ont été observées (Smith *et al.*, 2002).

#### **I.2.5. Importance des otolithes dans la science**

##### **I.2.5.1. Otolithes en Biologie aquatique**

L'analyse de la forme des otolithes peut fournir des informations sur les conditions et la trajectoire des poissons en relation avec leur croissance, leur développement et leur statut (Gagliano & McCormick, 2004). L'analyse de la forme des otolithes semble donc être un bon indicateur pour différencier des populations provenant de différents environnements (Agüera & Brophy, 2011 ; Ferguson *et al.*, 2011). Les otolithes sont fréquemment utilisés en sclérochronologie des poissons (Seret, 1990). Grâce aux zones de croissance annuelles

visibles dans les otolithes, il est possible de calculer l'âge du poisson (Panfili *et al.*, 1990). La structure annulaire des otolithes est utilisée pour estimer le taux de croissance des poissons très jeunes, ainsi que pour identifier le moment de transition du stade larvaire pélagique au mode de vie benthique. Cette structure permet aussi de mesurer la durée du cycle de reproduction (Stéquert *et al.*, 1996). Ces données sont utilisées pour déterminer la structure en groupes d'âge d'une population et d'estimer l'effet d'une pêche abusive sur cette population.

#### **I.2.5.2. Otolithes en paléontologie**

Beaucoup de poissons fossiles ne sont connus que par leurs otolithes. Les affinités et la position taxonomique de ces espèces fossiles peuvent être évaluées par comparaison de leurs otolithes avec celles de poissons actuels. Ainsi, il devient possible de reconstituer des faunes fossiles sur la seule base des otolithes et d'évaluer la paléoécologie (profondeur, paléotempérature, salinité, etc.) de ces faunes par analogie avec le mode de vie des formes actuelles avec lesquelles elles présentent des affinités (Nolf, 1995).

#### **I.2.5.3. Otolithes en écologie**

Les otolithes résistent assez bien aux sucs gastriques des prédateurs et sont peu affectées par la traversée de leur canal gastro-intestinal. On les rencontre, d'ailleurs fréquemment, dans leurs estomacs, pelotes de réjection et d'excréments. Ainsi, ces otolithes fournissent de l'information sur les espèces et poids des poissons capturés par ces prédateurs. De telles recherches mènent à une meilleure compréhension des relations entre le stock alimentaire (les poissons-proies), les oiseaux et autres prédateurs dans l'écosystème aquatique. Cette méthode fournit, en outre, la possibilité d'utiliser le régime nutritif des prédateurs comme indicateurs d'éventuelles modifications de l'ichtyofaune (Seret & Opic, 2011).

#### **I.2.5.4. Otolithes en archéologie**

Sur de nombreux sites archéologiques, des otolithes ont été récupérés parmi les déchets culinaires et nous instruisent ainsi sur les sortes de poissons consommés par ces anciennes communautés humaines. L'usage d'otolithes comme bijoux est connue dans plusieurs cultures humaines actuelles et apparemment, de grands otolithes trouvés dans des sites archéologiques ont été utilisés dans le même but (Seret & Opic, 2011).

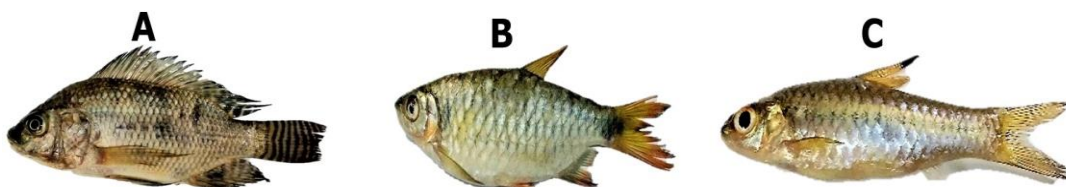


**DEUXIEME PARTIE :**  
**MATERIEL ET METHODES**

## II.1. Matériel

### II.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique a été constitué de spécimens de trois familles de poissons capturés le 15 juin 2021 dans le lac de Buyo par pêches artisanale et débarquées dans les débarcadères de Buyo-ville et Guéssabo.



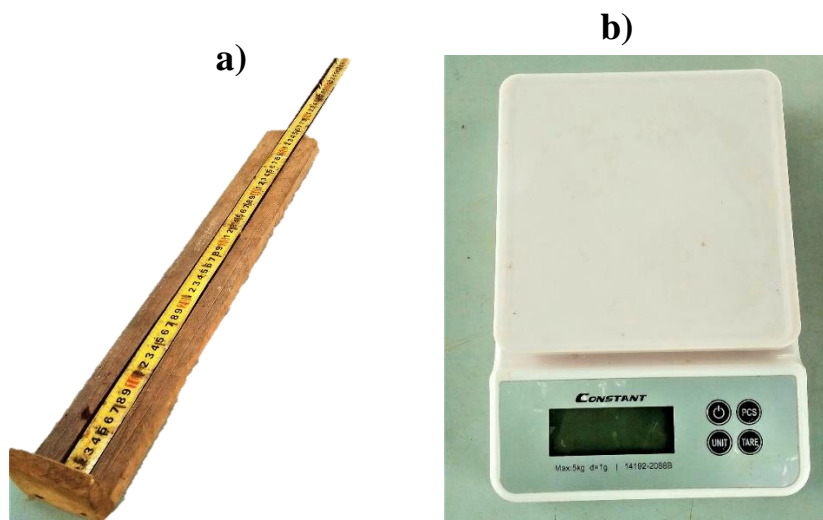
**Figure 4:** Photographie des trois familles de poissons capturés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021

A : Cichlidae (*Oreochromis niloticus*); B : Alestidae (*Brycinus macrolepidotus*); C : Cyprinidae (*Enteromius macrops*)

### II.1.2. Matériel technique

#### II.1.2.1. Matériel de traitement des poissons

Un ichtyomètre (Figure 4-a) a été utilisé pour mesurer les longueurs standards et totales de chaque poisson. Le poids individuel des poissons a été déterminé à l'aide d'une balance (Figure 4-b) de marque CONSTANT et de modèle 14192 2088B (précision  $\pm 0,1$  g ; portée 5000 g).

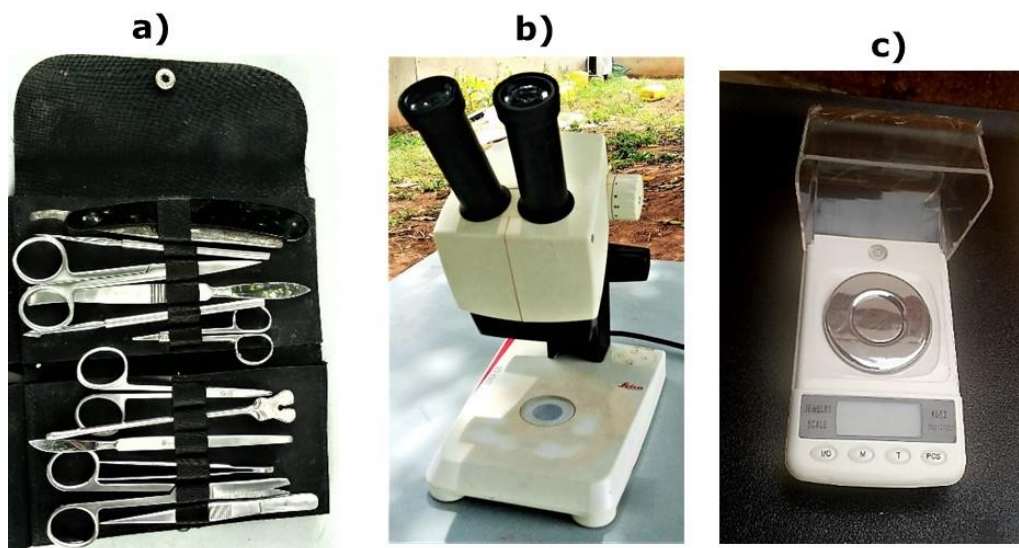


**Figure 5 :** Matériel de traitement des poissons  
a) Icthyomètre ; b) Balances

#### II.1.2.2. Matériel de traitement des otolithes

Le matériel de prélèvement des otolithes est composé d'une trousse à dissection (Figure 5-a), un couteau, une planche à couper, des plateaux. Le matériel de mensuration des otolithes

utilisé est composé d'une loupe binoculaire (LEICA EZ1) (Figure 5-b) à laquelle est intégré un appareil photo numérique, l'éclairage étant assuré par une lampe pour les observations. Le plateau d'observation de l'otolithe à la loupe est constitué d'un tissu noir avec une section de papier millimétré. Pour la pesée des otolithes, une balance sensible (Figure 5-c) de marque JEWELRY et de modèle KL-50 avec une précision de 0,001 g et de portée 120 g a été utilisée.



**Figure 6** : Matériel de traitement des otolithes

a) Trousse à dissection ; b) Loupe binoculaire ; c) Balance sensible

### II.1.2.3. Autre matériel

Le matériel complémentaire de travail est composé de deux glacières, des seaux étanches, de couvertures et des emballages plastiques. Le guide d'identification de Paugy *et al.* (2003 a et b) a permis d'identifier les poissons échantillonnés. Aussi, des piluliers ont été utilisés pour la conservation des otolithes. La conservation des poissons a été réalisée dans du formaldéhyde 10 %.

