

## Diversité des macroinvertébrés benthiques des miroirs d'eau de crocodiles du Centre de Recherche en Hydrobiologie (CRH/Uvira), RD Congo

Ruffin SAFARI RUKAHUSA<sup>1\*</sup>, Constantin AMUNDALA SHEKANI<sup>1</sup>, Alexis BASHONGA BISHOBIBIRI<sup>1</sup>, Clément FUNTA KYANDA<sup>2</sup>, Donatien MUZUMANI RISASI<sup>1</sup>, Abel RAFIKI BASHONGA<sup>1</sup>, Malk MALIYAMUNGU MAKUBULI<sup>3</sup>, Innocent KIRIZA KATAGATA<sup>2</sup>, Noëlla NABINTU BUGABANDA<sup>1</sup> et SHABANI EKYAMBA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche en Hydrobiologie, Département de Biologie, BP 73 Uvira, République Démocratique du Congo

<sup>2</sup> Centre de Recherche en Hydrobiologie, Département d'Hydrologie, BP 73 Uvira, République Démocratique du Congo

<sup>3</sup> Institut Supérieur Pédagogique d'Uvira, Département de Biologie-Chimie, BP 2316 Bujumbura, République Démocratique du Congo

<sup>4</sup> Université de Goma, Département de Conservation et Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, Faculté des Sciences et Technologie, BP 204 Goma, République Démocratique du Congo

(Reçu le 23 Septembre 2022 ; Accepté le 30 Octobre 2022)

\* Correspondance, courriel : [safarirukahusa@gmail.com](mailto:safarirukahusa@gmail.com)

### Résumé

Ce travail porte sur la diversité des macroinvertébrés benthiques des miroirs d'eau de crocodiles du Centre de Recherche en Hydrobiologie (CRH/Uvira), en République Démocratique du Congo. Les investigations sont menées entre janvier et juin 2019 et ont permis de mesurer in situ certains paramètres physico-chimiques de l'eau à l'aide d'une sonde multiparamétrique de la marque HANNA HI 98194, pH/ EC/ DO multiparameter et de collecter les échantillons des macroinvertébrés benthiques à l'aide du filet troubleau de 1 mm de diamètre de maille. La diversité des macroinvertébrés a été analysée à partir des indices de Shannon et d'Équitabilité. Les résultats montrent que les valeurs moyennes de ces quelques paramètres (pH, température, oxygène dissous, conductivité électrique, Solides dissous totaux, salinité, saturation et oxydation-réduction potentielle) varient respectivement entre 9,23 et 8,87 ; 25,54 et 25,3 °C ; 3,78 et 4,58 ppm ; 271 et 134  $\mu\text{s/cm}$  ; 67 et 128 ppm ; 0,06 et 0,12 PSV ; 62,3 et 47,2 % et 16,5 et 3,78 mV. Ainsi, cette étude relève également une faune benthique abondante et diversifiée, répartie en 12 genres, 10 familles, 8 ordres, 3 classes et 4 embranchements. Seule la classe des insectes a représenté le groupe taxonomique le plus abondant (94,32 %). A la tête de cette abondance, le genre *Beatis* a été plus représentatif (47,93 %) suivi respectivement de ceux de *Chironomus* et *Pantala* (16,59 et 12,60 %). Il a été constaté que 93,39 % des macroinvertébrés capturés étaient au stade larvaire et que les indices de Shannon et d'Équitabilité renseignent que toutes les stations sont diversifiées ( $H1 = 1.495$ ,  $H2 = 1.499$ ) et réparties équitablement ( $E1 = 0.68$ ,  $E2 = 0.72$ ).

