

## Etude préliminaire de la diversité et de la structure du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara au Bénin

*Rafiou Raoul Thierry Gouton*

*Koudjodé Simon Abahi*

*Pierre Midogbo Gnohossou*

Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Bénin

*Hotèkpo Hervé Akodogbo*

*Fridolin Dossou-Sognon*

Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Bénin

*Dona Ulriche Hounou Assogba*

*Ayodélé Shola David Darius Adje*

Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p175](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p175)

Submitted: 25 February 2024

Accepted: 14 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Gouton R.R.T., Abahi K.S., Gnohossou P.M., Akodogbo H.H., Dossou-Sognon F., Assogba D.U.H. & Adje A.S.D.D. (2024). *Etude préliminaire de la diversité et de la structure du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara au Bénin*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 175. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p175>

### Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer la diversité et la structure du zooplancton dans la rivière Okpara. Le zooplancton de la rivière a été identifié et la structure de sa communauté évaluée dans neuf stations sélectionnées grâce à la richesse taxonomique, à la densité, à l'indice de diversité de Shannon et l'indice d'équitabilité de Pielou. Un total de 68 espèces de zooplancton a été enregistré, réparties en trois groupes : comprenant des rotifères (57), des copépodes (07) et des cladocères (04). Le nombre d'espèces a été plus élevé dans le cours inférieur, que dans le cours supérieur et dans le cours moyen. Les rotifères représentent les groupes les plus abondant avec 78,25 % de l'abondance totale, suivis des copépodes (20,7 %) et des cladocères (1,3 %). *Keratella valga* et *Tropocyclops confinis* sont les espèces les plus

abondantes. *Mytilina* sp., *Asplanchna girodi*, *Anuraeopsis* sp., *Lepadella* sp., *Asplanchna brightwellii*, *Asplanchna navicular*, *Trichocerca* sp. et *Trichocerca tenuior* ont été enregistrés sur toutes les stations. Les valeurs moyennes d'abondance et de densité moyenne du zooplancton sont plus élevées en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les valeurs de la richesse, de l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité de Pielou sont plus élevées en saison pluvieuse qu'en saison sèche. La forte présence de certaines espèces indicatrices de pollution telles que *Asplanchna brightwellii*, *Brachionus angularis*, *Brachionus falcatus* pourrait indiquer la présence de polluants organiques dans la rivière. Il est donc nécessaire de mettre en place des mesures de surveillance efficaces afin de protéger la rivière de toute intrusion anthropogénique.

---

**Mots-clés:** Biodiversité, zooplancton, structure de la communauté, Rivière Okpara, Bénin

---

## **Preliminary study of the diversity and structure of the zooplankton population of the Okpara River in Benin**

*Rafiou Raoul Thierry Gouton*

*Koudjodé Simon Abahi*

*Pierre Midogbo Gnohossou*

Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Bénin

*Hotèkpo Hervé Akodogbo*

*Fridolin Dossou-Sognon*

Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Bénin

*Dona Ulriche Hounou Assogba*

*Ayodélé Shola David Darius Adje*

Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Bénin

---

### **Abstract**

The objective of this study was to assess the diversity and structure of zooplankton in the Okpara River. The river's zooplankton were identified and their community structure assessed at nine selected stations using taxonomic richness, density, the Shannon diversity index and the Pielou equitability index. A total of 68 species of zooplankton were recorded, divided into three groups: rotifers (57), copepods (07) and cladocerans (04). The number of species was higher in the lower reaches than in the upper and middle reaches.

Rotifers were the most abundant group with 78.25% of the total abundance, followed by copepods (20.7%) and cladocerans (1.3%). *Keratella valga* and *Tropocyclops confinis* were the most abundant species. *Mytilina* sp., *Asplanchna girodi*, *Anuraeopsis* sp., *Lepadella* sp., *Asplanchna brightwellii*, *Asplanchna navicular*, *Trichocerca* sp. and *Trichocerca tenuior* were recorded at all stations. The values for abundance and density of zooplankton are higher in the dry season than in the rainy season. The values for species richness, Shannon diversity index and Pielou equitability are higher in the wet season than in the dry season. The strong presence of certain pollution indicator species such as *Asplanchna brightwellii*, *Brachionus angularis* and *Brachionus falcatus* could indicate the presence of organic pollutants in the river. Effective monitoring measures therefore need to be put in place to protect the river from anthropogenic intrusion.

---

**Keywords:** Biodiversity, zooplankton, community structure, Okpara river, Benin

## Introduction

L'urbanisation et l'industrialisation galopantes des villes induisent une grande production des déchets solides et liquides. Dans la plupart des pays en voies de développement, ces déchets domestiques et industriels sont déversés dans les écosystèmes aquatiques sans un traitement préalable (Schwarzenbach et *al.*, 2010 ; Owa, 2013 ; Hounkpè et *al.*, 2017). L'apport des effluents en milieu aquatique exerce des pressions considérables sur les écosystèmes aquatiques. Ces pressions se traduisent par une dégradation de la qualité de l'eau et des habitats dont dépend la vie aquatique. Ces activités altèrent ainsi la composition des communautés biologiques présentes dans les cours d'eau, généralement en réduisant la diversité biologique de l'écosystème aquatique (Owa, 2013). Depuis des décennies, plusieurs études ont montré que le zooplancton constitue un bon bioindicateur de l'intégrité écologique des écosystèmes aquatiques (Haberman et Haldna, 2014). Le zooplancton, de par son importance dans la chaîne trophique, de sa sensibilité et sa réaction aux modifications environnementales, est utilisé pour évaluer l'impact du changement des écosystèmes (Harris et *al.*, 2000 ; Masson et *al.*, 2000). En effet, le zooplancton, en raison de sa position trophique, de son abondance dans les eaux douces et de son cycle de vie court, est particulièrement sensible aux variations environnementales, hydrographiques et répond rapidement aux changements des conditions de son milieu (Masson et *al.*, 2000). C'est donc un organisme qui est fortement influencé par les conditions environnementales et pourrait être utilisé pour établir un tel lien et servir par conséquent d'outils d'évaluation de l'état de santé des écosystèmes, donc de bioindicateurs (Jakhar, 2013). La richesse, la diversité et la composition taxonomique du

zooplancton sont utilisées comme outils de gestion et de suivi environnemental de l'intégrité écologique des cours d'eau et pour tirer des conclusions sur les charges de pollution (Neto et *al.*, 2014). À cet effet, il existe des relations entre la structure, la composition des peuplements de zooplancton et les variables environnementales. Les communautés de zooplancton sont sous le contrôle multiple de facteurs écologiques, abiotiques comme : la température, la chimie des eaux (pH, oxygène), la transparence, les concentrations de nutriments (phosphore, azote) et la chlorophylle-a (Keister et *al.*, 2020 ; Kolarova et Napiórkowski, 2022 ; Zhang et *al.*, 2022). Ces facteurs contrôlent la diversité, l'abondance et la distribution des espèces, structurent les communautés de zooplancton et influencent la phénologie saisonnière du zooplancton (Azan et *al.*, 2015 ; Masson et *al.*, 2000 ; Shi et *al.*, 2020). Malgré la dégradation alarmante des cours d'eau et de l'importance du zooplancton, très peu d'études au Bénin se sont consacrées à l'étude du zooplancton. En effet, les seuls travaux portant sur le zooplancton des eaux douces sont ceux de Houssou et *al.* (2017 & 2018) dans le bassin de l'Ouémé. Cependant, notre connaissance reste toujours limitée, car aucune de ces études antérieures réalisées au Bénin, ne met en exergue la dynamique du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara. Il est donc important de faire l'inventaire du peuplement zooplanctonique afin de caractériser leur diversité et leur structure pour leur utilisation ultérieure dans l'appréciation de l'état écologique de cette rivière. Par conséquent, la présente étude s'évertuera de pallier cette insuffisance. Elle vise à constituer une base de données de référence pour la gestion et la conservation des écosystèmes aquatiques, à travers l'étude de la variation temporelle de la composition et la structure du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara.

## **Matériel et méthodes**

### **Milieu d'étude**

L'étude a été réalisée le long de la rivière Okpara, qui est un des affluents du fleuve Ouémé. La rivière Okpara située entre 8°14' - 9°45' latitude Nord et 2°35' - 3°25' longitude Est dans le département du Borgou et prend sa source à 450 m d'altitude au Sud-Ouest de Nikki à Pèrèrè. L'Okpara présente un débit irrégulier variant entre 0,0001 et 150m<sup>3</sup>/s. Il mesure 362 km environ de long avec un bassin d'une superficie totale de 10.000 km<sup>2</sup>. Son bassin, couvre en grande partie les Communes de Pèrèrè à l'Est, de Nikki au Nord-Est, de N'dali à l'Ouest, de Parakou et de Tchaourou au Sud et enfin une petite partie de la Commune de Bembèrèkè au Nord. La zone d'étude est soumise à l'influence du climat Sud-Soudanien, caractérisée par une longue saison sèche (mi-octobre à avril), suivie d'une période humide (mai à mi-septembre). La pluviométrie moyenne annuelle au cours des dix dernières années est de 1028,90 mm avec des hauteurs maximales de pluies au cours des mois d'août

et septembre. La température moyenne annuelle est de 27,92 °C. L'ensoleillement est de 2314,54 heures par an.

