

## **Diversité et structure des communautés de zooplancton dans la rivière Sô au Sud-est du Bénin, Afrique de l'Ouest**

**Zinsou Cosme KOUDENOUKPO<sup>1,2\*</sup>, Antoine CHIKOU<sup>1</sup>, Serge H. ZEBAZE TOGOUET<sup>3</sup>, Clément BONOU<sup>4</sup>, Issaka YOUSAO ABDU KARIM<sup>5</sup> et Guy Apollinaire MENSAH<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> *Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

<sup>2</sup> *Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Unité de Recherche sur les Zones Humides, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

<sup>3</sup> *Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biologie Générale, Unité d'Hydrobiologie et Environnement, P.O. Box 812, Yaoundé, Cameroun*

<sup>4</sup> *Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

<sup>5</sup> *Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie des Viandes, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

<sup>6</sup> *Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Centre de Recherche d'Agonkanmey, 01 BP 884 Recette principale Cotonou, Bénin*

\* Correspondance, courriel : [kkoudenoukpo@yahoo.fr](mailto:kkoudenoukpo@yahoo.fr)

### **Résumé**

La composition et la distribution de la faune planctonique de l'ensemble de la rivière Sô ont été étudiées de Juin 2015 à Novembre 2016. Pendant cette période le zooplancton a été échantillonné mensuellement à l'aide d'un filet à plancton de 64  $\mu\text{m}$  de vide de maille. De même, 20 paramètres abiotiques ont été mesurés pour apprécier les caractéristiques environnementales de la rivière Sô. Au terme de cette campagne d'échantillonnage, 54 taxons ont été observés (42 Rotifères, 16 Cladocères et 4 Copépodes). Celles-ci sont réparties en 54 genres et 22 familles. La famille des Brachionidae, Lecanidae, Philodinidae et des Cyclopidae sont les plus représentées. La diversité spécifique est élevée, mais décroît du cours supérieur au cours inférieur, soit de 3,87 à 2,71. L'équitabilité suit les mêmes tendances et est comprise entre 0,87 et 0,61. Les résultats de l'analyse de redondance (RDA) montrent que les variables influençant fortement la diversité taxonomique et l'abondance sont la vitesse du courant, l'oxygène dissous, la salinité, la chlorophylle a, les composés azotés et phosphorés, le taux de fermeture de la canopée et la proportion des débris végétaux.

**Mots-clés :** *zooplancton, diversité, abondance, paramètres abiotiques, rivière Sô.*

### **Abstract**

**Diversity and structure of zooplankton community in the Sô River in South eastern Benin, West Africa**

The composition and distribution of the planktonic fauna of the entire Sô River were studied from June 2015 to November 2016. During this period the zooplankton was sampled monthly using a 64  $\mu\text{m}$  mesh void

plankton net. Similarly, 20 abiotic parameters were measured to assess the environmental characteristics of the Sô River. At the end of this sampling campaign, 54 taxa were observed (42 Rotifères, 16 Cladocères and 4 Copepods). These are divided into 54 genera and 22 families. The family of Brachionidae, Lecanidae, Philodinidae and Cyclopidae are the most represented. The specific diversity is high, but decreases from the higher to the lower, from 3.87 to 2.71. Equitability follows the same trends and is between 0.87 and 0.61. The results of the redundancy analysis (RDA) show that the variables strongly influencing taxonomic diversity and abundance are current velocity, Dissolved oxygen, salinity, chlorophyll a, nitrogen and phosphorus compounds, canopy closure rate, and proportion of plant debris.

**Keywords :** *zooplankton, diversity, abundance, abiotic parameters, Sô River.*

## 1. Introduction

Les rivières fournissent une variété de biens et de services à l'humanité. Toutefois, plusieurs activités anthropiques telles que la création de réservoirs hydroélectriques et agropastoraux, les rejets de déchets domestiques et industrielles menacent l'intégrité de ces cours d'eau [1]. Ces perturbations notamment d'origine anthropiques perturbent spécifiquement les peuplements de zooplancton et modifient leur cycle de vie [2]. Au Bénin, les études portant sur ces organismes zooplanctoniques sont fragmentaires voire inexistantes malgré la forte anthropisation des différents écosystèmes. Les données existantes sont fragmentaires et concernent les lacs et lagunes du sud-Bénin, et quelques-unes portent sur la productivité des étangs et les cultures en station pour nourrir les larves de poisson [3 - 5]. A l'instar de nombreux hydrosystèmes africains [6], la rivière Sô est un cours situé au Sud est du Bénin, qui est sous l'influence de plusieurs activités anthropiques qui affectent la qualité physico-chimique de ses eaux [7]. Ceci n'est pas sans conséquence sur la faune aquatique de cette rivière. Mieux, aucune étude jusqu'à ce jour n'existe sur la faune planctonique de cette rivière. Ainsi, pour une meilleure surveillance et préservation des ressources de cette rivière, la présente étude s'avère nécessaire. Cette politique de préservation requiert au préalable une bonne connaissance des espèces et la caractérisation des facteurs qui influencent leur distribution [8]. Cette étude vise donc à faire l'inventaire du zooplancton de la rivière Sô, analyser la distribution des espèces et déterminer les variables environnementales qui régissent cette distribution.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Milieu d'étude

La rivière Sô est comprise entre 6°24' et 6°32' Latitude Nord et 2°27' et 2°30' Longitude Est. Elle est située dans la commune de Sô-Ava, commune à laquelle elle doit son nom. D'une longueur de 84,4 Km, la rivière Sô prend sa source dans le lac Hlan et est reliée au fleuve Ouémé par des marigots. Cette rivière est l'une des anciens bras du fleuve Ouémé, qui entre temps s'en est détachée, et qui déverse ses eaux au Nord-Ouest du lac Nokoué au niveau de la cité lacustre de Ganvié [9]. Tout au long du bassin de cette rivière, les riverains pratiquent d'importantes activités agricoles (patates, manioc, maïs et cultures maraîchères) nécessitant l'usage des engrais et l'élevage des porcs et bœufs laissées en divagation sur les berges. De même pour leurs activités de pêche, de nombreux branchages sont utilisées pour la réalisation des acadjas qui abondent la rivière et enfin le trafic frauduleux des hydrocarbures qui s'observe quotidiennement sont autant d'activités anthropiques qui se développent dans ce milieu.

**2-2. Choix des stations**

Afin de rechercher la variabilité des paramètres du milieu, la rivière a été subdivisée suivant la stratification longitudinale proposée par [10]. Ainsi, d'amont en aval de la rivière, douze stations d'échantillonnage ont été retenues. Les stations ont été choisies en fonction de l'accessibilité à la station, la présence ou l'absence d'agglomérations urbaines, l'existence d'activités agricoles ou d'un gradient de pollution, la diversité du biotope et la présence ou l'absence de la végétation bordière. Ces caractéristiques permettent d'affiner le portrait spatial de la qualité de l'eau le long de la rivière. Le **Tableau 1** présente les coordonnées géographiques des stations retenues par secteur. La localisation géographique du bassin de la rivière et des stations d'études est donnée par la **Figure 1**.

