



ISSN (O): 2320-5407  
ISSN (P): 3107-4928

Journal Homepage: [www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/24120  
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/24120>



### RESEARCH ARTICLE

## CARACTERISATION PAR MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE DES POISSONS TILAPIAS *Coptodonguineensis* (GUNTHER, 1862) ET *Coptodonzillii* (GERVAIS, 1848) ET LEURS HYBRIDES DANS DEUX ZONES AGRO ECOLOGIQUES DE LA COTE D'IVOIRE

Soro Kouhana, Ndiaye Awa, Aboly Bosson Nicolas and Dahouda Mahamadou

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 08 July 2026

Final Accepted: 10 August 2026

Published: September 2026

##### Key words:-

Côte-d'Ivoire, Coptodon,  
dimorphism, Geometric morphometry,  
Lagoon Ebrié, lakes, centroid size,  
Procustra

#### Abstract

**Description of the subject:** *Tilapia* species are widely used in fish farming but have been fewest studied from a morphometric perspective. They undergo significant fluctuations in size and shape due to environmental factors. Knowledge of their morphological and structural diversity is therefore essential.

**Objective:** The study aimed to determine the intra- and interspecific morphometric variability of *Tilapia* fish according to habitat.

**Method:** Diurnal and nocturnal fishing let captured 343 hybrid specimens and 266 *Coptodon zillii* specimens in the Ebrié Lagoon and in four lakes. Morphological analysis was realized using geometric morphometry with the CLIC software, based on the digitalization of landmarks on images of the captured fish. Classification by discriminant analysis was realized out and completed with phylogenetic trees.

**Results:** Geometric morphometric analysis revealed that hybrid males were larger ( $10.19 \pm 1.36$ ) than females ( $9.35 \pm 1.37$ ). The Hybridization significantly influenced fish morphology. Hybrids exhibited the largest centroid lengths. Those from Sector IV were the largest, with respective centroid lengths 11.15 and 10.42 for males and females. The lake Loka and the lake Béoumi had the largest *C. zillii*. Phylogenetic analysis showed dissimilarities between individuals from the two study areas.

**Conclusion:** There is morphological diversity among *Tilapia* in lagoon and lake waters. Morphometric characterization has proven to be an innovative and efficient technique. Molecular characterization is necessary to confirm these results.

"© 2026 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

#### Introduction :-

L'atteinte de l'autosuffisance alimentaire constitue un défi majeur partout dans le monde et pour les pays en développement en l'occurrence ceux de l'Afrique. Ce défi constitue un des objectifs du millénaire pour un développement durable portant sur la pauvreté et la sécurité alimentaire (FAO, 2018). Dans un tel contexte, les études sur la diversité génétique et la structure des populations de poissons restent primordiales (Lazard, 2007). En

effet, ils constituent des moyens de surveillance, de protections et de gestions des ressources halieutiques (Shui, 2009). À cet effet, les Tilapia d'eau douce et saumâtre, en raison de leurs extraordinaires attributs d'adaptation, de croissance rapide et de reproduction aisée dans un large éventail écosystème aquatique font d'eux, le deuxième groupe de poisson d'élevage les plus importants dans le monde, qui avec une production mondiale de plus de 179 millions de tonnes métriques (FAO, 2022). Le terme générique Tilapia regroupe plusieurs genres de famille des Cichlidae et est constitué de plusieurs espèces dont les *Oreochromis*, *Sarotherodons*, *Coptodon zillii* ou *Tilapia Zillii* (Gervais, 1848) encore appelé Poisson Saint-pierre et *Coptodon guineensis* (Gunther, 1862) (Lazard, 2007). En Afrique, les tilapias constituent les principales espèces pour la pisciculture commerciale (Baboucuret al., 2025). Ils représentent également les espèces les plus élevées et les plus appréciées par les pisciculteurs et les consommateurs (Ouattara et al., 2009 ; Baboucuret al., 2025). La production nationale du poisson est d'environ 113000 tonnes en 2018 (FAO, 2023). Cette production est largement inférieure à la consommation nationale estimée à plus de 650 000 tonnes de poissons par an dont 570 000 tonnes importées.

Le marché de commercialisation du poisson en Côte d'Ivoire se compose entre autres du Tilapia frais issu de la pêche ou de l'élevage et du tilapia congelés importés. La pêche en Côte d'Ivoire est de deux types, notamment la pêche industrielle en haute mer et une pêche principalement artisanale porteuse d'emplois, offertes par les eaux intérieures qui sont des lacs ou des barrages, des fleuves et des rivières où se développent ces activités de pêche du Tilapia. Plusieurs travaux de recherches sur les différents genres de Tilapia ont permis de montrer leur importance économique, sociale et la place que pourrait occuper ces poissons dans la sécurité alimentaire durable et leur conservation contre toutes les formes de menace grandissante (FAO, 2023). En effet, l'hybridation entre ces espèces a joué un rôle important dans le développement piscicole. Ces espèces, bien qu'elles soient parfaitement connues génétiquement, se répartissent selon des zones agro écologiques spécifiques sur l'ensemble du territoire. Cette spécificité, constitue un facteur important de l'évolution de la diversité génétique au sein des unités populationnelles et entre celles-ci (Diallo, 2018). Selon Turner et al., (2003), les facteurs environnementaux naturels ou anthropogéniques peuvent être la source d'une hétérogénéité spatiale liée à celles-ci.

C'est à la suite d'un tel constat que, de nombreux outils ont été utilisés pour investiguer la structure spatiale des populations d'organismes vivants. Ces outils comprennent notamment des marqueurs morphologiques phénotypiques et moléculaires (Smýkalet al., 2008). Au cours des deux dernières décennies, les marqueurs moléculaires ont connu un important développement comme les microsatellites, les marqueurs RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) ou Polymorphisme de longueur des fragments de restriction de l'ADN, les marqueurs RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), les marqueurs AFLP (Amplification Fragment Length Polymorphism ou Polymorphisme de longueur des fragments d'amplification), les SNP (single-nucléotide polymorphism) dans la caractérisation des structures des populations de nombreuses espèces. Toutefois, ces marqueurs sont souvent onéreux et requièrent un temps assez long pour être développé, ce qui les rend difficile d'utilisation en routine (Schlötterer, 2004 ; Diallo, 2018).

