

## **Ecologie et Répartition Spatiale des Peuplements des Siluriformes dans deux Rivières Forestières Yoko et Biaro (Province Tshopo, Fleuve Congo, R.D. Congo)**

***Richard Mahamba Byanikiro***

Université de Goma, Domaines des Sciences Agronomiques et Environnement, Département des Sciences de base, Goma, R .D. Congo  
Université de Kisangani, Domaines des Sciences et Technologie, Département d'Hydrobiologie, Kisangani, R .D. Congo

***Alidor Kankonda Busanga***

Université de Kisangani, Domaines des Sciences et Technologie, Département d'Hydrobiologie, Kisangani, R .D. Congo

***Jean-Claude Micha***

Ecole Régionale post universitaire d'Aménagement et de gestion Intégrés des Forêts Tropicales et Territoires Tropicaux (ERAIFT), UNIKIN, Kinshasa, R. D. Congo et Professeur Emérite à l'Université de Namur (UN), Unité de Recherche en Biologie Environnementale et Evolutive (URBEE), Belgique

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p114](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p114)

Submitted: 25 January 2021  
Accepted: 23 May 2022  
Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)  
Under Creative Commons BY-NC-ND  
4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Byanikiro R.M., Busanga A.K. Micha J.C. (2022). *Ecologie et Répartition Spatiale des Peuplements des Siluriformes dans deux Rivières Forestières Yoko et Biaro (Province Tshopo, Fleuve Congo, R.D. Congo)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 114.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p114>

### **Résumé**

La présente étude sur l'écologie et la répartition des Siluriformes entreprise de septembre 2008 à août 2009, a pour but de caractériser et de déterminer les facteurs responsables de la distribution spatio-temporelle des Siluriformes dans les rivières Yoko et Biaro dans la Réserve forestière de Yoko. Des filets maillants, palangres et nasses traditionnelles ont été utilisés pour capturer les poissons. Ainsi, 572 silures au total, repartis en 15 espèces appartenant à 9 genres et 6 familles ont été récoltés. Les Clariidae et Claroteidae sont les plus diversifiées avec respectivement : 5 et 4 espèces chacune. L'indice de diversité de Shannon varie de 1,54 à 0,40 ; tandis que,

celui de Simpson oscille entre 0,75 et 0,18 et l'équitabilité entre 0,86 et 0,29. Ce qui indique une biodiversité élevée mais dont l'équilibre et la structure varient selon les stations. L'Analyse en Composantes Principales (ACP), l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et l'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) montrent qu'il existe, d'une part, des liens entre les stations Yoko 1, 2, 3 et 4 et Biaro 3 et d'autre part, entre les espèces *Schilbe marmoratus*, *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Schilbenigrita*, *Clarias buthupogon*, *Clarias pachynema* et *Parauchenoglanis punctatus*, du fait de la corrélation positive qui existe entre les paramètres abiotiques et la végétation ripicole. De même, *Schilbe grenfelli*; *Anaspidoglanis macrostoma* et *Chrysichthys (Melanodactylus) dageti* sont respectivement liées aux stations Biaro 1, 2 et 4, du fait de la corrélation positive existant avec les variables végétation ripicole, température de l'eau élevée (avoisinant 24°C), vitesse de l'eau moyennement faible (variant entre 0,29 et 0,37 m/s) d'une part et d'autre part, du fait de plus grande profondeur de l'eau (0,67 m), plus grande largeur de rivière (17,9 m) et oxygène dissous légèrement déficitaire. Et enfin, du fait de la nature des substrats (sablonneux, caillouteux, rocheux garni de pierres, feuilles mortes, bois morts et débris végétaux). Ceci atteste, que les variables environnementales (abiotiques et biotiques) agissent ensemble dans la répartition spatiale des peuplements des Siluriformes.

---

**Mots-clés:** Biodiversité des silures, habitats, variables environnementales, distribution spatiale, petites rivières forestières

## **Ecology and Spatial Distribution of Siluriformes Stands in Two Forest Rivers, Yoko and Biaro (Pro. Tshopo, Congo River, R.D. Congo)**

***Richard Mahamba Byanikiro***

Université de Goma, Domaines des Sciences Agronomiques et Environnement, Département des Sciences de base, Goma, R .D. Congo  
Université de Kisangani, Domaines des Sciences et Technologie, Département d'Hydrobiologie, Kisangani, R .D. Congo

***Alidor Kankonda Busanga***

Université de Kisangani, Domaines des Sciences et Technologie, Département d'Hydrobiologie, Kisangani, R .D. Congo

***Jean-Claude Micha***

Ecole Régionale post universitaire d'Aménagement et de gestion Intégrés des Forêts Tropicales et Territoires Tropicaux (ERAIFT), UNIKIN, Kinshasa, R. D. Congo et Professeur Emérite à l'Université de Namur (UN), Unité de Recherche en Biologie Environnementale et Evolutive (URBEE), Belgique

---

### **Abstract**

This paper on the ecology and distribution of Siluriformes, undertaken from September 2008 to August 2009, focuses on characterizing and determining the factors responsible for the spatio-temporal distribution of Siluriformes in the Yoko and Biaro rivers in the Yoko Forest Reserve. Gillnets, longlines, and traditional traps were used to catch the fish. 572 catfish in total, divided into 15 species, belonging to 9 genera and 6 families were collected. The Clariidae and Claroteidae are the most diversified with 5 and 4 species each respectively. Shannon's diversity index varies from 1.54 to 0.40, while that of Simpson oscillates between 0.75 and 0.18 and the equitability between 0.86 and 0.29. This indicates a high biodiversity but their balance and structure varies according to the stations. Principal Component Analysis (PCA), Factorial Correspondence Analysis (FCA), and Canonical Correspondence Analysis (CCA) show that there are, on the one hand, links between stations Yoko 1, 2, 3 and 4 and Biaro 3 and, on the other hand, between the species *Schilbe marmoratus*, *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Schilbe nigrita*, *Clarias buthupogon*, *Clarias pachynema* and *Parauchenoglanis punctatus*. This is due to a positive correlation that exists between the abiotic parameters and the riparian vegetation. Likewise, *Schilbe grenfelli*, *Anaspidoglanis macrostoma*, and *Chrysichthys (Melanodactylus) dageti* are respectively linked to Biaro stations 1, 2, and 4. This also is due to

the positive correlation existing with the variables riparian vegetation, high water temperature (around 24°C), and speed of moderately low water (varying between 0.29 and 0.37 m/s) on the one hand. On the other hand, it is due to greater water depth (0.67 m), greater river width (17.9 m), slightly lower dissolved oxygen, and finally because of the nature of the substrates (sandy, stony, rocky topped with stones, dead leaves, dead wood and plant debris). This shows that the environmental variables (abiotic and biotic) act together in the spatial distribution of Siluriformes populations.

---

**Keywords:** Catfish biodiversity, habitats, environmental variables, spatial distribution, small forest rivers

## Introduction

Les Siluriformes constituent un groupe de poissons de grande importance, tant sur les plans de la diversité spécifique et biogéographique (Teugels, 1996; Arratia *et al.*, 2003; Diogo, 2005; Nelson, 2006) que sur le plan économique (Ducarme & Micha, 2003). Ils représentent près du tiers des poissons d'eau douce connus dans le monde, repartis en 34 familles (dont deux fossiles) comprenant 437 genres et plus de 2700 espèces (Teugels & Adriaens, 2003 ; Diogo, 2005). En majorité d'eaux douces et/ou saumâtres (Teugels, 1996), les Siluriformes se retrouvent en Amérique (nord, centre et sud), en Afrique, en Eurasie, en Asie du sud-est, au Japon et en Australie (Teugels, 1996; Diogo, 2005).

La connaissance scientifique de l'ichtyofaune africaine est récente et constitue encore un domaine insuffisamment exploré (Lévêque & Paugy, 2006). De nombreux cours d'eau ne sont pas encore explorés dans certains pays et certains cours d'eau n'ont pas encore fait l'objet d'inventaire systématique, leur ichthyofaune étant extrapolée à travers celle d'une partie de leur bassin versant. Cette situation se traduit par des données fragmentaires pour les cours d'eau. Des travaux d'aménagement démarrent souvent sans une réelle base de données pour la faune ichthyologique (Sanogo *et al.*, 2012). En République Démocratique du Congo, il n'y a jamais eu d'inventaire exhaustif de la faune ichthyologique des eaux en général et en particulier de la région de Kisangani et ses environs. Même à l'échelle d'une rivière ou d'un plan d'eau, les informations disponibles sur l'ichtyofaune y sont très fragmentaires et anciennes.

Dans la région de Kisangani (Congo moyen), les travaux de Kimbembé (1988), De Vos (1990), Danadu *et al.* (2003), Osomba *et al.* (2013), Danadu (2014), Decru *et al.* (2017) sont axés sur la systématique, la biologie et l'écologie des poissons de quelques rivières, mais sans avoir fourni des informations sur l'ensemble des peuplements ichthyologiques de rivières étudiées.

Or, dans la politique de préservation des ressources naturelles pour une utilisation durable et rationnelle se trouve en premier plan l'inventaire systématique et le dénombrement des espèces vivantes (N'Zi *et al.*, 2003). Par ailleurs, la gestion des ressources nécessite d'acquérir de bonnes connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces exploitées (Konan *et al.*, 2014). Ainsi, une bonne connaissance des espèces de poissons et la caractérisation des facteurs qui influencent leur distribution est un préalable à toute mesure de conservation de la faune ichtyologique (Lalèyè *et al.*, 2004 ; Wu *et al.*, 2011; Kamelan *et al.*, 2013).

Afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble des peuplements des rivières, deux rivières forestières ont fait l'objet de cette étude, l'une en aires protégées et l'autre en zones exploitées, où leurs peuplements ichtyologiques globaux ont déjà été caractérisés (Mahamba *et al.*, 2018) et plus particulièrement les peuplements de Mormyridae (Mahamba *et al.*, 2017). La présente étude porte sur l'écologie et la structure de peuplements de Siluriformes, particulièrement abondants dans les petits cours d'eau forestiers, dont les rivières Yoko et Biaro, affluents du fleuve Congo.

## **Materiel et methodes**

### **Milieu d'étude**

L'étude a été conduite dans deux petites rivières (Yoko et Biaro) en territoire d'Ubundu, province de la Tshopo, République Démocratique du Congo. Huit stations d'échantillonnage ont été sélectionnées dans les rivières Yoko et Biaro en tenant compte de la permanence de l'eau, du poisson, du type de forêt, de la ripisylve, de la nature de fond, de la pente et de la berge mais également des zones d'exploitation et de la réserve dont, quatre sont localisées dans la Réserve de Yoko (Yoko 3 et 4 et Biaro 3 et 4) et les quatre autres (Yoko 1 et 2 et Biaro 1 et 2) en dehors de la Réserve, en zone d'exploitation forestière.

Les données relatives aux variables environnementales (caractérisation hydromorphologique) et aux caractéristiques biocénétiques végétales ripariennes de ces 8 stations ont déjà fait l'objet de descriptions, d'analyses et de publications (Mahamba *et al.*, 2017, 2018). C'est pourquoi dans le présent document, ont été essentiellement décrits, les peuplements de silures de ces stations et référence a ensuite été faite aux publications antérieures (Mahamba *et al.*, 2017, 2018) pour leur mise en perspective environnementale (abiotique comme biotique dont la végétation macrophytique riparienne)).

### **Echantillonnage et analyse**

Les échantillons de poissons chats ont été récoltés de septembre 2008 à août 2009 à l'aide des différentes techniques : filets maillants de 20 m de long

et de 1 m de hauteur de chute à mailles entre-nœuds de 1,5 ; 2 ; 2,5 et 3 cm ; nasses traditionnelles d'environ 1 m de long et 30 cm de diamètre, lignes individuelles et palangres de 25 m de long avec hameçons numéros : 8 ; 10 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 et 20 appâtés de vers de terre, de mollusques, de petits poissons, etc. Les pêches ont toutes été effectuées la troisième semaine de chaque mois. Sur le terrain, les engins et techniques de pêche ont été standardisés pour toutes les stations. Les travaux d'installation des techniques de pêche se déroulent entre 17h et 18h -à chacune des 8 stations sélectionnées dans les rivières Yoko et Biaro. L'échantillonnage des poissons a été réalisé avec une fréquence cumulée de trois nuits d'effort de capture par station et par mois. La technique a consisté à mettre en place les filets et palangres parallèlement au courant d'eau, tandis que les nasses et les lignes ont été placées dans des endroits stratégiques sur les bords des rivières dans les différentes stations entre 17 et 18h. Ces engins sont relevés le lendemain entre 6 et 7h. Après le relevé des filets, les spécimens récoltés ont été conservés dans des bocaux en plastique de quatre litres contenant une solution de formol à 4 %. Les échantillons des poissons conservés au laboratoire ont été déformolisés et identifiés au moyen des clés de détermination de : Lévêque et Paugy (1984), Teugels (1986), Poll et Gosse (1995), Paugy *et al.* (2003), Mbega (2004), Sudarto *et al.* (2004), Danadu (2014), suivi de la consultation du Key to Congo Claroteidae (Hardman, 2006) et de Fishbase <http://www.fishbase.org/summary/FamilySummary.php?ID=40>. Le reste des poissons capturés a déjà fait l'objet de publications (Mahamba *et al.*, 2017, 2018).

### **Analyses statistiques et traitement des données**

Les indices biologiques calculés à partir des effectifs des poissons chats sont:

l'Indice de diversité de Shannon s'exprime par la relation suivante :

$$H' = - \sum (n_i/N) \ln (n_i/N), \text{ où}$$

$H'$  = indice de Shannon & Weaver (1949) ;  $n_i$  = nombre d'individus du taxon  $i$  ;  $N$  = nombre total d'individus de la population. L'équitabilité, rapport de la diversité réelle à la diversité maximale, s'obtient en divisant l'indice de diversité de Shannon par le logarithme en base 2 de la richesse spécifique (Piélou, 1969). Selon Dajoz (1996), la formule utilisée est la suivante :  $E = H'/\log_2 S$ . Où  $E$  = équitabilité ;  $H'$  = indice de Shannon et Weaver (1949) ;  $S$  = richesse spécifique. Selon Barbault (2000) et Dajoz (2000), une bonne organisation du peuplement se traduit par une équitabilité proche de 1. Une équitabilité faible résulte de la prédominance de quelques espèces sur l'ensemble des autres taxons.

- l'Indice de diversité (1-D) de Simpson est représenté par 1-D, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le

minimum de diversité par la valeur 0 (Bütler, 2000).  $D = \sum fi^2$  où :  $fi = ni/N$  ;  $ni$  : nombre d'individus de l'espèce donnée ;  $N$ : nombre total d'individus.

- l'Indice de similarité de Jaccard (Legendre & Legendre, 1998 ; Angelier, 2000) :  $IS = Nc \cdot 100 / (Na + Nb - Nc)$  est utilisé en vue de comparer les différents types d'échantillonnage sur la base de la présence/absence des taxons.  $IS$  = indice de Jaccard ;  $Nc$  = nombre de taxons communs aux deux stations ;  $Na$  et  $Nb$  = nombre total de taxons dans nos stations.

Les Analyses en Composantes Principales (ACP) ont été appliquées en vue de voir si les données recueillies présentent une quelconque ordination du milieu. Les données correspondent à une matrice brute des mesures effectuées dans les stations de recherche pour 9 variables physico-chimiques : largeur(m), profondeur (cm), oxygène dissous (mg/l), température (°C), saturation, conductivité  $K_{20}$  (uS/cm), pH, vitesse du courant d'eau (m/sec) et transparence de l'eau, enregistrées une fois par station et par mois (Mahamba *et al.*, 2018). L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) (Jongman *et al.*, 1995) a été utilisée pour traiter les données relatives à la distribution spatio-temporelle des peuplements ichtyologiques dans les rivières Yoko et Biaro. L'Analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA 1) a été utilisée afin de tester le degré de signification d'éventuelles différences dans les comparaisons effectuées entre les structures spatio-temporelles mises en évidence par les techniques d'analyses multivariées (AFC). L'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) (Miserendino & Pizzolon, 2003) a été réalisée afin de mettre en relation les paramètres physico-chimiques, hydromorphologiques (largeur(m), profondeur(cm), vitesse du courant d'eau (m/sec), type du substrat, nature des berges et de la végétation riparienne, sinuosité des cours d'eau, la charge en matière organique, minéralisation) et les traits caractéristiques des poissons. Les facteurs qui expliquent de manière significative ces changements sont déterminés en utilisant le test de permutation de Monte Carlo (999 permutations) des valeurs propres (Ter Braak & Smilauer, 1999; Alhou, 2007).

L'ensemble des calculs a été fait grâce au programme Past 3.0, qui a servi au calcul des indices biologiques de diversité ( $H'$ ) de Shannon, de Simpson (1-D), et d'équitabilité (E) des peuplements de Siluriformes ainsi que, d'indice de similarité euclidienne et de distance de Bray-Curtys entre les stations ; tandis que, le logiciels CANOCO for Windows version 4.02 et le logiciel R 2.5.0 ont permis de réaliser les Analyses en Composantes Principales (ACP) et les Analyses Factorielles de Correspondances (AFC) sur la répartition spatiale des espèces de Siluriformes, et mettre en exergue les

paramètres physico - chimiques et hydromorphologiques entre les 8 stations des rivières Yoko et Biaro. Enfin, le logiciel Excel 2007 a été utilisé pour la compilation des données ainsi que, pour la conception des différents tableaux pour ce travail.

## Resultats

### Composition spécifique des peuplements des Siluriformes dans les rivières forestières Yoko et Biaro

Au total 572 spécimens de poissons Siluriformes appartenant à 15 espèces réparties en 9 genres et 6 familles ont été récoltés dans les huit stations prospectées mensuellement dans les rivières forestières Biaro et Yoko. Les familles de Clariidae et de Claroteidae sont les plus représentées avec respectivement 5 et 4 espèces chacune, elles sont suivies des Schilbeidae comprenant 3 espèces. Les autres familles sont composées chacune d'une espèce appartenant à un genre dont, les familles des Amphiliidae (*Doumea* Sauvage, 1878), des Mochokidae (*Synodontis* Cuvier, 1817) et des Malapteruridae (*Malapterurus* Lacépède, 1803). Les espèces numériquement les plus abondantes, sont *Clarias buthupogon* avec 409 spécimens, soit 71,50 % ; *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis* avec 70 spécimens, soit 12,24 % ; *Schilbe marmoratus* avec 35 spécimens, soit 6,12 % ; et *Parauchenoglanis punctatus* avec 32 spécimens, soit 5,59 % d'abondance relative.