**Mots-clés :** faune macrobenthique, paramètres physico-chimiques, indicateurs, indices de diversité.

## Abstract

### Diversity of benthic macroinvertebrates in the crocodile water mirrors of the Center for Research on Hydrobiology (CRH/Uvira), DR Congo

This study focuses on the diversity of benthic macroinvertebrates in the Center for Research on Hydrobiology (CRH/Uvira), Democratic Republic of the Congo. The investigations are conducted between January and June 2019 and allowed to measure in situ some physico-chemical parameters of the water using a multiparameter probe of the brand HANNA HI 98194, pH/ EC/ DO multiparameter and to collect the samples of benthic macroinvertebrates using the turbid net of 1 mm of mesh diameter. The diversity of macroinvertebrates was analyzed using the Shannon and Equitability indices. The results show that the average values of these few parameters (pH, temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, total dissolved solids, salinity, saturation and potential oxidation-reduction) vary respectively between 9.23 and 8.87; 25.54 and 25.3 °C; 3.78 and 4.58 ppm; 271 and 134  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ; 67 and 128 ppm; 0.06 and 0.12 PSV; 62.3 and 47.2 % and 16.5 and 3.78 mV. Thus, this study also notes an abundant and diversified benthic fauna, divided into 12 genera, 10 families, 8 orders, 3 classes and 4 phyla. Only the insect class represented the most abundant taxonomic group (94.32 %). At the head of this abundance, the genus *Beatis* was more representative (47.93 %) followed respectively by those of *Chironomus* and *Pantala* (16.59 and 12.60 %). It was found that 93.39 % of the macroinvertebrates captured were in the larval stage and that the Shannon and Equitability indices inform that all the stations are diversified ( $H1 = 1.495$ ,  $H2 = 1.499$ ) and equitably distributed ( $E1 = 0.68$ ,  $E2 = 0.72$ ).

**Keywords :** *macrobenthic fauna, physicochemical parameters, indicators, diversity indices.*

## 1. Introduction

Les macroinvertébrés benthiques sont de petits organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers (annélides), qui habitent le fond des cours d'eau, des lacs, des lagunes, des roches, des sédiments, des débris et des plantes aquatiques [1 - 4]. Certains groupes des macroinvertébrés aquatiques résident dans le biotope benthique pendant au moins une partie de leur vie, ils sont relativement immobiles et très sensibles à toute perturbation du milieu aquatique qui peut entraîner leur disparition [5 - 8]. Ces organismes constituent un important maillon de la chaîne alimentaire dans les milieux aquatiques pour plusieurs espèces des poissons, d'amphibiens et d'oiseaux, et sont connus comme de bons indicateurs des conditions écologiques des milieux aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat [2, 3, 9 - 11]. Dans les eaux stagnantes et courantes, les macroinvertébrés aquatiques sont des éléments importants de la dynamique écologique [12], jouant un rôle important dans le cycle des matières et dans les transferts trophiques [13]. Ce sont des organismes animaux importants tant sur le plan économique qu'écologique [14]. Au niveau des miroirs d'eau de crocodiles du CRH/Uvira, les études sur la communauté des macroinvertébrés benthiques restaient ignorées. En effet, en tenant compte de la revue de la littérature, quelques travaux de recherche existants sont ceux effectués dans le bassin versant du lac Tanganyika à Uvira et des zones humides de la plaine de la Ruzizi [15 - 17]. C'est dans ce contexte que cette étude visait à acquérir des connaissances sur la faune macrobenthique des miroirs d'eau de crocodiles du CRH/Uvira et à déterminer leur diversité spécifique et abondance relative.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Milieu d'étude