## II.2. Méthodes

### II.2.1. Identification et mensuration des poissons

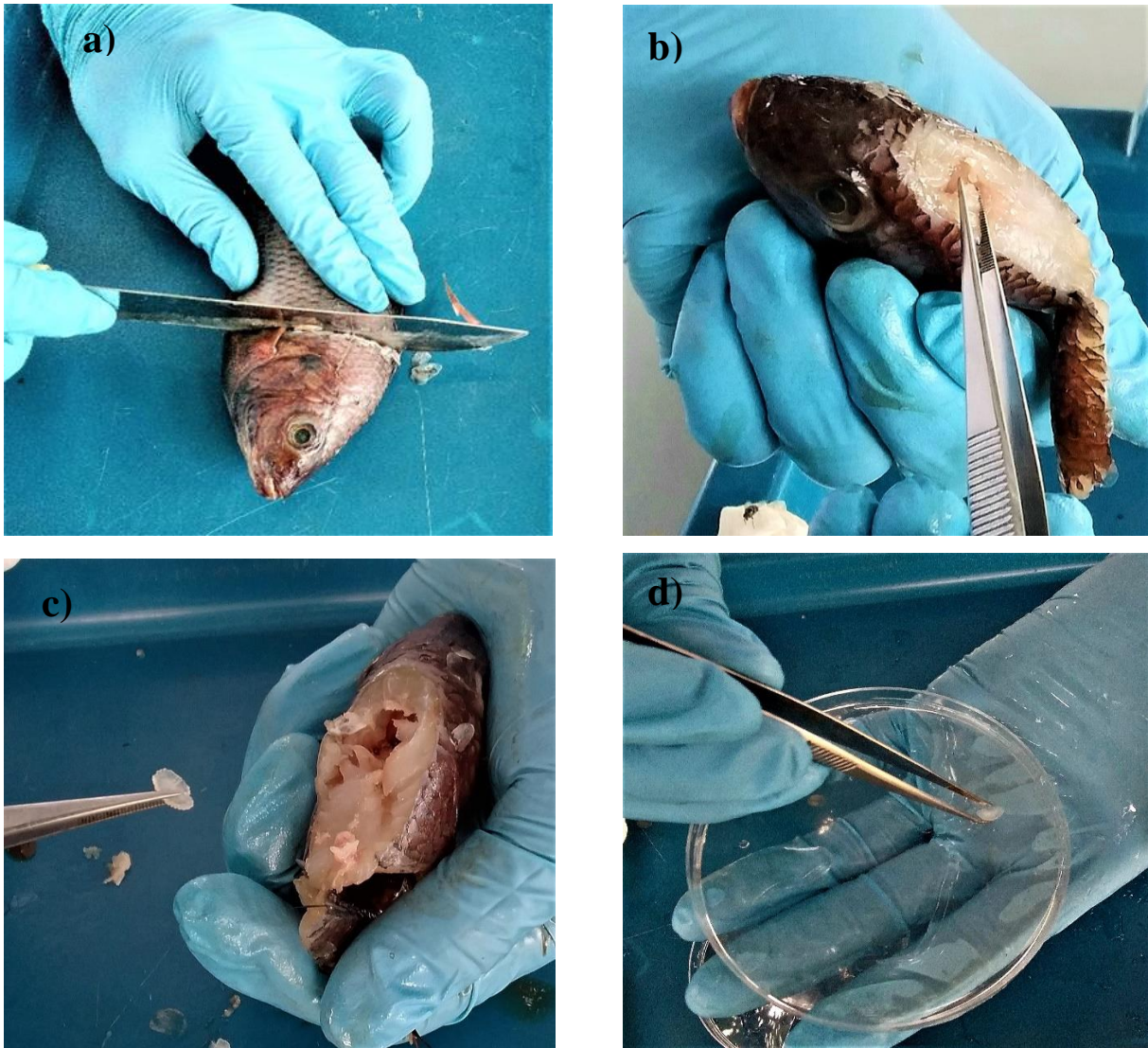
Les poissons collectés ont été identifiés selon Paugy *et al.* (2003 a et b) et dénombrés. Ils ont été mesurés en relevant les longueurs totales au millimètre près et pesés au gramme près (Rhodes *et al.*, 2005). Pour mesurer le poisson, la longueur a été prise depuis l'extrémité du museau jusqu'aux extrémités supérieure de la nageoire caudale (longueur standard) et inférieure de la nageoire caudale (longueur totale).

### **II.2.2. Prélèvement des otolithes**

Une fois au laboratoire, la tête des poissons capturés ont été disséqués pour extraire les otolithes. Il consiste à coucher latéralement le poisson sur une planche à découper puis la tête sectionnée. Ensuite, positionnée la tête de telle sorte que la bouche soit orientée vers l'opérateur. Avec un couteau bien tranchant une incision est réalisée suivant le reste de la colonne vertébrale en direction des yeux. La partie supérieure est donc soulevée de sorte à avoir accès à la boîte crânienne. La tête est alors posée ventralement dans la paume de la main de l'opérateur, la bouche toujours tournée vers lui. Avec l'autre main il utilise la base d'une pince à dissection pour racler le reste du cerveau dans la partie postérieure de la boîte crânienne (neurocrâne). Les otolithes logés dans leurs cavités (les capsules otiques du neurocrâne et plus précisément dans le labyrinthe membraneux) sont alors visibles. A l'aide d'une pince l'otolithe est alors saisi. Une fois à l'extérieur, l'otolithe est débarrassé de sa membrane et cela par des frottements légers. Ils sont ensuite rincés à l'eau, séchés et conservés dans de petits flacons étiquetés.

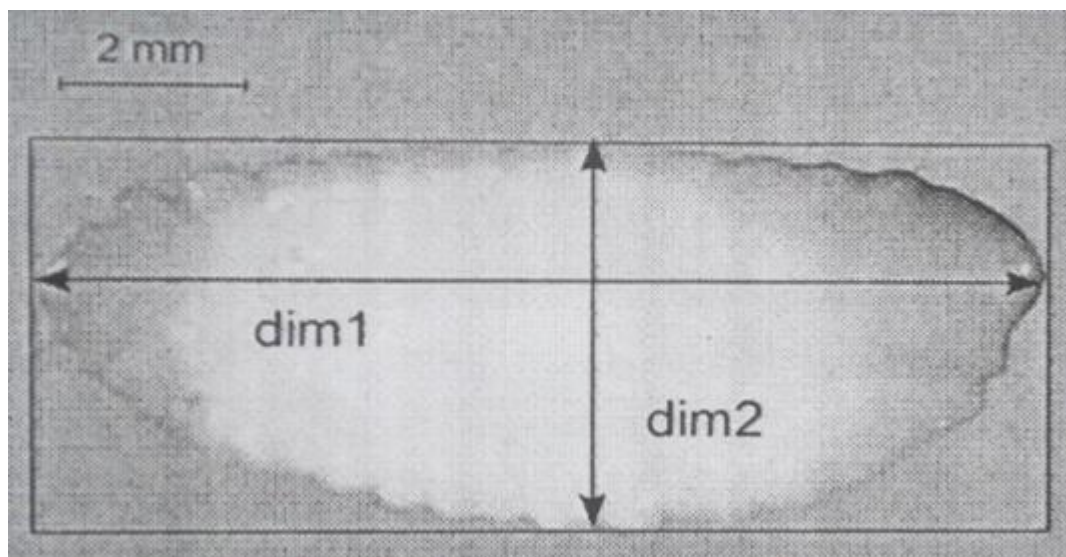
### **II.2.3. Mensuration des otolithes**

Le système loupe binoculaire éclairé de lampe, appareil photo numérique intégré et connecté à un ordinateur, a permis de capturer les images numériques des otolithes sur fond de tissu noir avec section de papier millimétré. Grâce au logiciel Image-J, la longueur antéropostérieure et la largeur des otolithes ont été déterminées (Figure 7). La longueur antéropostérieure est la distance maximale obtenue en partant d'une extrémité du rostre jusqu'à l'extrémité de l'expansion postérieure de l'otolithe (Nielsen *et al.*, 2010).



**Figure 7** : Photographie montrant quelques étapes du prélèvement des otolithes  
a) Section de la tête du poisson ; b) ouverture du crâne ; c) Prélèvement de l'otolithe ;  
d) Rinçage de l'otolithe





**Figure 8:** Photo numérique de la sagitta montrant les mesures effectuées dans cette étude.  
dim1 : longueur de l'otolithe, dim2 : largeur de l'otolithe ; Source : (Nielsen *et al.*, 2010 )

#### II.2.4. Critères de description des otolithes

La description des otolithes tient compte des critères selon (Tuset *et al.*, 2008), basée sur la forme, le contour et la position du sulcus.

Ainsi, la forme des otolithes a été qualifiée selon les modalités sphérique, circulaire, carré, rectangulaire, triangulaire etc. De plus, l'otolithe peut être allongée, semi-allongée. L'otolithe est dite allongée, lorsque le rapport longueur/largeur est supérieur ou égal à 1,75 et semi-allongée quand ce rapport est inférieur à 1,75 et supérieur à 1,5.

Le contour des otolithes a été qualifiée selon les modalités crénelé, denté, lobé, irrégulier, entier ou uniforme.

La position du sulcus, quant à elle, a été qualifiée selon les modalités médian, supra-médian ou infra-médian, selon sa position sur l'otolithe (Chaine & Duvergier, 1934; Veen *et al.*, 2005; Tuset *et al.*, 2008).

Pour illustrer, les otolithes, le model de Tuset *et al.* (2003) a été adopté. Ce modèle présente l'otolithe suivant la verticale avec la partie antérieure (rostre et antirostre) au-dessus et en dessous de la partie postérieure (cauda, expansion postérieure). La description a été réalisée selon le style de Veen *et al.* (2005). Dans ce travail, la sagitta droite est l'otolithe choisi pour l'exploitation des données.

#### II.2.5. Traitements statistiques

##### II.2.5.1. Test de Wilcoxon

Les données ont été analysées à l'aide du programme Statistica 7.1. Le test de Wilcoxon est un test non paramétrique qui permet de comparer deux échantillons appariés. Dans le cadre de notre étude, il a été utilisé pour tester la significativité des différences entre les otolithes droits et gauches d'une même paire pour chaque paramètre (poids, longueur, largeur) afin de vérifier s'il existe une liaison entre ces otolithes.

### II.2.5.2. Corrélation et régression linéaire

Le coefficient de corrélation ( $r$ ) est la valeur du lien qui unit deux variables  $X$  et  $Y$ . Lorsque la valeur de  $r$  n'est pas significativement différente de 0, les variables sont indépendantes et plus ce coefficient se rapproche de l'unité en valeur absolue, plus l'intensité de la relation entre les deux variables est grande (Schwartz et Lazar, 1964). L'analyse de régression linéaire permet de produire un modèle de relation entre deux variables, d'estimer l'adéquation de ce modèle et de voir graphiquement la correspondance entre les données et le modèle.