**Tableau 1 : Sites de prélèvement des eaux de la rivière Sô**

Sites	Noms	Coordonnées géographiques	Différents secteurs
ST1	Vêky	N07°16'98.4", E004°35'82.2"	Cours inférieur
ST2	Sindomey	N07°15'84.3", E004°32'50.0"	
ST3	Dogodo	N07°18'40.2", E004°33'56.3"	
ST4	Ahomey-Gblon	N07°22'65.2" ; E004°34'02.2"	
ST5	Ahomey-Ounmey	N07°25'40.3" ; E004°33'79.1"	Cours moyen
ST6	Ahomey-Lokpo	N07°27'28.3" ; E004°33'17.7"	
ST7	Zoungomey	N07°29'86.2" ; E004°33'78.3"	
ST8	Kinto Oudjra	N07°33'84.3" ; E004°35'81.2"	
ST9	Togbota	N07°39'40.6" ; E004°34'81.3"	Cours supérieur
ST10	Tota	N07°40'98.2" ; E004°38'99.8"	
ST11	Rhlampa	N07°48'45.4" ; E004°37'47.9"	
ST12	Djigbé-Ovo	N07°52'96.2" ; E004°35'99.8"	

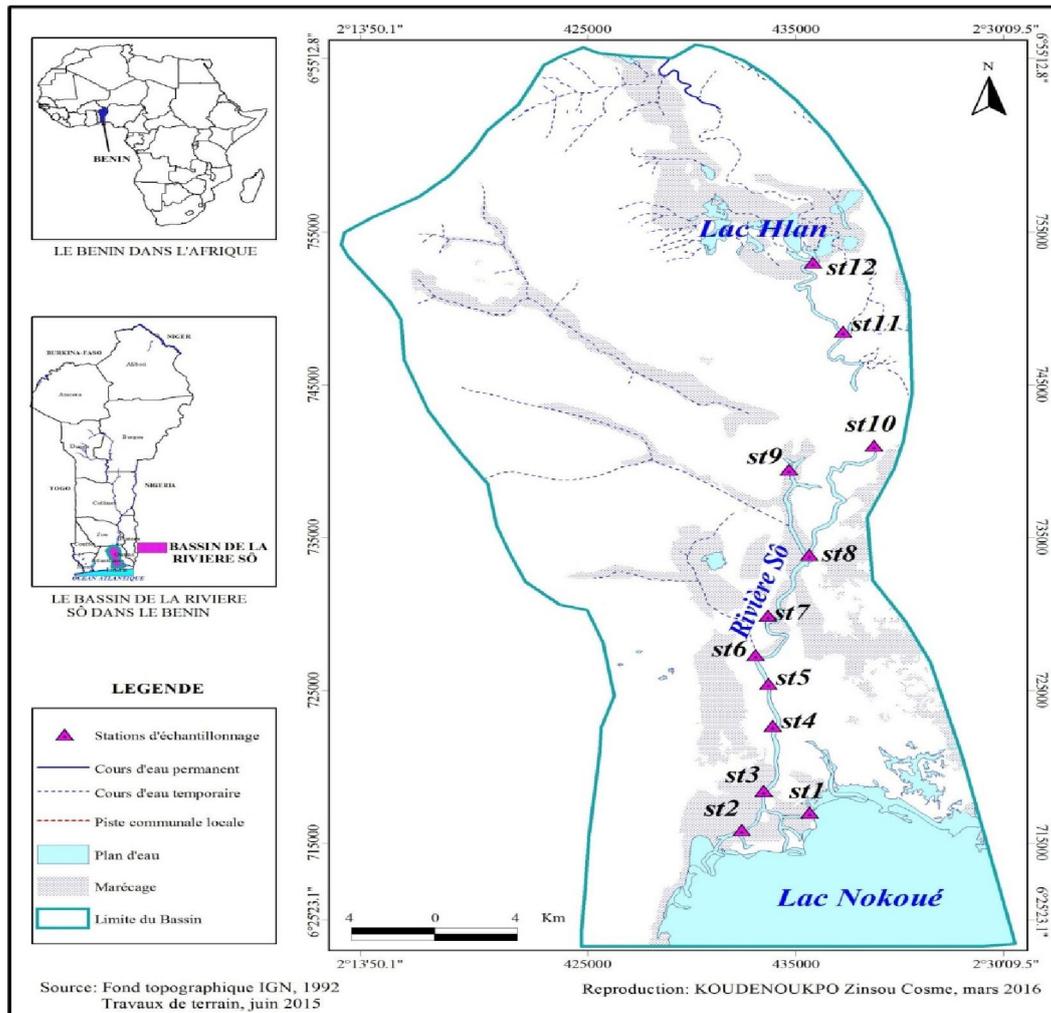


Figure 1 : Carte du bassin de la rivière Sô montrant les stations d'échantillonnage

### 2-3. Mesure des paramètres abiotiques

Les données ont été prises mensuellement pendant 18 mois (Juin 2015 à Novembre 2016). Les mesures et prélèvements des eaux ont eu lieu entre 06 h 30 et 10 h 45. Lors de chaque campagne et à chacune des stations décrites plus haut, la transparence et la profondeur ont été mesurées à l'aide d'un disque de Secchi ; un multi paramètre, Model SX736 pH / mV / Conductivity / DO Meter, possédant deux sondes a permis de mesurer le pH, la température l'oxygène dissous, la salinité, le TDS et la conductivité électrique. Après ces mesures, les prélèvements d'eau ont été faits dans des bouteilles en polyéthylène à double bouchage de contenance 1000 mL, conservés dans une glacière à 4°C puis ramener au laboratoire. Au laboratoire, les paramètres chimiques telque le calcium, magnésium, azote total, nitrite, nitrate, ammonium, orthophosphate, le phosphore total et la chlorophylle *a* ont été dosés par chromatographie ionique à l'aide d'un chromatographe ionique DIONEX ICS-1000 au Nesler, par Diazotation, par Réduction au Cd, Nessler et à l'acide ascorbique selon [11]. La vitesse en surface ( $V_s$ ) de l'eau a été mesurée suivant la méthode des flotteurs décrite par [12]. Elle consiste à chronométrer le temps que met un flotteur pour parcourir une distance de 1 m mesurée au décimètre. Cet exercice a été répété trois fois. La vitesse est alors égale à la distance parcourue (1 m) rapportée au temps moyen (en secondes). La vitesse du courant  $V_c$  est tirée selon la relation :  $V_c = 0,80 \times V_s$  [12]; elle est exprimée en (cm / s). Le taux de fermeture de la canopée et la couverture par les plantes aquatiques ont été estimés et exprimés en pourcentage.

## 2-4. Récolte, identification et dénombrement des organismes

De même, le zooplancton a été prélevé mensuellement pendant 18 mois (Juin 2015 à Novembre 2016) sur chaque site suivant les recommandations de [1]. Cette filtration a été faite au travers d'un filet à plancton de 64 µm d'ouverture de maille et de diamètre 10 cm. Ensuite le filet a été rincé à l'eau de l'échantillon dans le sens contraire de celui de la filtration et l'échantillon filtré a été introduite dans un flacon de 200 mL dont une moitié a été fixée sur le terrain avec du formol 5 % et qui a servi au comptage. La seconde moitié (non fixée) a été utilisée pour les observations sur le vivant, et également pour le comptage des espèces sensibles au formol. Les organismes zooplanctoniques ont été identifiés d'après les clés des auteurs [13 - 17]. Le comptage des individus se fait sur l'échantillon fixé. En effet, 10 mL d'échantillon fixé et homogénéisé sont prélevés à la pipette et introduits dans une boîte de pétri de 50 mm de diamètre, quadrillée en carrés de 3 mm de côté. La boîte de pétri ainsi préparée empêche toute répétition de comptage [18]. Le comptage est fait en duplicat sous la loupe binoculaire de marque WILD M5 de grossissement 250 x et 500 x. Le comptage de 100 individus par échantillon est recommandé. Lorsque cela n'est pas possible, le comptage se fait jusqu'à épuisement de l'échantillon. Pour les espèces qui se déforment sous l'action du formol, 10 mL d'échantillon non fixé sont introduits dans une boîte de pétri quadrillée dès le retour du terrain, et pendant l'observation à la loupe WILD M5, les individus identifiés et dénombrés sont successivement retirés de la partie aliquote. Cette manipulation est également faite en duplicat. Les résultats obtenus ont été traduits en richesse taxonomique, en indice de diversité (Shannon Equitabilité) et exprimés en densité (ind / m<sup>3</sup>).