Le grand bâtiment du CRH/Uvira est localisé dans la ville d'Uvira (tout près du lac Tanganyika) en province du Sud-Kivu, commune de Kalundu, sur l'avenue du Congo n°115, quartier Kimanga entre 03° 24' 27,1" de latitude Sud, 029° 08' 31,1" de longitude Est à 780 m d'altitude (**Figure 1**). Il est limité au nord par les bureaux de l'ONG CDPJ (Commission Diocésaine Justice et Paix) et la RNDT (Radio Notre Dame de Tanganyika de la Diocèse d'Uvira), au sud par le Complexe Scolaire Nuru, à l'est par le bureau d'Etat-majour Secteur Sokola 2 du Sud-Kivu et à l'ouest par la résidence du vicaire général et des prêtres catholiques (ancienne maison alpha) et le Complexe Scolaire Shaloom. Ce miroir d'eau est cimenté et séparé en deux petits miroirs d'eau dont la partie superficielle est entourée par une ceinture de quelques carreaux blancs. Une petite bache bleue est attachée dans chaque miroir d'eau pour créer l'abri des crocodiles. Entouré par une clôture en treillis, le miroir d'eau du CRH/Uvira en général a 8,70 m de longueur et 4,65 m de largeur. Ce miroir d'eau est alimenté par une eau chlorée du robinet. Sa profondeur moyenne est de 0,80 m. En 1983 et 1992, ce centre avait reçu deux crocodiles d'une même espèce (*Mecistops leptorhynchus*) en détresse, capturés par les pêcheurs dont leurs tailles variant entre 40 et 60 cm. Le CRH/Uvira les a gardés pour les intérêts scientifiques et éducatifs. En 2010, Matthew H. Shirley, un chercheur américain travaillant dans le Groupe des Spécialistes des Crocodiles du monde (GSC), arriva au CRH/Uvira a pu examiner ces crocodiles et trouva qu'ils sont tous mâles. Il préleva aussi de l'ADN au niveau des écailles et du mucus buccal. Le CRH/Uvira les nourrissait des poissons frais (*Lates stappersii*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis machrochir*, *Oreochromis tanganyicae* et *Oreochromis niloticus eduardianus*) pêchés dans le lac Tanganyika et dans des zones inondées de la rivière Ruzizi. Malheureusement, ces deux crocodiles sont tous morts suite à des maladies inconnues. La ville d'Uvira est traversée par trois grandes rivières dont la Kavimvira, la Mulongwe et la Kalimambenge [18]. Elles prennent leur origine dans les Monts Mitumba entre 2400 et 1800 m d'altitude pour se déverser directement dans le lac à 779 m en traversant des zones escarpées à fortes dénivellations. Depuis lors, la ville d'Uvira connaît des problèmes d'érosions majeurs et de glissements de terrain successifs qui transportent des alluvions qu'ils déposent aux pieds des terrasses, occasionnant ainsi les zones d'inondation en détruisant les maisons et elles bouchent les buses d'évacuation des eaux et débordent sur les routes et vont ensevelir partiellement l'habitat [19].

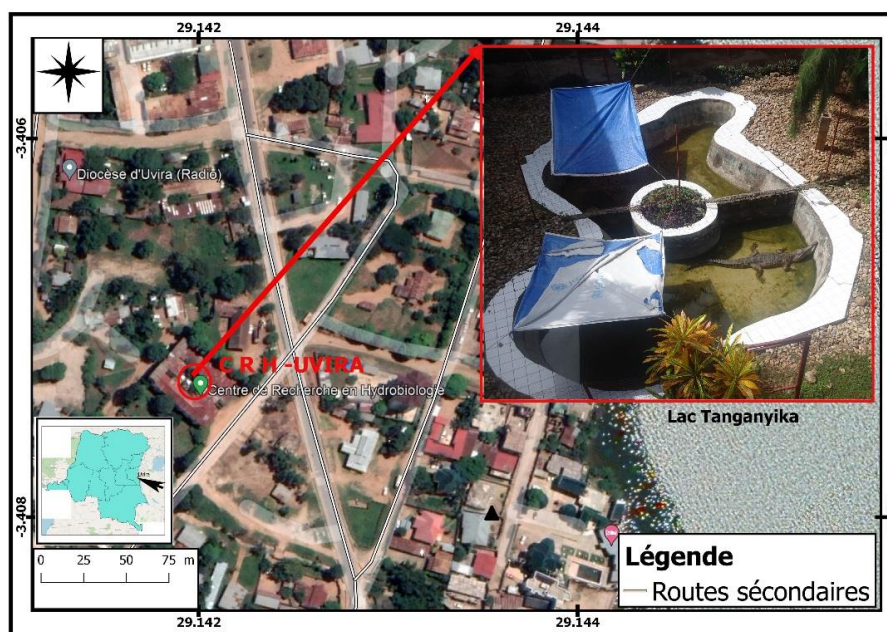


Figure 1 : Localisation du bâtiment du CRH/Uvira et illustration des miroirs d'eau de crocodiles