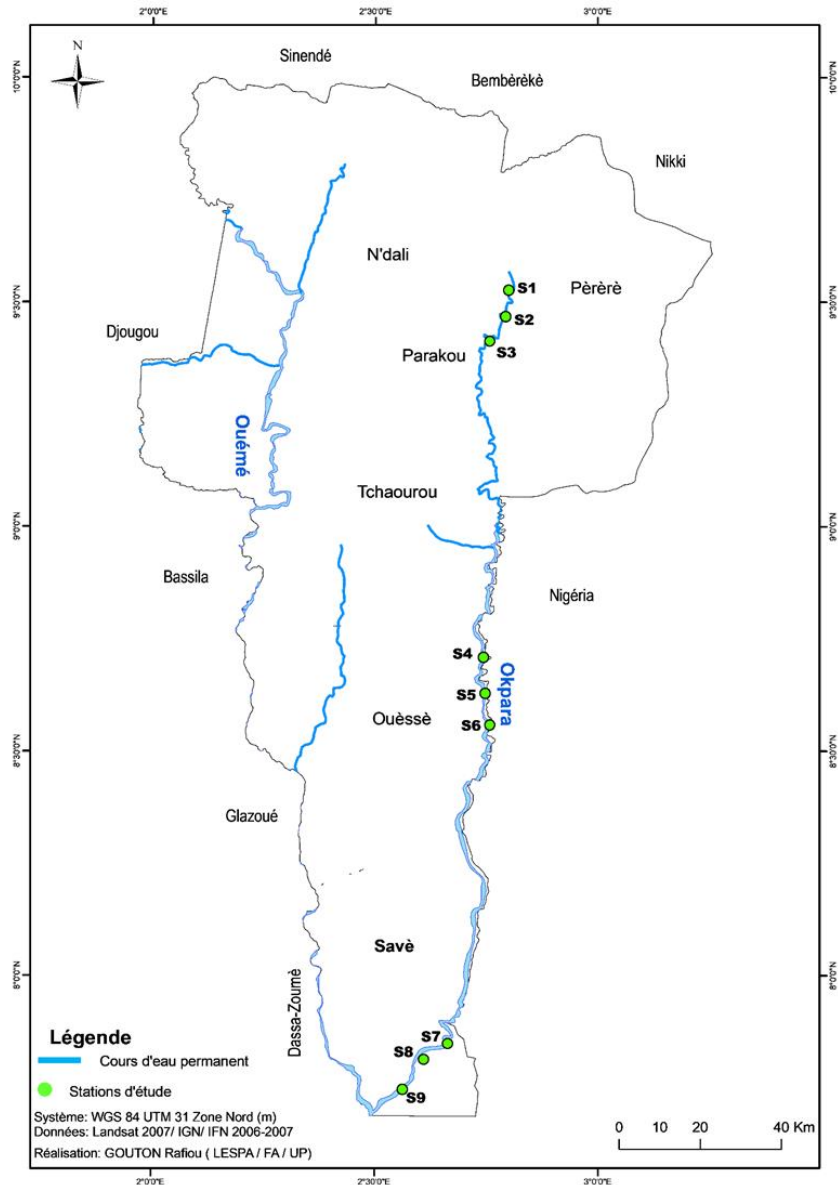


Figure 1 : Localisation de la rivière Okpara avec les stations d'étude

## Méthodologie

### Stations et nombre de campagnes d'échantillonnage

Sur la rivière Okpara, à chaque campagne neuf (09) stations ont été échantillonnées. Ces stations ont été définies selon le gradient longitudinal : trois stations (S1, S2, S3) dans le cours supérieur, trois stations (S4, S5, S6) dans le cours moyen et trois stations (S7, S8, S9) dans le cours inférieur. Les

échantillonnages du zooplancton ont été faits de 2022 à 2023 en saison pluvieuse (septembre) et en saison sèche (mars).

### **Prélèvement du zooplancton**

L'échantillonnage du zooplancton a été fait à l'aide d'un filet à plancton de vide de maille de 50 µm (Buhungu et *al.*, 2019 ; Mansour et *al.*, 2020 ; Akodogbo et *al.*, 2022). A chaque station d'échantillonnage et à une profondeur inférieure à 50 cm (Adandedjan et *al.*, 2017), 10 litres d'eau de surface ont été prélevées à l'aide d'un seau de contenance 10 litres et passées à travers le filet à plancton. L'expérience a été répétée dix fois, jusqu'à filtration d'un volume total de 100 litres d'eau (Agadjihouède et *al.*, 2011 ; Fofana et *al.*, 2020 ; Soro et *al.*, 2020). Les échantillons de zooplancton récoltés ont été introduits dans un pilulier de 150 ml. Ces échantillons ont été traités successivement par ajout de 1 à 2 mg de sucrose, 2 à 3 gouttes de rouge neutre et du formaldéhyde à 5% pour faciliter respectivement l'observation des organismes au microscope et la conservation des échantillons (Monney et *al.*, 2016 ; Fofana et *al.*, 2020). Ce protocole a été répété fidèlement sur chacune des stations d'échantillonnage. Dans le cadre de l'étude quantitative, le filet à plancton de vide de maille de 50 µm a été trainé sur une distance de 15 m afin de recueillir suffisamment de matériel biologique représentatif. Ces échantillons ont subi le même traitement comme précédemment.

### **Identification et dénombrement du zooplancton**

L'identification et le dénombrement ont été réalisés au Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), au moyen d'un microscope optique et basés sur les caractères morphologiques spécifiques en utilisant les clés et ouvrages de Dussart et Defaye (2001), Fernando (2002), Kotov et *al.* (2012) et Conway (2012 & 2015). L'étude quantitative du zooplancton a été faite sur un prélèvement de 1ml d'échantillon bien homogénéisé, avec 10 répétitions (soit au total 10 ml de chaque échantillon) (Avocegan, 2019). Ceci a permis d'optimiser la qualité des résultats et d'avoir une bonne estimation de la richesse spécifique.

### **Traitement et analyse statistique des données**

Pour caractériser la composition et la structure du peuplement zooplanctonique, les données biologiques obtenues ont servi à déterminer la richesse taxonomique et calculer les différents indices de diversité.

La densité du zooplancton (D) ou le nombre d'individus des organismes par unité de volume a été calculée avec la formule utilisée par Agadjihouede et *al.* (2010) :  $D = \frac{n}{V_1} \times \frac{V_2}{V_3}$ , avec n = la densité (exprimée en

individus par litre),  $V_1$  = volume du filtrat prélevé (10 ml),  $V_2$  = volume du filtrat concentré (volume échantillon),  $V_3$  = volume d'eau filtrée sur le terrain.

La fréquence d'occurrence (FO) des espèces a été déterminée. Elle est le rapport entre le nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération et par le nombre total de prélèvements faits. La clé de Dajoz (2000), a été utilisée pour classer les espèces : les espèces constantes ( $FO \geq 50\%$ ), les espèces accessoires ( $25\% < FO < 50\%$ ) et les espèces accidentelles ( $FO \leq 25\%$ ). Parmi les espèces accidentelles, celles qui ont moins de 5% d'occurrence sont des espèces rares. L'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) a été calculé selon la formule de Shannon et Weaver (1949) : ( $H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ) ; avec  $p_i$  l'abondance relative de l'espèce  $i$  dans l'échantillon.

L'indice d'Équitabilité ( $E$ ) de Pielou (Pielou, 1969), qui est le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale a été calculé par la formule : ( $E = H' / \log_2 S$ ) ; avec  $S$  la richesse spécifique.

Après avoir testé la normalité des données, le test statistique d'analyse de variance a été utilisé pour comparer les métriques et des indices biocénologiques entre les stations et entre les saisons à l'aide du logiciel R4.1.2 (R Core Team, 2023).

## Résultats

### Composition, richesse spécifique et fréquence d'occurrence des taxa du zooplancton de la rivière Okpara

Au total, 20 familles, 37 genres et 68 espèces de zooplancton ont été recensés dont 65 espèces en saison pluvieuse et 60 en saison sèche. Elles ont été identifiées et réparties en trois groupes (Rotifères, Copépodes et Cladocères). Quel que soit la période, le nombre d'espèces a été plus élevé dans le cours inférieur, que dans le cours supérieur et dans le cours moyen (Tableau 1).