Les stations Biaro 2, Biaro 4, Biaro 3, Biaro 1 et Yoko 4 (Tableau 2) sont les plus diversifiées avec respectivement 8 ; 8 ; 7 ; 6 et 6 espèces chacune. Les stations Yoko 4 et Yoko 2 ont les effectifs les plus élevés avec respectivement 138 et 97 spécimens chacune alors que, les stations de Biaro 1 et Biaro 3 ont les plus faibles effectifs, soit 25 et 30 spécimens chacune. Les indices de diversité de Shannon sont supérieurs à 1 au niveau des stations Biaro 1 à 4. Ces indices sont respectivement égaux à 0,95 à la station Yoko 1 ; 0,82 à la station Yoko 3 ; 0,73 à la station Yoko 4 et 0,40 à la station Yoko 2. Par ailleurs, l'indice de Simpson est également élevé ( $\leq 0,55 \leq 0,75$ ) dans les stations Biaro 1 à 4, ce qui signifie pour ces stations qu'il y a probabilité pour que 2 individus pris au hasard appartiennent à 2 espèces différentes. En revanche, une situation contraire s'observe aux stations Yoko 1 à 4 où l'indice de Simpson est inférieur à 0,55.

L'équitabilité calculée dans la station Biaro 1 avoisine 1, ce qui indique pour cette station que les espèces sont équitablement réparties contrairement aux autres stations.

## Distribution spatiale des peuplements des Siluriformes dans les rivières Yoko et Biaro

Les figures 2 et 3 relatives aux ACP, AFC et ACC, indiquent que la répartition spatiale des espèces de Siluriformes (Tableau 1) permet d'identifier les variables environnementales abiotiques et biotiques qui expriment au mieux les liens existants entre espèces, variables et stations. L'Analyse Factorielle des Correspondances montre qu'il existe des liens entre les stations Yoko 1, 2, 3 et 4 et Biaro 3. Les espèces *Schilbe marmoratus*, *Clarias pachynema*, *Clarias buthupogon*, *Parauchenoglanis balayi*, *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Synodontis nigrita*, et *Parauchenoglanis punctatus* ont été capturées à ces stations.

Les stations Biaro 1, 2 et 4, n'ont aucun lien avec les autres stations. Ainsi, Biaro 1 (affluent Amafombo) et Biaro 2 se trouvent toutes dans la zone d'exploitation forestière et la station Biaro 4 (affluent Kenge) se trouve en forêt primaire et en pleine réserve de Yoko. Les stations Biaro 1, 2 et 4 ne comptent chacune qu'une espèce, respectivement *Schilbe grenfelli*, *Anaspidoqlanis macrostoma* et *Chrysichthys (Melanodactylus) dageti*.

En prenant en compte les stations et les espèces (Figures 2 et 3), il ressort que, la plus forte profondeur (66,9 cm) et la plus grande largeur (17,9 m) des rivières, la végétation et la nature du substrat (sablo - caillouteux) peuvent être déterminantes dans la distribution des *Clarias buthupogon*, *Clarias pachynema* pour lesquelles il est observé une corrélation positive à l'axe II à la station Biaro 2. Par contre, aux stations Biaro 3 et Yoko 4 l'espèce *Parauchenoglanis balayi* y semble liée. La plus grande largeur (18,3 m et 15,8 m) et la plus forte profondeur (70,3 cm et 47,9 cm) sont positivement corrélées à l'axe I, concomitamment avec la végétation ripicole dans ces stations. En revanche, ces mêmes paramètres sont négativement corrélées aux stations Biaro 1 et 2 et Yoko 3 et peuvent donc déterminer la distribution de l'espèce *Parauchenoglanis balayi*. Quant aux stations Yoko 1 et 2, les conductivités (121,04 et 108,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de l'eau plus élevées sont positivement corrélées à l'axe I et donc à la présence des *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Schilbe grenfelli*, *Clarias gabonensis*, *Pareutropius debauwi*, *Parauchenoglanis punctatus*. Cependant, aux stations Biaro 1 et 2, et Yoko 3, l'oxygène dissous, la température, le pH, la vitesse du courant d'eau ainsi que le type de forêt, la nature des berges et du fond (substrat) peuvent contribuer à la répartition des espèces *Schilbe marmoratus*, *Anaspidoqlanis macrostoma*, *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Malapterurus electricus*, *Synodontis nigrita*, *Clarias nieuhoffii* et *Doumea typica* présentes sur l'axe I.

En comparant la diversité ichtyologique des rivières Biaro et Yoko entre elles et entre les stations, il apparaît globalement que la plus grande diversité se trouve dans les stations Biaro 4 et 3 et Yoko 4 situées en pleine réserve avec respectivement chacune 8 ; 7 ; 6 espèces. Par ailleurs, la

comparaison des indices biologiques calculés entre les stations (Tableau 2), indique que, les grandes richesses spécifiques de Siluriformes se trouvent dans les stations Biaro 2 et 3 et Yoko 4 des principaux cours. Ainsi, il apparaît un gradient de répartition longitudinale des espèces qui augmente de l'amont vers l'aval. En effet, la plupart des stations les plus diversifiées sont en aval et dans le cours des principales rivières (Yoko et Biaro) et non dans les affluents (Biaro 1 et 4 et Yoko 1 et 3).

**Tableau 1.** Liste systématique, effectifs et abondances relatives des Siluriformes récoltés de septembre 2008 à août 2009 dans les rivières Biaro et Yoko, bassin du Congo.

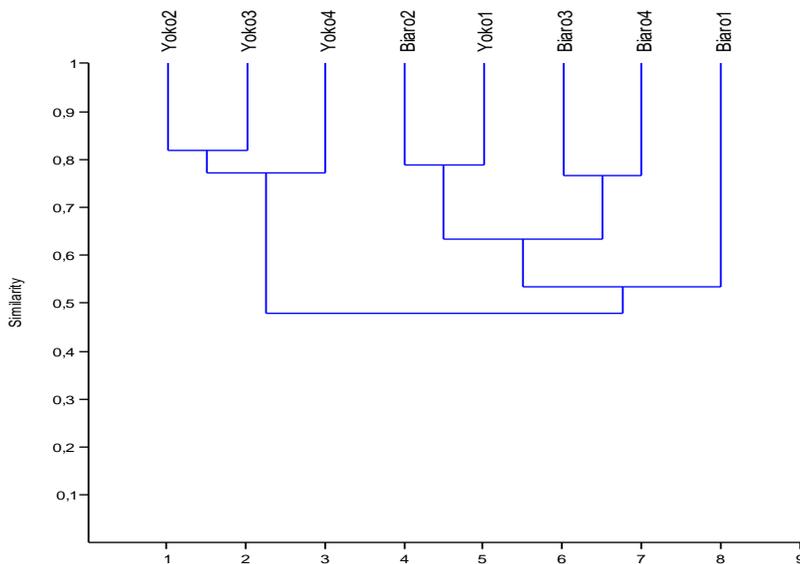
Familles	Genres	Espèces	Effectifs	Abondance relative (%)
<b>Amphiliidae</b>	<i>Doumea</i> Sauvage, 1878	<i>Doumea typica</i> Sauvage, 1878	1	0,17
Clariidae	<i>Clarias</i> Scopoli, 1777	<i>Clarias (Anguilloclarias) ebriensis</i> Pellegrin, 1920	70	12,24
		<i>Clarias buthupogon</i> Sauvage, 1879	409	71,5
		<i>Clarias gabonensis</i> Günther, 1867	1	0,17
		<i>Clarias pachynema</i> Boulenger, 1913	9	1,57
		<i>Clarias nieuhoftii</i> Valenciennes, 1840	1	0,17
		<i>Anaspidoglanis</i> Teugels <i>et al.</i> , 1991	<i>Anaspidoglanis macrostoma</i> Pellegrin, 1909	1
Claroteida e	<i>Chrysichthys</i> Bleeker, 1858	<i>Chrysichthys (Melanodactylus) dagei</i> Risch, 1992	1	0,17
	<i>Parauchenoglanis</i> Blgr, 1911	<i>Parauchenoglanis balayi</i> Sauvage, 1879	3	0,52
		<i>Parauchenoglanis punctatus</i> Sauvage, 1879	32	5,59
<b>Mochokidae</b>	<i>Synodontis</i> Cuvier, 1817	<i>Synodontis nigrita</i> Valenciennes, 1840	1	0,17
<b>Malapteruridae</b>	<i>Malapterurus</i> Lacépède, 1803	<i>Malapterurus electricus</i> Gmelin, 1789	3	0,52
<b>Schilbeidae</b>	<i>Pareutropius</i> Boulenger.	<i>Pareutropius debauwi</i> Boulenger, 1900	3	0,52
	<i>Schilbe</i> Cuvier, 1817	<i>Schilbe grenfelli</i> Boulenger, 1900	2	0,35
		<i>Schilbe marmoratus</i> Boulenger, 1911	35	6,12
<b>6</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>572</b>	

**Tableau 2.** Effectifs totaux, indices de diversité ( $H'$ ) de Shannon et de Simpson (1-D) équitabilité (E) des peuplements de Siluriformes aux 8 stations des petites rivières forestières équatoriales Biaro et Yoko