Le développement récent d'outils de morphométrie géométrique peut constituer une alternative primordiale et moins coûteuse pour l'étude de la structuration des populations (Francoyet al., 2011 ; Zelditch et al., 2012). L'utilisation de ces méthodes ne nécessitent que la maîtrise de programmes informatiques relativement accessibles. Par ailleurs, il est reconnu que les variations morpho-géométriques permettent de révéler des différences génétiques chez les organismes, qui peuvent être considérées comme des résultats de divergences évolutives. Ainsi, des études de morphométrie géométriques ont permis de mettre en évidence des influences de facteurs environnementaux/géographiques et génétiques sur la forme d'organes ou d'organismes entiers chez plusieurs organismes. Bien que les espèces de poisson soit caractérisé génétiquement, les espèces du genre *Coptodon* sont très peu étudiés sous l'aspect morphologique (Adepo, 2008). C'est dans ce contexte que le genre *Coptodon*, avec les espèces *C. zillii* (Gervais, 1848) et *C. guineensis* (Bleeker, 1862) (Nobah et al., 2008 ; Louizi et al., 2019) constitue un modèle très intéressant pour l'étude de la structuration des populations à l'aide d'outils de morphométrie géométrique. Leurs populations subissent d'importantes fluctuations de taille et de forme du fait des variations dues aux facteurs environnementaux naturels ou anthropogéniques. Cette étude visait à analyser la variabilité morphologique des populations des poissons Tilapia sp et des Hybrides de deux zones agro écologiques tout utilisant la morphométrie géométrique.

Il s'agissait spécifiquement de

- Apprécier le dimorphisme sexuel chez les poissons *Coptodon zillii* et les Hybrides de deux zones agro écologiques
- Évaluer la variabilité morpho-géométrique des poissons des zones d'étude.

## Matériel Et Méthodes : -

### Site d'étude : -

Cette étude a été menée dans deux zones agro écologiques de la Côte d'Ivoire. La première zone est située au Sud zone de forêt. Elle regroupe 4 sites qui sont la lagune de Fresco, la lagune de San-Pedro, les secteurs IV et V de la lagune Ebrié. La lagune de Fresco, située entre 5°32' et 5°38' de la longitude Ouest et 5°40' et 5°70' de la latitudes Nord à un plan d'eau lagunaire qui s'étire, d'Est en Ouest, sur une longueur d'environ 6 km, une largeur comprise entre 2 et 4 km avec une profondeur moyenne de 4 m. Elle couvre une superficie variant de 17 km<sup>2</sup> pendant la saison sèche à 29 km<sup>2</sup> à la pointe de la saison de pluies (Yacouba et al., 2008). La Lagune Ebrié, s'étend sur 130 km le long de la façade littorale entre 3°40' et 4°50' longitude Ouest à la latitude de 5°50' Nord avec une profondeur moyenne de 4,8 m (Yao et al., 2020). Elle est subdivisée en six secteurs (I à VI) sur la base des critères hydrobiologiques. Le secteur IV s'étend de l'île Boulay jusqu'au débouché de l'Agnéby. Le secteur V s'étend de l'Agnéby à 15 Km du canal d'Azagny. Il est relativement stable, peu influencé par les eaux marines et par les apports d'eaux douces (Bopo, 2018). La deuxième zone est au centre de la Côte d'Ivoire dans la savane, sur le fleuve Bandama, long d'environ 1050 km dans la région du Gbêkê. Elle regroupe 3 sites, à savoir le site du lac Kan, du lac Ioka et du lac de Béoumi. Le lac Ioka est un bassin versant du fleuve Bandama occupant une superficie de 133,50 km<sup>2</sup>. Le lac Kan se situe à l'entrée Sud de la ville de Bouaké. Le lac de Béoumi, est un vaste bassin versant du Bandama blanc. La zone appartient au climat Baouléen caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses (Savane et al., 2010 ; Koné et al., 2022) (Figure 1).

### Matériel : -

Au total, 266 spécimens *C. zillii* (Figure 2A) et 343 spécimens hybrides (♂ *C. guineensis* (Figure 2B) X ♀ *C. zillii*) (Figure 2-C) ont été utilisés dans cette étude. L'espèce *C. guineensis* était pratiquement absente dans l'échantillon. En effet, l'hybridation introgressive asymétrique dans le sens du parent *C. guineensis* dont l'effectif était réduit au profit des individus des hybrides s'était matérialisée sur le terrain par sa rareté. Des glacières munies de glace ont été utilisées pour conserver les échantillons de poissons jusqu'au lieu de la prise des mesures morphométriques. Des rubans adhésifs en papier et des marqueurs indélébiles ont servi à effectuer le marquage des poissons. Des pins entomologiques et une règle graduée de 30 cm ont été utilisées ont permis de faire les différentes mensurations. Un dispositif à coulisse portant l'appareil photographique permettait de d'effectuer les prises d'images (Figure 3). Le logiciel Collection of Landmarks for Identification and Characterization (CLIC), version 98, a été utilisé pour la digitalisation des points repères (Outline) des images de poisson pour la morphométrie géométrique.

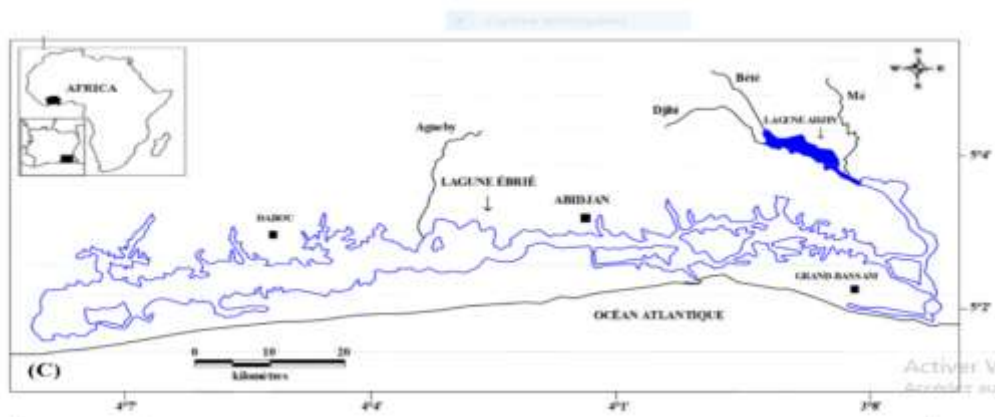


Figure 1 : Lagune Ebrié- Lagoon Ebrié (CNTIG, 2016)



.. Hybride

B: *C. guineensis***Figure 2 :** Spécimens de poissons du genre *Coptodon* -Fish specimens genus *Coptodon***Figure 3 :** Dispositif de prise de photo des poissons-Device of Fish photography device**Méthodes : -****Collecte des données**

L'échantillonnage a été effectué d'Avril 2024 à octobre 2024. Des parties de pêche diurne et nocturne par équipe étaient organisées sur les différents sites de collecte. Ainsi, les filets étaient posés entre 17 et 18 heures puis visités entre 3 et 5 h pour la pêche nocturne, entre 12 et 13 h pour la pêche diurne. Les poissons étaient transportés dans des glacières jusqu'au laboratoire pour les mensurations et les prises d'images.