En saison pluvieuse, *Tropocyclops confinis* du groupe des Copépodes est la plus abondante avec 15,8 % de l'abondance totale. Le groupe des rotifères est le groupe le plus diversifié avec 55 espèces (79,1 %). Les Copépodes viennent en deuxième position avec 7 espèces (18,9 %) et la troisième place est occupée par les Cladocères avec 3 espèces (2,0 %). Au sein des rotifères, le genre *Asplanchna* avec 6 espèces constitue 14,6 % de l'abondance totale et représente le genre le plus abondant des rotifères. Le genre *Asplanchna* est suivi par le genre *Brachionus* (7 espèces) et le genre *Lecane* (6 espèces) avec respectivement 9,6 % et 7,8 % de l'abondance totale. Pendant cette période, 40 espèces ont été constantes soit 61,5 % de la richesse total alors que 25 espèces constituant 38,5 % de la composition taxonomique ont été accessoires.

En saisons sèche, l'espèce *Keratella valga* (28,2 %) du groupe des rotifères et les Nauplii des copépodes (14,7%) sont les espèces les plus



abondantes. Les rotifères représentent le groupe le plus important avec 50 espèces et 77,4 % de l'abondance totale, suivi des copépodes (6 espèces ; 22,5 %) et des cladocères (4 espèces ; 0,5 %). Parmi les genres des rotifères, le genre *Trichocerca* avec 3 espèces constitue le genre le plus représentatif des rotifères avec 21 % de l'abondance totale suivi par le genre *Brahionus*, avec 8 espèces et 8,9 % de l'abondance totale. Au total, 42 espèces ont été constantes soit 70 % de la richesse totale et 18 espèces ont été accessoires soit 30 % de la composition taxonomique (Tableau 1).

**Tableau 1.** Liste des taxons zooplanctoniques récoltés dans la rivière Okpara

Taxa/Familles/Espèces	Saison pluvieuse					Saison sèche				
	CS	CM	CI	OCC	AR	CS	CM	CI	OCC	AR
<b>Cladocères</b>										
<i>Chydorus sp</i>	+	-	+	67	0,8	+	-	+	67	0,1
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	+	-	+	67	0,6	-	-	+	33	0,1
<i>Daphnia sp.</i>	-	-	+	33	0,6	-	-	+	33	0,1
<i>Moina macrocopa</i>	-	-	-	0	0,0	+	+	-	67	0,2
<b>Copépodes</b>										
<i>Calanoide sp.</i>	-	+	-	33	0,1	+	+	-	67	0,1
<i>Afrocyclus gibsoni</i>	-	+	-	33	0,4	+	+	-	67	2,9
<i>Alloocyclus chappuisi</i>	-	+	-	33	0,1	+	+	-	67	0,7
<i>Cyclops brevicornis</i>	+	-	+	67	1,2	+	+	+	100	1,6
<i>Nauplii</i>	+	-	-	33	1,3	+	+	-	67	14,7
<i>Tropocyclops confinis</i>	-	+	+	67	15,8	-	+	+	67	2,5
<b>Rotifères</b>										
Asplanchnidae										
<i>Asplanchna brightwellii</i>	+	+	+	100	3,2	+	+	+	100	0,6
<i>Asplanchna girodi</i>	+	+	+	100	3,6	+	+	+	100	0,5
<i>Asplanchna herricki</i>	+	-	+	67	1,0	-	-	+	33	0,1
<i>Asplanchna navicula</i>	+	+	+	100	3,8	+	-	+	67	0,6
<i>Asplanchna priodonta</i>	+	-	+	67	1,8	+	-	+	67	0,4
<i>Asplanchna sp.</i>	+	+	+	100	1,2	+	+	+	100	0,3
Brachionidae										
<i>Anuraeopsis sp.</i>	+	+	+	100	2,2	+	+	+	100	1,7
<i>Brachionus angularis</i>	-	+	+	67	0,5	+	+	+	100	6,0



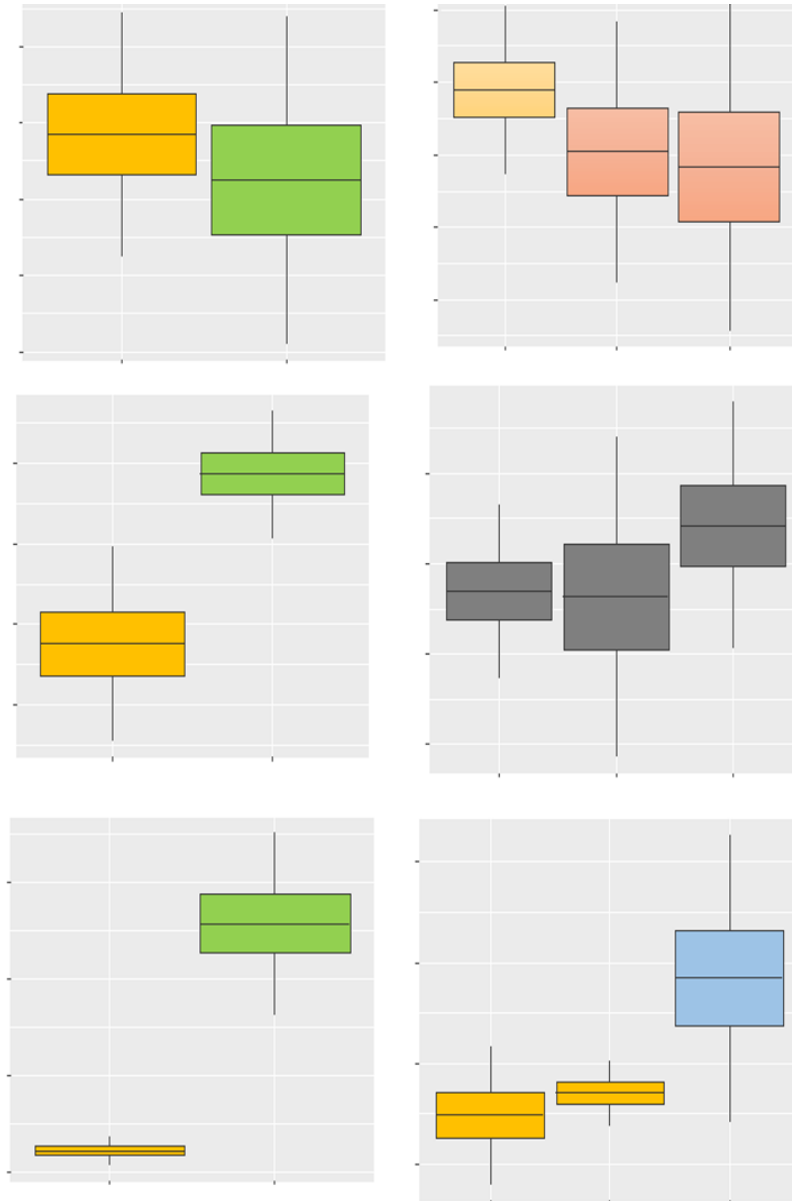
<i>Brachionus caudatus</i>	-	+	+	67	0,8	-	+	+	67	0,2
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-	-	-	0	0,0	-	+	-	33	0,9
<i>Brachionus falcatus</i>	+	-	-	33	0,3	+	-	-	33	0,7
<i>Brachionus mirabilis</i>	+	+	+	100	3,0	+	-	+	67	0,2
<i>Brachionus plicatilis</i>	+	+	+	100	2,1	+	+	+	100	0,4
<i>Brachionus sp.</i>	+	-	+	67	0,6	+	+	+	100	0,2
<i>Brahionus quadridentatus</i>	+	+	+	100	2,3	+	-	+	67	0,3
<i>Keratella lenzi</i>	-	-	-	0	0,0	-	+	-	33	0,8
<i>Keratella tropica</i>	-	-	+	33	0,4	+	+	+	100	3,6
<i>Keratella valga</i>	-	+	+	67	0,4	+	+	+	100	28,2
<i>Platysnus patulus</i>	+	-	+	67	4,4	+	-	+	67	0,7
Epiphanidae										
<i>Epiphanes macroura</i>	-	-	+	33	0,3	-	-	+	33	0,1
Eucydopinae										
<i>Trichotria similis</i>	+	-	-	33	1,4	+	-	-	33	0,2
Habrotrochidae										
<i>Habrotrocha rosa</i>	+	-	+	67	4,2	-	-	+	33	0,5
Lecanidae										
<i>Lecane bulla</i>	+	-	-	33	0,3	+	+	-	67	0,2
<i>Lecane curvicornis</i>	-	+	+	67	0,5	-	+	+	67	0,1
<i>Lecane decipiens</i>	+	-	+	67	1,9	+	+	+	100	0,3
<i>Lecane leontina</i>	-	-	+	33	0,8	-	+	+	67	3,4
<i>Lecane luna</i>	-	-	+	33	1,3	-	-	+	33	0,3
<i>Lecane unguolata</i>	+	-	-	33	3,0	-	-	-	0	0,0
<i>Monostyla closterocerca</i>	+	+	+	100	3,6	+	+	-	67	0,1
<i>Platias quadricornis</i>	+	-	-	33	0,8	-	-	-	0	0,0
Lepadellidae										
<i>Colurella colurus</i>	+	+	+	100	0,8	-	-	+	33	0,0
<i>Colurella sp.</i>	-	+	-	33	0,1	-	-	-	0	0,0
<i>Euchlinus sp.</i>	+	-	-	33	0,8	-	-	-	0	0,0
<i>Lepadella patella</i>	-	+	-	33	0,6	+	+	-	67	0,1
<i>Lepadella ovalis</i>	-	+	-	33	0,3	-	-	-	0	0,0