## 2-2. Procédure de la mesure des paramètres physico-chimiques et de la collecte des macroinvertébrés benthiques

Pour la mesure de la qualité de l'eau, huit principaux paramètres physico-chimiques (température (°C), pH, oxygène dissous (DO, ppm), conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), solide dissous totaux (TDS, ppm), salinité (PSU), saturation (OD %, ppm) et oxydation-réduction potentielle (mVORP) ont été mesurés in situ entre 6 heures et 8 heures du matin à l'aide d'une sonde multiparamétrique de la marque HANNA HI 98194, pH/ EC/ DO multiparameter entre janvier et juin 2019. La méthode consistait à plonger les électrodes dans l'eau de chaque miroir jusqu'à la stabilité de la sonde afin de lire et de prélever les valeurs. Les échantillons des macroinvertébrés benthiques ont été récoltés au niveau de deux miroirs d'eau de crocodiles du CRH/Uvira au courant de cette même période à l'aide du filet troubleau de 1 mm de diamètre de maille. La méthode utilisée consiste à enfoncer ce filet légèrement entre le fond des miroirs d'eau pendant 5 minutes de façon à ce que tous les éléments organiques soient entraînés dans le filet. Ces organismes récoltés sont ramenés au laboratoire et fixés au formol à 5 % dans des bocaux en plastiques étiquetés. Au laboratoire, les spécimens ont été rincés à l'eau du robinet afin de diminuer la concentration du formol, triés, regroupés selon les ressemblances et ensuite dénombrés. L'identification des individus a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire de la marque Nikon SMZ 745 en se référant aux ouvrages et clés d'identification standards [20 - 25]. Après la détermination, les organismes ont été conservés dans des piluliers contenant de l'alcool à 70 %.

## 2-3. Analyses statistiques

Nos données obtenues ont été traitées à l'aide du logiciel Past (version 2.16). Ce logiciel nous a permis d'établir les variations spatiales des paramètres physico-chimiques de deux stations prospectées, de calculer les abondances relatives et des indices de diversité ainsi que le degré de similarité entre les stations.

## 3. Résultats

### 3-1. Variation des propriétés physico-chimiques des eaux des miroirs d'eau

Le **Tableau 1** présente les valeurs moyennes de huit paramètres physico-chimiques de la qualité des eaux dans les deux stations d'étude prospectées. L'analyse du pH révèle que l'eau est la plus basique dans les deux stations, il oscille entre 9,38 et 9,11. Nos observations sur l'analyse des données des températures au niveau des miroirs d'eau de crocodiles révèlent qu'il n'y a pas assez des valeurs différentes. Ces dernières varient entre 25,49 et 25,27 °C. La valeur élevée de l'oxygène dissous (4,14 ppm) a été obtenue dans le miroir 2 et la faible valeur (3,99 ppm) a été enregistrée dans le miroir 1. Les valeurs de conductivité observées varient entre 180 et 153,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Le taux de solides dissous présente des valeurs qui varient entre 62,6 et 70,6 ppm. Ainsi donc, la valeur de Solide Dissous Totaux la plus élevée (70,7 ppm) a été enregistrée dans le miroir 2 et la plus faible (62,6 ppm) dans le miroir 1. Les valeurs de salinités sont très faibles et elles varient entre 0,06 et 0,08 PSV. La valeur de pourcentage de saturation en oxygène est comprise entre 59,05 et 56,82 %. Les valeurs du potentiel redox enregistrées varient entre 23,7 et 26,52 mV. Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques calculées par le test t de Student indiquent que la différence n'est pas significative entre les deux miroirs d'eau de crocodiles.