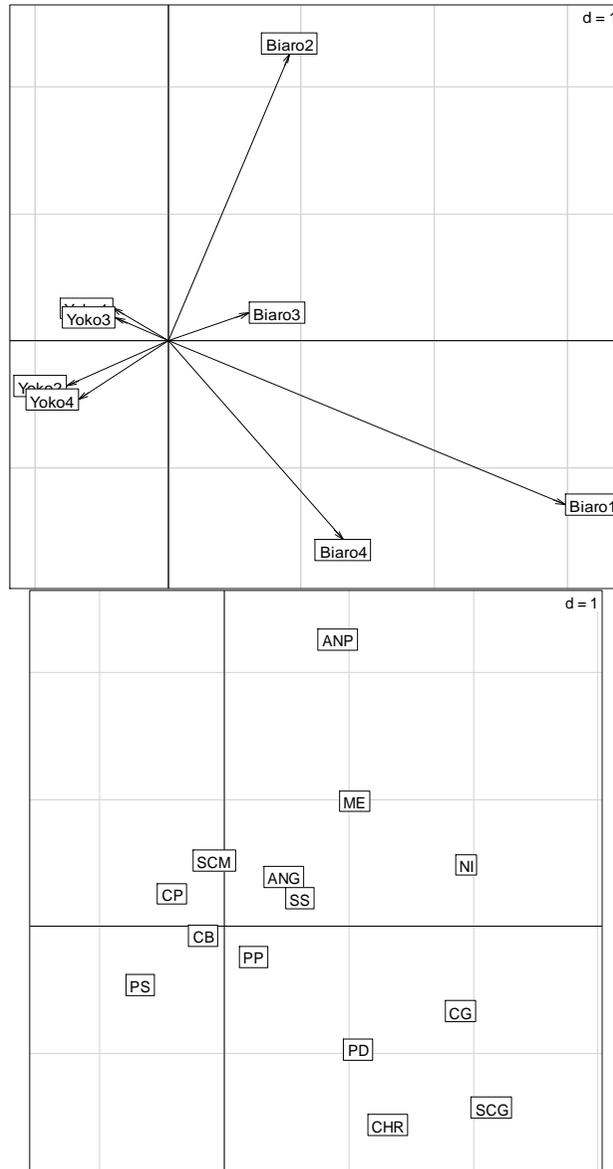
Indices / stations	Biaro1	Biaro2	Biaro3	Biaro4	Yoko1	Yoko2	Yoko3	Yoko4
<b>Taxa</b>	6	8	7	8	5	4	4	6
<b>Individus (N)</b>	25	73	30	41	68	97	94	138
<b>Shannon (<math>H'</math>)</b>	1,54	1,30	1,19	1,34	0,95	0,40	0,82	0,73
<b>Simpson 1-D</b>	0,75	0,63	0,55	0,60	0,48	0,18	0,41	0,32
<b>Équitabilité (E)</b>	0,86	0,63	0,61	0,64	0,59	0,29	0,59	0,41

**Tableau 3.** Indices de similarité euclidienne et de distance de Bray-Curtys entre les 8 stations de deux petites rivières forestières équatoriales Biaro et Yoko.

	Biaro 1	Biaro 2	Biaro 3	Biaro 4	Yoko 1	Yoko 2	Yoko 3	Yoko 4
<b>Biaro 1</b>	1,00							
<b>Biaro 2</b>	0,42	1,00						
<b>Biaro 3</b>	0,59	0,51	1,00					
<b>Biaro 4</b>	0,61	0,62	0,76	1,00				
<b>Yoko 1</b>	0,51	0,79	0,65	0,74	1,00			
<b>Yoko 2</b>	0,29	0,58	0,42	0,48	0,61	1,00		
<b>Yoko 3</b>	0,35	0,74	0,45	0,55	0,72	0,82	1,00	
<b>Yoko 4</b>	0,24	0,53	0,32	0,40	0,49	0,81	0,72	1,00

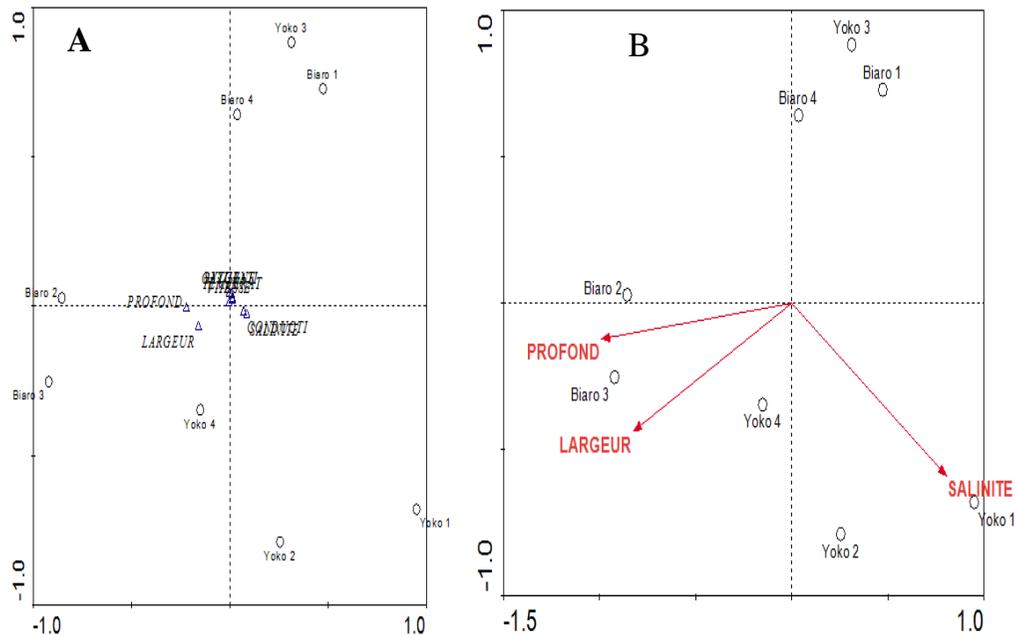


**Figure 1.** Dendrogramme de similarité euclidienne entre les 8 stations de prélèvement des poissons Siluriformes dans les rivières Yoko et Biaro, affluents du fleuve Congo.



**Figure 2.** Résultats des Analyses en Composantes Principales (ACP à gauche) et des Analyses Factorielles de Correspondances (AFC à droite) sur la répartition spatiale des espèces de Siluriformes dans les 8 stations des rivières Yoko et Biaro, affluents du fleuve Congo

**Légende :** ANP : *Anaspidoglanis macrostoma*, ANG : *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, PS : *Parauchenoglanis balayi*, CHR: *Chrysichthys (Melanodactylus) dageti*, PP: *Parauchenoglanis punctatus*, CB : *Clarias buthupogon*, PD: *Pareutropius debowi*, CP : *Clarias pachynema*, CG : *Clarias gabonensis*, ME : *Malapterurus electricus*, SS: *Synodontis nigrita*, SCM: *Schilbe marmoratus*, SCG: *Schilbe grenfelli*, NI : *Doumea typica et Clarias nieuhofii*.



**Figure 3.** Expression des paramètres physico-chimiques (A) et hydro-morphologiques (B) dans les 8 stations des rivières Yoko et Biaro, affluents du fleuve Congo

## Discussion

### Variables environnementales des stations et distribution des espèces de poisson

Les données de la physico-chimie des eaux sont indispensables à la vie des poissons. Plusieurs études réalisées dans différents hydrosystèmes ont déjà établi des relations entre espèces et variables environnementales (Kouamélan *et al.*, 2003 ; Yao *et al.*, 2005 ; Yao *et al.*, 2019 ; Kouadio *et al.*, 2006 ; Kouamé *et al.*, 2008 ; Mahamba *et al.*, 2017, 2018). Chacune de ces variables joue directement ou indirectement un rôle important sur la faune ichthyologique.

La température moyenne dans un cours d'eau de forêt tropicale dépasse rarement 24 °C comme c'est le cas des stations prospectées dans la présente étude. Ceci favorise le maintien d'une relative fraîcheur des eaux et crée des conditions stables, favorables aux poissons qui y vivent. Kankonda (2007) ; Mahamba *et al.* (2017, 2018) qui ont travaillé dans le ruisseau Masangamabe (24,75 à 25,92 °C) et les rivières Yoko et Biaro ont fait les mêmes observations. Da Costa *et al.* (2000), de leur côté en Côte d'Ivoire, mentionnent, par ailleurs, qu'une amplitude faible de variation de la température moyenne de l'eau peut avoir une influence sur l'abondance et la répartition temporelle des espèces de poissons. Chikou *et al.* (2008) dans leur étude dans le delta de l'Ouémé au Bénin, précisent que, les deux paramètres

les plus importants pour la croissance des poissons sont la température et l'oxygène dissous. Par ailleurs, Jensen (1957) rapporte qu'une diminution de la température, si infime soit-elle, ralentit la croissance chez les poissons. Philippart (1989) de sa part en Belgique indique que, la présence d'une espèce en un point donné dans les limites de son aire de répartition générale dans le bassin hydrographique considéré est liée à l'existence de conditions géomorphologiques, hydrauliques, thermiques et chimiques du milieu. Ces conditions permettent sa reproduction et sa survie aux différents stades de son développement (œufs, larves, alevins, adultes), compte tenu de ses exigences et limites de tolérance éco-éthologiques à l'égard de facteurs tels que la vitesse du courant d'eau, le substrat de ponte, la température, les besoins en oxygène dissous, la tolérance au pH et la sensibilité à l'ammoniaque.