## 2-5. Indice de diversité et d'équitabilité

L'indice de diversité de Shannon (H'), le plus utilisé des indices de diversité, mesure le degré d'organisation du peuplement. En effet, il permet d'estimer la diversité taxonomique des peuplements étudiés. Il est faible lorsque les individus rencontrés appartiennent tous à une seule espèce ou bien quand toutes les espèces sont représentées par un seul individu : donc H' est plus sensible aux espèces rares [19]. Plus cet indice, est élevé, plus le peuplement est stable, c'est-à-dire qu'il n'est pas soumis à l'action des facteurs abiotiques ou un facteur de pollution [20]. Cet indice est exprimé en bits individu<sup>-1</sup> et se calcule par la **Formule** :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left( \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \right) \quad (1)$$

avec, H' est l'indice de diversité de Shannon et Weaver ; n<sub>i</sub> est l'effectif de l'espèce i dans un échantillon ; N est le nombre total d'individus de l'échantillon.

Quant à l'indice d'équitabilité (E), il permet de comparer la diversité mesurée à la diversité théorique maximale. Cet indice a été mise au point pour rendre compte de l'abondance relative de chaque taxon, de la régularité de la distribution des taxons ou l'équirépartition et de la qualité d'organisation du peuplement. Il varie de 0 (quand une espèce domine tout le peuplement et il s'agit d'un milieu pollué) à 1 (quand les espèces sont équi-fréquentes dont leur abondance est identique et il s'agit d'un milieu sain) [21]. Il s'obtient par la **Formule** :

$$E = H' / \log_2(S) \quad (2)$$

avec, H' est l'indice de Shannon et S la richesse spécifique.

## 2-6. Analyses statistiques

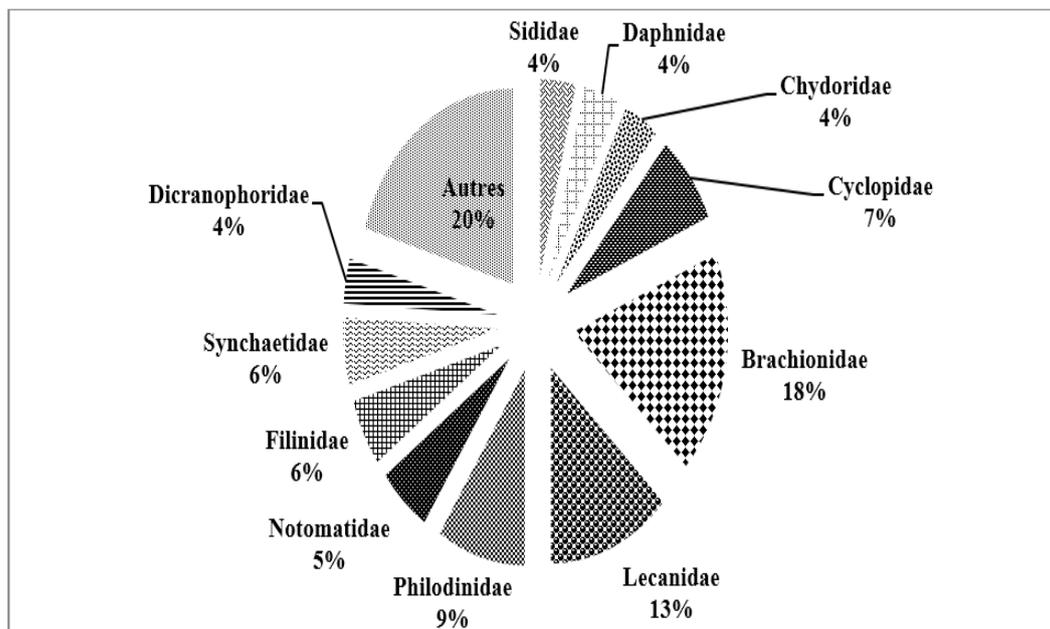
Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour monter la variabilité de l'abondance des taxons d'un secteur de la rivière à un autre. Afin d'analyser la corrélation entre les facteurs de l'environnement et la distribution du

zooplancton le long de la rivière Sô, deux matrices ont été développées. La première présente l'abondance des taxons dans les prélèvements mensuels et la seconde, les variables explicatives (variables environnementales) de toutes les stations d'échantillonnage. La relation entre les assemblages de zooplancton et les variables explicatives ont été examinées en soumettant les matrices à une analyse de redondance (RDA) à l'aide du logiciel CANOCO version 4.0 [22]. La RDA est une ordination de valeur propre spécialement développée pour rattacher des données écologiques multi-variées et tracer des diagrammes qui montrent à la fois la similarité basée sur les assemblages zooplanctoniques entre stations d'échantillonnage et la relation entre les densités du zooplancton, suivant l'apport des variables explicatives. Du fait de la variabilité des échantillons de zooplancton, toutes les densités prises en compte dans l'analyse en RDA ont fait l'objet d'une transformation logarithmique. La pertinence de l'analyse a été d'abord vérifiée grâce à un test de permutation de Monte Carlo sur 499 permutations aléatoires.

### 3. Résultats

#### 3-1. Analyse qualitative du peuplement

Au cours de cette étude, 54 taxons (espèces et variétés) zooplanctoniques dont 42 rotifères, 08 cladocères et 04 copépodes ont été identifiés dans la rivière Sô (**Tableau 2**). Les 54 taxons récoltés sont repartis au sein de 22 familles dont celle des Brachionidae est la plus représentative avec 18 % des espèces récoltées, suivie de la famille des Lecanidae (13 %) des Philodinidae (9 %), des Cyclopidae (7 %), des Filinidae (6 %), des Synchaetidae (6 %), des Notomatidae (5 %), de quatre familles (Dicranophoridae, Sididae, Chydoridae et Daphnidae) représentant chacune 4 % des espèces et enfin huit familles monospécifiques (Asplanchnidae, Collurellidae, Epiphanidae, Euchlanidae, Flosculariidae, Trichocercidae, Mytilinidae, Scarididae, Testudinellidae et les Asplanchnidae) regroupés dans autres (**Figure 2**).



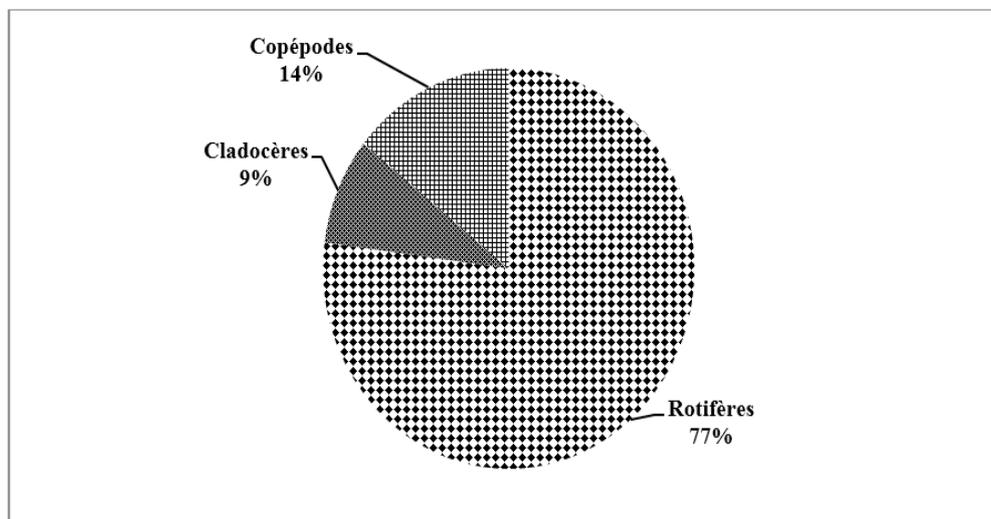
**Figure 2 :** Importance relative, en nombre d'espèces, des principales familles de zooplancton identifiées dans la rivière Sô de Juin 2015 à Novembre 2016