<i>Lepadella sp.</i>	+	+	+	100	1,4	-	+	+	67	0,2
Lindiidae										
<i>Lindia euchromatica</i>	+	-	-	33	0,3	-	-	-	0	0,0
<i>Lindia sp.</i>	+	+	+	100	1,0	-	-	+	33	0,1
Mytilinidae										
<i>Mytilina mucronata</i>	-	-	+	33	0,4	-	-	+	33	0,1
<i>Mytilina sp.</i>	+	+	+	100	2,9	+	+	+	100	0,5
<i>Mytilina ventialis</i>	-	+	-	33	0,1	-	+	-	33	0,0
Notommatidae										
<i>Cephalodela gibba</i>	+	-	-	33	0,4	+	-	-	33	0,1
<i>Cephalodella sp.</i>	-	+	-	33	0,3	-	+	-	33	0,0
<i>Taphrocampa annulosa</i>	+	+	+	100	1,4	+	-	+	67	0,1
Philodinidae										
<i>Philodina longiceta</i>	+	+	+	100	1,6	+	-	+	67	0,3
<i>Philodina sp.</i>	-	+	+	67	1,0	+	+	+	100	0,3
Titinidae										
<i>Titinidés</i>	-	+	+	67	0,5	-	-	+	33	0,1
Scaridiidae										
<i>Scaridium longicaudum</i>	+	+	+	100	1,2	+	-	+	67	0,1
Synchaetidae										
<i>Synchaeta sp.</i>	+	+	+	100	1,2	-	-	+	33	0,0
<i>Polyarthra vulgaris</i>	-	+	+	67	1,9	+	+	+	100	0,4
Testidunellidae										
<i>Testidunella patina</i>	+	+	+	100	3,2	+	+	+	100	0,6
<i>Testudinella eupatina</i>	+	-	+	67	1,3	+	-	+	67	0,2
<i>Trichocerca similis</i>	+	+	-	67	0,9	+	+	-	67	11,2
<i>Filina opaliensis</i>	+	+	+	100	3,4	+	-	+	67	1,6
<i>Trichocerca bidens</i>	-	+	-	33	0,3	-	-	-	0	0,0
<i>Trichocerca sp.</i>	+	+	+	100	1,3	+	+	+	100	9,5
<i>Trichocerca tenuior</i>	+	+	+	100	0,8	+	+	+	100	0,3

Légende: CS= Cours supérieur ; CM= Cours moyen ; CI= Cours inférieur ; + = Présence ; - = Absence ; Occ = Occurrence; AR= Abondance relative

### **Variation spatiotemporelle de la richesse, de l'abondance et de la densité du zooplancton dans la rivière Okpara**

Les valeurs de richesse spécifique varient significativement entre les positions et les périodes de collecte ( $P < 0,001$ ) (Figure 2). La valeur de la richesse de la saison pluvieuse ( $38,44 \pm 5,29$ ) est significativement supérieure à celle obtenue en saison sèche ( $32,44 \pm 7,14$ ) (Figure 2). De même, la valeur de la richesse du cours inférieur ( $38,92 \pm 3,85$ ) est significativement supérieure à celle obtenue au niveau du cours moyen ( $30,42 \pm 6$ ) et du cours supérieur ( $28,33 \pm 7,52$ ) qui sont similaires (Figure 2). L'abondance varie significativement entre les périodes de collecte ( $P < 0,001$ ) alors qu'il existe aucune différence significative entre l'abondance et les positions ( $P > 0,001$ ) (Figure 2). Ainsi, la valeur de l'abondance de la saison sèche ( $3867 \pm 426,2$ ) est significativement supérieure à celle obtenue en saison pluvieuse ( $1758,56 \pm 403,11$ ) (Figure 2). Enfin, la densité varie significativement entre les périodes de collecte et les positions ( $P < 0,001$ ) (Figure 2). La valeur de la densité de la saison sèche ( $64,44 \pm 7,78$ ) est significativement supérieure à celle obtenue pendant la saison pluvieuse ( $5,44 \pm 1,23$ ) (Figure 2). La densité du cours supérieur ( $36,92 \pm 9,42$  individus/l) est significativement supérieure à celle obtenue dans les cours moyen ( $14,17 \pm 2,14$  individus/l) et inférieur ( $9,75 \pm 4,51$  individus/l) qui sont similaires (Figure 2).

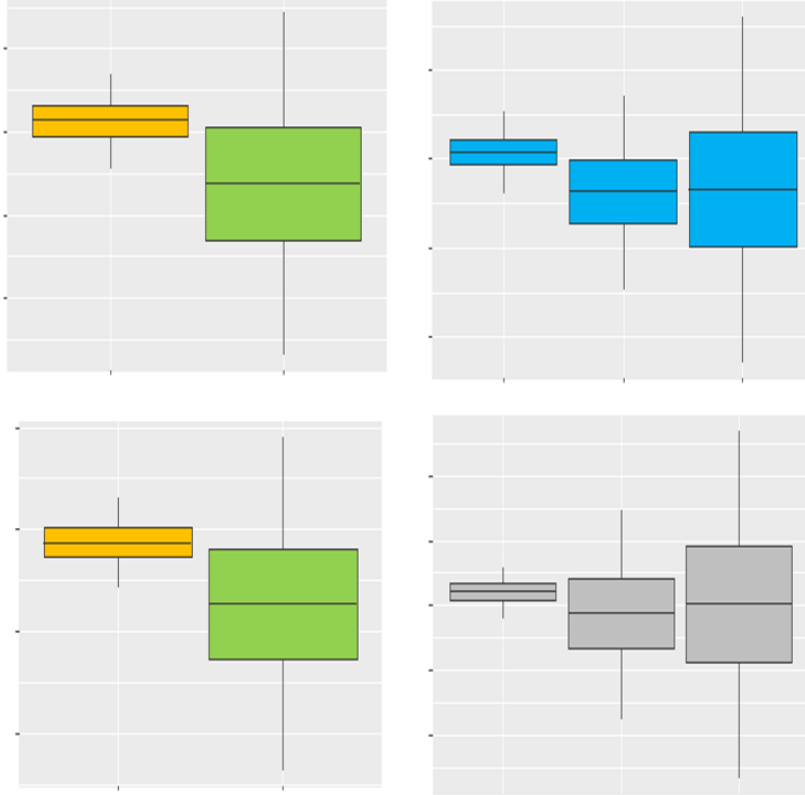


**Figure 2 :** Moyenne de la richesse, de l'abondance et de la densité du zooplancton (avec 95% d'intervalle de confiance)

### **Variation spatiotemporelle des indices de Shannon et de Piélou**

Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou varient significativement entre les périodes de collecte ( $P < 0,001$ ) alors qu'il n'existe aucune différence significative entre ces indices et les positions ( $P > 0,001$ ) (Figure 3). En effet, les valeurs des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou du cours inférieur sont significativement égales à

celles obtenues au niveau du cours supérieur et du cours moyen (Figure 3). Cependant, la valeur de l'indice de diversité de Shannon de la saison pluvieuse ( $3,01 \pm 0,2$  bits) est significativement supérieure à celle obtenue lors de la saison sèche ( $2,4 \pm 0,7$  bits) (Figure 3). De même, la valeur de l'indice de Piélou de la saison pluvieuse ( $0,86 \pm 0,04$ ) est significativement supérieure à celle de la saison sèche ( $0,7 \pm 0,2$ ) (Figure 3).