Les concentrations moyennes annuelles d'oxygène dissous pour l'ensemble de 8 stations prospectées dans les rivières Yoko et Biaro sont relativement bonnes (4,8 à 5,6 mg/l) avec des pourcentages de saturation d'oxygène de 73,9 à 86,9 %. Ces valeurs de saturation en oxygène favorisent l'installation et le développement des Siluriformes dans les rivières Biaro et Yoko. Da Costa *et al.* (2000) ; Aboua *et al.* (2010) et Tanoh *et al.* (2013), dans différents sites en Côte d'Ivoire, ont montré également l'importance de ces variables dans la distribution des poissons.

Les huit stations de recherche choisies dans les rivières Yoko et Biaro font état d'une grande variabilité de par la composition et la structure des éléments (nature des berges, nature des fonds, ripisylve et végétation forestière) qui les constituent dans des proportions différentes. Cela prouverait que, dans l'écorégion 539, les rivières forestières tropicales à plaines inondables sont constituées de microhabitats variés, susceptibles d'être la source d'une grande biodiversité et d'endémismes. Le nombre d'espèces (15), de genres (9) et de familles (6) de Siluriformes inventoriés dans les rivières Biaro et Yoko pourrait résulter de ce facteur. Ce constat corrobore ceux de plusieurs auteurs notamment Alhou (2007), Ashley *et al.* (2008) et Mahamba *et al.* (2017, 2018). Selon Alhou (2007), les résultats de diversité pourraient être influencés par des facteurs comme la diversité d'habitats. Ce même auteur précise que, la diversité des substrats permet un échantillonnage plus riche car ils constituent des micros habitats supplémentaires induits dans les stations d'échantillonnages qui sont susceptibles d'améliorer la diversité taxonomique. Par ailleurs, la diversité géomorphologique du cours entraîne une grande hétérogénéité écologique portant sur la végétation aquatique et des berges (Petit & Schumacker, 1985), les populations d'invertébrés et les poissons.

En faisant allusion à la végétation ripicole des stations de recherche, outre son rôle écologique (création de microhabitats, modification de la texture du sol, maintien des paramètres physico - chimiques, modification du substrat, etc.) est aussi une source d'alimentation. En effet, certaines parties d'espèces végétales comme les feuilles, les fruits qui tombent dans l'eau sont immédiatement consommés par les poissons, tels que : *Pseudospondias*

*microcarpa*, *Anonidium manni*, *Myrianthus arboreus*, *Uapaca guineensis* (Mahamba *et al.*, 2018). De plus, les troncs d'arbres morts, les feuilles mortes, les pourris immergés dans l'eau fournissent de la nourriture à des oligochètes, des larves d'insectes tels que *Chironomidae*. Ils sont aussi sources de nourriture pour les poissons. Des faits similaires ont été observés par plusieurs chercheurs notamment Aboua *et al.* (2010) dans le fleuve Bandama en Côte d'Ivoire, Baras (1989) dans deux affluents de la Meuse (Belgique) en Belgique, Philippart (1989) dans le bassin de la Meuse belge en Belgique, Alhou (2007) dans le fleuve Niger au Niger et Yao *et al.* (2019) dans le Bassin Inférieur du Fleuve Comoé (Côte d'Ivoire), etc.

Quant aux résultats des Analyses en Composantes Principales (Figures 1, 2 et 3), deux grandes entités écologiques avec des caractéristiques distinctes (Biaro et Yoko) apparaissent. La distance d'agrégation des stations dans la rivière Biaro se fait entre 0,6 et 0,7 et dans la rivière Yoko entre 0,2 et 0,7. Selon Alhou (2007), l'utilisation de la méthode de Bray-Curtis pour la classification des stations traduit la même situation. Yoko 1 (en zone d'exploitation) présente beaucoup de similitudes du point de vue hydromorphologique, végétation et composition du peuplement avec Biaro 2. En revanche, ces deux stations (Yoko 1 et Biaro 2) ont peu des similitudes avec celles de Biaro 3 et 4. Ces deux dernières stations (Biaro 3 et 4) sont localisées sur des sites où les conditions écologiques sont stables. Alabaster (1985), Philippart (1989), Petts *et al.* (1989) attestent dans leurs études que, sous l'effet des actions humaines, les caractéristiques physiques et chimiques des cours d'eau qui influencent les ichtyocénoses subissent des perturbations multiples. Ces perturbations ont des répercussions plus ou moins graves, non seulement sur les ressources en poissons et sur les pêcheries mais sur toute l'écologie du système rivière-plaine alluviale.

Le même constat a été fait au niveau de la station Biaro 1 qui présente des ressemblances avec les stations Biaro 3 et 4 du fait de leur très petite largeur (6,69 m), du pH basique (7,96), et la température un peu plus élevée (23,42 °C) à la station Biaro 1. Par ailleurs, Biaro 1, 3 et 4 ont des affinités avec les stations Biaro 2 et Yoko 1 (stations amont et en dehors de la réserve) dues relativement à la plus forte profondeur (66,9 cm) et plus faible profondeur (20,17 cm), à la valeur de l'oxygène dissous : plus élevé (5,55 mg/l) et plus faible (4,8 mg/l), et à la nature de fond sablo-caillouteux à Biaro 2 et sablonneux, rocheux et caillouteux à Yoko 1.

Yao *et al.* (2019) en Côte d'Ivoire, précisent que les paramètres liés à la minéralisation (pH et conductivité) et la transparence apparaissent les plus discriminants dans la répartition des espèces ichtyologiques dans les eaux.

Par ailleurs, il est à noter que, Yoko 4 et Biaro 3, situées à l'aval et en pleine réserve de la Yoko, présentent des taux de saturation en oxygène dissous élevés respectivement de 86,89 (mg/l) et 78,14 (mg/l). C'est pourquoi, Biaro 2 et 4, suivies des Biaro 3 et 1, et Yoko 4 (Tableau 2) sont les plus

diversifiées avec respectivement 8 ; 8 ; 7 ; 6 et 6 espèces chacune. Par contre, les stations Yoko 1, 2 et 3 ont respectivement 5 ; 4 et 4 espèces chacune, vu respectivement la profondeur : faible (20,17 cm), élevée (38,16 cm) et assez faible (29,42 cm), la largeur: petite (8,14 m), plus grande (14,77 m) et moyenne (11,09 m) (Mahamba *et al.*, 2017, 2018). A cela s'ajoutent la vitesse de l'eau : plus grande (0,35 m/sec), plus faible (0,34 m/sec) et faible (0,32 m/sec) ainsi que la végétation ripicole très jeune : jachères et recrus préforestiers de même que la nature du substrat : sablonneux, rocheux et caillouteux à Yoko 1, sablo-caillouteux à Yoko 2 et sablonneux, rocheux et caillouteux à Yoko 3. Ces résultats sont similaires à ceux de Mahamba *et al.* (2017, 2018) qui ont travaillé dans les mêmes rivières en territoire d'Ubundu en République Démocratique du Congo.

Le nombre d'espèces des Silures augmente le long du gradient amont-aval par l'addition successive d'espèces plutôt que par un remplacement de celles-ci comme le signalent Hugueny et Lévêque (2006) ; Aboua *et al.* (2010) et Mahamba *et al.* (2018). Par contre, Sanogo *et al.* (2012) dans la rivière Baoulé du bassin du fleuve Niger au Mali ont trouvé un gradient de répartition longitudinale inversé, du fait que, le cours supérieur abritait une plus large gamme d'habitats (Hugueny & Lévêque, 2006). Djidohokpin *et al.* (2017), sur l'ichtyofaune de la Tovè au sud du Bénin, font la même observation.

Enfin, Yokol, 2 et 3 n'enregistrent que peu d'espèces mais se caractérisent par une végétation très jeune (jachères et recrus forestiers) due au fait que, ces stations se situent à proximité de la route reliant Kisangani à Ubundu et soumises à de fortes activités anthropiques (champs, bois de chauffe, piégeage, écopage, etc.). Ces altérations se traduisent par une réduction de la richesse spécifique due à la disparition des espèces sensibles (Lévêque & Mounolou, 2008 ; Aboua *et al.*, 2010 ; Kerckhove, 2012). Des cas pareils ont été observés par Djidohokpin *et al.* (2017) dans leur étude sur l'ichtyofaune de la Tovè au sud du Bénin et Mahamba *et al.* (2017, 2018) lors de leurs études dans les mêmes rivières dans la réserve de la Yoko en République Démocratique du Congo, de même qu'Alabaster (1985), Philippart (1989), et Petts *et al.* (1989).

### **Caractérisation et composition faunistique des peuplements des siluriformes**

Selon Lalèyè *et al.* (2004), Aboua *et al.* (2010), Tanoh *et al.* (2013), Djidohokpin *et al.* (2017), les familles Cichlidae, Characidae, Clariidae, Cyprinidae, Distichodontidae et Mormyridae dominant dans les cours d'eaux africains en termes de diversité spécifique. Cette étude s'est limitée à la partie amont des petits cours d'eau forestiers, affluents du fleuve Congo. Elle a été faite en une année avec 3 types d'engins de pêche. Ceux-ci ont permis la capture de 572 spécimens des Siluriformes appartenant à 15 espèces réparties

en 9 genres et 6 familles de la faune ichthyologique en place. La richesse taxonomique la plus élevée est observée aux stations Biaro 2 et 4, Biaro 3 et 1 et Yoko 4 avec respectivement 8 ; 8 ; 7 ; 6 et 6 espèces de Siluriformes chacune, ce qui correspond aussi à une plus grande diversité d'habitats (zones lotiques et lentiques, etc.). Selon Lévêque & Paugy (2006) ; Aboua *et al.* (2010), la richesse spécifique d'un milieu traduit sa capacité d'accueil qui est d'autant plus grande que le nombre de niches écologiques occupées est élevé.