- $r$  est le coefficient de corrélation; il est compris entre -1 et 1 :  $-1 < r < 1$ .
  - $r = 0$ , absence de relation entre  $x$  et  $y$ .
  - $r = 1$ , tous les points sont situés sur une droite de pente positive ; corrélation positive.
  - $r = -1$ , tous les points sont situés sur une droite de pente négative ; corrélation négative.
- $r^2$  : le coefficient de détermination qui représente la proportion de variation totale expliquée par la relation linéaire existant entre  $x$  et  $y$ .

$$0 < r^2 < 1 :$$

- $r^2 = 1$ : forte corrélation
- $r^2 = 0$  :  $x$  et  $y$  sont indépendantes.

Pour le graphe de régression linéaire, on a très souvent :

la variabilité est expliquée par la droite d'équation  $y = ax + b$ .

le coefficient ( $a$ ) qu'on peut déduire du graphe est le coefficient d'allométrie ; il s'interprète de la façon suivante (Schwartz & Lazar, 1964) :

$a = 1$  : isométrie (croissance proportionnelle ou harmonieuse)

$a > 1$  : allométrie majorante ou positive

$0 < a < 1$  : allométrie minorante

**TROISIEME PARTIE :**  
**RESULTATS ET DISCUSSION**



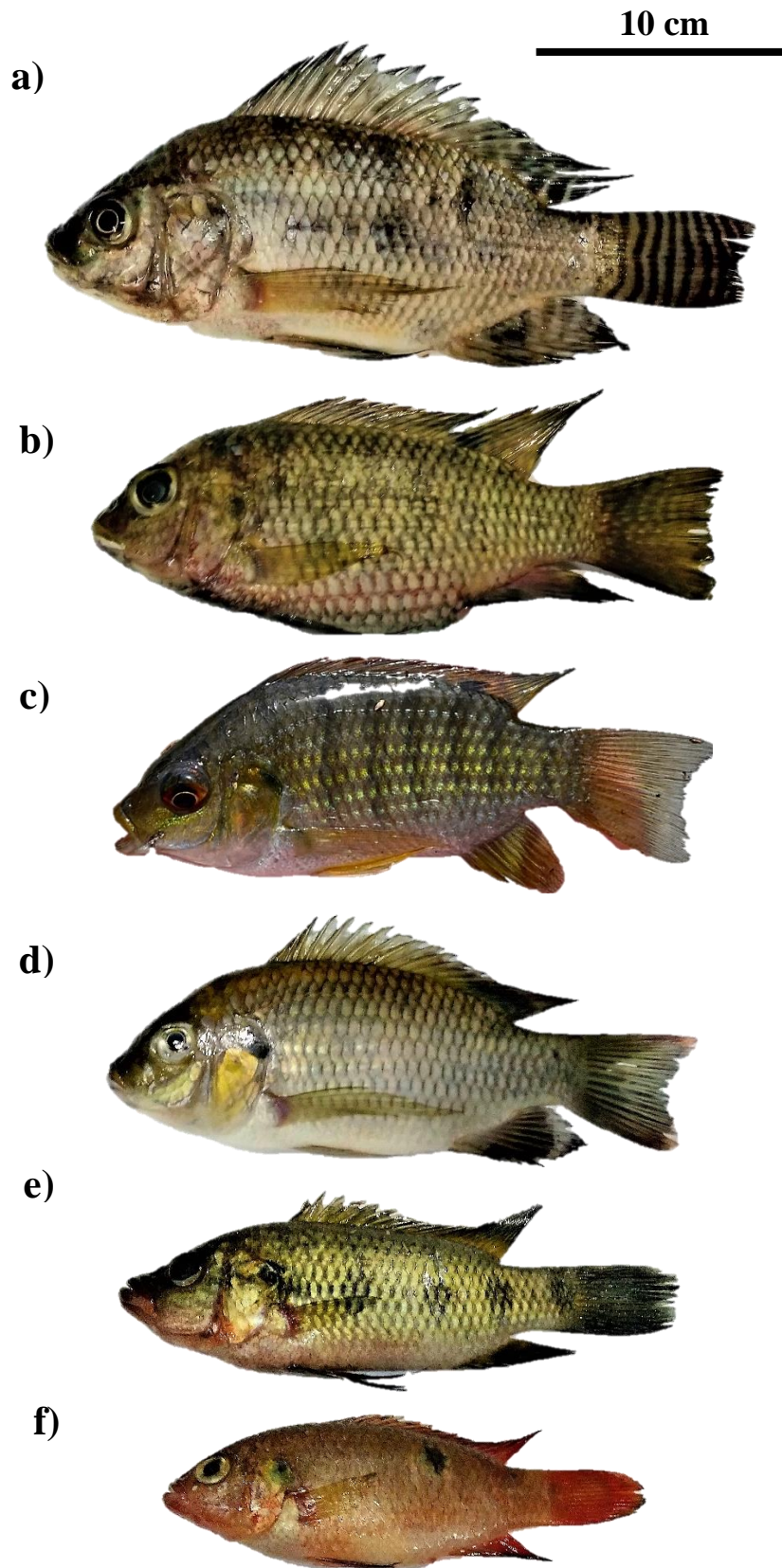
### III.1. Résultats

#### III.1.1. Diversité spécifique des familles de poisson étudiées

Dans la présente étude, la richesse taxonomique est composée de 11 espèces de poisson réparties en 7 genres et 3 familles (Tableau I). La famille des Cichlidae est la plus diversifiée avec six espèces (Figure 8). Elle est suivie des Alestidae comptant trois espèces (Figure 9). La famille des Cyprinidae est représentée par deux espèces (Figure 10).

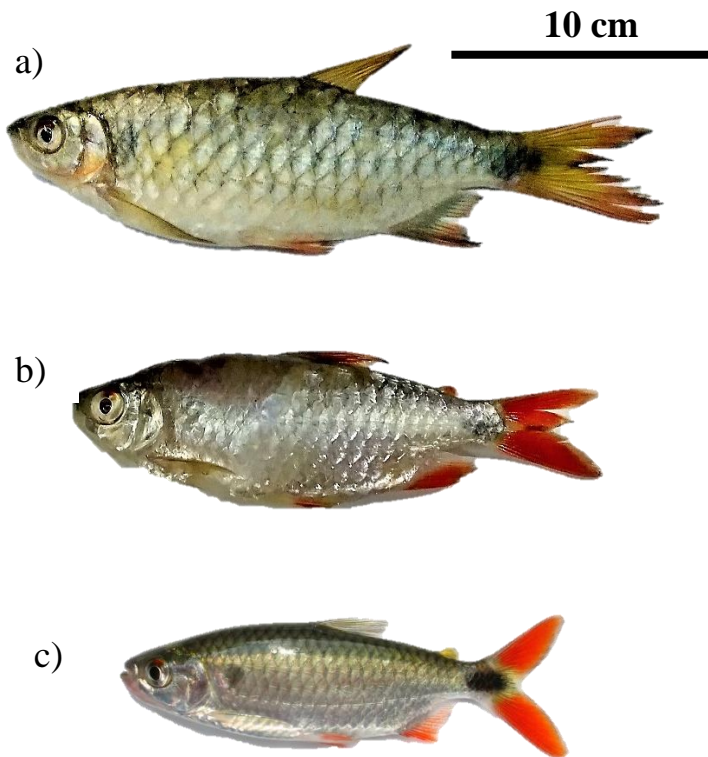
**Tableau I** : Richesse taxonomique des poissons échantillonnés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021

Familles	Espèces	Nombre d'individus	
Alestidae	<i>Brycinus macrolepidotus</i> (Valenciennes, 1850)	35	
	<i>Brycinus nurse</i> (Rüppell, 1832)	34	
	<i>Brycinus imberi</i> (Peters, 1852)	41	
Cyprinidae	<i>Enteromius macrops</i> (Boulenger, 1911)	44	
	<i>Labeo coubie</i> (Rüppell, 1832)	37	
Cichlidae	<i>Coptodon zillii</i> (Gervais, 1848)	42	
	<i>Hemichromis bimaculatus</i> (Gill, 1862)	14	
	<i>Hemichromis fasciatus</i> (Peters, 1857)	16	
	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	40	
	<i>Sarotherodon galilaeus</i> (Linnaeus, 1758)	26	
	<i>Sarotherodon melanotheron</i> (Rüppell, 1852)	41	
Totaux	3	11	370



**Figure 9** : Photographie des six espèces de la famille des Cichlidae capturés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d’Ivoire) en juin 2021

a) *Oreochromis niloticus*; b) *Coptodon zillii*; c) *Sarotherodon galilaeus* d) *Sarotherodon melanotheron*; e) *Hemichromis fasciatus*; f) *Hemichromis bimaculatus*.



**Figure 10** : Photographie des trois espèces de la famille des Alestidae capturés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d’Ivoire) en juin 2021

a) *Brycinus macrolepidotus* ; b) *Brycinus nurse* ; c) *Brycinus imberi*



**Figure 11** : Photographie des deux espèces de la famille des Cyprinidae capturés dans le lac de barrage de Buyo (Côte d’Ivoire) en juin 2021

a) *Labeo coubie* ; b) *Enteromius macrops*

### III.1.2. Caractéristiques qualitative et quantitative des otolithes des espèces de poisson étudiées

#### III.1.2.1. *Coptodon zillii*

Cette espèce est caractérisée par des otolithes de forme ovales avec un sulcus infra-médian, délimité par des bords saillants. Le rostre est peu saillant avec un antirostre peu prononcé ; tous les deux délimitent une excisura étroite. Le sulcus est large. Le bord dorsal est crénelé dans sa partie antérieure et lisse dans sa partie postérieure. (Figure 11).