**Traitement des données : -**

L'analyse morphométrique était basée sur la morphométrie géométrique (MG). Les individus choisis étaient des adultes dont la taille était assez proche de la longueur standard de 8 cm (Bopo, 2018). Pour réaliser la numérisation d'images, chaque spécimen était positionné sur la plaque en polystyrène du dispositif en bois, placé horizontalement sur la surface du support en polystyrène, par convention seule la face latérale gauche du poisson est prise en compte de sorte que la tête était dirigée à gauche et la queue à droite (Valentin, 2006). À l'aide de pins entomologiques, le poisson était bien fixé et bien exposé lors de la prise de vue. Une règle graduée était mise à la base pour la détermination de l'échelle et la mesure. Une étiquette portant l'espèce, la provenance et un numéro d'ordre était collée sur le support en polystyrène. Les images ont été prises, par le même opérateur, à l'aide de l'appareil photo monté sur le dispositif en bois avec un agrandissement de 5M. Chaque image était sauvegardée sur l'ordinateur avec un code individuel et classée dans un dossier selon le site de collecte.

Pour ce faire, 19 points repères définissant les caractéristiques homologues ont été placés sur les différents spécimens de poissons Rüber et Adam (2001) (**Tableau I**). L'emplacement des points repère a été réalisé selon les méthodes d'étude de typologie et de morphométrie géométrique sur les Cichlidés utilisées par Rüber et Adams (2001). Selon eux, ces points repères renfermaient des quantités d'informations. La méthode a consisté à positionner des points, plus ou moins réguliers appelés landmarks points sur seulement la face latérale gauche de l'image capturée

de chaque spécimen, tous dans le même ordre de 1 à 19 (Figure 4). La digitalisation consistait à déterminer, de manière numérique, à l'aide du logiciel Collection of Landmarks for Identification and Characterization (CLIC), les coordonnées x et y de points positionnés sur les zones anatomiques des spécimens. La digitalisation a été réalisée à l'aide du module COO du logiciel CLIC, version 1998 (Dujardin et al., 2011 ; YAO et al., 2023). Ce module génère automatiquement les coordonnées "x" et "y" représentant deux variables différentes à partir de chaque point repère, soit un total de 38 variables.



**Figure 4:** Emplacement des points repères sur un spécimen de poisson - *Location of landmarks over the specimen*

**Tableau I:** Description des 19 points repères selon Rüber et Adam (2001) - *Description of 19 landmarks according to Rüber et Adam (2001)*

| Points repères | Description                                                  |
|----------------|--------------------------------------------------------------|
| L1             | Sommet de la lèvre supérieure                                |
| L2             | Point le plus élevé de l'œil                                 |
| L3             | Insertion antérieure de la nageoire dorsale                  |
| L4             | Base postérieure du dernier rayon dur de la nageoire dorsale |
| L5             | Sommet des rayons mous de la nageoire dorsale                |
| L6             | Insertion postérieure de la nageoire dorsale                 |
| L7             | Limite dorsale de la nageoire dorsale                        |
| L8             | Extrémité antérieure de la nageoire caudale                  |
| L9             | Extrémité postérieure de la nageoire caudale                 |
| L10            | Limite ventrale de la nageoire dorsale                       |
| L11            | Insertion postérieure de la nageoire anale                   |
| L12            | Extrémité supérieure de la nageoire anale                    |
| L13            | Insertion antérieure de la nageoire anale                    |
| L14            | Insertion postérieure de la nageoire pelvienne               |
| L15            | Extrémité inférieure de la nageoire pelvienne                |
| L16            | Insertion antérieure de la nageoire pelvienne                |
| L17            | Extrémité inférieure de la nageoire pectorale                |
| L18            | Point le plus élevé de la courbure de l'opercule             |
| L19            | Point le plus bas de la courbure de la mâchoire inférieure   |

L'analyse des données obtenues par la morphométrie géométrique a été réalisée à l'aide du programme XYOM (X, Y Morphométrie) (Clabaut et al., 2007 ; Dujardin, 2007). La superposition procruste a pour finalité de séparer la conformation de la taille et de les analyser séparément. Les conformations et les tailles résultantes sont respectivement comparées entre différents groupes. Le logiciel CLIC offre particulièrement une lucarne de

comparer visuellement les conformations moyennes. Les valeurs moyennes de la taille centroïdes des espèces de poisson ont été estimées à l'aide de tests de permutation non paramétriques (1000 tours). La distance Procruste considérée comme une mesure standard du degré de différence entre deux conformations ne dépend pas des facteurs comme la taille des échantillons. Elle est estimée par la racine carrée de la somme des carrés des distances entre les éléments des deux conformations, ou distance procruste partielle (Zelditch et al., 2004). Les différents spécimens ont été distingués en fonction de la forme à partir d'une analyse discriminante, illustrée par des cartes factorielles.

Cette analyse discriminante a permis de faire une reclassification des individus selon la formule: -

$D = \sqrt{(x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)}$  où:

- X est un vecteur de valeurs pour un point spécifique
- $\mu$  est le vecteur des moyennes (centre) de la distribution
- $\Sigma$  est la matrice de covariance des variables
- T indique la transposition du vecteur
- $\Sigma^{-1}$  est l'inverse de la matrice de covariance
- $\sqrt{()}$  est la racine carrée

Les matrices de classifications ont été obtenues à partir des analyses discriminantes effectuées sur chaque population mâle et femelle afin de déterminer les pourcentages de classification des individus de chaque espèce. Les arbres phylogénétiques ont été construits grâce aux distances de Mahalanobis mesurées d'une espèce à une autre.

## Résultats: -

### Dimorphisme sexuel ou intra spécifique:-

Au total, 343 spécimens d'hybrides (216 individus mâles et 127 individus femelles) et 266 spécimens *C. zillii* (152 mâles et 114 femelles) ont été utilisés dans cette étude. Il y avait un dimorphisme marqué par une différence des centroïdes moyennes des mâles et des femelles chez l'espèce *C. zillii* et l'hybride. En effet, chez le *C. zillii*, les mâles étaient plus gros que les femelles de façon significative ( $P < 0,05$ ), avec des valeurs moyennes des centroïdes des mâles significativement supérieures à celles des femelles. Les valeurs observées étaient respectivement de  $8,38 \pm 1,13$  cm et  $7,86 \pm 0,98$  cm chez les mâles et chez les femelles. Chez les hybrides, il y avait également un dimorphisme sexuel (Tableau II). L'étude a montré une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) de la taille des centroïdes entre la taille des centroïdes des mâles de l'hybride et de *C. zillii* (respectivement  $10,19 \pm 1,36$  cm et  $8,38 \pm 1,13$  cm) et chez les femelles des deux populations ( $9,35 \pm 1,37$  cm et  $7,86 \pm 0,98$  cm) respectivement pour les femelles de l'hybride et les femelles de *C. zillii* (Tableau III).