**Tableau 2 : Liste des espèces zooplanctoniques récoltées pendant la période d'étude**

GROUPES	Familles	Taxons	Acronymes
ROTIFERES	Brachionidae	<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	Afiss
		<i>Platylabus quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	Pquad
		<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	Bangu
		<i>Brachionus budapestinensis</i>	Bbuda
		<i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas, 1776)	Bcaly
		<i>Brachionus falcatus</i> (Zacharias, 1898)	Bfalc
		<i>Brachionus leydigi</i> (Cohn, 1862)	Bleyd
		<i>Keratella cochlearis</i> (O.F. Müller, 1786)	Kcoch
		<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)	Nacum
	<i>Platylabus patulus</i> (O.F. Müller, 1776)	Ppatu	
	Lecanidae	<i>Lecane aculeata</i> (O.F. Müller, 1776)	Larcu
		<i>Lecane doryssa</i> (Murray, 1930)	Ldory
		<i>Lecane leontina</i> (O.F. Müller, 1776)	Lleon
		<i>Lecane luna</i> (O.F. Müller, 1776)	Lluna
		<i>Lecane subtilis</i> (Ehrenberg, 1830)	Lsubt
		<i>Lecane papuana</i> (Murray, 1930)	Lpapu
	Philodinidae	<i>Lecane tudicola</i> (O.F. Müller, 1776)	Ltudi
<i>Rotaria citrina</i> (Ehrenberg, 1832)		Rcitr	
<i>Rotaria haptica</i> (Ehrenberg, 1832)		Rhapt	
Notomatidae	<i>Rotaria rotaria</i> (Pallas, 1766)	Rrota	
	<i>Rotaria</i> sp.	Rota.sp	
	<i>Philodina</i> sp.	Philo.sp	
Filinidae	<i>Cephalodella ventripes</i>	Cvent	
	<i>Cephalodella leydigi</i>	Cleyd	
	<i>Cephalodella</i> sp.	Ceph.sp	
Synchaetidae	<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)	Fopol	
	<i>Filinia terminalis</i> (Ehrenberg, 1834)	Fterm	
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	Flong	
Dicranophoridae	<i>Polyathra vulgaris</i> (Carlin, 1943)	Sync.sp	
	<i>Polyathra ramata</i> (Idelson, 1925)	Pvulg	
Asplanchnidae	<i>Synchaeta</i> sp.	Prama	
	<i>Dicranophorus caudatus</i>	Dcaud	
Collurellidae	<i>Dicranophorus</i> sp.	Dicr.sp	
	<i>Asplanchna herricki</i> (Gosse, 1850)	Aherr	
Epiphanidae	<i>Lepadella cristata</i> (O.F. Müller, 1776)	Lcrist	
	<i>Epiphanes clavulata</i> (O.F. Müller, 1776)	Eclav	
Flosculariidae	<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1832)	Edila	
	<i>Ascomorpha</i> sp.	Asco.sp	
Mytilinidae	<i>Trichocerca chattoni</i>	Tchat	
	<i>Mytilina mutica</i>	Mmuti	
Testudinellidae	<i>Scaridium longicaudum</i> (Sergers, 1995)	Slong	
	<i>Testudinella patina</i> (Anderson, 1889)	Tpati	
CLADOCERES	Sididae	<i>Diaphanosoma excisum</i> (Sars, 1885)	Dexci
		<i>Diaphanosoma</i> sp.	Diap.sp
	Daphnidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i> (Sars, 1886)	Ccorm
		<i>Simocephalus serrulatus</i> (Koch, 1841)	Sserr
	Chydoridae	<i>Kurzia longistrostris</i> (Daday, 1898)	Klong
<i>Chydorus</i> sp.		Chyd.sp	
Moinidae	<i>Moina macropa</i> (Kurz, 1874)	Mmacr	
Macrothricidae	<i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine, 1820)	Mlati	
COPEPODES	Cyclopidae	<i>Thermocyclops incisus</i> (Sars, 1901)	Tinci
		<i>Tropocyclops confinis</i> (Kiefer, 1930)	Tconf
		Larves nauplii	Lnaup
		Copépodites	Copepo
Total	22	54	54

### 3-2. Analyse quantitative du peuplement

Des trois groupes zooplanctoniques récoltés dans la rivière Sô, les rotifères constituent le groupe le plus abondant avec 77 % des individus, suivi des copépodes et cladocères respectivement avec 14 % et 9 % des individus (**Figure 3**).



**Figure 3 :** Pourcentage numérique des principaux groupes zooplanctoniques de la rivière Sô

Les densités moyennes des différents groupes zooplanctoniques de la rivière sont regroupées dans le **Tableau 3**.

**Tableau 3 :** Densité moyenne (individus / m<sup>3</sup>) des groupes zooplanctoniques récolté dans les rivières Sô

Taxons	Cours inférieur	Cours moyen	Cours supérieur	Significativité
Rotifères	495 <sup>a</sup> ± 57.58	1382 <sup>b</sup> ± 398.07	2656 <sup>c</sup> ± 565.40	***
Cladocères	423 <sup>a</sup> ± 78.35	425 <sup>a</sup> ± 81.56	431 <sup>b</sup> ± 92.69	NS
Copépodes	813 <sup>a</sup> ± 88.97	258 <sup>b</sup> ± 63.18	284 <sup>bc</sup> ± 17.68	***

La densité moyenne des rotifères et des copépodes montre de grandes variations du cours inférieur au cours supérieur ( $p < 0,0001$ ). Elle varie de 495 ind / m<sup>3</sup> à 2656 ind / m<sup>3</sup> pour les rotifères, et de 813 ind / m<sup>3</sup> à 284 ind / m<sup>3</sup> pour les copépodes. Quant aux cladocères, leur densité ne montre est non significatif d'un secteur de la rivière à un autre ( $p > 0,05$ ). Elle varie entre 423 et 431 ind / m<sup>3</sup>. Les **Figures 4, 5 et 6** montrent les variations spatiales des différents groupes zooplanctoniques dans chacun des trois secteurs de la rivière Sô

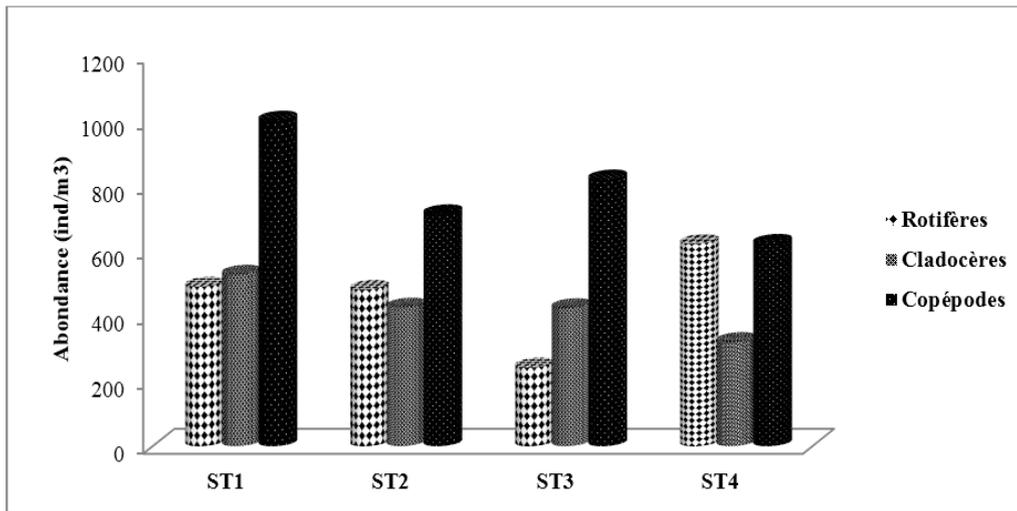


Figure 4 : Variations spatiales de l'abondance moyenne du zooplancton dans le cours inférieur de la rivière Sô