**Figure 12** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Coptodon zillii* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

#### III.1.2.2. *Hemichromis bimaculatus*

L'otolithe est de forme elliptique. Sa face interne est concave aussi bien dans le sens antéro-postérieur que dorso-ventral. Le bord ventral est garni de saillies régulières sur toute sa longueur. Le rostre est saillant avec un antirostre moins marqué. L'expansion postérieure est presque absente. Le sulcus est profond (Figure 12).



**Figure 13** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Hemichromis bimaculatus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

#### ***III.1.2.3. Hemichromis fasciatus***

Cette espèce est caractérisée par des otolithes légèrement allongés (Figure 13) dont la partie postérieure de la cauda se trouve directement sous le bord ventral. L'ostium a le bord antérieur étroit et la face interne est bombée. Le bord ventral est irrégulièrement crénelé sur toute sa longueur. Le bord dorsal est finement lobé dans sa partie antérieure. La sagitta présente un rostre allongé et pointu et un antirostre petit et court. La dépression dans l'area dorsale est accentuée dans la partie supérieure du sulcus. Le sulcus est entaillé touchant presque le bord ventral. La partie postérieure de la cauda est inclinée vers le bord ventral.



**Figure 14** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Hemichromis fasciatus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

#### ***III.1.2.4. Oreochromis niloticus***

Cette espèce est caractérisée par des otolithes robustes et légèrement allongés. Les bords de l'otolithe sont lobés, irréguliers, et finement entaillés. La transition du bord ventrale au bord

dorsal n'est pas marquée. L'otolithe est épais au pôle postérieur et présente une excisura très étroite (Figure 14). Le rostre peu marqué est arrondi à son extrémité. L'antirostre bien marqué demeure accolé au reste de l'otolithe au niveau de l'ostium bien qu'il laisse apparaître une petite fente. Le sulcus, supra-médian, est caractérisé par un profond colliculum et est limité par des crêtes saillantes. Les areas dorsale et ventrale sont résiduelles.



**Figure 15** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Oreochromis niloticus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

#### ***III.1.2.5. Sarotherodon galilaeus***

Cette espèce est caractérisée par des otolithes elliptiques à bords irrégulièrement crénelés et lobés (Figure 15). L'otolithe est légèrement épais à sa base et convexe en vue ventrale. Le rostre et l'antirostre sont à peine visibles et délimitent difficilement la formation excisurale. Le sulcus est bien entaillé, long, médian, profond et large sauf au niveau du colliculum ostial. Il présente des crêtes inférieure et supérieure saillantes. La cauda s'infléchit vers le bord postéro-ventral. Elle débouche dans l'expansion postérieure par une gouttière. On note la présence d'une area dorsale, étroite et allongée.



**Figure 16 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Sarotherodon galilaeus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

#### ***Sarotherodon melanotheron***

Cette espèce est caractérisée par des otolithes ovales. Le bord dorsal présente des saillies irrégulières. Le bord ventral est finement crénelé (Figure 16). Le sulcus peu entaillé est large. La dépression dans l'area ventral est peu marquée. La face interne est concave dans le sens antéro-postérieur et dorso-ventral. Le bord dorsal est arrondi dans sa partie postérieure. Le sillon ventral est absent. La dépression dans l'area dorsale est à peine visible.



**Figure 17 :** Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Sarotherodon melanotheron* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021



### ***III.1.2.7. Brycinus imberi***

Chez cette espèce les sagittae en forme de haricot possèdent des bords irrégulièrement crénelés (Figure 17). Le rostre est large avec son extrémité arrondie, l'antirostre est allongé et arrondi à l'extrémité et les deux délimitent une grande excisura dont la formation excisurale est profonde. L'excisura est située dans la partie médiane du bord dorsal ; elle est nette sur tous les spécimens. L'ostium, avec son colliculum ostial, est bien développé. L'expansion postérieure présente de petites entailles avec les extrémités pointues et arrondies. Ces otolithes aplatis présentent un sillon ventral saillant déterminant une zone interne et une bordure périphérique. Le colliculum caudal est inexistant.



**Figure 18** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Brycinus imberi* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

### ***III.1.2.8. Brycinus macrolepidotus***

Cette espèce est caractérisée par des otolithes légèrement allongés avec un ostium droit. Le rostre est saillant et entaillé sur les bords (Figure 18). L'area dorsale est bien développée et incurvée surtout chez les otolithes adultes. L'area ventrale est bien marquée. La face interne présente un sulcus bien entaillé dans la partie médiane du bord dorsal. Les bords présentent de fortes entailles irrégulièrement réparties. Le sulcus, profondément entaillé au niveau du bord dorsal, est court. L'excisura est large et profonde. L'antirostre est bien saillant.





**Figure 19** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Brycinus macrolepidotus* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

#### ***III.1.2.9. Brycinus nurse***

Cette espèce est caractérisée par des otolithes de petite taille, arrondis et aplatis ; ils possèdent un sulcus court et étroit (Figure 19). Le bord ventral est grossièrement lobé dans sa partie antérieure. Le rostre est peu saillant. La face interne présente un sulcus bien entaillé dans la partie médiane du bord dorsal. La face interne présente un sillon dorsal bien entaillé avec une cauda dont la partie postérieure est évasée. L'excisura est large et courte. L'antirostre est bien saillant.



**Figure 20** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Brycinus nurse* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

### ***III.1.2.10. Enteromius macrops***

Cette espèce est caractérisée par des otolithes circulaires avec un sulcus court et quasi médian. L'ostium est étroit et la cauda est large à la base (Figure 20). On note la présence d'un sillon ventral. L'area ventrale est étroite et peu profonde car l'otolithe dans son ensemble est de faible épaisseur. L'expansion postérieure est peu visible. Le bord ventral présente une grande entaille au niveau de l'excisura. Le rostre et l'antirostre sont saillants ; tous les deux délimitent une excisura relativement large et peu profonde.



**Figure 21** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Enteromius macrops* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

### ***III.1.2.11. Labeo coubie***

De forme peu ellipsoïdale, ces otolithes de petite taille se distinguent par l'absence de sillons au niveau de la face interne fortement bombée (Figure 21). Le rostre, l'antirostre et l'expansion postérieure sont arrondis laissant une excisura relativement large et peu profonde. La face interne présente un sulcus grossièrement entaillé dans la partie médiane du bord dorsal.



**Figure 22** : Photographie de la face interne de l'otolithe droit de l'espèce *Labeo coubie* capturée dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

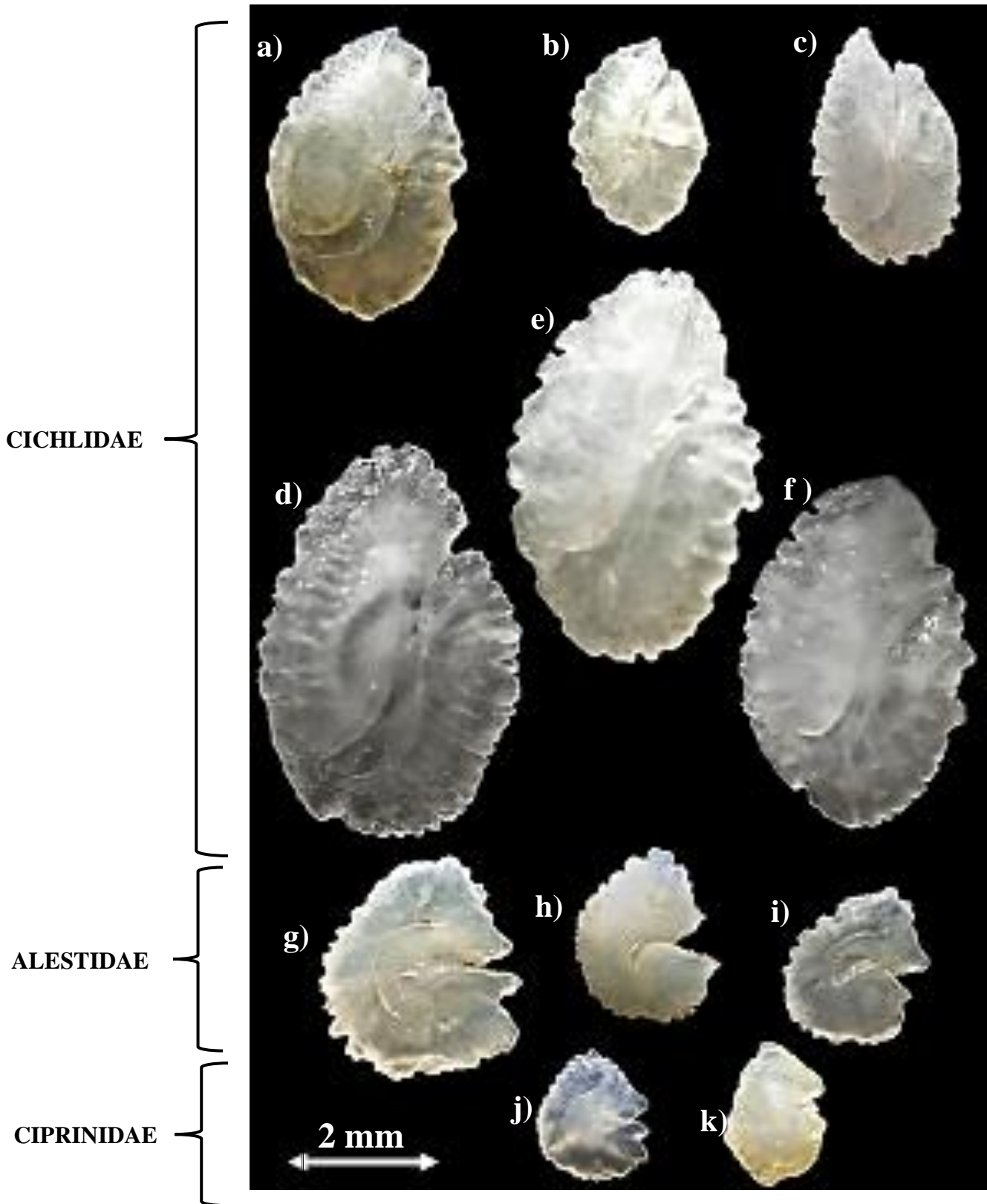
### III.1.3. Caractères distinctifs des familles

Les otolithes décrits, possèdent des caractères communs à l'intérieur d'une même famille. La figure 22 présente une vue d'ensemble des sagittae étudiés avec des regroupements par familles afin de souligner les points de similarité.