**Tableau 1 : Variation des valeurs moyennes de conditions environnementales de l'eau**

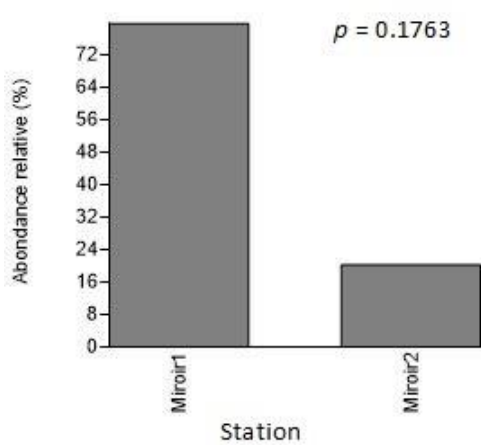
Paramètres physico-chimiques de l'eau	Miroir 1	Miroir 2	p-value
Température (°C)	25,4 ± 0,06	25,27 ± 0,22	1,534
pH	9,38 ± 0,55	9,11 ± 0,53	0,5087
Oxygène dissous (DO, ppm)	3,99 ± 0,39	4,14 ± 0,42	0,3834
Conductivité électrique (µS/cm)	180 ± 51,6	153,8 ± 23,84	0,785
Solides dissous totaux (TDS, ppm)	62,6 ± 5,92	70,6 ± 9,12	1,086
Salinité (PSU)	0,06 ± 0,02	0,08 ± 0,03	1,5
Saturation (OD%, ppm)	59,05 ± 2,38	56,82 ± 4,54	0,5578
Oxydation-Réduction Potentielle (mVORP)	23,7 ± 4,68	26,52 ± 4,14	0,5938

**3-2. Richesse taxonomique et abondances des macroinvertébrés benthiques récoltés**

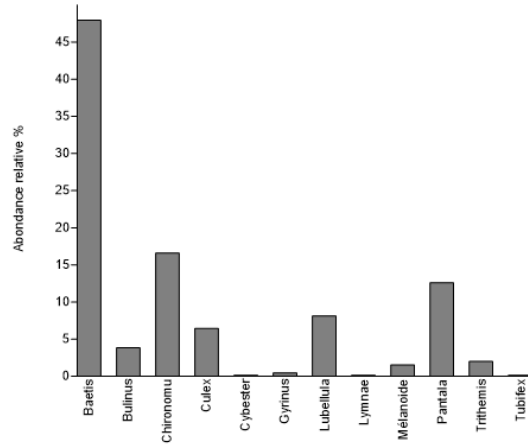
L'inventaire des macroinvertébrés benthiques des miroirs d'eau de crocodiles du CRH/Uvira a enregistré un total de 651 individus identifiés en 12 genres et 17 taxons dont 9 taxons dans le miroir 1 et 8 taxons dans le miroir 2. Ces 12 genres appartiennent à 4 embranchements, 3 classes, 8 ordres et 10 familles. La classe des insectes a été la plus abondante et la plus diversifiée avec 94,32 % de spécimens répartis dans 4 ordres, 6 familles et 7 genres. Les autres classes telles que les Gastéropodes et les Oligochètes ont été moins représentées avec respectivement 5,68 et 0.002 % (Tableau 2). L'étude a permis de constater à travers la Figure 2 que les abondances relatives étaient plus élevées dans le miroir 1 (79,7 %) que dans le miroir 2 (20,3 %). Ainsi, le test *t* de Student calculé entre les nombres d'individus des macroinvertébrés benthiques collectés montre qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux stations en terme des abondances relatives ( $p = 0,1763$ ). Par ailleurs, le genre *Baetis* a largement dominé dans toutes les deux stations prospectées avec 47,93 %, suivi respectivement des genres *Chironomus* et *Pantala* (16,59 et 12.60 %) (Figure 3). Les abondances relatives présentées à la Figure 4 montrent qu'un grand nombre de spécimens des macroinvertébrés capturés étaient au stade larvaire (93,39 %) par rapport aux adultes (5,99 %) et nymphes (0,61 %). La Figure 5 indique que les organismes des macroinvertébrés benthiques ont été plus abondamment prélevés sur la marge de profondeur variant entre 0,67-0,74 m. Par contre, la profondeur qui varie entre 0,53-0,6 m a enregistré le faible effectif total. La variation de l'indice de Shannon et d'Equitabilité est présentée ci-dessous (Figure 6), c'est ainsi que la diversité calculée à l'aide de l'indice de Shannon renseigne que ces deux stations sont diversifiées avec des valeurs observées dans le miroir 1 ( $H = 1.495$ ) et miroir 2 ( $H = 1.499$ ). Au sein de ces mêmes habitats, les individus sont équitablement répartis entre les espèces comme l'attestent les valeurs de l'indice d'Equitabilité dans le miroir 1 ( $E = 0.68$ ) et dans le miroir 2 ( $E = 0.72$ ). Sur base des données de présence-absence, les deux stations présentent une similarité de 40 % (Figure 7).