Pour la présente étude, l'équitabilité calculée varie de 0,29 à 0,86, indiquant ainsi un déséquilibre dans l'organisation structurale de l'ichtyofaune au niveau des stations Yoko 2 et 4 avec respectivement des valeurs 0,29 et 0,41 d'équitabilité. Ceci traduit une distribution irrégulière des espèces entre ces stations (Yoko 2 : 4 espèces et Yoko 4 : 6 espèces), dû au fait que, Yoko 2 se trouve en dehors de la réserve, dans des jachères et recrus forestiers où se font des activités anthropiques. Par contre, la valeur d'équitabilité (0,41) obtenue à la station Yoko 4 est due aux faits que cette station se trouve en pleine réserve et en forêt primaire où la nature du substrat ainsi que la vitesse de l'eau (0,57 m/sec) qui s'y trouvent, ont beaucoup contribué à la répartition des siluriformes.

En outre, la station Biaro 1 en dehors de la réserve et en forêt secondaire jeune est la plus équilibrée et la mieux structurée avec une valeur d'équitabilité de 0,86 (Tableau 2).

### **Distribution spatiale des espèces de Siluriformes dans les différentes stations des 2 rivières**

Les résultats des AFC, ACP et ACC (Figures 2 et 3) sur la répartition spatiale des espèces capturées par station et leurs effectifs (Tableau 1) montrent qu'il existe des liens entre les stations et les espèces. Mahamba *et al.* (2017) dans les mêmes stations notent que, ces liens entre les espèces et les stations sont dues à des préférences particulières de chaque espèce à des microhabitats où elles trouvent réunies les meilleures conditions pour leur survie. C'est pourquoi, les espèces *Clarias buthupogon*, *C. pachynema* sont liées à la station Biaro 2, *P. balayi* aux stations Yoko 2 et 4 ; *C. (Melanodactylus) dageti*, *Schilbe grenfelli*, *C. gabonensis*, *P. debowi*, *P. punctatus* sont liées aux stations Yoko 1 et 2, et les espèces *S. marmoratus*, *A. macrostoma*, *C. (Anguilloclarias) ebriensis*, *M. electricus*, *S. nigrita*, *C. nieuhofii* et *D. typica* sont liées aux stations Biaro 1 et 2, et Yoko 3. Ceci confirmerait l'hypothèse selon laquelle, la forêt tropicale humide, source d'hétérogénéité d'habitats des rivières qui y coulent, influencerait sur la structure spatio-temporelle des peuplements de poissons (Mahamba *et al.*, 2017). Ces résultats sont similaires à ceux de Philippart (1989) au cours de son étude dans le bassin de la Meuse belge, selon laquelle, de tous les facteurs du milieu analysés, cinq facteurs clés dont deux facteurs physiques (la pente et la température) et trois

facteurs chimiques (le pH, l'oxygène dissous et l'ammoniaque) ont un effet limitant sur la distribution des poissons de leurs régions.

Selon Lemoalle (2006), une espèce de poisson se maintient à long terme dans un hydrosystème dans la mesure où elle y trouve un ensemble de conditions qui lui permettent, entre autres, de se nourrir, de croître et de se reproduire. Ces conditions se répartissent schématiquement en deux ensembles :

- l'environnement physico - chimique et hydromorphologique (abiotique), constitué par les contextes géologique, climatique et le paysage aquatique tel qu'il est perçu par le poisson ;
- l'environnement trophique (biotique) qui peut être défini par les interactions entre espèces (notamment les arbres de la ripisylve source de nourriture via fruits, graines, feuilles, macro-invertébrés, poissons, ...) et les relations proie-prédateur au cours des stades successifs de son développement.

La fluctuation des facteurs abiotiques et biotiques est souvent responsable de certains changements constatés au sein des communautés en milieux aquatiques continentaux. Ces changements sont liés à la fluctuation des caractéristiques physico-chimiques et hydromorphologiques du milieu, notamment le substrat, la disponibilité en nutriments (Hart *et al.*, 2003), la minéralisation (Piscart *et al.*, 2005), la charge en matière organique (Negishi & Richardson, 2003), le taux en oxygène dissous (Brodersen *et al.*, 2004 ; Tarr *et al.*, 2005) et la diversité des microhabitats accessibles (Jahan *et al.*, 2001).

Baras (1989) dans son étude dans le bassin de la Meuse belge, stipule que, dans les secteurs de rivière se rattachant à un macro-habitat du type seuil, rapide, plat ou profond, la répartition spatiale des poissons (espèces différentes ou groupes infra spécifiques comme les groupes d'âge et de taille) est organisée dans une mosaïque de milieux de surface restreinte - les microhabitats - ou les individus trouvent des conditions optimales de vie du point de vue bioénergétique (positionnement à l'endroit où les énergétiques pour lutter contre le courant sont minimales et l'efficacité de capture des proies maximale) et pour trouver une bonne protection contre les prédateurs.

Il apparaît ici que les paramètres comme le régime hydrologique, la vitesse du courant d'eau, la sinuosité, la végétation, le type de substrats, la nature des berges ainsi que la densité des bois morts sont des paramètres qui, à des degrés divers, ont déterminé la distribution spatio-temporelle des peuplements de poissons dans les différentes stations d'échantillonnage. C'est pourquoi dans certaines stations telles que Yoko 1, 2 et 3 hors réserve et proches de la route, il est enregistré moins d'espèces du fait que ces stations subissent fréquemment des pressions anthropiques qui réduisent l'hétérogénéité des habitats et donc la biodiversité ichtyologique. Il en résulte

que, les poissons source de nourriture à l'échelle locale peuvent aussi servir d'indicateurs de l'état du milieu aquatique comme le souligne un certain nombre d'auteurs (Dale & Beyeler, 2001; Niemi & McDonald, 2004; Mamonekene *et al.*, 2006; Lévêque & Mounolou, 2008; Niamien-Ebrottié *et al.*, 2008).

## Conclusion

Au total 572 silures appartenant à 15 espèces, 9 genres et 6 familles de Siluriformes ont été échantillonnés dans les rivières Yoko et Biaro dans l'Aire Protégée de Yoko et dans une zone d'exploitation forestière située en dehors de la réserve. La richesse spécifique est plus équilibrée et structurée dans la rivière Biaro que dans la rivière Yoko au regard des indices biologiques calculés. Ainsi, l'indice de Diversité de Shannon est supérieur à 1 dans la rivière Biaro et inférieur ou égal à 0,95 dans la rivière Yoko ; tandis que, l'indice de Simpson est inférieur ou égal à 0,75 dans la rivière Biaro et inférieur ou égal à 0,48 dans la rivière Yoko. Par contre, la valeur d'équitabilité calculée est inférieure ou égale à 0,86 dans la rivière Biaro et inférieure ou égale à 0,59 dans la rivière Yoko. Les variables physico - chimiques et hydromorphologiques telles que le régime hydrologique, la vitesse du courant d'eau, la conductivité de l'eau, le type de forêt (végétation), la nature des berges, la sinuosité, la nature du fond (substrat) ainsi que la densité des bois morts influent directement sur les communautés de poissons dans les rivières forestières Biaro et Yoko. La grande diversité ichthyologique est observée dans les stations situées dans la réserve et dans la partie aval des cours d'eau Biaro et Yoko. Il est donc urgent d'entreprendre des études similaires dans la multitude d'affluents du fleuve Congo en utilisant une variété de techniques de capture afin de connaître la diversité de l'ichtyofaune du bassin du Congo encore très peu connue.

**Remerciements:** Nous exprimons notre gratitude au projet REAFOR pour sa subvention. Nous tenons à remercier également l'Université de Namur/Belgique et l'Université de Kisangani /Domaines des Sciences et Technologie pour l'encadrement et la supervision, sans oublier les pêcheurs pour leur contribution à la collecte des données.

## References:

1. Aboua, R. D. B., N'zikonan, G., Kouamelan, P. E., Berte, S. & Bamba, M. (2010). Organisation spatiale du peuplement de poissons dans le Bandama. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(5): 1480-1493. DOI:<http://ajol.info/index.php/ijbcs>
2. Alabaster, J. S. (1985). *Habitat modification and freshwater fisheries*. Butterworth, 278 p.