La superposition du Procruste a montré une superposition imparfaite entre les individus mâles hybrides et ceux de l'espèce *C. zillii* sur l'ensemble de la forme, mais plus caractérisée au niveau de certaines zones de la conformation telles que les nageoires pelviennes (L14, L15 et L16), les nageoires anales (L11, L12 et L13), les nageoires caudales (L8 et L9), les nageoires dorsale (L5) et le point de courbure de la mâchoire inférieure (L19) (Figure 5A). Au niveau des femelles de ces deux taxons, la dissemblance de conformation était notée également (Figure 5B). La distribution des tailles centroïdes montrait une variabilité entre les mâles Hybrides et ceux de *C. zillii* avec une moyenne des tailles centroïdes centrées respectivement à 2500 pixel et 2000 pixel (Figure 6A), avec une forte dispersion chez les hybrides, comprise entre 1600 et 3700 pixel contre 1500 et 2500 pixel chez les mâles *C. zillii*. Chez les femelles hybrides et les femelles de *C. zillii*, la même tendance de distribution de la taille moyenne de centroïdes était observée avec des valeurs respectives centrées à 225 et 1800 pixel (Figure 6B) avec une également forte dispersion chez les mâles allant de 1600 à 3200 pixel contre 1300 et 2300 pixel chez *C. zillii*. Ces figures ont montré que les individus hybrides étaient plus gros que les individus *C. zillii*. L'analyse discriminante a permis de séparer les individus mâles des deux espèces (Figure 7A). En effet, deux groupes distincts étaient observés notamment celui des hybrides mâles et celui des *C. zillii* mâles. La figure 7-B montre également deux groupes qui étaient celui des femelles hybrides et celui des femelles *C. zillii*. Il donc existe une distinction très nette entre ces deux espèces aussi bien chez les mâles que chez les femelles.

**Tableau II :** Variation des tailles centroïdes (en cm) au sein de chaque population – *Variation of centroid sizes (in cm) within each population*

| Espèce    | Genre    | Moyenne ( $\pm E$ ) | P        |
|-----------|----------|---------------------|----------|
| C. zillii | Mâles    | 8,38 $\pm$ 1,13     | 0,026**  |
|           | Femelles | 7,86 $\pm$ 0,98     |          |
| . hybride | Mâles    | 10,19 $\pm$ 1,36    | 0,001*** |
|           | Femelles | 9,35 $\pm$ 1,37     |          |

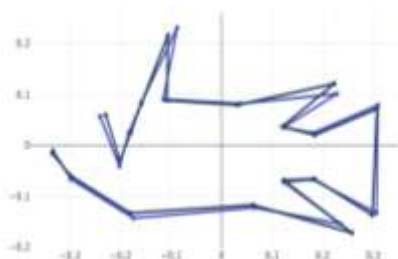
E: écart-type, \*\*\* : Les moyennes sont hautement statistiquement différentes au seuil  $\alpha = 5\%$  ( $p < 0,001$ ); \*\*: Les moyennes sont statistiquement différentes au seuil  $\alpha = 5\%$  E: standard deviation, \*\*\*: Means are highly statistically different at the  $\alpha = 5\%$  level ( $p < 0,001$ ); \*\*: Means are statistically different at the  $\alpha = 5\%$  level

**Tableau III :** Variation des tailles centroïdes (en cm) par genre-*Variation of centroid sizes (in cm) per genus*

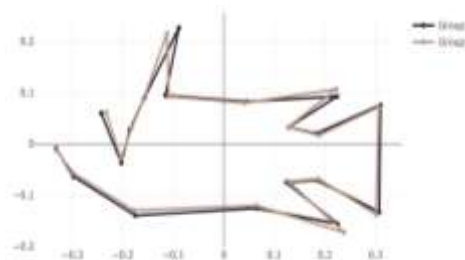
| Genre   | Espèce    | Moyenne ( $\pm E$ ) | P        |
|---------|-----------|---------------------|----------|
| Mâle    | C. zillii | 8,38 $\pm$ 1,13     | 0,001*** |
|         | Hybride   | 10,19 $\pm$ 1,36    |          |
| Femelle | C. zillii | 7,86 $\pm$ 0,98     | 0,026**  |
|         | Hybride   | 9,35 $\pm$ 1,37     |          |

E: écart-type; \*\*\* : Les moyennes sont hautement statistiquement différentes; \*\*: Les moyennes sont statistiquement différentes au seuil  $\alpha = 5\%$

E: standard deviation, \*\*\*: Means are highly statistically different at the  $\alpha = 5\%$  level ( $p < 0,001$ ); \*\*: Means are statistically different at the  $\alpha = 5\%$  level



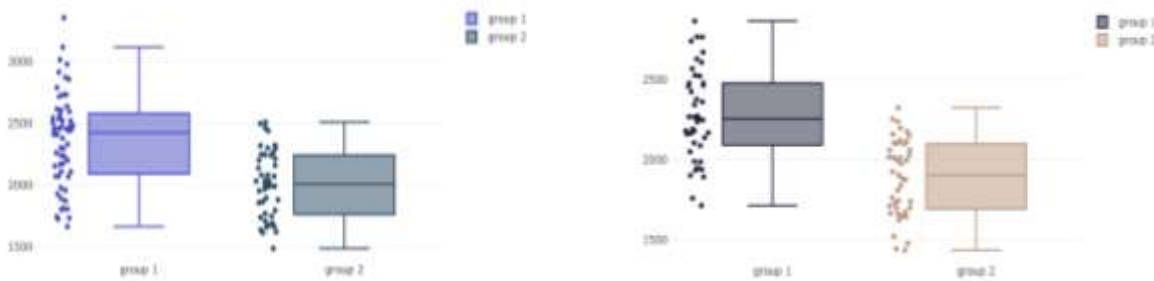
A: Superposition du Procuste des mâles :  
Groupe 1 : Hybrides mâles. Groupe 2 : mâles C. zillii  
- *Superposition of the Procrustes of males:*  
Group 1: Male hybrid; Group 2: Male C. zillii



B: Superposition du Procuste des femelles : Groupe 1 :  
hybrides femelles.  
Groupe 2: Femelles C. zillii  
- *Superposition of the Procrustes of females.*  
Group 1: Female hybrid; Group 2: Female C. zillii

Figure 5 : Comparaison visuelle des conformations corporelles moyennes des mâles et femelles par la superposition du Procuste