**Figure 3** : Moyenne des indices de Shannon et de Piélou  
(avec 95% d'intervalle de confiance)

### **Variation spatiotemporelle de la richesse et de la densité des groupes zooplanctoniques**

Les richesses spécifiques et les densités moyennes des groupes de zooplancton sont présentées dans le tableau 2. Elles varient significativement entre les positions et les périodes de collecte ( $P < 0,001$ ) (Tableau 2). La richesse spécifique des rotifères au niveau du cours inférieur ( $34 \pm 3,8$ ) est significativement supérieure aux richesses des cours moyen ( $26 \pm 5,3$ ) et supérieur ( $24,8 \pm 6,8$ ) qui sont similaires. La richesse spécifique des Copépodes du cours moyen ( $4,3 \pm 1,6$ ) est significativement supérieure aux richesses des cours inférieur ( $2 \pm 0$ ) et supérieur ( $2,2 \pm 1,0$ ) qui sont similaires. La richesse spécifique des Cladocères au niveau du cours inférieur ( $3 \pm 0$ ) est

significativement supérieure à celle du cours supérieur ( $1,3 \pm 0,7$ ) et du cours moyen ( $0,2 \pm 0$ ). La richesse des Cladocères ne varie point entre les périodes de collecte. La richesse des copépodes obtenue en saison sèche ( $3,6 \pm 1,5$ ) est significativement supérieure à celle obtenue pendant la saison pluvieuse ( $2,9 \pm 1,6$ ). La richesse des rotifères de la saison pluvieuse ( $34 \pm 4,5$ ) est significativement supérieure à celle obtenue pendant la saison sèche ( $27 \pm 7,4$ ). Par ailleurs, la densité des Cladocères au niveau du cours inférieur ( $0,5 \pm 0,2$  individus/l) est significativement supérieure à celle des cours supérieur ( $0,2 \pm 0,1$  individus/l) et du cours moyen ( $0,1 \pm 0$  individus/l). La densité des Copépodes des cours supérieur ( $5,6 \pm 3,7$  individus/l) et moyen ( $5,5 \pm 3,5$  individus/l) est significativement supérieure à la densité du cours inférieur ( $2,9 \pm 1,4$  individus/l). La densité des rotifères au niveau du cours supérieur ( $32 \pm 3$  individus/l) est significativement supérieure aux densités des cours moyen ( $8,7 \pm 2,3$  individus/l) et inférieur ( $7,2 \pm 3,4$  individus/l) qui sont similaires. La densité des Cladocères ne varie point entre les périodes de collecte alors que les densités des Copépodes et des Rotifères de la saison sèche sont significativement supérieures à la densité de la saison pluvieuse (Tableau 2).

**Tableau 2.** Moyenne de la richesse spécifique et de la densité des groupes zooplanctoniques récoltés (avec 95% d'intervalle de confiance)

		<b>Richesse spécifique</b>			
		Groupes	Cladocères	Copépodes	Rotifères
<b>Positions</b>	Cours supérieur		$1,3 \pm 0,7^a$	$2,2 \pm 1,0^a$	$24,8 \pm 6,8^b$
	Cours moyen		$0,2 \pm 0^b$	$4,3 \pm 1,6^b$	$26 \pm 5,3^b$
	Cours inférieur		$3 \pm 0^c$	$2 \pm 0^a$	$34 \pm 3,8^a$
	Probabilité		$< 0,001$	$< 0,001$	$> 0,05$
<b>Périodes</b>	Saison pluvieuse		$1,6 \pm 1,3^a$	$2,9 \pm 1,6^b$	$34 \pm 4,5^a$
	Saison sèche		$1,6 \pm 1,1^a$	$3,6 \pm 1,5^a$	$27 \pm 7,4^b$
	Probabilité		$> 0,05$	$< 0,001$	$< 0,05$
		<b>Densité</b>			
			Cladocères	Copépodes	Rotifères
<b>Positions</b>	Cours supérieur		$0,2 \pm 0,1^b$	$5,6 \pm 3,7^a$	$32 \pm 3^a$
	Cours moyen		$0,1 \pm 0,0^b$	$5,5 \pm 3,5^a$	$8,7 \pm 2,3^b$
	Cours inférieur		$0,5 \pm 0,2^a$	$2,9 \pm 1,4^b$	$7,2 \pm 3,4^b$
	Probabilité		$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$
<b>Périodes</b>	Saison pluvieuse		$0,2 \pm 1^a$	$1,2 \pm 0,7^a$	$4,2 \pm 1,4^a$
	Saison sèche		$0,4 \pm 0,3^a$	$15 \pm 11^b$	$50,4 \pm 5,4^b$
	Probabilité		$> 0,05$	$< 0,001$	$< 0,001$

Dans chaque colonne du tableau, les moyennes portant la même lettre, ne diffèrent pas au seuil de 5%.

## Discussion

Le zooplancton enregistré dans cette étude est principalement constitué d'espèces cosmopolites d'eau douce qui ont été précédemment rapportées ailleurs en Afrique de l'Ouest par plusieurs auteurs tels que (Ouattara et *al.*,

2007 ; Arazu et Ogbeibu, 2017 ; Houssou *et al.*, 2017 ; Soro *et al.*, 2019 ; Souley Adamou *et al.*, 2023). Au cours de cette étude dans la rivière Okpara, 68 espèces de zooplancton ont été enregistrées et réparties en trois principaux groupes : comprenant des rotifères (57 espèces, 27 genres), des copépodes (07 espèces et 6 genres) et des cladocères (04 espèces et 4 genres). La richesse spécifique obtenue est très proche de celle rapportée par Soro *et al.* (2019) et Ouattara *et al.* (2007) avec respectivement 65 espèces et 68 espèces sur les rivières Lokpoho, Agnébi et Bia en Côte d'Ivoire. Elle reste cependant très supérieure à la richesse spécifique rapportée pour les rivières Ogba et Iyiakwu au Nigéria ; qui contiennent respectivement 25 et 27 espèces par Anyanwu *et al.* (2021) puis Anyanwu *et al.* (2022). Mais cette richesse taxonomique est plus faible que celle enregistrée par Arimoro et Oganah (2010) puis Houssou *et al.* (2017) sur la rivière Orogodo au Nigéria et dans le bassin du fleuve Ouémé au Bénin, respectivement 79 espèces et 102 espèces. En effet, la différence de richesse spécifique observée dans cette étude par rapport à celle de Houssou *et al.* (2017) serait due à la différence de méthodologie. Houssou *et al.* (2017) ont travaillé sur l'Ouémé qui est le plus grand bassin du Bénin avec un filet plancton de 20 µm et dans quinze stations alors que cette étude a été menée sur l'un des affluents de l'Ouémé avec un filet plancton de 50 µm et sur neuf stations.

La richesse enregistrée dans la rivière Okpara était plus élevée pendant l'échantillonnage à fort débit que pendant l'échantillonnage à faible débit. Houssou *et al.* (2017) puis Souley Adamou *et al.* (2023), au contraire, en étudiant le zooplancton respectivement dans le bassin de l'Ouémé et sur le fleuve Niger ont observé une richesse plus élevée pendant l'échantillonnage à faible débit que pendant l'échantillonnage à fort débit. La forte richesse du zooplancton observée en saison pluvieuse dans cette étude pourrait être due aux changements dans les ressources alimentaires disponibles et aux déplacements de nouvelles espèces. Les mouvements de débit peuvent augmenter les populations de zooplancton de manière indirecte, car les communautés locales réagissent à l'augmentation de la disponibilité de nourriture causée par les événements de débit (Ning *et al.*, 2013). Les poussées de zooplancton augmentaient également la richesse taxonomique des communautés locales de zooplancton, dont les effets peuvent durer jusqu'à un mois après l'écoulement (Shiel *et al.*, 2006 ; James *et al.*, 2008 ; Ning *et al.*, 2013). L'inondation des banques d'œufs de zooplancton et leur transport vers l'aval pendant les événements de débit peuvent expliquer une grande partie des augmentations observées dans la concentration de zooplancton au cours (Jenkins et Boulton, 2003). Ainsi, les crues contribuent à l'apport dans les milieux de nouvelles espèces. Ceci explique la présence des espèces telles que *Trichocerca bidens*, *Lindia euchromatica*, *Lepadella ovalis*, *Euchlinus sp.*,



*Colurella sp.*, *Platias quadricornis* et *Lecane ungulata* dans la rivière que pendant la saison pluvieuse.