**Tableau 2 : Riche taxonomique et abondance des macroinvertébrés benthiques collectés dans les miroirs d'eau de crocodiles**

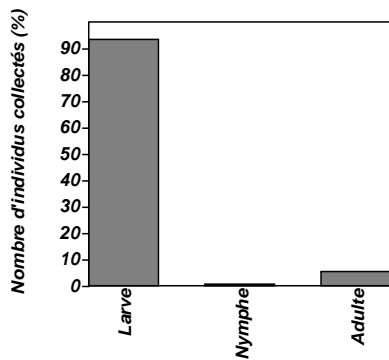
Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Miroir 1	Miroir 2	Effectifs
Arthropodes	Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i>	252	60	312
			Odonates	Libellulidae	<i>Lubellula</i>	53	0
		<i>Trithemis</i>			0	13	13
		<i>Pantala</i>			48	34	82
		Coléoptères			Gyrinidae	<i>Gyrinus</i>	2
			Dysticidae	<i>Cybester</i>	0	1	1
		Diptères	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	103	5	108
			Culicidae	<i>Culex</i>	34	8	42
Annélides	Oligochètes	Tubificida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	1	0	1
Mollusques	Gastéropodes	Hygrophila	Planorbidae	<i>Bulinus</i>	25	0	25
		Sorbeoconcha	Thiariidae	<i>Melanooides</i>	0	10	10
		Hygrophila	Lymnaeidae	<i>Lymnae</i>	1	0	1



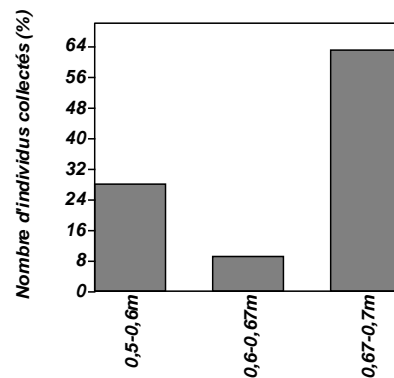
**Figure 2 :** Répartition des abondances relatives des macroinvertébrés dans les stations



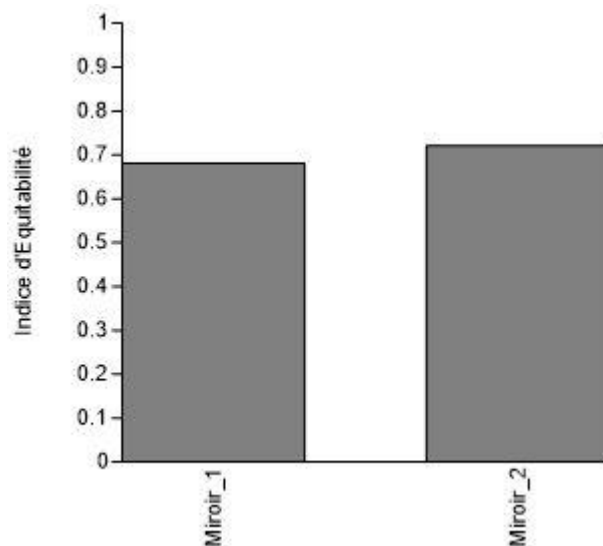
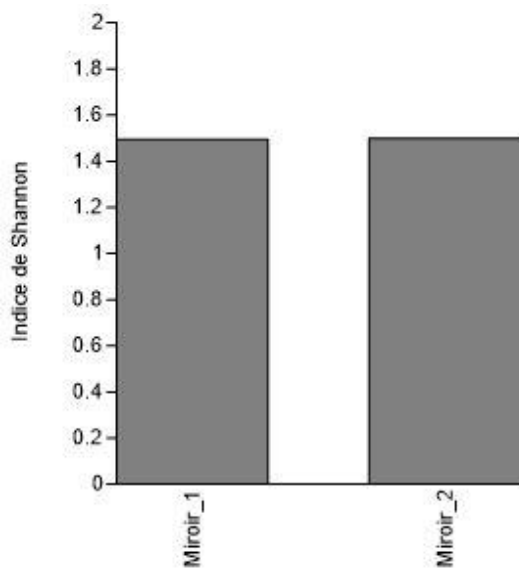
**Figure 3 :** Répartition des abondances relatives des genres des macroinvertébrés