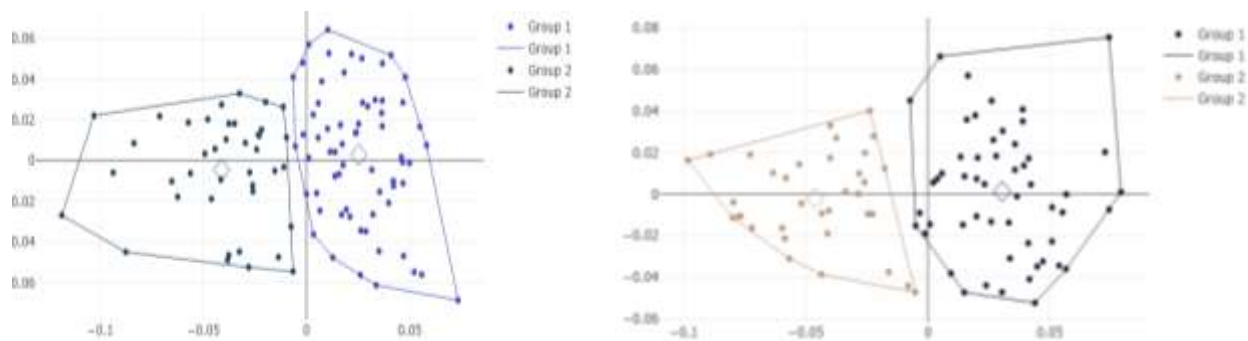
-*Visual comparison of body conformation average body by superimposing the Procrustes*



A: Groupe 1 : Hybrides mâles, Groupe 2 : mâles *C. zillii*.  
-Group 1: hybrid males, Group 2: *C. zillii* males

B: Groupe 1 : femelles hybrides, Groupe 2 : femelles *C. zillii*.  
-Group 1: hybrid females, Group 2: *C. zillii* females

**Figure 6** : Distribution des tailles centroïdes /Distribution of centroid sizes



A: G1: mâles hybrides, G2: mâles *C. zillii*.  
-G1: hybrid males; G2: *C. zillii* males

B: G1 : femelles hybrides, G2 : femelles *C. zillii* ;  
-G1: hybrid females, G2: *C. zillii* females

**Figure 7**: Carte factorielle de l'analyse discriminante /Factorial card of the discriminant analysis

#### Dimorphisme interspécifique:-

Les individus mâles hybrides des 4 sites étaient très hautement significativement différents ( $p < 0,001$ ). Cependant cette différence n'était pas significative entre les hybrides du Secteur Vet du San-Pedro qui avaient des tailles centroïdes respectives de  $9,58 \pm 1,18$  cm et  $9,48 \pm 1,35$  cm. Les mâles hybrides du secteur IV ont présenté la valeur de taille moyenned des centroïdes la plus élevée ( $11,15 \pm 1,18$  cm). La population mâle des Hybrides issu de Fresco avaient la plus petite moyenne ( $8,03 \pm 1,14$  cm) de la taille des centroïdes. Chez la population femelle, les mêmes différences ont été observées (**Tableau IV**). Chez les mâles de *C. Zillii*, la moyenne des tailles centroïdes ont été significativement différentes pour les trois sites avec la plus grande valeur obtenue chez les mâles du site de Loka ( $8,80 \pm 0,64$  cm). Chez les femelles le résultat évoluait significativement dans le même ordre (**Tableau V**).

La classification basée sur les distances de Mahalanobis a montré que tous les individus étaient bien classés dans leur population d'origine avec de bon score total de 90,27% chez les mâles hybrides et 80,31% chez les femelles. Les mâles du site de Fresco et du Secteur IV ont été les mieux reclassés (**Tableau VI**). Les individus des populations *C. zillii* ont été également reclassés correctement dans leur population d'origine avec respectivement un score total de 90,13% chez les mâles de *C. zillii* et 85,09 % chez les femelles. Tous les mâles *C. zillii* du Lac et toutes les femelles du Lac ont été correctement reclassés (**Tableau VII**). L'arbre phylogénétique a permis de distinguer trois groupes en suivant la troncature notamment le groupe des Hybrides mâles de Fresco, le groupe des hybrides mâles du Secteur V et hybrides mâles de San-Pedro, le groupe des mâles du Secteur IV. Les individus du secteur V et de San-Pedro étaient très proches ou semblables. Par contre, les mâles hybrides du secteur IV et ceux de Fresco étaient

très éloignés ou différents (**Figure 8A**). Quant aux femelles, celles du secteur IV et du secteur IV étaient très proches alors que celles des sites de San-Pedro et de Fresco étaient très éloignées (**Figures 8B**).

**Tableau IV:** Variation des moyennes de la taille centroïde deshybrides- *Variation in mean centroid size of hybrids*

| Site          | Population mâle |            |              | Population femelle |            |              |
|---------------|-----------------|------------|--------------|--------------------|------------|--------------|
|               | n               | N          | %            | n                  | N          | %            |
| Lac de Béoumi | 44              | 50         | 88           | 43                 | 51         | 84,31        |
| Lac Loka      | 60              | 60         | 100          | 29                 | 38         | 76,32        |
| Lac Kan       | 33              | 42         | 78,57        | 25                 | 25         | 100          |
| <b>TOTAL</b>  | <b>137</b>      | <b>152</b> | <b>90,13</b> | <b>97</b>          | <b>114</b> | <b>85,09</b> |

*E* : écart-type ; \*\*\* : Les moyennes sont statistiquement différentes au seuil  $\alpha$  5% ( $p < 0,001$ ).a, b et c indiquent que les moyennes sont statistiquement différents. Les nombres affectés de la même lettre ne diffèrent pas significativement.  
*E*: standard deviation; \*\*\*: Means are statistically different.  $\alpha = 5\%$  level ( $p < 0.05$ ).a, b, and c indicate that the means are statistically different. Numbers with the same letter do not differ significantly.

**Tableau V:** Variation des moyennes de la taille centroïde de *C. zillii* - *Variation in mean centroid size of C. zillii*

| Population | Site          | Moyenne (+E)           | P        |
|------------|---------------|------------------------|----------|
| Mâle       | Lac de Béoumi | 8,08±1,05 <sup>b</sup> | 0,001*** |
|            | Lac Loka      | 8,80±0,64 <sup>a</sup> |          |
|            | Lac Kan       | 7,15±0,68 <sup>c</sup> |          |
| Femelle    | Lac de Béoumi | 7,60±1,04 <sup>b</sup> | 0,001*** |
|            | Lac Loka      | 8,68±0,46 <sup>a</sup> |          |
|            | Lac Kan       | 6,90±0,53 <sup>c</sup> |          |

*E* : écart-type ; \*\*\* : Les moyennes sont statistiquement différentes au seuil  $\alpha$  5% ( $p < 0,001$ ).a, b et c indiquent que les moyennes sont statistiquement différents. Les nombres affectés de la même lettre ne diffèrent pas significativement

*E*: standard deviation: \*\*\*: Means are statistically different.  $\alpha = 5\%$  level ( $p < 0.05$ ).a, b, and c indicate that the means are statistically different. Numbers with the same letter do not differ significantly.