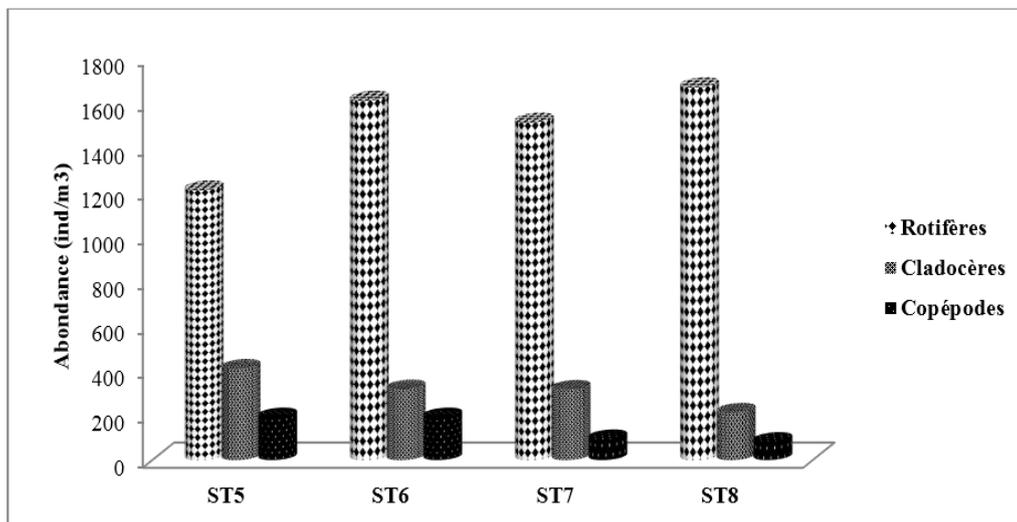


Figure 5 : Variations spatiales de l'abondance moyenne du zooplancton dans le cours moyen de la rivière Sô

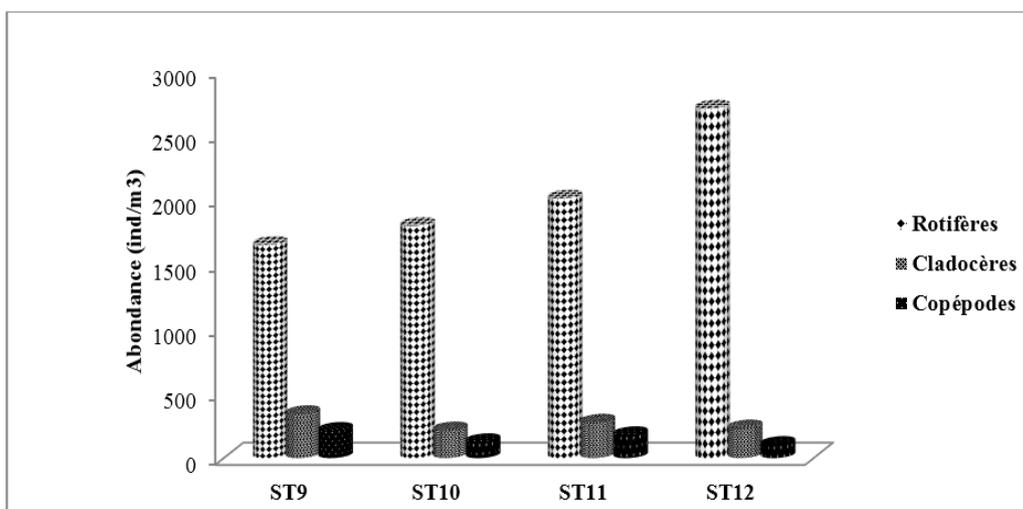
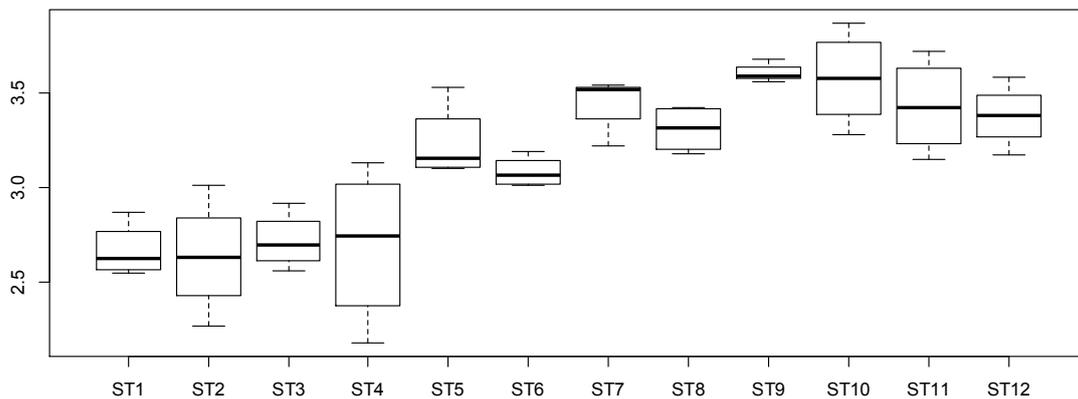


Figure 6 : Variations spatiales de l'abondance moyenne du zooplancton dans le cours supérieur de la rivière Sô

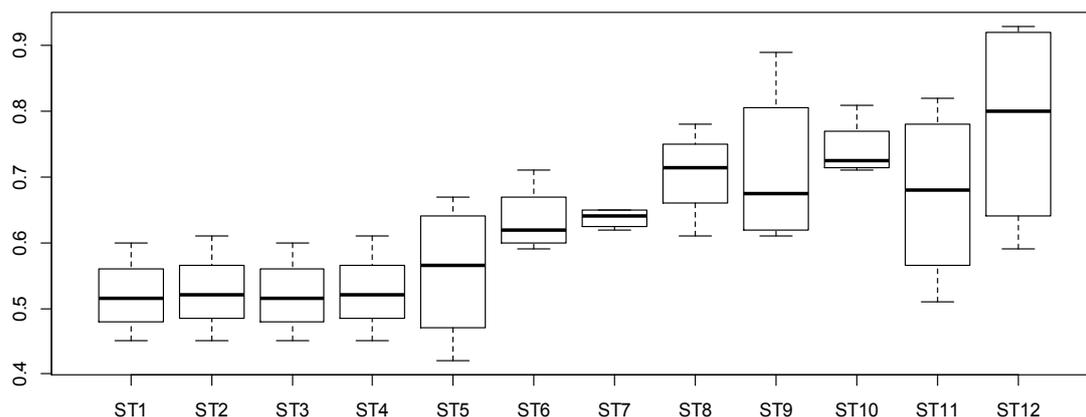
### 3-3. Structure des peuplements zooplanctoniques

L'indice de diversité spécifique de la faune planctonique a varié très significativement d'un secteur à un autre dans la rivière Sô ( $p < 0,01$ ). Il est plus élevé dans les stations du cours supérieur (3,87 bits / ind  $\pm$  0,65), moins élevé dans les stations du centre (3,14 bits / ind  $\pm$  0,45) et faible dans les stations du cours aval de la rivière (2,54 bits / ind  $\pm$  0,31). La variation des différents indices sont présentées par la **Figure 7**. Sur cette **Figure**, l'axe des abscisses présente les différentes stations d'étude et l'axe des ordonnées présente les différentes valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver.