En outre, les études précédentes sur le zooplancton faites par Houssou et al. (2017) dans le bassin de l'Ouémé, par Souley Adamou et al. (2023) sur le fleuve Niger, par Soro et al. (2019) et Ouattara et al. (2007) sur les rivières Lokpoho, Agnébi et Bia en Côte d'Ivoire puis par Arimoro et Oganah (2010) sur la rivière Oroghodo au Nigéria, rapportent que les rotifères sont les communautés les plus dominantes. Nos résultats sont en adéquation avec ces études antérieures. Quelle que soit la période de collecte les rotifères étaient le groupe dominant et diversifié avec 55 espèces (79,1 % de l'abondance totale) et 50 espèces (77,4 % de l'abondance totale) respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche. Comme beaucoup d'autres études antérieures dans les eaux douces du Bénin, du Niger de la Côte d'Ivoire et du Nigéria, les membres de ce phylum sont les plus abondants comme rapporté par Houssou et al. (2017) ; Souley Adamou et al. (2023) ; Soro et al. (2019) ; Ouattara et al. (2007) et Arimoro et Oganah (2010). La forte prédominance et la diversité des rotifères observées au niveau de la rivière Okpara sont dues à leur temps de développement très court, à leur reproduction parthénogénétique qu'ils pratiquent dans des conditions favorables et au caractère anthropisé de la rivière Okpara qui serait caractérisée par une forte présence de matières organiques, conséquence directe de fortes activités anthropiques. Ces observations sont identiques à celles rapportées par Fernando (2002) ; Badsì et al. (2010) ; Azevêdo et al. (2015) et Shah et al. (2015). Ainsi, la structure du zooplancton observée suggère que les conditions climatiques nutritionnelles sur la rivière Okpara sont identiques à celles d'un milieu eutrophe. Ces observations sont identiques à celles rapportées par Tchaou et al. (2019) et Biauou et al. (2021) lors de leurs travaux sur les macroinvertébrés sur la même rivière et témoignent d'un niveau trophique élevé dans la rivière (Agadjihouede et al., 2016).

De plus, les Brachionidae étaient la famille la plus diversifiée (13 espèces appartenant à 04 genres), tandis que le genre *Brachionus* présentait la plus grande diversité (07 espèces : *Brachionus angularis*, *B. caudatus*, *B. calyciflorus*, *B. falcatus*, *B. mirabilis*, *B. plicatilis*, et *B. quadridentatus*). La prépondérance qualitative des Rotifères avec Brachionidae et *Brachionus* comme famille et genre les plus diversifiés corroborent les observations rapportées dans les eaux douces du Bénin (Houssou et al., 2017), de la Côte d'Ivoire (Soro et al., 2019 ; Ouattara et al., 2007), du Niger (Souley Adamou et al., 2023), du Nigeria (Arimoro et Oganah, 2010 ; Adadu et al., 2019). Il est largement admis que les taxons Brachionidae et *Brachionus* sont majoritaires et régulièrement rencontrés dans les eaux tropicales eutrophes en raison de leur grande tolérance à l'eutrophisation, et sont associés aux eaux hyper-eutrophes et considérés comme de bons bioindicateurs de l'eutrophisation

(Dorgham, 2014). La dominance des rotifères dans la rivière Okpara est également liée aux genres *Lecane* (06 espèces : *Lecane bulla*, *L. curvicornis*, *L. decipiens*, *L. leontina*, *L. luna* et *L. ungulata*) ; *Asplanchna* (05 espèces : *A. brightwellii*, *A. girodi*, *A. herricki*, *A. navicular*, *A. priodonta*) ; *Trichocerca* (03 espèces : *Trichocerca similis*, *T. bidens* et *T. tenior*) et *Keratella* (3 espèces : *Keratella Lenzi*, *K. tropica*, et *K. valga*). Ces genres des rotifères ont été rapportés comme les genres les plus représentatifs retrouvés dans les cours d'eau eutrophes (Gutierrez et al., 2020). Les rotifères sont généralement plus résistants aux déficits en oxygène que les crustacés (Dimante-Deimantovica et al., 2012) et des expériences en laboratoire ont montré que l'hypoxie prolonge la durée de vie des rotifères (Snell et al., 2019 ; Karpowicz et al., 2020). La présence des espèces comme *Asplanchna brightwellii*, *Brachionus angularis*, *Brachionus falcatus* enregistrées dans la rivière au cours de l'étude confirme que le milieu est eutrophe. Ce résultat traduit l'existence de certaines activités anthropogéniques autour de la rivière et cette présence pourrait indiquer que le cours d'eau contient des polluants organiques (Singh et al., 2013). Ceci est cohérent avec le résultat enregistré dans d'autres écosystèmes fortement affectés par l'homme (De Paggi et Devercelli, 2011). En revanche, *Ceriodaphnia cornuta* était le seul cladocère exclusif. Ce genre a été documenté comme l'un des indicateurs les plus constants de l'eutrophisation dans de nombreux systèmes aquatiques (García-García et al., 2012 ; Gutierrez et al., 2020).

Enfin, le nombre d'individus par litre reste très faible, caractéristique des zones tropicales alors que la plus faible abondance de zooplancton enregistrée pendant la saison humide pourrait être due à la prédation. Ces observations sont identiques à celles rapportées par Daewel et al. (2014). La communauté zooplanctonique est relativement bien diversifiée pendant la saison pluvieuse et moins diversifiée pendant la saison sèche. La grande richesse spécifique coïncide donc avec la plus forte diversification de la population. Le pic d'abondance du zooplancton enregistré pendant la saison sèche coïncide avec la période d'abondance du phytoplancton qui sert de producteur primaire. Puisque, la température et la disponibilité de la nourriture sont les facteurs les plus importants qui contrôlent l'abondance du zooplancton dans l'eau (Cottingham et al., 2004 ; Cremona et al., 2020). Les régimes de température plus élevés pendant la saison sèche, associés à un niveau élevé de nourriture dans l'eau résultant d'une forte productivité primaire (phytoplancton), peuvent être à l'origine des populations élevées de zooplancton (Strecker et al., 2008 ; Gray et al., 2021).

En ce qui concerne les valeurs de l'indice de Shannon et de Piéluou, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs des indices de diversité de Shannon et de l'équitabilité de Piéluou et les positions. Les espèces du cours supérieur, du cours moyen et du cours inférieur ont la même diversité

et la même abondance. Les communautés de zooplancton présentes le long du profil longitudinal de la rivière Okpara sont généralement similaires et ont des abondances identiques dans le peuplement. Ceci est confirmée par la forte valeur de l'indice d'équitabilité de Pielou tournant autour de 0,8 enregistrée le long du profil longitudinal et dénote de l'importance du courant d'eau sur la distribution des espèces le long de la rivière. Toutes les espèces présentes en amont sont systématiquement drainées vers l'aval. Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon varient entre 1,30 et 3,4. L'indice de diversité de Shannon adopté par Simboura et Zenetos (2002) et Tanimu et *al.* (2012) ont révélé que la diversité des espèces et l'état de pollution du système aquatique sont classés comme suit :  $0 < H' \leq 1,5$  milieu très pollué ;  $1,5 < H' \leq 3$  milieu fortement pollué ;  $3 < H' \leq 4$  milieu modérément pollué ;  $4 < H' \leq 5$  zones de transition et  $H' > 5$  sites de référence. Sur la base de cette classification, les eaux de la rivière Okpara varient de modérément polluée à très polluée.

## Conclusion

La présente étude fournit les premières informations sur la variation spatiotemporelle de la diversité et de la structure du zooplancton de la rivière Okpara. Le zooplancton de la rivière Okpara est composé de 68 espèces dont 57 rotifères, 07 copépodes et 04 cladocères. Cette communauté est marquée par l'abondance des rotifères (78,25 %), suivie par les copépodes (20,7 %) et les cladocères (1,3 %). Les résultats indiquent que la période humide a été associée à une augmentation de la richesse taxonomique du zooplancton dans la rivière Okpara avec la présence de nouvelles espèces en période humide. Cette étude a également révélé la forte présence des espèces indicatrices de pollution telles que *Asplanchna brightwelli*, *Brachionus angularis*, *Brachionus falcatus* ; ce qui illustre la présence de polluants organiques dans la rivière. Il urge alors la mise en place d'un programme de biosurveillance de la qualité écologique des eaux de cette rivière.

**Conflit d'intérêts :** Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

**Déclaration de financement :** Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

## References:

1. Adadu, M.O., Omeji, S., Garba, A.A. (2019). Seasonal diversity and abundance of zooplankton community index in river Okpokwu, Benue state, Nigeria. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.* 7(5), 217–223.