**Tableau VI:** Pourcentage de classification basée sur les

| Site         | Population mâle |            |              | Population femelle |            |              |
|--------------|-----------------|------------|--------------|--------------------|------------|--------------|
|              | n               | N          | %            | n                  | N          | %            |
| Fresco       | 50              | 53         | 94,33        | 28                 | 33         | 84,84        |
| Secteur V    | 46              | 53         | 86,79        | 25                 | 31         | 80,65        |
| San-Pedro    | 53              | 61         | 86,88        | 20                 | 30         | 66,67        |
| Layo-Taboth  | 46              | 49         | 93,88        | 29                 | 33         | 87,88        |
| <b>TOTAL</b> | <b>195</b>      | <b>216</b> | <b>90,27</b> | <b>102</b>         | <b>127</b> | <b>80,31</b> |

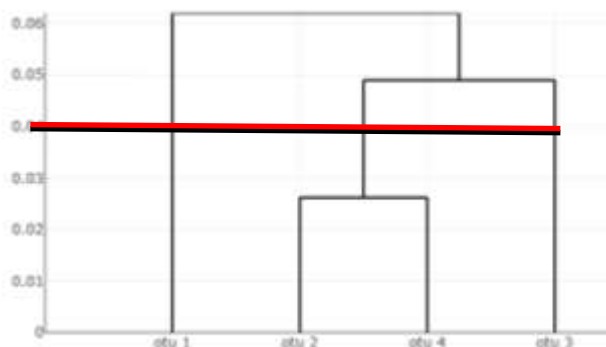
distances de Mahalanobis des hybrides des différents site-

*Percentage of classification based on Mahalanobis distances of hybrids from different sites*

**Tableau VII:** Pourcentage de classification basée sur les distances de Mahalanobis de *C. zillii* des différents sites ;  
*Percentage of classification based on Mahalanobis distances from C. zillii at different*

| Population | Site                     | Moyenne (+E)            | P        |
|------------|--------------------------|-------------------------|----------|
| Mâle       | Fresco                   | 8,03±1,14 <sup>c</sup>  | 0,001*** |
|            | Secteur V                | 9,58±1,18 <sup>b</sup>  |          |
|            | Secteur IV (Layo-Taboth) | 11,15±1,18 <sup>a</sup> |          |
|            | San-Pedro                | 9,48±1,35 <sup>b</sup>  |          |

|         |                          |                         |          |
|---------|--------------------------|-------------------------|----------|
| Femelle | Fresco                   | 7,86+0,97 <sup>c</sup>  | 0,001*** |
|         | Secteur V                | 8,32+1,26 <sup>c</sup>  |          |
|         | Secteur IV (Layo-Taboth) | 10,42+0,62 <sup>a</sup> |          |
|         | San-Pedro                | 8,99+1,32 <sup>b</sup>  |          |



A. Mâles hybrides- Hybrid mâles

Otu 1 : mâles de Fresco ; Otu 2 : mâles du Secteur V ; Otu 3 : mâles du IV ; Otu 4 : mâles de San-Pedro



B- Femelles hybrides- Hybrid females

Otu 1 : femelles de Fresco ; Otu 2 : femelles du Secteur V ; Otu 3 : femelles du Secteur IV. ; Otu 4 : femelles de San-Pedro

- Out 1: females of Fresco; Otu 2: females of Sector V; Otu3: females of Sector IV; Out 4: females of San-Pedro

**Figure 8:** Arbres phylogénétiques des Hybrides des différents sites de la Lagune Ebrié.

*Phylogenetic tree of hybrid specimens from different sites of lagoon Ebrié*

## Discussion:-

### Dimorphisme sexuel ou intra spécifique:-

Les résultats sur le dimorphisme sexuel des deux espèces de poissons étudiées révèle qu'il n'existe pas de différence significative de conformation entre les mâles et les femelles des deux populations de poisson. Toutefois, les mâles sont plus gros que les femelles. Ce résultat est similaire à celui de Nobah(2007) obtenue chez les Cichlidés. Les moyennes de la taille des centroïdes montrent une différence significative entre les individus hybrides et les *C. zillii*. En effet, les hybrides sont plus gros que les *C. zillii*. Cette différence serait probablement due à l'hybridation où les hybrides profiteraient de la complémentarité hybride ou l'effet hétérosis. En effet, les hybrides dotés d'hétérosis présentent une taille centroïde plus importante que celle du parent de plus grande taille centroïde (Bopo, 2018). Par conséquent, pour Dujardin (2007 ;2011), la taille et la conformation seraient des indicateurs majeurs pour apprécier le degré de l'effet hétérosis dans le cas d'une hybridation. Une relation linéaire existe alors entre la divergence génétique des parents et l'augmentation de la taille centroïde de la descendance.

Les échantillons des spécimens de poisson sont collectés dans différentes zones agro écologiques, par conséquent, la variation des tailles centroïdes de ces spécimens observée serait liée aussi aux niches écologiques, c'est-à-dire à l'environnement (Clabaut et al., 2007 ; Toko, 2010). Toutefois, selon Diaha et al. (2017), la taille des centroïdes ne renseigne pas sur la forme de l'organisme vivant considéré. Selon certains auteurs, il n'est généralement pas possible de produire des représentations graphiques de la forme sur la base des mesures linéaires parce que les relations géométriques entre variables ne sont pas préservées. Par conséquent, certains aspects de la forme sont occultés ou même perdus (Adams et al., 2004 ; Ainou, 2022).

### Dimorphisme interspécifique:-

La superposition des Procrustes des points repères homologues permet de mettre en évidence une différence de conformation entre les hybrides et les *C. zillii*. Des différences ont été observées au niveau des nageoires dorsale, caudale pelvienne, la nageoire anale et de la mâchoire inférieure. Ces résultats résultent de l'expression de certains

gènes et des conditions environnementales (Lazard, 2007). L'analyse discriminante des cartes factorielles a montré une différence morphologique très nette aussi bien chez les mâles que chez les femelles. L'effectif des hybrides est plus élevé que celui de *C. zillii*. En effet, des individus sont très proches morphologiquement du parent *T. guineensis* par rapport au parent *C. zillii* (Bopo, 2018). Une hybridation introgressive par des croisements retours ou backcross impliquant le parent *C. guineensis* et les individus hybrides *C. guineensis* x *C. zillii* de générations différentes pourraient menacer l'intégrité biologique de l'espèce *C. guineensis* (Nobah et al., 2014 ; Ainou, 2021). Cela a été fort bien observé sur le terrain par l'abondance numérique des hybrides (*C. guineensis* x *C. zillii*) par rapport au parent *C. guineensis* lors des pêches. Par ailleurs, la quasi-absence du parent *C. guineensis* mérite clarification sur l'origine des hybrides échantillonnés. Le phénomène d'hybridation introgressive pourrait expliquer la grande difficulté à distinguer morphologiquement les parents *C. guineensis* de leurs hybrides.