**Figure 7 :** Variations l'indice de diversité de Shannon-Weaver suivant le gradient longitudinal dans la rivière Sô ( $p < 0,05$ )

Les différentes valeurs de l'indice d'équitabilité de Piélu ont tout de même montré une variation significative d'un secteur à un autre ( $p < 0,05$ ). Ils varient de  $0,87 \pm 0,25$  pour les stations situées dans le cours supérieur, de  $0,61 \pm 0,13$  pour les stations situées au centre de la rivière et enfin de  $0,50 \pm 0,12$  pour les stations situées en aval de la rivière (**Figure 8**).



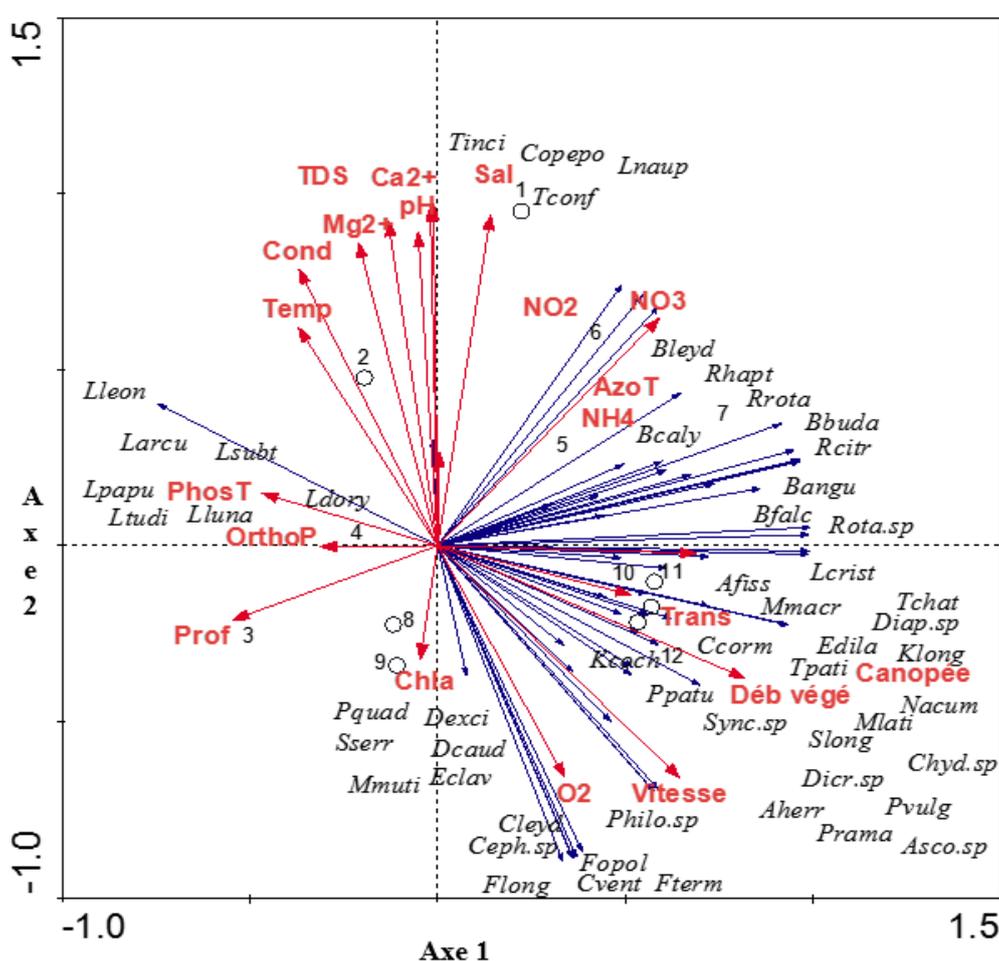
**Figure 8 :** Variations l'indice d'équitabilité de Piélu suivant le gradient longitudinal dans la rivière Sô ( $p < 0,05$ ), (l'axe des ordonnées présente les différentes valeurs de l'indice)

### 3-4. Influence des variables environnementales sur la distribution du zooplancton

La **Figure 9** présente les résultats de la RDA réalisé entre les facteurs environnementaux et les taxons zooplanctoniques. L'axe 1 est très significatif ( $P$ -value = 0,003; F-ratio = 7,216) et exprime 54,77 % de

l'information, l'axe 2, 28,845 % soit un total de 83,61 % pour les deux axes, ce qui est suffisant pour garantir une précision d'interprétation. L'ordination en RDA suivant l'axe factoriel 1 sépare nettement les stations fortement perturbées (moins riche en espèces) de celles faiblement perturbées (avec 34 taxons).

- Le premier groupe ne renfermant que les taxons copépodites est associé à la station ST1 et ST2. Ces stations sont caractérisées par des valeurs élevées de, salinité, conductivité, Taux de Solides Dissous, calcium, magnésium, pH et de la température ;
- Le groupe 2 renferme majoritairement les espèces du genre *Brachionus* et *Rotaria*. Il est associé aux stations recevant les effluents organiques ;
- Quant au groupe 3, il renferme les espèces de la famille des *Lecanidae* et est associé à la station ST4 recevant les effluents phosphorés. Il est caractérisé par un taux élevé en Orthophosphate et de phosphore total ;
- Enfin le groupe 4 renfermant 34 des taxons, est associé aux stations du cours supérieurs et est caractérisé par de fortes valeurs de l'oxygène dissous, de la chlorophylle a, de la transparence, de la vitesse du courant, de la proportion des débris végétaux (40 à 65 %) et du taux de fermeture de la canopée (50 - 85 %).



**Figure 9 :** Analyse de Redondance (RDA) montrant les relations entre les variables environnementales, les sites d'échantillonnage et les taxons dans la rivière Sô. (Variables environnementales : O<sub>2</sub> = oxygène dissous, Vitesse = vitesse du courant, Trans = transparence, Prof = profondeur, Débris v = débris végétaux, Chla = chlorophylle a, pH = potentiel d'Hydrogène ; Temp = température ; Sal = salinité ; Cond = Conductivité ; TDS = Taux de Solides Dissout ; Ca<sup>2+</sup> = Calcium ; Mg<sup>2+</sup> = Magnésium ; NO<sub>2</sub> = Nitrite ; NO<sub>3</sub> = Nitrate, AzoT = Azote Total ; OrthoP = orthophosphate ; PhosT = Phosphore Total. Les chiffres de 1 à 12 représentent les codes des stations (1 = ST1, 2 = ST2, 3 = ST3, 4 = ST4, 5 = ST6, 7 = ST7, 8 = ST8, 9 = ST9, 10 = ST10, 11 = ST11 et 12 = ST12)

#### 4. Discussion

La présente étude a permis de collecter, 54 taxons zooplanctoniques dans la rivière Sô. La richesse taxonomique obtenue est supérieure à celle observée par [23] dans quatre rivières côtières du Sud-est de la Côte d'Ivoire (28 taxons), comparable à celle observée par [24] dans le ruisseau de Kondi au Cameroun (56 espèces) et inférieur à celui obtenu par [1] dans les rivières Bia et Agnéby en Côte d'Ivoire (68 taxons). La différence entre les inventaires du zooplancton de la présente étude dans la rivière Sô et ceux des auteurs sus-mentionnés pourrait être liée à l'intensité des efforts d'échantillonnage et à la maille des filets utilisés pour collecter les organismes. Les données de densité et de distribution du zooplancton montrent des différences importantes en amont qu'en aval de la rivière Sô. Les fortes différences observées dans la composition des peuplements reflètent les conditions écologiquement différentes des trois secteurs de la rivière Sô. On remarque que le peuplement zooplanctonique est largement dominé par les Rotifères (67,47 %). Ces organismes représentent en eaux douces le groupe zooplanctonique le plus important [25, 26]. En effet, les Rotifères sont capables d'ingérer des particules de petites tailles telles que les bactéries et détritiques organiques souvent abondants dans les milieux eutrophes. La richesse taxonomique et l'abondance totale moyenne les plus faibles ont été enregistrées dans les cours inférieurs et moyen de la rivière Sô (qui reçoivent assez d'effluents agricoles et domestiques dans leurs parties supérieures).