2. Adandedjan, D., Makponse, E., Hinvi, L.C., & Laleye, P. (2017). Données préliminaires sur la diversité du zooplancton du lac Nokoué (Sud-Bénin). *J. Appl. Biosci.* 115, 11476–11489.
3. Agadjihouede, H., Ahouansou Montcho, S., Montchowui, E., Bonou, C.A., & Lalèyè, P. (2016). Composition et abondance du peuplement zooplanctonique des étangs piscicoles du périmètre rizicole de Malanville au Nord-Est Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin Numéro spécial Agronomie, Société, Environnement & Sécurité Alimentaire*, 70–78.  
[http://www.slire.net/download/2346/8\\_me\\_article\\_brab\\_brab\\_n\\_sp\\_cial\\_projet\\_niche-ben-174\\_-\\_ao\\_t\\_2016.pdf](http://www.slire.net/download/2346/8_me_article_brab_brab_n_sp_cial_projet_niche-ben-174_-_ao_t_2016.pdf)
4. Agadjihouède, H., Bonou, A.C., Montchowui, E., & Laleye, P. (2011). Recherche de la dose optimale de fiente de volaille pour la production spécifique de zooplancton à des fins piscicoles. *Cah. Agric.* 20 (4), 247–260.
5. Agadjihouede, H., Bonou, C.A., Chikou, A., & Laleye, P. (2010). Agadjihouède H, Bonou CA, Chikou A and Lalèyè P: 2010. Production comparée de zooplancton en bassins fertilisés avec la fiente de volaille et la bouse de vache. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(2): 432-442.
6. Akodogbo, H.H., Demondji, M.M., Abahi, K.S., Guezo, N.C., & Fiogbe, E.D. (2022). Effet des dejections animales sur la performance de culture de la Daphnie en monoculture. *J. Rech. Sci. L'Université Lomé* 24 (3-4), 137–147.
7. Anyanwu, E.D., Adetunji, O.G., & Umeham, S.N. (2021). Water quality and zooplankton community of the Eme River, Umuahia, Southeast Nigeria. *Limnol. Freshw. Biol.* 5,1186-1194.
8. Anyanwu, E.D., Orjikwe, C.J., & Chinasa, P.O. (2022). Water Quality and Zooplankton Assessment of Iyiwaku River, Southeast Nigeria. *Ekológia Bratisl.* 41 (1), 9–16.
9. Arazu, V.-D.N., & Ogbeibu, A.E. (2017). The composition, abundance and distribution of zooplankton of River Niger at Onitsha Stretch, Nigeria. *Anim. Res. Int.* 14(1), 2629–2643.  
<https://www.ajol.info/index.php/ari/article/view/155214>
10. Arimoro, F.O., & Oganah, A.O. (2010). Zooplankton community responses in a perturbed tropical stream in the Niger Delta, Nigeria. *Open Environ. Biol. Monit. J.* 3(1), 1-11.
11. Avocegan, T.T. (2019). Données préliminaires sur la diversité des organismes zooplanctoniques dans le milieu marin au Bénin : Port de Cotonou et Akpakpa. Rapport de fin de formation en vue de l'obtention du Diplôme de Licence Professionnelle. Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Abomey-Calavi, 38p.

12. Azan, S., Arnott, S.E., & Yan, N.D. (2015). A review of the effects of *Bythotrephes longimanus* and calcium decline on zooplankton communities — can interactive effects be predicted? *Environ. Rev.* 23 (4), 395–413.
13. Azevêdo, D.J.S., Barbosa, J.E.L., Gomes, W.I.A., Porto, D.E., Marques, J.C., & Molozzi, J. (2015). Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: contradictory or complementary responses? *Ecol. Indic.* 50, 135–149.
14. Badsì, H., Ali, H.O., Loudiki, M., El Hafa, M., Chakli, R., & Aamiri, A. (2010). Ecological factors affecting the distribution of zooplankton community in the Massa Lagoon (Southern Morocco). *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 4(11), 751-762.  
<https://www.ajol.info/index.php/ajest/article/view/71345>
15. Biaou, S., Gouissi, F., Abahi, K., Adje, D., H., A., & Gnohossou, P. (2021). Contribution a l'inventaire des macroinvertébrés benthiques de la rivière Okpara au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Revue Scientifique de l'Environnement de l'Université de Lomé (Togo).* J. Rech. Sci. Univ. Lome 18, 93–112.
16. Buhungu, S., Montchowui, E., Sibomana, C., Barankanira, E., Ntakimazi, G., & Bonou, C.A. (2019). Diversité et abondance zooplanctoniques de la rivière Kinyankonge (Bujumbura, Burundi) en relation avec les variables environnementales. *Ann. Sci. Agron.* 23(1),1-20.  
[https://www.researchgate.net/publication/328615800\\_Diversite\\_et\\_abondance\\_zooplanctoniques\\_de\\_la\\_riviere\\_Kinyankonge\\_Bujumbura\\_Burundi\\_en\\_relation\\_avec\\_les\\_variables\\_environnementales](https://www.researchgate.net/publication/328615800_Diversite_et_abondance_zooplanctoniques_de_la_riviere_Kinyankonge_Bujumbura_Burundi_en_relation_avec_les_variables_environnementales)
17. Conway, D.V.P. (2015). Marine zooplankton of southern Britain. Part 3: Ostracoda, Stomatopoda, Nebaliacea, Mysida, Amphipoda, Isopoda, Cumacea, Euphausiacea, Decapoda, Annelida, Tardigrada, Nematoda, Phoronida, Bryozoa, Entoprocta, Brachiopoda, Echinodermata, Chaetognatha, Hemichordata and Chordata. Marine Biological Association of the United Kingdom 271 pp.
18. Conway, D.V.P. (2012). Marine zooplankton of southern Britain. Part 1 : Radiolaria, Heliozoa, Foraminifera, Ciliophora, Cnidaria, Ctenophora, Platyhelminthes, Nemertea, Rotifera and Mollusca. Marine Biological Association of the United Kingdom 138 pp.
19. Cottingham, K.L., Glaholt, S., & Brown, A.C. (2004). Zooplankton Community Structure Affects How Phytoplankton Respond to Nutrient Pulses. *Ecology* 85, 158–171.
20. Cremona, F., Agasild, H., Haberman, J., Zingel, P., Nöges, P., Nöges, T., & Laas, A. (2020). How warming and other stressors affect

- zooplankton abundance, biomass and community composition in shallow eutrophic lakes. *Clim. Change* 159, 565–580.
21. Daewel, U., Hjøllø, S.S., Huret, M., Ji, R., Maar, M., Niiranen, S., Travers-Trolet, M., Peck, M.A., & van de Wolfshaar, K.E. (2014). Predation control of zooplankton dynamics: a review of observations and models. *ICES J. Mar. Sci.* 71, 254–271.
  22. Dajoz, R. (2000). *Précis d'écologie*. Dunod, Paris, France, 615 p.
  23. De Manuel, J. (2000). The rotifers of Spanish reservoirs: ecological, systemetical and zoogeographical remarks. *Liinnetica*, 19, 91-167.
  24. De Paggi, S.B.J., & Devercelli, M. (2011). Land Use and Basin Characteristics Determine the Composition and Abundance of the Microzooplankton. *Water. Air. Soil Pollut.* 218, 93–108.
  25. Dimante-Deimantovica, I., Skute, A., & Skute, R. (2012). Vertical variability of pelagic zooplankton fauna in deep Latvian lakes, with some notes on changes in ecological conditions. *Est. J. Ecol.* 61 (4), 247-264.
  26. Dorgham, M.M. (2014). Effects of Eutrophication, in: Ansari, A.A., Gill, S.S. (Eds.), *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. Springer Netherlands, Dordrecht, 29–44.
  27. Durand, J.R., & Lévêque, C. (1981). *Flore et faune aquatique de l'Afrique sahélo-soudanienne*, Tome 1 et Tome II. ORSTOM. I.R.D. France. 873 p.
  28. Dussart, B.H., & Defaye, D. (2001). Introduction to the Copepoda (2<sup>nd</sup> ed.) *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*, 16: 1-344 (Backhuys Publishers, Leiden).
  29. Fernando, C.H. (2002). *A guide to tropical freshwater zooplankton: Identification, Ecology and impact on fisheries*. Backhuys Publishers, Leiden, 290 p.
  30. Fofana, N.M., Etilé, R.N., Konan, A.Y., Yao, S.S., & Bi, G.G. (2020). Impact Of Anthropisation On Spatio-Temporal Variations and Zooplanktonic Population: Example Of Bongouanou Withdrawals (West Africa, Cote-D'ivoire). *European Scientific Journal, ESJ*, 16(30),187-210.
  31. García-García, P.L., Martínez-Jerónimo, F., Vázquez, G., Favila, M.E., & Novelo-Gutiérrez, R. (2012). Effects of land use on water quality and *Ceriodaphnia dubia* reproduction. *Hidrobiológica* 22(3), 229–243. <https://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v22n3/v22n3a5.pdf>
  32. Gray, D.K., Elmarsafy, M., Vucic, J.M., Teillet, M., Pretty, T.J., Cohen, R.S., & Huynh, M. (2021). Which physicochemical variables should zooplankton ecologists measure when they conduct field studies? *J. Plankton Res.* 43, 180–198.