Du point de vue de la morphométrie, sur les 216 individus mâles des T. hybrides, 195 individus ont une forme semblable. Les vingt et un autres ont une forme différente. Dans la population femelle, sur les 127 individus, 102 ont une forme semblable et les autres 25 sont différents morphologiquement. Chez les *C. zillii*, sur 152 individus mâles, 137 sont morphologiquement identiques contre 15 qui sont différents des autres. De même, sur les 114 individus femelles échantillonnées, 97 ont une forme identique. Ces résultats montrent que les individus sont bien classés sur la base de leur morphologie et la dissemblance de forme au sein d'un même groupe peut être due aux phénomènes d'hybridation, de spéciation ou de mutation (Lazard et Leveque, 2009 ; Boni et al., 2019). L'arbre phylogénétique des mâles hybrides du secteur V présente une forte ressemblance avec ceux de San-Pedro. Alors que ceux du secteur IV et de Fresco ne se ressemblent pas. Par contre, la ressemblance s'observe entre les femelles hybrides du secteur V et du secteur IV tandis que les celles des sites de San Pedro et Fresco ont des formes différentes. Ce dimorphisme selon le site serait lié aux variations environnementales notamment les variations de salinité, l'hydrodynamisme et la capacité d'un génotype à produire différents phénotypes qui est la plasticité phénotypique. En effet, ces poissons sont soumis à une forte pression de pêche, ils pourraient développer des corps plus fuselés pour une fuite rapide (Gilbert, 2020).

### Conclusion et perspectives:-

Ce travail visait à analyser la variabilité des populations de *Tilapia* hybrides issus du croisement entre *Coptodon zillii* et *Coptodon guineensis* en utilisant la morphométrie géométrique. L'étude révèle un dimorphisme sexuel chez les deux espèces de poisson. Les mâles sont plus gros que les femelles. L'étude montre que les tailles centroïdes permettent de différencier et de regrouper les individus par sexe et par zone agro écologique. La morphométrie géométrique a également permis d'établir la structuration des populations de poisson étudiées. La méthode d'analyse par morphométrie géométrique est un outil d'analyse pertinent. Elle ouvre des perspectives intéressantes pour l'étude de la variabilité morphométrique des espèces poissons. Une étude peut être menée pour caractériser le génotypique des espèces de poisson du genre *Tilapia* afin de vérifier l'hypothèse d'hybridation introgressive. Le séquençage du génome mitochondrial des espèces du genre *C. zillii*, *C. guineensis* et leur hybride afin de concevoir des amorces pour l'identification moléculaire de ces deux espèces est également nécessaire.

### Remerciements:-

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements au Fonds pour la Science, la Technologie et l'Innovation (FONSTI) pour le financement du projet.

### Conflits d'intérêt:-

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt

### Contribution des auteurs:-

Soro K. a effectué la conception et la planification scientifique de l'étude et effectué les analyses statistiques. Soro K. et Ndiaye A. K. ont rédigé la première version du manuscrit. Bopo Z.O et Dahouda M. ont révisé le manuscrit. Tous les auteurs ont approuvé le manuscrit dans sa forme actuelle.

### Références Bibliographiques:-

1. Adams D. C., Rohlf F. J. and Slice D. E., 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the « revolution ». *Italian Journal of Zoology*, 71: 5-16.
2. Adepo-Gourène B. et Gourène G., 2008. Différenciation morphologique des populations naturelles d'une sous espèce de *Tilapia Sarotherodon melanotheron melanotheron* Rüppell, 1852 (Teleostei; Cichlidae) de Côte d'Ivoire», *Sciences & Nature*, volume 5, no. 1, pp. 15 – 27, 2008