3. Alhou, B. (2007). Impact des rejets de la ville de Niamey sur la qualité des eaux du fleuve Niger. PhD thèse en Sciences., Presses universitaires de Namur. FUNDP, Namur, p. 230.
4. Angelier, E. (2000). Ecologie des eaux courantes. Editions Technique & Documentation.
5. Barbault, R. (2000). Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. 5<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris.
6. Arretia, G., Kapoor, B. G., Chardon, M. & Diogo, R. (Eds) (2003). Catfishes. Volumes 1-2. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, USA, 812 pp.
7. DOI:<https://aqua-aquapress.com/swarming-diel-movements-feeding-and-cleaning-behavior-of->
8. Ashley, B. & Robin, A. (2008). *Ecoregion 539: Upper Congo Rapids in Freshwater ecoregion of the world*. Conservation Science Program, WWF-US: Washington, DC, USA. 2 p.
9. Baras, E. (1989). Behavioral ecology and habitat preferences of the barbel, *Barbus barbus* (L.) in two tributaries of the River Meuse (Belgium) as detected from radio-tracking data. Soumis a. Aquatic Living Resources.
10. Brodersen, K.P., Pedersen, O., Lindegaard, C. & Hamburger, K. (2004). Chironomids (Diptera) and oxy-regulatory capacity: An experimental approach to paleolimnological interpretation. *Limnology and Oceanography*, 49(5): 1549-1559. DOI: [http://m.aslo.info/lo/toc/vol\\_49/issue\\_5/1549.pdf](http://m.aslo.info/lo/toc/vol_49/issue_5/1549.pdf).
11. Büttler, R. (2000). Analyse de la distribution spatiale d'objets dans un paysage Fiche d'enseignement, Labo. De gestion des écosystèmes (GECOS) : Lausanne.
12. Chikou, A., Lalèyè, P. A., Raemakers, V., Vandewalle, P. & Philippart, J-C. (2008). Etude de l'âge et de la croissance chez *Clarias gariepinus* (Pisces, Clariidae) dans le delta de l'Ouémé au Benin(Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2(2) : 157-167.
13. Da Costa, K. S., Gourène, G., Tito De Morais, L. & Thys Van Den Audenaerde, D. F. E. (2000). Caractérisation des peuplements ichtyologiques de deux fleuves côtiers Ouest-Africains soumis à des aménagements hydroagricoles et hydroélectriques. *Vie et Milieu*, 50: 65-77. DOI : <https://www.kmae-journal.org> ;<https://doi.org/10.1051/kmae/2012002>; <https://scholar.google.com/citations?user=BhzUOocAAAAJ&hl=fr>
14. Dajoz, R. (2000). *Précis d'écologie* (7<sup>ème</sup> édition) Dunod. Paris.

15. Dale, V. H. & Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecol. Indic.*1: 3-10. DOI:<http://www.napawatersheds.org>
16. Danadu, M. L., De Vos, L., Juakaly, M., Kimbembu, M., Munsala, M. & Ulyel, A-P. J. (2003). Contribution à l'étude de la faune ichtyologique des environs de Kisangani : Inventaire des poissons des rivières Bitubu et Romée, sous-affluent et affluent de la rive gauche du fleuve Congo (RD. Congo). *Ann. Fac. Sci. Unikis* Vol. 12 : 293-302.
17. Danadu, M. L. (2014). Problématique de Synodontis Cuvier, 1816 (Siluriformes, Mochokidae) dans le bassin du Congo : Systématique et écologie (RD. Congo). PhD thèse inéd. Fac. Sc. Dpt. Hydrobiol., Unikis, Kisangani, 217 p.
18. De Vos, L. (1990). Note sur les poissons des environs de Kisangani. *Annales Fac. Sc. Unikis*. Acte. 5<sup>e</sup> J. Sc.47 – 50.
19. Decru, E., Vreven, E., Danadu, C., Walanga, A., Mambo, T. & Snoek, J. (2017). Ichthyofauna of the Itimbiri, Aruwimi, and Lindi/Tshopo rivers (Congo basin): Diversity and distribution patterns. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 47 (3): 225–247. DOI: 10.3750/AIEP/02085
20. Diogo, R. (2005). Morphological Evolution, Aptations, Homoplasies, Constraints and Evolutionary Trends: Catfishes as a case study on General Phylogeny and Macroevolution. Science Publishers, Inc. Enfield, NH (USA). 191 p.
21. Djidohokpin, G., Sossoukpe, E., Sohoun, Z., Tamesse, J. L. & Fiogbe, E.D. (2017). Ichthyofauna of Tovè River in the South Benin: Specific Diversity and Spatial Distribution. *South Asian Journal of Life Sciences*. 5(1): 19-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sajls/2017/5.1.19.29>
22. Ducarme, C. & Micha, J-C. (2003). Technique de production intensive du poisson chat africain *Clarias geriepunis*. *Tropicultura*. 21 (4): 189-198. <http://www.tropicultura.org/text/v21n4/189.pdf>
23. Hardman, M. (2006). Key to Congo. Key to Claroteid catfishes of the Congo Basin (including lakes Bangwelu, Mweru and Mweru-Wantipa). Inédit, 4 p.
24. Hart, R. C., Campbell, L. M. & Hecky, R. E. (2003). Stable isotope analyses and demographic responses counter prospects of planktivory by *Caridina* (Decapoda: Atyidae) in Lake Victoria. *Oecologia*, 136:270-278. DOI10.1007/s00442-003-1261-0 ; <http://ap.smu.ca/~lcampbel/HartetalOecol2003.pdf>
25. Hugueny, B. & Lévêque, C. (2006). Richesse en espèces des peuplements de poissons. Pp 271-284. In : C. Lévêque & D. Paugy

- (eds), *Les Poissons des Eaux Continentales Africaines : Diversité, Écologie, Utilisation par l'Homme*. Edition IRD: Paris.  
[http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/ed-06-08/010037336.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010037336.pdf)
26. Jahan, S., Akter, S., Sarker, M., Rahman, R. & Pramanik (2001). Growth ecology of *Pila globosa* (Swainson) (Gastropoda: Pilidae) insimulated habitat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*,4(5):581-584.  
DOI:<http://www.pjbs.org> m ISSN1028-8880;  
<http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2001/581-584.pdf>
27. Jensen, K. W. (1957). Determination of age and growth of *Tilapia nilotica* (L), *T. galilea* (Act.), *T. zillii* (Gerv.) and *Lates niloticus* C. et V. by means of their scales. *K. Nor. Vidensk. Selsk. Forh.* 30(24): 150-157.
28. Jongman, R. H., Ter Braak, C. J. F., & van Tongeren, O. F. R. (1995). Data Analysis Community and Landscape Ecology (eds.). Cambridge University Press: Cambridge.  
[http://www2.ib.unicamp.br/profs/thomas/NE002\\_2011/maio17/Jongman%201995%20ch5-6.p](http://www2.ib.unicamp.br/profs/thomas/NE002_2011/maio17/Jongman%201995%20ch5-6.p)
29. Kankonda, B. (2007). Ecologie des Décapodes des ruisseaux de forêt de basse altitude de Kisangani (R.D. Congo) : Composition, distribution spatio-temporelle, abondance, biomasse et production. Cas du ruisseau Masangamabe de la Reserve Forestière de Masako. PhD thèse inéd. Fac. Sc. Dpt. Hydrobiol., Unikis, Kisangani, 202 p.
30. Kerckhove, O. (2012). Espèces ou association d'espèces de poissons en tant que bio indicateur de l'état de santé des récifs coralliens. Mém. de maîtrise inédit, Fac. Sc. Université de Sherbrooke : Québec.  
<https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/8118>
31. Kimbembu, I. N. (1988). Contribution à la connaissance de l'ichtyofaune et de la biologie de reproduction de quelques espèces de poissons de la rivière Ngene-ngene à Kisangani. Mémoire de D.E.S. Unikis : Kisangani. <http://cd.chm-cbd.net/implementation/centre-de-surveillance-de-la-biodiversite-csb/milieu-h>
32. Konan, A. Y., Bamba, M. & Koné, T. (2014). Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'alimentation de *Clarias buettikoferi* (Siluriformes ; Clariidae) dans la forêt des marais Tanoé-Ehy (Côte d'Ivoire). *Cybium*38(1): 61-68.  
DOI:<https://doi.org/10.26028/cybium/2014-381-007>
33. Kouadio, N. F., Kouamélan, E. P., N'Douba, V., Koné, T., Snoeks, J. & Ollevier, F. (2006). Update of fish biodiversity and impact of human activities on the community structure, Mé River (Ivory Coast). *Journal of Biological Sciences*, 6: 805–814.

DOI:<https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/download/65547/53234>

34. Kouamé, K. A., Yao, S. S., Gooré Bi, G., Kouamélan, E. P., N'Douba, V. & Kouassi, N. J. (2008). Influential environmental gradients and patterns of fish assemblages in a West African basin. *Hydrobiologia*, 603:159–169. DOI: <http://www.kmae-journal.org> › › Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst., 404 (2012) 08 22 mars 2012 - (2008) 388, 02... DOI:<http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2012002> ...<https://doi.org/10.1051/kmae/2012002>
35. Kouamélan, E. P., Teugels, G. G., N'Douba, V., Gooré, B. I. G. & Koné, T. (2003). Fish diversity and its relationship with environment variables in West African basin. *Hydrobiologia*, 505: 139-146. DOI:10.1023/B:HYDR.0000007302.74296.84. ; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3506418/>
36. Kamelan, T.M., Yao, S.S., Kouamé, K.A., N'Zi, K.G. & Kouamélan, E.P. (2013). Ichtyofaune de la rivière Dodo (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest) : mise à jour et influence des variables environnementales sur la distribution des espèces. *J. Appl. Biosci.*, 71: 5773-5785.
37. Lalèyè, P., Chikou, A., Philippart, J. C., Teugels, G. G. & Vandewalle, P. (2004). Étude de la diversité ichthyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cybiurn*, 28(4): 329-339. DOI:<http://sfi.mnhn.fr/cybiurn/numeros/2004/284/05>.
38. Legendre, P. & Legendre, L. (1998). Numerical Ecology (Second English edition). ELSEVIER Science B.V.: Amsterdam. <https://www.elsevier.com/books/numerical-ecology/legendre/978-0-444-89249-2>
39. Lemoalle, J. (2006). La Diversité des milieux aquatiques. Pp. 11-30. In : C. Lévêque. & D. Paugy (eds) *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Edition IRD: Paris. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/ed-06-08/010037336.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010037336.pdf)
40. Lévêque C. & Paugy D. (1984). Guide des poissons d'eau douce de la zone du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Convention Orstom-OMS : Ouagadougou.
41. Lévêque, C. & Paugy, D. (2006). Peuplements des cours d'eau et des biotopes. Pp: 317-328. In : C. Lévêque & D. Paugy (eds), *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Edition IRD: Paris. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/ed-06-08/010037336.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010037336.pdf)