Cela traduit l'impact négatif des rejets de déchets sur la diversité et l'abondance du zooplancton. En outre, les fortes fluctuations spatiales de l'indice de Shannon-Weaver et de l'équitabilité de Pielou pendant la période d'étude révèlent un équilibre et une stabilité dans la structure de la communauté zooplanctonique de la rivière Sô. Au regard de l'indice d'équitabilité, le cours amont de la rivière semble être en état d'équilibre (avec un indice d'équitabilité de 0,87 soit 87 %) par rapport aux cours moyen et aval qui sont légèrement perturbés avec des indices respectifs de 0,62 soit 62 % et de 0,54 soit 54 %. En effet, les faibles indices d'équitabilité enregistrés dans les stations situées au centre et en aval de la rivière Sô, seraient dus aux fortes abondances relatives des espèces constantes *Keratella cochlearis*, *Rotaria rotaria*, *Lecane papuana*, *Thermocyclops incisus*, *Diaphanosoma excisum*, *Filinia opoliensis* et *Brachionus falcatus* qui occupent plus de 50 % des individus de ces stations. Les indices de diversité de la rivière Sô sont plus importants que ceux trouvés dans la rivière Baoulé du fleuve Sénégal au Mali [27]. Cette différence pourrait s'expliquer par l'importance du bassin et du cours principal et la diversité des zones climatiques traversées par la rivière Sô. Ceci confirme également la variabilité des conditions du milieu qui ont prévalu tout au long de l'étude et du cours d'eau.

Les résultats de la RDA montrent que les variables fortement associées à la distribution des taxons sont la vitesse du courant, la conductivité, la température, le taux de fermeture de la canopée et la proportion des débris végétaux. La RDA sépare nettement les stations recevant les effluents organiques et phosphorés de ceux qui n'en reçoivent pas. Les stations du premier groupe sont caractérisées par les paramètres de minéralisation avec 4 taxons copépodites. Cette concentration de la faune copépodite à ces stations se justifie par la dynamique du mélange des eaux entre la rivière Sô et le lac Nokoué, le plus grand système estuarien du Bénin. Ceci traduit ainsi une intrusion saline favorisant cette abondance des copépodes. Les groupes 2 et 3 renferment des espèces de la famille des Lecanidae, Brachionidae et Philodinae caractéristiques des eaux eutrophes et hypereutrophes. Ces mêmes familles ont été retrouvées comme eutrophes et hypereutrophes dans les cours d'eau du réseau hydrographique du Mfoundi au Cameroun [24, 28]. Les stations de ces deux groupes constituent des réceptacles des latrines publiques, des eaux usées issues surtout des lessives et du lessivage de l'engrais utilisé pour les cultures maraîchères tout au long de ce secteur de la rivière. Selon [29], un déversement d'effluents de nature organique entraînerait une augmentation de la conductivité, de l'azote ammoniacal, des orthophosphates, des matières en suspension et de la turbidité défavorable au

développement du zooplancton. Par contre, la richesse taxonomique et l'abondance élevées dans le quatrième groupe c'est-à-dire le cours supérieur de la rivière Sô, serait dû aux conditions environnementales favorables au développement et à la prolifération du zooplancton, le taux de fermeture de la canopée, la chlorophylle a et la proportion des débris végétaux. Dans cette partie (amont) de la rivière Sô, il y a une forte présence de la canopée, liée à la densité de la végétation riveraine, ce qui favorise la diminution de la température de l'eau, crée de l'ombrage et constitue un habitat favorable pour à la croissance et au développement des espèces aquatiques [30]. Cet environnement crée également un microclimat qui permet aux espèces de se nourrir, se reproduire et de se développer aisément et à l'abri de nombreux prédateurs [2, 30]. Ces mêmes paramètres justifient l'abondance de la faune planctonique de plusieurs cours d'eau ouest africains [23, 31 - 34].

## 5. Conclusion

Cette étude qui est une première sur la rivière Sô a permis d'inventorier 54 taxons de zooplancton. On note un gradient de répartition longitudinale caractérisée par une diminution de la diversité zooplanctonique de l'amont vers l'aval. Le peuplement zooplanctonique est fortement diversifié et bien structuré au regard des indices calculés. La transparence, l'oxygène, la canopée, les débris végétaux, la Chlorophylle a et les composés azotés sont les variables environnementales qui influencent le plus la distribution du zooplancton de cette rivière. Pour éviter de mettre en péril ces organismes, il apparaît judicieux de les protéger et les gérer durablement, ceci passe par une forte sensibilisation des riverains.

## Remerciements

*Les auteurs remercient le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique de la République du Bénin (MESRS) pour son soutien financier et l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) pour l'octroi du stage de perfectionnement en taxonomie du zooplancton dans le Laboratoire de Biologie Générale (Cameroun) à travers le projet : « Gestion durable des ressources en eau, biodiversités de la faune aquatique souterraine et du zooplancton de trois bassins versants d'Afrique (Afrique Centrale et de l'Ouest) : impacts des perturbations anthropiques, climatiques et de la pollution »*

## Références

- [1] - I. N. OUATTARA, A. OUATTARA, T. KONE, V. N'DOUBA, G. GOURENE, "Distribution du zooplancton le long de deux petits bassins côtiers ouest africains (Bia et Agnési ; Côte d'Ivoire) ", *Agronomie Africaine*, 19 (2007) 197 - 210
- [2] - Z. C. KOUDENOUKPO, A. CHIKOU, S. H. TOGOUET ZEBAZE, M. MVONDO, R. U. HAZOUME, P. K. HOUNDONUGBO, G. A. MENSAH and A. P. LALEYE, "Zooplanctons et Macroinvertébrés aquatiques : vers un assemblage de bioindicateurs pour un meilleur monitoring des écosystèmes aquatiques en région tropicale", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20 (2017 a) 276 - 287
- [3] - C. A. BONOU, M. PAGANO, L. SAINT-JEAN, "Développement et croissance en poids de *Moina (cf) micrura* et de *Mesocyclops ogunnus* dans un milieu saumâtre tropical : les étangs de pisciculture de Layo (Côte-d'Ivoire)", *Rev. Hydrobio. Trop*, 24 (2000) 287 - 303
- [4] - H. AGADJIHOUEDE, C. A. BONOU, A. CHIKOU, A. P. LALEYE, "Capacité de développement de trois espèces zooplanctoniques d'intérêts aquacoles (*Brachionus calyciflorus*, *Moina micrura* et