Chez les Cichlidae, les otolithes sont de forme généralement elliptique et robustes. Leur face interne est concave aussi bien dans le sens antéro-postérieur que dorso-ventral et leur face externe est convexe. Le bord ventral est garni de saillies plus ou moins régulières parfois finement crénelées ou dentées. Le rostre moins saillant, avec un antirostre moins marqué. L'area ventrale est large avec un colliculum caudal incurvé qui s'ouvre sur la partie postérieure. La convexité de l'otolithe est visible en vue ventrale.

La famille des Alestidae est caractérisée par des otolithes sacculaires circulaires et aplatis en vue ventrale. Ils se caractérisent par un rostre moins marqué et un antirostre saillant. Les deux délimitent une grande excisura dont la formation excisurale est saillante. Le colliculum ostial est large et court. Le sulcus est médian et délimité par des bords saillants. Près du bord ventral on observe un sillon ventral.

Les otolithes des Ciprinidae sont généralement de petite taille et de forme circulaire. Ils se distinguent par l'absence de colliculum caudal. La face interne est bombée avec une excisura peu profonde. La dépression au niveau de l'ostium est absente. Le sulcus est presque absent. Les bords de l'otolithe sont lisses et dépourvus de sillons.



**Figure 23** : Photographie de la face interne des otolithes droits des 11 espèces de poisson capturées dans le lac de barrage de Buyo en juin 2021

- a) *Coptodon zillii* ; b) *Hemichromis bimaculatus* ; c) *Hemichromis fasciatus* ; d) *Oreochromis niloticus* ; e) *Sarotherodon galilaeus* ; f) *Sarotherodon*

*melanotheron*; g) *Brycinus imberi* ; h) *Brycinus macrolepidotus* ; i) *Brycinus nurse* ; j) *Enteromius macrops* ; k) *Labeo coubie*

### III.2. Relations morphométriques entre la longueur total du poisson et celle de son otolithe

#### III.2.1. Comparaison des otolithes droit et gauche

Le test non paramétrique de Wilcoxon a été réalisé afin de comparer la taille des otolithes gauches et droits de chaque spécimen (Tableau II). Celui-ci montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre le poids des otolithes gauches et droits des 11 espèces étudiées, car  $P > 0,05$  dans chacun des cas. Le même test réalisé pour comparer les longueurs ainsi que les largeurs de la paire d'otolithes montre qu'il n'existe pas de différence significative entre eux-ci.

Eu égard aux résultats du test de Wilcoxon, les otolithes gauches, et droit seront utilisés indifféremment. Dans le cadre de notre étude, la moyenne de la paire (gauche et droite) d'un même spécimen a été utilisé pour mettre en évidence les relations entre les paramètres de l'otolithe et les caractéristiques métriques du poisson comme l'a fait Salami *et al.* (2011) pour l'estimation des différentes relations.

#### III.2.2. Relation longueur du poisson-longueur de l'otolithe

Les relations entre la longueur antéropostérieure des otolithes (Lap) et la longueur totale du poisson (LT) sont de type linéaire. Elles sont exprimées par l'équation  $Lap = a LT + b$ . Les paramètres des équations sont récapitulés dans le tableau III. Les figures 23, 24 et 25 sont les représentations graphiques de ces équations. Les valeurs du coefficient d'allométrie « a » sont comprises entre 0 et 1 ( $0 < a < 1$ ) pour toutes les espèces étudiées (*Coptodon zillii* (0,2576), *Hemichromis bimaculatus* (0,8407), *Hemichromis fasciatus* (0,4212), *Oreochromis niloticus* (0,2534), *Sarotherodon galilaeus* (0,2812), *Sarotherodon melanotheron* (0,2703), *Brycinus imberi* (0,1021), *Brycinus macrolepidotus* (0,1718), *Brycinus nurse* (0,1313), *Enteromius macrops* (0,2475) et *Labeo coubie* (0,0278)). Dans l'ensemble, elles montrent une allométrie minorante entre la longueur du poisson et la longueur de l'otolithe. Les coefficients de détermination les plus élevés ont été observés chez *Sarotherodon melanotheron* ( $r^2 = 0,8961$ ), *Oreochromis niloticus* ( $r^2 = 0,8469$ ), *Coptodon zillii* ( $r^2 = 0,8403$ ) et *Brycinus macrolepidotus* ( $r^2 = 0,8278$ ). Ces valeurs traduisent une forte corrélation entre la longueur totale du poisson et la longueur de l'otolithe de ces espèces. Pour *Sarotherodon galilaeus* ( $r^2 = 0,3077$ ), *Brycinus imberi* ( $r^2 = 0,1917$ ) et *Labeo coubie* ( $r^2 = 0,3434$ ), la valeur du coefficient de détermination,

relativement plus faible, traduit une faible corrélation entre la longueur totale du poisson et la longueur de l'otolithe.

**Tableau II** : Résultat des tests de Wilcoxon pour comparer les otolithes gauche et droit des 11 espèces étudiées

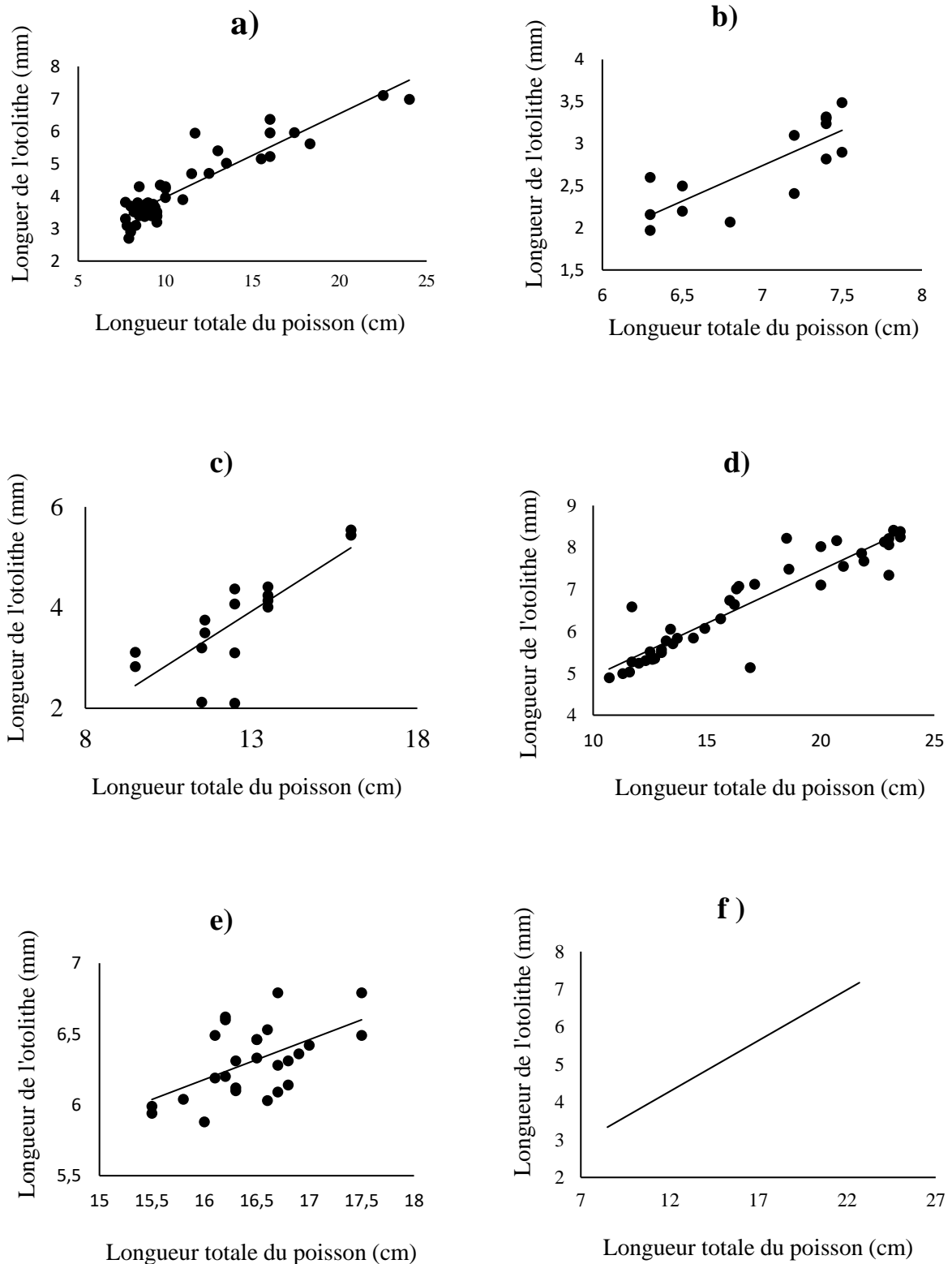
Espèces	N	Couple de variable	P calculé
<i>Coptodon zillii</i>	42	Poids	0,2
		Longueur	0,43
		Largeur	0,108
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	14	Poids	0,106
		Longueur	0,358
		Largeur	0,201
<i>Hemichromis fasciatus</i>	16	Poids	0,315
		Longueur	0,244
		Largeur	0,601
<i>Oreochromis niloticus</i>	40	Poids	0,434
		Longueur	0,296
		Largeur	0,164
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	26	Poids	0,253
		Longueur	0,336
		Largeur	0,738
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	41	Poids	0,531
		Longueur	1,1
		Largeur	0,648
<i>Brycinus imberi</i>	41	Poids	0,208
		Longueur	0,106
		Largeur	0,798
<i>Brycinus macrolepidotus</i>	35	Poids	0,804
		Longueur	0,415
		Largeur	0,244
<i>Brycinus nurse</i>	34	Poids	0,105
		Longueur	0,424
		Largeur	0,246
<i>Enteromius macrops</i>	44	Poids	0,224
		Longueur	0,153
		Largeur	0,312
<i>Labeo coubie</i>	37	Poids	0,148
		Longueur	0,831
		Largeur	0,231