33. Gutierrez, M.F., Simões, N.R., Frau, D., Saigo, M., & Licursi, M., (2020). Responses of stream zooplankton diversity metrics to eutrophication and temporal environmental variability in agricultural catchments. *Environ. Monit. Assess.* 192, 792.
34. Haberman, J., & Haldna, M. (2014). Indices of zooplankton community as valuable tools in assessing the trophic state and water quality of eutrophic lakes: long term study of Lake Võrtsjärv. *J. Limnol.* 73 (2), 263-273.
35. Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.-R., & Huntley, M. (2000). ICES zooplankton methodology manual, Academic Press. ed. Elsevier, London and New York. 684 p
36. Hounkpè, J.B., Kelome, N.C., Lawani, R.A.N., & Adechina, A. (2017). Etat des lieux de la pollution des écosystèmes aquatiques du Bénin (Afrique de l'ouest). *Larhyss J.*, 30, 149-171. <http://www.larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/507>
37. Houssou, A. M., Montchowui, E., & Bonou, C.A. (2017). Composition and structure of zooplankton community in ouémé river basin, republic of Benin. *J. Entomol. Zool. Stud.* 5 (6), 36–344.
38. Houssou, A.M., Bonou, C.A., & Montchowui, E. (2018). *Brachionus falcatus* and *Platyias patulus* indicating organic pollution in Ouémé River's basin, Republic of Benin. *Int. J. Aquat. Biol.* 6 (5), 258–264. <http://ij-aquaticbiology.com/index.php/ijab/article/view/465>
39. Jakhar, P. (2013). Role of phytoplankton and zooplankton as health indicators of aquatic ecosystem: A review. *Int. J. Innov. Res. Study* 2(12), 489–500.
40. James, C.S., Thoms, M.C., & Quinn, G.P. (2008). Zooplankton dynamics from inundation to drying in a complex ephemeral floodplain-wetland. *Aquat. Sci.* 70, 259–271.
41. Jenkins, K.M., & Boulton, A.J. (2003). Connectivity in a dryland river: short-term aquatic microinvertebrate recruitment following floodplain inundation. *Ecology* 84, 2708–2723.
42. Karpowicz, M., Ejsmont-Karabin, J., Kozłowska, J., Feniova, I., & Dzialowski, A.R. (2020). Zooplankton Community Responses to Oxygen Stress. *Water* 12, 706.
43. Keister, J.E., Winans, A.K., & Herrmann, B. (2020). Zooplankton Community Response to Seasonal Hypoxia: A Test of Three Hypotheses. *Diversity* 12(21), 16p.
44. Kolarova, N., & Napiórkowski, P. (2022). How Do Specific Environmental Conditions in Canals Affect the Structure and Variability of the Zooplankton Community? *Water* 2022, 14, 979.
45. Kotov, A.A., Jeong, H.G., & Lee, W. (2012). Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) of the south- east of the Korean Peninsula, with twenty



- new records for Korea. *Zootaxa*, 3368:50-90, ISSN 1175- 5334 (online Edition).
46. Mansour, A.F., El-Naggar, N.A., El-Naggar, H.A., Zakaria, H.Y., & Abo-Senna, F.M. (2020). Variations temporelles et spatiales de la distribution du zooplancton dans le port oriental, Alexandrie, Egypte. *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.* 24, 421–435.
  47. Masson, S.B., Pinel-Alloul, B., & Smith, V.H. (2000). Total phosphorus-chlorophyll a size fraction relationship in southern Québec lakes. *Limnol. Oceanogr.* 45 : *Limnol. Oceanogr. Bull.* 45, 732–740.
  48. Monney, I.A., Ouattara, I.N., Etilé, R.N., Maryse N’guessan Aka, Bamba, M., & Koné, T. (2016). Distribution du zooplancton en relation avec les caractéristiques environnementales de quatre rivières côtières du Sud-est de la Côte d’Ivoire (Afrique de l’ouest). *J. Appl. Biosci.* 98, 9344–9353.
  49. Neto, A.J.G., da Silva, L.C., Saggio, A.A., & Rocha, O. (2014). Zooplankton communities as eutrophication bioindicators in tropical reservoirs. *Biota Neotropica* 14 (4),1-12.
  50. Ning, N.S.P., Gawne, B., Cook, R.A., & Nielsen, D.L. (2013). Zooplankton dynamics in response to the transition from drought to flooding in four Murray–Darling Basin rivers affected by differing levels of flow regulation. *Hydrobiologia* 702 (1), 45–62.
  51. Ouattara, I.N., Ouattara, A., Koné, T., N’douba, V., & Gourène, G., (2007). Distribution Du Zooplancton Le Long De Deux Petits Bassins Côtiers Ouest Africains (Bia Et Agnebi; Côte d’Ivoire). *Agron. Afr.* 19(2), 197–210.
  52. Owa, F.D. (2013). Water Pollution: Sources, Effects, Control and Management. *Mediterr J Soc Sci.* 4 (8), 65–68.
  53. Pielou, E.C. (1969). An introduction to mathematical ecology. Wiley Intersci. N. Y. 13:131-144.
  54. Pourriot, R., & Francez, A.J. (1986). Rotifères Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises 8, *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, 6 : 1-27.
  55. R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, R Core Team, Vienna, Austria. Version 4.1.2. Available at: <http://www.R-project.org>
  56. Schwarzenbach, R.P., Egli, T., Hofstetter, T.B., Von Gunten, U., & Wehrli, B. (2010). Global water pollution and human health. *Annu Rev Environ Resour* 35: 109–136.
  57. Shah, J.A., Pandit, A.K., & Shah, G.M. (2015). A Research on Rotifers of Aquatic Ecosystems of Kashmir Himalaya for Documentation and Authentication. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B Biol. Sci.* 85, 13–19.

58. Shannon, C.E., & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University of Illinois Press. 117p.
59. Shi, Y., Wang, J., Zuo, T., Shan, X., Jin, X., Sun, J., Yuan, W., & Pakhomov, E.A. (2020). Seasonal changes in zooplankton community structure and distribution pattern in the Yellow Sea, China. *Front. Mar. Sci.* 7 (391), 14 p.
60. Shiel, R.J., Costelloe, J.F., Reid, J.R.W., Hudson, P., & Powling, J. (2006). Zooplankton diversity and assemblages in arid zone rivers of the Lake Eyre Basin, Australia. *Mar. Freshw. Res.* 57, 49–60.
61. Simboura, N., & Zenetos, A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.* 3, 77–111.
62. Singh, U.B., Ahluwalia, A.S., Sharma, C., Jindal, R., & Thakur, R.K. (2013). Planktonic indicators: A promising tool for monitoring water quality (Earlywarning signals). *Ecol. Environ. Conserv.* 19(3), 793–800.
63. Snell, T.W., Johnston, R.K., & Jones, B.L. (2019). Hypoxia extends lifespan of *Brachionus manjavacas* (Rotifera). *Limnetica*, 38(1), 159–166.
64. Soro, T., Etilé, R., & Gooré Bi, G. (2020). Variation de l'abondance des nauplii de copépodes et influence des variables environnementales sur leur développement dans les eaux du Haut-Bandama (Côte d'Ivoire). *Rev. Sci. L'Eau /Journal Water Sci.* 32 (4), 421–431.
65. Soro, T.A., Etilé, R.N., Bi, G.G., & Aboua, B.R.D. (2019). Etude préliminaire du peuplement zooplanctonique dans le bassin du haut-Bandama (Cote d'Ivoire). *Agron. Afr.* 31(3), 305–319. <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/194623>
66. Souley Adamou, H., Alhou, B., Tackx, M., & Azémar, F. (2023). Zooplankton distribution and community structure as a function of environmental variables in the Niger River and its tributaries in Niger. *Afr. J. Aquat. Sci.* 48(1), 49–63.
67. Strecker, A.L.S.L., Milne, R.M., & Arnott, S.E.A.E. (2008). Dispersal limitation and climate-related environmental gradients structure microcrustacean composition in freshwater lakes, Ellesmere Island, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65(9), 1905–1918.
68. Tanimu, Y., Tiseer, F.A., Ati, O.F., & Ezealor, A.U. (2012). Survey of phytoplankton in the Bauchi and Yobe states segments of the Hadejia-Nguru wetlands, northeastern Nigeria. *Ecologia* 2(4), 114–122.
69. Tchaou, C.M., Gouissi, F.M., Abahi, K., Adje, A.S.D.D., Orou Piami, Z., Okoya, J.G.A., & Gnohossou, M.P. (2019). Contribution of

- macroinvertebrates to leaf breakdown in the Okpara River, Bénin. Egypt. J. Aquat. Biol. Fish. 23(4), 107–116.
70. Zebaze, S.H.T. (2000). Biodiversité et dynamique des populations zooplanctoniques (ciliés, rotifères, cladocères, copépodes) du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun), Thèse de Doctorat de Troisième Cycle, Univ. Yaoundé I, Cameroun, 175 p.
71. Zhang, Z., Shi, Z., Yu, Z., Zhou, K., Lin, J., Wu, J., & Mu, J. (2022). Spatio-Temporal Variations of Zooplankton and Correlations with Environmental Parameters around Tiaowei Island, Fujian, China. Int. J. Environ. Res. Public. Health 19(19), 12731, 14 p.