- Thermocyclops sp.) élevées en condition monospécifique en aquariums avec la fiente de volaille”, *Tropicultura*, 29 (2011) 231 - 237
- [5] - H. A. ELEGBE, C. M. BLÉ, R. N. ETILÉ, A. CHIKOU, I. IMOROU TOKO, M. N. AKA, P. T. Agbohessi and P. LALEYE, “Diversity and structure of zooplankton in a tropical traditional aquaculture system “Whedos” in Ouémé river high delta (Benin, West Africa)”, *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4 (2016) 772 - 779
- [6] - C. LEVEQUE et D. PAUGY, “Impacts des activités humaines. In : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l’homme”, Editions de l’IRD, Paris, (2006) 395 - 413 p.
- [7] - Z. C. KOUDENOUKPO, A. CHIKOU, D. ADANDEDJAN, I. YOUSAO, A. G. MENSAH et A. P. LALEYE, “Caractérisation physico-chimique d’un système lotique en région tropicale : la rivière Sô au Sud-Bénin, Afrique de l’Ouest”, *Journal of Applied Biosciences*, 113 (2017 b) 11111 - 11122
- [8] - J. WU, J. WANG, Y. HE, W. CAO W, Fish assemblage structure in the Chishui River, a protected tributary of the Yangtze River, *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 400 (2011) 1 - 14
- [9] - P. LALEYE, “Ecologie comparée de deux espèces de Chrysichthys, poissons Siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire « Lac Nokoué-Lagune de Porto-Novo » au Bénin”. Thèse de doctorat, Université de Liège, (1995) 199 p.
- [10] - T. HENRI, R. PHILIPPE, B. MICHEL et U. PHILIPPE, “Invertébrés d’eau douce : systématique, biologie écologie”, (2010)
- [11] - J. RODIER, “L’analyse de l’eau”, 9<sup>ème</sup> édition, DUNOD, Paris, (2009) 1384 p.
- [12] - D. ADANDEDJAN, “Diversité et déterminisme des peuplements de macroinvertébrés benthiques de deux lagunes du sud-Bénin : la lagune de Porto-Novo et la lagune côtière”. Thèse de doctorat, Université d’Abomey-Calavi, (2012) 239 p.
- [13] - W. KOSTE, “Rotatoria. Die rädertiere mitteleuropas. I. & II” Borntreger ed, Berlin, 2 Vols, (1978) 234 p.
- [14] - R. J. SHIEL, “A guide to identification of Rotifers; Cladocera and Copepods from Australian Inland water”, CRCFE Ident. Guide, 3 (1995) 144 p.
- [15] - C. AMOROS, “Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises”. Université Claude-Bernard-Lyon I. *Extrait du bulletin mensuel de la société Linnéenne de Lyon*, 53<sup>e</sup> année, (1984)
- [16] - B. H. DUSSART, D. DEFAYE, “Introduction to the Copepoda Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World”, Backhuys Publishers, Leiden, 16 (2001) 1 - 344
- [17] - C. H. FERNANDO, “A guide to tropical freshwater zooplankton : Identification, Ecology and impact on fisheries”, *Backhuys Publishers*, Leiden, (2002) 290 p.
- [18] - J. E. GANNON, “Two counting cells for the enumeration of zooplankton micro-crustacean. Transactions of the American Microscopical Society”, 90 (1971) 486 - 790
- [19] - M. N. DALY-YAHIA, O. S. SOUISSI, O. DALY YAHIA-KÉFI, “Spatial and Temporal Structure of Copepods in the Bay of Tunis (Southwestern Mediterranean Sea)”, *Zoological studies*, 43 (2004) 366 - 375
- [20] - R. COTE, D. BUSSIERES, P. DESGAGNE, “Distribution spatio-temporelle du phytoplancton et du zooplancton dans le lac Saint-Jean (Québec), un réservoir hydroélectrique”, *Revue des Sciences de l’eau*, 15 (2002) 597 - 614
- [21] - R. HARRIS, P. WIEBE, J. LENZ, H. R. SKJOLDAL, M. HUNTLE, “ICES Zooplankton Methodology Manual”, Academic Press, San Diego, (2000) 28 p.
- [22] - C. J. F. TER BRAAK and P. SMILAUER, “CANOCO Reference manual and user’s guide to Canoco for Windows (version 4)”, Center for Biometry Wageningen, (1998) 351 p.

- [23] - I. A. MONNEY, I. N. OUATTARA, N. R. ETILE, N. M. AKA, M. BAMBA et T. KONE T, "Distribution du zooplancton en relation avec les caractéristiques environnementales de quatre rivières côtières du Sud-est de la Côte d'Ivoire", *Journal of Applied Biosciences*, 98 (2016) 9344 - 9353
- [24] - F. M. ONANA, S. H. ZEBAZE TOGOUET, T. NYAMSI, T. DOMCHE et P. NGASSAM, "Distribution spatio-temporelle du zooplancton en relation avec les facteurs abiotiques dans un hydrosystème urbain : le ruisseau de Kondi, Cameroun", *Journal of Applied Biosciences*, 82 (2014) 7326 - 7338
- [25] - S. H. ZEBAZE TOGOUET, T. NJINE, N. KEMKA, M. NOLA, S. FOTO MENBOHAN, A. MONKIEDJE, D. NIYITEGEKA, T. SIME-NGANDO et B. JUGNI, "Variations spatiales et temporelles de la richesse et de l'abondance des rotifères (Brachionidae et Trichonidae) et des cladocères dans un petit lac artificiel eutrophe situé en zone tropicale", *Rev. Sci. Eau*, 18 (2004) 485 - 505
- [26] - A. OUEDA, W. GUENDA, A. T. KABRE, F. ZONGO and G. KABRE, "Diversity, Abundance and Dynamic of Zooplankton Community in a South-Saharan Reservoir (Burkina-Faso)". *Journal of Biological sciences*, 7 (2007) 18 p.
- [27] - Y. SANOGO, D. TRAORE, F. SAMAKE ET A. KONE, " Diversité du peuplement ichtyologique de la rivière Bagoé (Bassin du Niger, Mali)", *Agronomie africaine*, 27 (2015) 47 - 56
- [28] - F. M. ONANA, "Typologie et qualité biologique des cours d'eau du réseau hydrographique du Wouri basées sur les assemblages de zooplancton et de macroinvertébrés benthiques". Thèse de doctorat, Université de Yaoundé I, (2016) 201 p.
- [29] - J. G. TCHAPGNOUO, T. NJINE, S. H. ZEBAZE-TOGOUET SH, S. C. DJUTSO SEGNOU, T. S. MAHAMAT, S. TCHAKONTE et B. PINEL-ALLOUL, "Diversité spécifique et abondance des communautés de copépodes, cladocères et rotifères des lacs du complexe Ossa (Dizangué), Cameroun", *Physio-Géo*, 6 (2012) 22 p.
- [30] - M. T. KAMELAN, S. BERTE, K. G. N'ZI, M. BAMBA, B. G. GOORE et E. P. KOUAMELAN, "Peuplement ichtyologique du complexe Brimé-Méné-Nounoua, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest)", *Int. J. Biol. Che. Sci*, 7 (2013) 2248 - 2263
- [31] - A. GBEMISOLA, AKIN-ORIOLO, Zooplankton associations and environmental factors in Ogunpa and Ona rivers, Nigeria. *Rev. Biol. Trop.*, 51 (2) (2003) 391 - 398
- [32] - A. OUATTARA, N. PODOOR et G. GOURENE, "Etudes préliminaires de la distribution spatiotemporelle du phytoplancton dans un système fluvio-lacustre africain (bassin Bia, Côte d'Ivoire) ", *Hydroécol. Appl*, 13 (2001) 113 - 132
- [33] - M. ISUMBISHO, H. SARMENTON, B. KANINGINI, J. C. MICHA and J. P. DESCY, "Zooplankton of lake Kivu, East Africa, half a century after the Tanganyika sardine introduction". *Journal of Plankton Research*, 28 (2006) 971 - 989
- [34] - S. H. ZEBAZE TOGOUET, T. NJINE, N. KEMKA, S. FOTO MENBOHAN, D. NIYITEGEKA, P. NGASSAM et C. BOUTIN, "Composition et distribution spatio-temporelle des protozoaires ciliés dans un petit lac hypereutrophe du Cameroun (Afrique Centrale)", *Revue Science Eau*, 19 (2006) 151 - 162