N = Nombres de spécimens

**Tableau III** : Paramètres des équations exprimant la relation entre la longueur antéropostérieure de l'otolithe et la longueur totale du poisson chez 11 espèces de poisson capturées dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021

Famille	Espèces	N	a	b	r <sup>2</sup>	P
Cichlidae	<i>Coptodon zillii</i>	42	0,2576	1,3931	0,8403	0,000002
	<i>Hemichromis bimaculatus</i>	14	0,8407	- 3,1468	0,6557	0,000000
	<i>Hemichromis fasciatus</i>	16	0,4212	- 1,5504	0,597	0,000001
	<i>Oreochromis niloticus</i>	40	0,2534	2,3897	0,8469	0,000003
	<i>Sarotherodon galilaeus</i>	26	0,2812	1,6789	0,3077	0,000000
	<i>Sarotherodon melanotheron</i>	41	0,2703	1,0374	0,8961	0,000000
Alestidae	<i>Brycinus imberi</i>	41	0,1021	1,3188	0,1917	0,000009
	<i>Brycinus macrolepidotus</i>	35	0,1718	0,7653	0,8278	0,000000
	<i>Brycinus nurse</i>	34	0,1313	0,9163	0,4574	0,000001
Ciprinidae	<i>Enteromius macrops</i>	44	0,2475	- 0,0678	0,5707	0,000000
	<i>Labeo coubie</i>	37	0,0278	1,2657	0,3434	0,000003

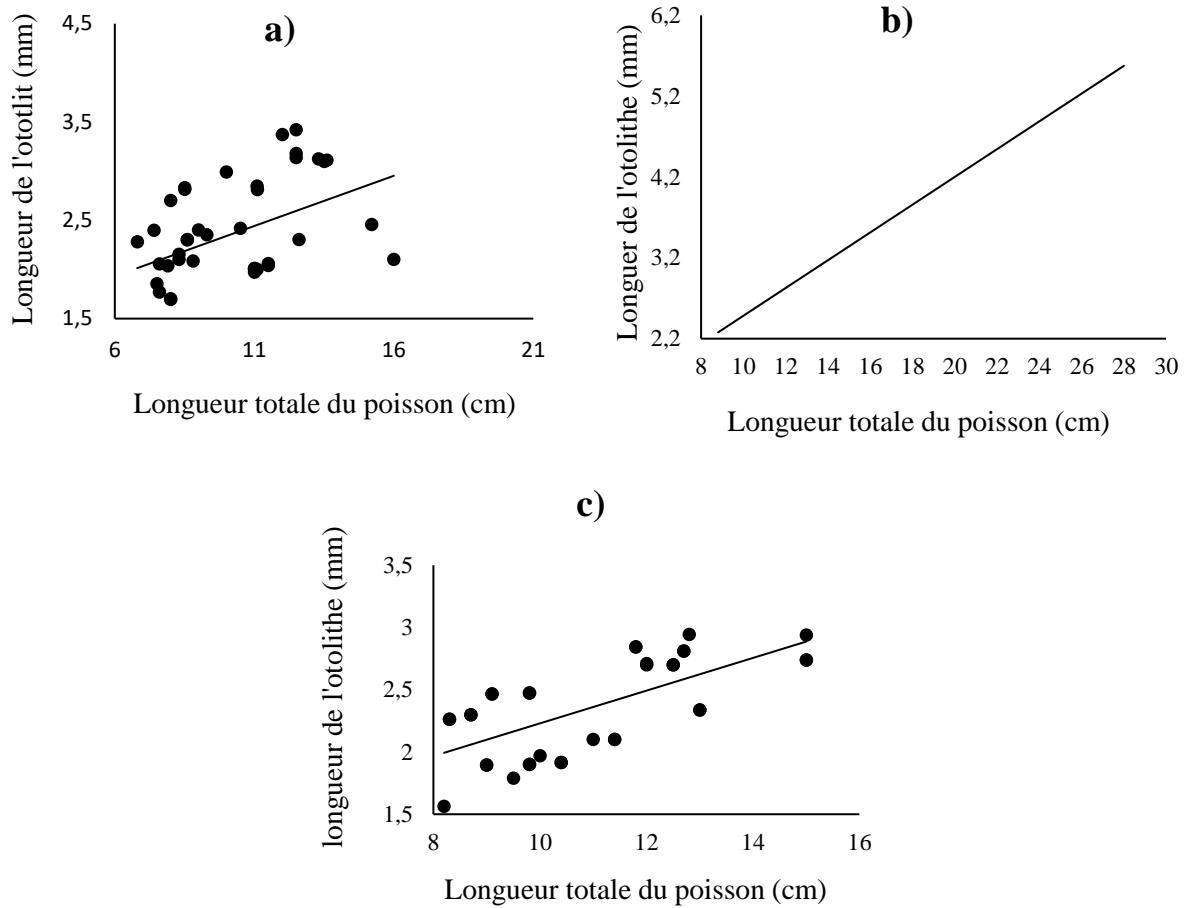
N = Nombres de spécimens ; r<sup>2</sup> = coefficient de détermination ; a et b sont des constantes ; p = probabilité ; test significatif à un risque de 5%



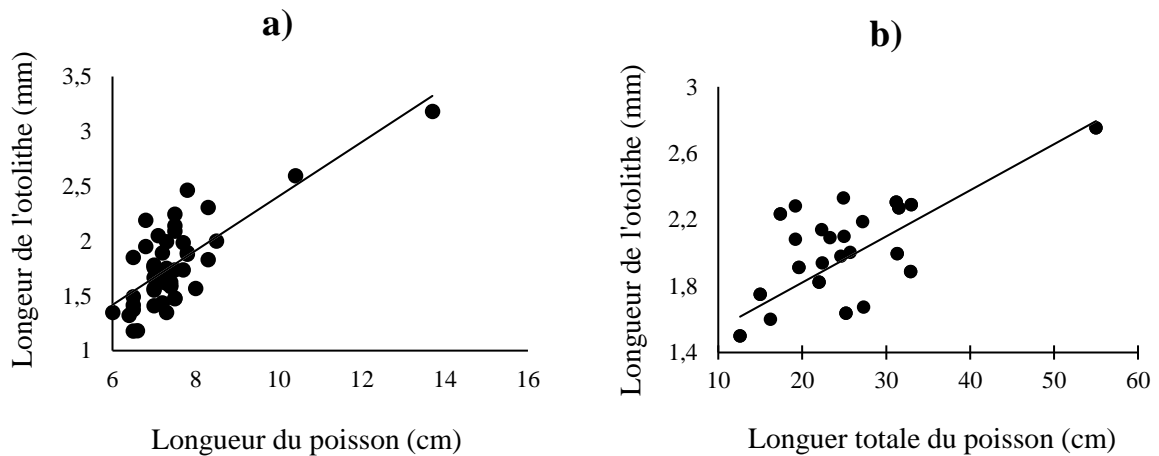
**Figure 24 :** Relation entre la longueur antépostérieure de l'otolithe droit et la longueur totale du poisson chez six espèces de la famille des Cichlidae capturées dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021

a = *Coptodon zillii*; b = *Hemichromis bimaculatus*; c = *Hemichromis fasciatus*; d = *Oreochromis niloticus*; e = *Sarotherodon galilaeus*; f = *Sarotherodon melanotheron*





**Figure 25 :** Relation entre la longueur antéropostérieure de l'otolithe droit et la longueur totale du poisson chez trois espèces de la famille des Alestidae capturées dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021  
 a = *Brycinus imber*; b = *Brycinus macrolepidotus*; c = *Brycinus nurse*



**Figure 26 :** Relation entre la longueur antéropostérieure de l'otolithe droit et la longueur totale du poisson chez deux espèces de la famille des Ciprinidae capturées dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire) en juin 2021  
 a = *Enteromius macrops* ; b = *Labeo coubi*

### III.3. Discussion

Notre étude a révélé qu'il y a une importante variabilité de la forme et de la taille des otolithes chez les 11 espèces étudiées. Ces résultats ont montré que la forme des otolithes diffère d'une espèce à une autre au sein des trois familles considérées. Ces données confirment celles de Veen *et al.* (2005) qui indiquent que les otolithes ont une forme distinctive qui est souvent caractéristique du genre et même de l'espèce du poisson à laquelle ils appartiennent.

En effet la sagitta joue un rôle primordial dans les fonctions auditives et vestibulaires (Popper & Luz, 2000). Des différences interspécifiques peuvent donc être liées à l'un ou à l'autre de ces fonctions des otolithes. Les caractéristiques morphologiques des otolithes des poissons varie d'une espèce à une autre ; c'est un trait d'identification des poissons (Battaglia *et al.*, 2010). Plusieurs travaux en résultent et sont nécessaires pour l'établissement des différentes corrélations (Smale *et al.*, 1995; Campana 2004; Tuset *et al.*, 2003).

Les résultats obtenus ont montré que les otolithes décrits présentent des caractères communs à l'intérieur d'une même famille. Parallèlement à notre étude, d'autres auteurs ont mentionné des différences dans la forme des otolithes des représentants (espèces) d'une famille donnée. C'est l'exemple de Veen *et al.* (2003) qui ont étudié les représentants de la famille des Haemulidae et qui ont remarqué que les représentants de cette famille ont un otolithe d'aspect général oval avec de petites variations d'une espèce à l'autre.

La diversité relative des otolithes est très forte au sein des téléostéens mais aussi à l'intérieur d'une même famille (Paxton, 2000 ; Ramcharitar *et al.*, 2001). La petite taille de la sagitta chez les Ciprinidae peut conduire à une augmentation des erreurs relatives de mesure. Il est aussi probable que des facteurs tels que la profondeur de l'habitat, le taux de croissance ou la durée de vie larvaire jouent un rôle important dans la variation inter-individuelle de la croissance des otolithes des individus (Templeman & Squires, 1956). Ce facteur pourrait s'exprimer au sein de notre échantillon. En effet, il est admis que le taux de croissance somatique des poissons, dépendant de l'environnement, influe sur la relation entre la taille des otolithes et celle du poisson (Hare & Cowen, 1995).