42. Lévêque, C. & Paugy, D. (2006). Distribution géographique et affinités des poissons d'eau douce africains. Pp : 59-74. In : C. Lévêque & D. Paugy (eds) *Les poissons des eaux continentales. Diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Editions IRD : Paris.  
[http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/ed-06-08/010037336.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010037336.pdf)
43. Lévêque, C. & Mounolou, J.C. (2008). Biodiversité : Dynamique biologique et conservation. (2<sup>ème</sup> éd.) Dunod : Paris.  
<https://www.dunod.com/sciences-techniques/biodiversite-dynamique-biologique-et-conse>
44. Mahamba, B. R., Kangela, K. V., Kankonda, B. A., Ulyel, A-P. J. & Micha, J-C. (2018). Etude des peuplements ichtyologiques des rivières Yoko et Biaro (Réserve de Yoko, Province Tshopo, R.D. Congo). *Rev. Sci. Tech. For. Environ. Bassin Congo*. Volume 11. Pp. 49-65. DOI : <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1437214>
45. Mahamba, B. R., Ndjaki, N. J., Kankonda, B. A., Ulyel, A-P. J. & Micha, J-C. (2017). Caractérisation et écologie des peuplements des Mormyridae dans la réserve de Yoko (Kisangani, RD Congo). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(3): 967-999.  
DOI:<https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.4>.
46. Mamonekene, V., Lavoue, S., Olivier, S.G., Pauwels, S. G. O., Mvebeh, H. J., Mackayah, J-E. & Tchignoumba, L. (2006). Diversité des poissons de Rabi et Gamba, Province de l'Ogooué-Maritime, Gabon. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, N<sup>o</sup>. 12: 65 - 78.  
DOI: [https://www.researchgate.net/publication/237076397\\_Diversite\\_des\\_poissons\\_de\\_Rabi\\_et\\_](https://www.researchgate.net/publication/237076397_Diversite_des_poissons_de_Rabi_et_)
47. Mbega, J. D. (2004). Biodiversité des poissons du bassin inférieur de l'Ogooué (Gabon). Volumes I et II. Presses Universitaires de Namur : Namur. <http://africhthy.org/sites/africhthy.org/files/Bas%20Ogooue-Mbega%20%26%20Teugels>
48. Miserendino, M. L. & Pizzolon, L. A. (2003). Distribution of macroinvertebrate assemblages in the Azul-Quemquemtreu river basin, Patagonia, Argentina. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 37: 525-539. DOI:[http://www.ephemeropteragalactica.com/pubs/pub\\_m/pubm\\_iserendinom2003p525.pdf](http://www.ephemeropteragalactica.com/pubs/pub_m/pubm_iserendinom2003p525.pdf)
49. Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world*. 4<sup>th</sup> ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.  
[https://www.zin.ru/journals/zsr/content/2006/zr\\_2006\\_15\\_2\\_Bogutskaya\\_2.pdf](https://www.zin.ru/journals/zsr/content/2006/zr_2006_15_2_Bogutskaya_2.pdf)

50. Niamien-Ebrottié, E. J., Konan, K.F., Gnagne, T., Ouattara, A., Ouattara, M. & Gourène, G. (2008). Etude diagnostique de l'état de pollution du système fluvio-lagunaire Aby – Bia-Tanoé (Sud-Est, Côte d'Ivoire). *Sud Sciences et Technologies* ISSN0796-5419, 16-2 (1) : 5-13.  
DOI :[http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/30379/st16\\_2.pdf](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/30379/st16_2.pdf)
51. Niemi, G. T. & McDonald, M. E. (2004). Application of ecological indicators. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35:89-111. DOI:10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130132; <https://pdfs.semanticscholar.org/.../b9f097d4ecf184dcac8e170dc0aa37f4b69b>
52. N'Zi, K. G., Gooré, B. G., Kouamélan, E. P., N'Douba, V., Koné, T. & Frans, O. (2003). Diversité biologique des crevettes d'un petit bassin côtier ouest africain de Côte d'Ivoire en relation avec les variables environnementales. *Sciences et Techniques*, 27(1 et 2): 17-27.
53. Osombause, S. J., Hyangya, L. B., Ulyel, A-P. J., Kankonda, B. A. & Micha, J-C. (2013). Reproduction et régime alimentaire de *Distichodus antonii* Schilthuis, 1891 (Distichodontidae) dans la zone de confluence du fleuve Congo et des rivières Lindi et Tshopo à Kisangani (R.D. Congo). *Tropicultura*, 31, 26-33. DOI : <http://www.tropicultura.org/text/v31n3.pdf>
54. Paugy, D., Lévêque, C. & Teugels, G. G. (2003). Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome I et II. IRD, MNHN et MRAC: Paris.  
<http://www.editions.ird.fr/produit/234/9782709915267/Poissons%20deaux%20douces>  
<http://sciencepress.mnhn.fr/fr/collections/faune-et-flore-tropicales/poissons-d-eaux-dou>
55. Petit, F. & Schumacker, R. (1985). L'utilisation des plantes aquatiques comme indicateurs du type d'activité geomorphologique d'une rivière ardennaise. *Colloques Phytosociologiques, XIII, Vegetation et geomorphologie*, GEHU Ed.: 691-710.
56. Petts, G. E., Moller, H. & Roux, A. L. (1989). *Historical change of large alluvial rivers*. Western Europe. Wiley, 355 p.
57. Philippart, J.-C. (1989). Ecologie des populations de poissons et caractéristiques physiques et chimiques des rivières dans le bassin de la Meuse belge. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 25 : 175-198.
58. Piscart, C., Moreteau, J. C. & Beisel, J. N. (2005). Biodiversity and structure of macro invertebrate communities along a small permanent salinity gradient (Meurthe River, France). *Hydrobiologia*, 551(1): 227-236. DOI: 10.1007/s10750-005-4463-0;

- [https://www.researchgate.net/.../226978624\\_Biodiversity\\_and\\_Stru...](https://www.researchgate.net/.../226978624_Biodiversity_and_Stru...)
59. Poll, M. & Gosse, J. P. (1995). Généra des poissons d'eau douce de l'Afrique (eds). Académie royale de Belgique : Bruxelles.
  60. Sanogo, Y., Traoré, D., Samaké, F. & Koné, A. (2012). Les communautés ichtyologiques de la rivière Baoulé dans le bassin du fleuve Niger au Mali. *Tropicultura*, 30 (2): 65-71.  
DOI:<http://www.tropicultura.org/text/v30n2.pdf>
  61. Sudarto Teugels, G. G. & Pouyaud, L. (2004). Description of a New Clariid Catfish, *Clarias pseudonieuhofii* from West Borneo (Siluriformes: Clariidae). *Zoological Studies*, 43(1): 8-19. DOI: <http://zoolstud.sinica.edu.tw/Journals/43.1/8.pdf>
  62. Tanoh, K. M., Berté, S., Konan N'ZI, G., Bamba, M., Goore, B. G. & Essetchi, K. P. (2013). Peuplement ichtyologique du complexe Brimé-Méné-Nounoua, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(6): 2248-2263. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.6>.
  63. Tarr, T. L., Baber, M. J. & Babbitt (2005). Macroinvertebrate community structure across a wetland hydroperiod gradient in southern New Hampshire, USA. *Wetlands Ecology and Management*, 13(3): 321-334. DOI: 10.1007/s11273-004-7525-6;  
<https://insights.ovid.com/wetlands-ecology-management/wetem/2005/06/000/macr>.
  64. TerBraak, C. J. F. & Smilauer, P. (1999). CANOCO for Windows (version 4.02) - a FORTRAN program for canonical community ordination. Centre for biometry Wageningen. Wageningen. The Netherlands.
  65. Teugels, C. G. & Adriaens, D. (2003). Taxonomy and phylogeny of Clariidae, An overview: In *Catfishers, Ine*; Enfield. NH (USA).Vol. pp 466 – 487.
  66. Teugels, G. G. (1986). A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* Pisces, Clariidae. *Ann. Mus. r. Afr. centr. Sci. zool.*, Tervuren, 247, 199, 468 - 495 p.<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BE880063588>
  67. Wu, J., Wang, J., He, Y. & Cao, W. (2011). Fish assemblage structure in the Chishui River, a protected tributary of the Yangtze River. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 400(11): 1-14.
  68. Yao, A. A., Konan, K. M., Doumbia, L., Ouattara, A. & Gourene, G. (2019). Diversité et Structure du Peuplement Ichtyologique du Bassin Inférieur du Fleuve Comoé (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal* edition Vol.15, No.6 ISSN: 1857 – 7881.  
Doi:[10.19044/esj.2019.v15n6p244](https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n6p244);  
URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n6p244>

69. Yao, S. S., Kouamélan, E. P., Koné, T., N'Douba, V., Gooré Bi, G., Ollevier, F. & Thys Van Den Audenaerde, D. F. E. (2005). Fish communities along environment gradients within the Comoé River basin, Côte d'Ivoire. *African Journal of Aquatic Science*, 30: 195–204. DOI: <https://doi.org/10.1051/kmae/2012002>.