3. Ainou H., 2022. Etude de plusieurs populations nouvelles, autochtones ou introduites, de tilapias au Maroc : approche génétique, morpho-géométrique et étude des traits d'histoire de vie, *thèse* pour obtenir le grade de docteur de l'université de Montpellier, 92 p ; France
4. Ainou H., Louizi H., Rahmouni I., Pariselle A., Benhoussa A., Rkhami O.B, Agnès J-F., 2021. The discovery of *Coptodon guineensis* (Günther, 1862) (Perciformes, Cichlidae) in the Moulay Bousselham lagoon extends the species' range 1000 km northward in Morocco. *Check List* 7 (5): 1365–1373.  
<https://doi.org/10.15560/17.5.1365>
5. Baboucar S., Ly M. A., Ayaovi C. D et Lamine D. L., 2025. Effets de la densité de stockage sur la croissance des alevins de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en bassins dans le périmètre agricole de lac kallassane, Sénégal, *International Journal of Advanced Research (IJAR)*, September-2025, 1339-1346
6. Boni L., Nobah C. S. K., Konan K. J., Coulibaly S., Sanogo T. A. et Atse. B. C., 2019. Relation Longueur-Poids pour 15 espèces de poissons exploitées dans la Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest), *European Scientific Journal*, ESJ, 15(21), 455.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n21p455>
7. Bopo Z. S., 2018 : Effets de stress génétique et environnemental sur les caractéristiques phénotypiques de quelques tilapias d'intérêt économique en milieu naturel et d'élevage lagunaire (côte d'ivoire) : approche par morphométrie géométrique *Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody*, Abidjan, Côte d'Ivoire, 266 p.
8. CNTIG (Comité National de Télédétection et d'Information Géographique), 2016. *Les cartes*.
9. Clabaut C., Bunje P.M., Salzburger W. et Meyer A., 2007. Geometric morphometric analyses provide evidence for the adaptive character of the Tanganyikan cichlid fish radiations. *Evolution* 61(3):560-578.
10. Diaha-kouamé A.C.A., Tian-Bi T.Y. N, Yao K.P., Achi L.Y., Dupraz M., Kouakou K. et Dujardin J.P., 2017. Apport de la morphométrie géométrique dans la lutte contre *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Canestrini, 1888) sur le couloir de transhumance Ivoir-Burkinabé. *International Journal of Biological and Chemical Sciences (IJBCS)* 11(6): 2630-2648.
11. Diallo S., 2018. Caractérisation par morphométrie géométrique de la structure des populations du mollusque d'eau douce *Bulinus truncatus* (Audouin, 1827), Centre et Nord de la Côte d'Ivoire. Mémoire de *Master de l'Université Félix Houphouët-Boigny*, Abidjan, 220 p.
12. Dujardin J.P., 2011. Modern Morphometrics of Medically Important Insects. *Genetics and Evolution of Infectious Disease*, 161: 473-501. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384890-1.00016-9>
13. Dujardin J.P. and Slice D., 2007. Geometric morphometrics. Contributions to medical entomology. In *Encyclopedia of Infectious Diseases. Modern Methodologies*, Tibayrenc M (ed). Wiley & Sons; 435–447
14. FAO : Food and Agriculture Organization (*Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture*) 2018. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Atteindre les objectifs de développement durable, Rome 2018, 254p
15. FAO: *Food and Agriculture Organization*, 2022. The state of world fisheries and aquaculture. Towards blue transformation, Rome 2022, 266p
16. FAO: *Food and Agriculture Organization* ; 2023. Chaîne de valeur du tilapia du Nil d'élevage en Côte-d'Ivoire. Rapport d'analyse et de mise à niveau, 290p.
17. Francoy T.M., Grassi M.L., Fonseca I.V.L., De Jésus M.I.W et Quezada E.J.J.G., 2011. Geometric morphometrics of the wing as a tool for assigning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini) *Apidologie*, 42: 499-507.
18. Gibert J. M., 2020. La plasticité phénotypique : une brève introduction. *Biologie Aujourd'hui*, 214 : 25-31
19. Koné N., N'da A. S, Boguhé G. F. H et Berté S., 2022. Relation longueur-masse et paramètres de population de *Synodontis bastiani* Daget, 1948 (Mochokidae) dans le fleuve Bandama en aval du barrage de Taabo (Côte d'Ivoire), *Journal of Animal & Plant Sciences*, 51 (3) : 9284-9296
20. Lazard J., 2007. Aquaculture et espèces introduites: Exemple de la domestication ex situ des tilapias. *Cahiers Agricultures*, 16(2): 123–124. DOI: 10.1684/agr.2007.0085.
21. Lazard J., 2009 : La pisciculture des tilapias. *Cahiers Agricultures*, 18(2-3): 393–401.
22. Lazard J., Leveque C., 2009. Introductions et transferts d'espèces de poissons d'eau douce. *Cahiers Agricultures*, 18(2-3): 157–163. DOI: 10.1684/agr.2009.0290
23. Louizi, H, Agnès, J.F, Nyom, A. R. B., Buron, I. De, Rkhami, O. B., Benhoussa, A., Qninba, A., and Pariselle, A. (2019). The distribution and systematic status of cichlid fishes (Teleostei, Cichliformes : Cichlidae) from Morocco. *Vie et Milieu. Life and Environment*, 69 (2-3), 95–106.
24. Nobah C. S. K., Affourmou K. et Alla Y. L., 2014. Effets des sous-produits locaux dans la croissance des *Tilapia* hybride (*Tilapia zillii* male x *Tilapia guineensis* femelle) en cages flottantes installées dans le lac de barrage d'Ayamé 1 (Côte d'Ivoire). *Sciences de la vie, de la terre, Agronomie*, 2 (2014) 85 – 92.
25. Nobah C. S. K., 2007. Critères d'identification et performance zootechniques des tilapias hybrides [*Tilapia zillii* (Gervais, 1948) *T. guineensis* (Bleeker, 1862)] dans trois structures d'élevage : cages flottantes (lac d'Ayamé),

- étang en terre et bassins en beton (Aboisso). *Thèse de Doctorat, n°42 de l'Université de Cocody*, Abidjan, Côte d'Ivoire, 220 p.
26. Nobah C.S.K., Koné T., OUattara N.I., KouamelanP. E., N'douba V. et Snoeks J. 2008. Étude des performances de croissance de deux tilapias (*Tilapia zillii* et *Tilapia guineensis*) et de leurs hybrides en cage flottante, *Cybiu*, 32(2): 131-136
  27. Ouattara N. I., Ifime A. et Mester L.E., 2009. Age et croissance de deux espèces de Cichlidae (Pisces): *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) du lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *Travaux du muséum national d'histoire naturelle « Grigore Antipa »*, LII: 313–324
  28. Rüber L. et Adams D. C., 2001. Evolutionary convergence of body shape and trophic morphology in cichlids from Lake Tanganyika. *Journal of Evolutionary Biology*, 4 (2): 325-332.
  29. Savané I. Konaré A. Konaté S. et Kampmann D., 2010. Le climat In : *Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, tome III. Côte d'Ivoire. Abidjan et Frankfurt*, 159- 160
  30. Schlötterer C., 2004: The evolution of molecular markers-just a matter of fashion. *Nature reviews genetics*, 5: 63-69. <http://dx.doi.org/10.1038/nrg1249>
  31. Shui B. N., Han Z. Q., Gao T. X., Miao Z. Q. et Yanagimoto T., 2009. Mitochondrial DNA variation in the East China Sea and Yellow Sea populations of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*. *Fish Sciences* 75:593–600
  32. Smýkal P., Hýbl M., Corander J., Jarkovský J. flavell A. J et Griga M., 2008. Genetic diversity and population structure of pea (*Pisum sativum* L.) varieties derived from combined retrotransposon, microsatellite and morphological marker analysis. *Theoretical and Applied Genetics*, 117: 413-424.
  33. Toko I. I., 2010. Performances biologiques, zootechniques et nutritionnelles de *Tilapia guineensis* en milieu naturel et d'élevage. *International Journal of Biological and Chemical Sciences (IJBCS)*. 4(5): 1629-1640.
  34. Turner M. G., Gardner R. H., O'Neill R.V and Gardner R. H. 2003. Landscape ecology in theory and practice. *Nature Sciences Sociétés* 11(3):332 DOI: 10.1016/S1240-1307(03)00098-0
  35. Valentin A., 2006: Structure des populations de Sébaste de l'Atlantique Nord-Ouest dans un contexte de gestion des stocks et d'évolution. *Thèse de Doctorat de l'Université de Québec à Rimousky, Canada*, 188 p.
  36. Yacouba I., Marcel A. K., Dongui B.K. et Jean B., 2008. Caractéristiques physico-chimiques d'une laguncôtière tropicale: lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). *Afrique Science*, 4(3): 368-393
  37. Yao K. S., Boua C. A. et Albert T., 2020. Évaluation de l'impact de la contamination aux pesticides des eaux, sur les poissons et la santé de l'Homme, des secteurs IV et V de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Université Félix Houphouët Boigny, Laboratoire de Constitution et Réaction de la matière, 22 B P 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire. Centre de Recherches Océanologiques (CRO), BP V18 Abidjan, Côte d'Ivoire. *RAMReS Sciences des Structures et de la Matière*, Vol. 59 – 74 p.
  38. Zelditch M. L., Swiderski D. L., Sheets H. D. and Fink W. L., 2004. Geometric morphometrics for biologists: A primer. Elsevier Academic Press, San Diego, 437p.