Pour chacune des espèces des trois familles étudiées, les otolithes sacculaires droits et gauches ont été comparés afin de déterminer le degré de symétrie de ceux-ci. Les résultats du test de Wilcoxon ont indiqué qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux otolithes. Au total, les otolithes gauche et droit peuvent donc être utilisés indifféremment chez l'ensemble des espèces dans le cadre d'une modélisation reliant leur taille ou leur masse à la taille des individus. L'absence de différences significatives entre les otolithes gauche et droite est en accord avec les observations de Hunt (1979) selon lesquelles, les otolithes de la paire

sont des images symétriques l'une de l'autre à travers un miroir. Cependant, chez *Conger conger*, Salami *et al.* (2013) ont trouvé que la moyenne des longueurs des otolithes gauches est significativement supérieure à celle des otolithes droits.

Dans les relations entre la longueur totale du poisson et la longueur de l'otolithe, les valeurs du coefficient d'allométrie « a » sont comprises entre 0 et 1 ( $0 < a < 1$ ) pour toutes les espèces considérées ; elles traduisent une allométrie minorante entre la longueur du poisson et la longueur de l'otolithe. Cela signifie que la croissance en longueur du poisson est plus rapide que celle de l'otolithe. Cette allométrie minorante dans la croissance des pièces calcifiées est un cas assez général chez les téléostéens (Panfili *et al.*, 2002). Les valeurs du coefficient de détermination sont très élevées chez *Sarotherodon melanotheron* ( $r^2 = 0,8961$ ), *Oreochromis niloticus* ( $r^2 = 0,8469$ ), *Coptodon zillii* ( $r^2 = 0,8403$ ) et *Brycinus macrolepidotus* ( $r^2 = 0,8278$ ). Ces valeurs traduisent une forte corrélation entre la longueur totale du poisson et la longueur de l'otolithe de ces espèces. Parmi les trois familles étudiées, la plupart des espèces de la famille des Cichlidae présentent une assez bonne corrélation entre la longueur de la sagittae et la longueur du poisson. Par ailleurs, Chez *Auxis rochei* collecté dans les eaux tunisiennes, Hattour (2009) a obtenu un coefficient de détermination plus élevé ( $r^2 = 0,950$ ) que les valeurs enregistrées dans la présente étude. Les résultats obtenus corroborent ceux de Hattour (2009) chez l'espèce *Auxis rochei*. En effet, le niveau de corrélation, loin de s'attacher à la croissance du corps, dépendrait plutôt d'autres facteurs tels que l'alimentation et les conditions de l'habitat (Beamish & McFarlen, 1987 ; Geldiay & Balik, 1996). D'ailleurs, selon Casselman (1990), les processus chimiques impliqués dans la croissance de l'otolithe sont plus affectés par la température que par les processus métaboliques impliqués dans la croissance du corps. Pour les trois familles considérées, il a été observé à l'intérieur d'une même famille, une diversité relative de la taille des otolithes. Ces résultats sont en conformité avec les travaux de Paxton (2000) et Ramcharitar *et al.* (2001) qui ont montré que la variabilité de la taille des otolithes au sein d'une même famille est très forte chez les téléostéens. Au total les valeurs élevées du coefficient de corrélation démontrent la relation de proportionnalité entre la croissance de l'individu et celle de l'otolithe.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

### Conclusion

Au terme de cette étude, il ressort qu'il existe une importante variabilité de la forme, de la taille des otolithes sacculaires (sagittae) entre et à l'intérieur les familles des Cichlidae, des Alestidae et des Ciprinidae. Les données morphologiques des otolithes obtenues permettent de distinguer effectivement chacune des espèces étudiées. Le traitement des données morphologiques et morphométriques des otolithes des différentes espèces nous permet de dire qu'il n'existe pas de différence significative entre les otolithes droit et gauche de la même paire et que ceux-ci peuvent être utilisés indifféremment.

L'étude des relations entre la longueur totale poisson et la longueur de l'otolithe a montré que la croissance en longueur du poisson est plus rapide que celle de l'otolithe pour l'ensemble des espèces considérées. De plus, les modèles de régression linéaire ont indiqué que la taille (longueur antéropostérieure) de l'otolithe est fortement corrélée à la longueur totale du poisson chez *Oreochromis niloticus* ( $r^2 = 0,8469$ ), *Coptodon zillii* ( $r^2 = 0,8403$ ) et *Brycinus macrolepidotus* ( $r^2 = 0,8278$ ).

### Perspectives

Notre étude, dans le contexte ivoirien ou ouest africain a pour intérêt d'apporter d'une part des données morphologiques sur les otolithes de poissons d'eau douce ivoirienne et d'autre part, des moyens d'estimation de la taille des poissons à partir de celles des otolithes. Les modèles de régression linéaire fournis peuvent trouver des applications en archéo-ichthyologie, dans les études de régime alimentaire des prédateurs ichthyophages mais aussi dans des études de dynamique des populations en vue de la caractérisation des stocks de poisson. Cette étude mériterait d'être étendue à d'autres familles de poissons d'eau douce ouest-africaines.

## **REFERENCES**

- Agüera A. & Brophy D. (2011). Use of saggital otolith shape analysis to discriminate Northeast Atlantic and Western Mediterranean stocks of Atlantic saury, *Scomberesox saurus* (Walbaum). *Fisheries Research*, 110: 465–471.
- Aloko N.J. (2001). L'impact de la création du lac de Buyo sur l'organisation de l'espace Buyo dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. *Revue CAMES*, 13 (03) : 86 - 96.
- Anonyme (1999). Diversité biologique de la Côte d'Ivoire. Rapport de synthèse du Ministère de l'environnement et de la Forêt, 273: 105-106.
- Aydin R., Calta M., Sen D. & Coban M.Z. (2004). Relationships between fish lengths and otolith length in the population of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) inhabiting Keban Dam Lake. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7: 1550- 1553.
- Battaglia P., Malara D., Romeo T. & Andaloro F. (2010). Relationship between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the mediterranean Sea (Strait of Messina), Italy. *Marine Science*, 74: 605-612.
- Beamish R. J. & McFarlen G. A. (1987). Current trends in age determination methodology. In: Age and growth of fish ( Summerfelt R. C. and Hall G. E., Eds.). *Iowa State University Press*, 15-42.
- Brewster K.A. (1986). Kinetic energy evolution in a developing severe thunderstorm. Report, Coopertative Institute for Mesoscale Meteorological Studie (CIMMS), No 59: 171 pp.
- Campana S.E., 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean, Ottawa (Ontario). *NRC Research Press*, 284 p.
- Campana S.E. & Casselman J.M. (1993). Stock discrimination using otolith shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50: 1062-1083.
- Campana, S.E., Fowler A.J. & Jones C.M. (1993). Otolith elemental fingerprinting for stock identification of Atlantic cod, (*Gadus morhua*) using laser ablation ICPMS. *Canadian Journal O/ Fisheries and Aquatic Sciences*, 51: 1942-1950.
- Cardinale M., Doering-Arjes P., Kastowsky M., Mosegaard H. (2004). Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61 (2): 158-167.
- Casselman J.M. (1990). Growth and relative size of calcified structures of fish Transaction of the American. *Fisherie Society*, 119: 673-688.
- Chaine J. & Duvergier J. (1934). Recherches sur les otolithes des poissons. Etude descriptive et comparative de la sagitta des Téléostéens. *Actes de la Société Linnéenne Bordeaux*, 86: 5- 254.

- Degens, E.T., Deuser, W.G. & Haedrich, R.L. (1969). Molecular structure and composition of fish otoliths. *Marine Biology*, 2: 105-113.
- Echeveria T.W. (1987). Relationship of otolith length to total length in rockfishes from northern and central California. *Fishery bulletin*, 85: 383-387.
- Emília S.M. (2017). One gene, multiple alleles: insights into the microevolution of pigmentation polymorphisms. *Molecular Ecology*, 26 (10): 2605–2607.
- Eschmeyer W.N., & Fong J.D. (2015). Species by family/subfamily in the Catalog of Fishes. *California Academy of Sciences*, 14464 p.
- FAO (2002). Deficit irrigation practices. FAO Water Reports 22, 111 p
- FAO (2016). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous, Rome. 224 p.
- Ferguson G.J., Ward T.M., Gillanders B.M. (2011). Otolith shape and elemental composition: Complementary tools for stock discrimination of mullet (*Argyrosomus japonicus*) in southern Australia. *Fisheries Research*, 110 : 75-83.
- Feutry P. (2011). Evolution du comportement diadrome, phylogénie et phylogéographie du genre kuhlia, teleostéen, perciformes. Thèse docteur du muséum national d'histoire naturelle (Paris, France), 212 p.
- Gagliano M. & McCormick M.I. (2004). Maternal condition influences phenotypic selection on of spring. *Journal of Animal Ecology*, 76:174–182.
- Geldiay R. & Balık S. (1996). Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniv. Fen Fak. Kitaplar Serisi, Ege Üniv. Basımevi İzmir, 97: 519 pp.
- Girard C. (2005). Étude du comportement d'orientation d'espèces pélagiques tropicales vis-à-vis d'attracteurs. Thèse de Doctorat de l'Université de La Réunion, 244 p.
- Greenwood P.H., Rosen D.E., Weitzman S.H. & Myers G.S. (1966). Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 131(4): 339–456.
- Hare J. A. & Cowen R. K. (1995). Effect of age, growth rate and ontogeny on the otolith size-fish size relationship in bluefish, *Pomatomus saltatrix*, and the implications for back-calculation of size in fish early life history stages. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52: 1909-22.
- Hattour A. (2009). Les thons mineurs tunisiens: Etudes biologiques et pêche. Collection volume. *Science Papers ICCAT*, 64 (7): 2230-2271.
- Hunt J.J. (1979). Back-Calculation of length at age from otoliths for silver hake of the Scotia Shelf. *ICNAF Sel Papers*, 5: 11-17.



- Jamet J. & Lagoin Y. (1981). Manuel des pêches maritimes tropicales. Tome1. SCET.447 p.
- Kamelan T.M. (2014). Peuplement ichtyologique de quelques hydrosystèmes de l'espace Taï (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 276 p.
- Koné T. (2000). Régime alimentaire et reproduction d'un tilapia lagunaire (*Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852) dans la rivière Bia et le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Katholieke Universiteit Leuven, Belgique, 253 p.
- Kouamélan E.P. (1999). L'effet du lac de barrage Ayamé (Côte d'Ivoire) sur la distribution et l'écologie alimentaire des poissons Mormyridae (Teleostei, Osteoglossiformes). Thèse de Doctorat, Katholieke Universiteit Leuven, Belgique, 221 p.
- Lombarte A. & Leonart J. (1993). Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 37, 297-306.
- Lowenstein J.H. (1971). Differential vertex operations in Lagrangian field theory. *Communications in Mathematical Physics*, 24 (1).
- Meyer M.K.P.S. (1987). African Tetranychidae (Acari: Prostigmata) - with reference to the world genera. Entomology Memoir, Department of Agriculture and Water Supply, Republic of South Africa, 69: 1-175.
- Morales-Nin B. (2000). Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. *Fisheries Research*, 46: 53-67.
- Mugiya Y. & Uchimura T. (1989). Otolith resorption induced by anaerobic stress in the goldfish, *Carassius auratus*. *Journal of Fish Biology*, 35: 813-818.
- N'Dri O.R. (2020). Identification et caractérisation des frayères à poissons dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 156 p.
- Nelson J.S. (2006). *Fishes of the World*. 4th ed. Hoboken (New Jersey, USA): John Wiley & Sons. 601 p.
- Nielsen J.R., Methven D.A., & Kristensen K. (2010). A statistical discrimination method using sagittal otolith dimensions between sibling species of juvenile cod *Gadus morhua* and *Gadus ogac* from the Northwest Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 43: 27-45.
- Nolf D. (1985). Otolithi piscium. In: Schultz, H.P. (Ed), Handbook of paleoichthyology. Fischer Verlag, Stuttgart/ New York, 10 : 1-145.
- Nolf D. (1995). Les otolithes: une source d'informations exceptionnelles sur les poissons actuels et fossiles. *Nouvelles de la Science et des Technologies*, 13 (2-4) : 251-253.

- Olsson M & North (1997). Ontogenetic niche shifts in largemouth bass: Variability and consequences for first-year growth. *Ecology*, 77: 179–190.
- Panfili J., Ximénès M.C. & Do-Chi T. (1990). Age determination of eels in the French Mediterranean lagoons using classical methods and an image analysis system. *International Revue der gesamtem Hydrobiologie*, 75: 745-754.
- Panfili J., De-Pontual H., Troadec H., & Wright P.J. (2002). Manual of Fish Sclerochronology. Published by IFREMER-IRD (Brest, France), 463 p.
- Pannella G. (1971). Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173 : 1124-1127.
- Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G. (2003a). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, Tome I. Editions IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren), 457 p.
- Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G. (2003b). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, Tome II. Éditions IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren), 815 p.
- Paxton J.R. (2000). Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat and/or luminescence? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Biological Sciences*, 355: 1299-1303.
- Popper A.N. & Luz Z.M. (2000). Structure-fonction relationships in fish otolith organs. *Fisheries Research*, 46: 15-25.
- Popper A.N. & Hoxrer B. (1981). The fine structure of the sacculus and lagena of a Teleost fish. *Hearing Research*, 5: 245-263.
- Ramcharitar J., Higgs D.M. & Popper A.N. (2001). Sciaenid inner ears: a study in diversity. *Brain Behavior and Evolution*, 58: 152-162.
- Rhodes K.L., Joseph E., Mathias D., Malakai S., Kostka W. & David D. (2005). Reef fish spawning aggregation monitoring in Pohnpei, Federated States of Micronesia, in response to local management needs. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin*, 5: 20-24.
- Ross M.D. & Poce K.G. (1984). Some properties of otoconia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 304: 445-452.
- Sallami B., Béarez P. & Ben-Salem M. (2013). Relations allométriques entre la longueur du poisson et la taille de l'otolithe chez trois anguilliformes des côtes du nord de la Tunisie (Méditerranée centrale). *Cybium*, 37 (3): 159-163.

- Schwartz D. & Lazar P. (1964). Elément de statistique à l'usage des étudiants en propédeutique médicale. *Editions Flammarion*, 142p.
- Secor D.H., Dean J.M., & Laban E.H. (1991). Manual for otolith removal and preparation for microstructure examination. Baruch Institute Technical Report 91-1, University South Carolina, Columbia, SC, 85 p.
- Séret B. (1990). Les requins : questions et réponses. *Revue du Palais de la Découverte*, 18 (180) : p. 19-42.
- Seret B. & Opic P. (2011). Poissons de mer de l'ouest africain tropical. ORSTOM 1981, IRD Éditions Marseille, 451 p.
- Simkiss K. (1974). Calcium metabolism of fish in relation to ageing. In: T.B. Bagenal (ed.) *Ageing of Fish, Unwin Brothers, Old Working*, pp. 1-12.
- Smale M. J., Watson G. & Hecht T. (1995). Otolith atlas of southern African marine fishes. *Ichthyological Monograph JLB Smith Institute of Ichthyology*, 1: 253.
- Stransky C., Baumann H., Fevolden S.E., Harbitz A., Høie H., Nedreaas K.H., Salberg A.B. & Skarstein T.H. (2008). Separation of Norwegian coastal cod and Northeast Arctic cod by outer otolith shape analysis. *Fisheries Research*, 90: 26-35.
- Stéguert B., Panfili J. & Dean J.M. (1996). Age and growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, from the western Indian Ocean, based on otolith microstructure. *Fishery Bulletin*, 94: 124-134.
- Templemann W. & Squires H.J. (1956). Relationship of otolith lengths and weight in the haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.), to the growth of the fish. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 13: 467-487.
- Traoré K. (1989a). Caractéristique bio-écologique du peuplement ichthyologique du lac de Buyo. Rapport de Recherche, Institut d'Écologie Tropicale (IET), Côte d'Ivoire, 182 p.
- Traoré K. (1989b). Caractéristiques physico-chimiques du Lac de Buyo. Rapport de Recherche, Institut d'Écologie Tropicale (IET), Côte d'Ivoire, 164 p.
- Traoré K. (1996). Etat des connaissances sur les pêcheries continentales ivoiriennes. Rapport de consultation, Projet F.A.O. (TCP), 135 p.
- Tuset V.M., Lombarte A., Gonzalez J.A., Pertusa J.F. & Lorente M.J. (2003). Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp. *Journal of Fish Biology*, 63: 1491-1504.
- Tuset V.M., Lombarte A. & Assis C.A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72S1: 7-198.

- Vanga A.F. (1998). Étude socio-économique de la pêche sur le lac de Buyo. Rapport final. Projet de Développement Rural de la Région Forestière Ouest (BAD/FAD, Côte d'Ivoire) : 18-58.
- Veen J., Petters J., Leopold M.F., Van Damme C.J.G. & Veen T. (2003). Les oiseaux piscivores comme indicateurs de la qualité de l'environnement marin: suivi des effets de la pêche littorale en Afrique du Nord-Ouest. Wageningen, the Netherlands, Alterra-rapport, 666: 190 p.
- Veen J. & Hoedemakers K. (2005). Synopsis iconographique des otolithes de quelques espèces de poissons des côtes ouest africaines. Based on otolith microstructures in Tilapias (Pisces, Cichlidae). *Fishery Bulletin*, 99: 139-15.

## **Résumé**

Le présent mémoire porte sur la morphologie des otolithes chez trois familles de poisson (Cichlidae, Alestidae et Ciprinidae) du lac de barrage de Buyo en Côte d'Ivoire. Cependant, le domaine de l'otolithologie reste encore peu exploré et les relations concernant les espèces d'eau douce ivoiriennes et leurs otolithes sont encore méconnues. L'étude a consisté à décrire la morphologie des otolithes chez 11 espèces de poisson appartenant à ces familles et à étudier les relations entre la taille du poisson et celle de son otolithe. Trois méthodes principales ont été utilisées dans cette étude à savoir l'identification, le prélèvement et la mensuration. Les résultats obtenus ont montré que la forme des otolithes décrits diffère d'une espèce à une autre mais à l'intérieur d'une même famille, il existe des caractères communs. Les otolithes gauche et droit ont été utilisés indifféremment chez toutes les espèces car il n'existe pas de différence significative entre ceux-ci pour un même spécimen. L'étude des relations entre la longueur totale du poisson et la longueur de l'otolithe (longueur antéropostérieure) a révélé une allométrie minorante pour toutes les espèces considérées. Parmi les trois familles étudiées, la plupart des espèces de la famille des Cichlidae présentent une assez bonne corrélation entre la longueur de la sagittae et la longueur du poisson.

**Mots-clés :** otolithes, sagittae, longueur antéropostérieure, lac de Buyo.

## **Abstract**

This thesis focuses on the morphology of otoliths in three fish families (Cichlidae, Alestidae and Ciprinidae) from the Buyo dam lake in Côte d'Ivoire. However, the field of otolithology remains little explored and the relationships between Ivorian freshwater species and their otoliths are still unknown. The study consisted of describing the morphology of otoliths in 11 species of fish belonging to these families and studying the relationships between the size of the fish and that of its otolith. Three main methods were used in this study, namely identification, sampling and measurement. The results showed that the shape of the described otoliths differs from one species to another but within the same family there are common characters. Left and right otoliths were used interchangeably in all species as there is no significant difference between them in the same specimen. The study of the relationship between the total length of the fish and the length of the otolith (anteroposterior length) revealed a minorizing allometry for all species considered. Among the three families studied, most species of the family Cichlidae show a fairly good correlation between the length of the sagittae and the length of the fish.

**Key words:** otoliths, sagittae, anteroposterior length, Buyo lake.