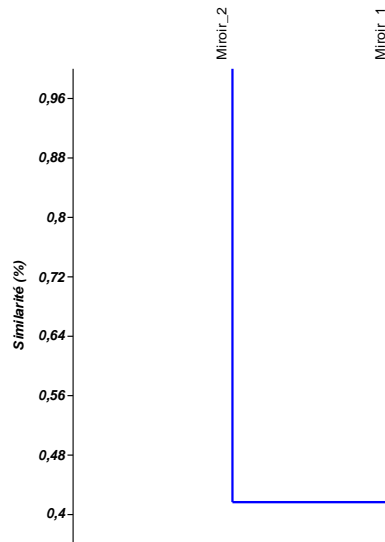
**Figure 4 :** Abondances relatives des macroinvertébrés selon les stades de développement



**Figure 5 :** Variation des macroinvertébrés selon la profondeur



**Figure 6 :** Valeurs des indices de Shannon et d'Equitabilité dans les deux miroirs d'eau



**Figure 7 :** Dendrogramme de similarité de Jaccard entre les deux miroirs d'eau

## 4. Discussion

### 4-1. Caractères physico-chimiques des miroirs d'eau de crocodiles

Les facteurs physico-chimiques influencent sur la vie des organismes dans le milieu aquatique [26, 27]. L'ensemble de ces éléments permet d'évaluer le degré de pollution des cours d'eau et d'apprécier leur capacité à s'auto épurer [28]. Partant de nos résultats sur les paramètres physico-chimiques des eaux des miroirs d'eau de crocodiles, nos observations révèlent que certaines valeurs des paramètres physico-chimiques mesurées (température, pH, conductivité, etc) sont supérieures à celles obtenues dans les affluents de la partie nord-ouest du lac Tanganyika et des cours d'eau du Parc National de Moukalaba Doudou au sud-ouest du Gabon [15, 26, 29]. Par contre, certaines d'entre elles sont proches à celles trouvées sur des rivières côtières du Sud-Est de la Côte d'Ivoire, du bassin cotonnier du Bénin (Afrique de l'Ouest), dans les rivières Ntahangwa et Kinyankonge (au Burundi), dans les zones littorales anthropisées et non anthropisées du lac Kivu et de la station d'épuration de Buterre, Burundi [30-32]. L'élévation de certaines de ces valeurs peut être influencée par la température ambiante causée par le rayonnement solaire, la concentration d'ammoniac et la présence importante en sels dissous.

### 4-2. Richesse taxonomique et abondances des macroinvertébrés benthiques

Cette étude a permis de récolter 651 spécimens des macroinvertébrés benthiques identifiés en 12 genres et répartis en 4 embranchements, 3 classes, 8 ordres et 10 familles. Le nombre d'individus récoltés et des taxons ont été très faibles par rapport à ceux inventoriés par [3, 11, 13, 15, 17, 27, 33 - 35]. Cette faible richesse taxonomique pourrait être expliquée par l'absence de différents microhabitats dans ces miroirs d'eau. Les résultats obtenus pendant cette étude montrent clairement que les insectes représentent le groupe taxonomique le plus abondant dans la capture. Ces résultats corroborent plusieurs études qui ont également signalés la prédominance de la classe des insectes dans les écosystèmes aquatiques [4, 12, 26, 33 - 35]. Ceci est expliqué par le fait que la majorité des macroinvertébrés benthiques d'eau douce appartiennent à la classe des insectes [22]. Parmi les insectes récoltés, l'ordre des Ephéméroptères a obtenu lui seul 47,9 % d'individus

capturés suivi de l'ordre des Diptères avec 23,04 %. Les résultats de [33] affirment aussi que les Ephemeroptères ont présentés 88,9 % d'occurrence sur la liste des macroinvertébrés benthiques collectés dans les stations du complexe lagunaire Toho-Todougba au Sud-Ouest du Bénin. La présence relative des abondances relatives de la famille des Baetidae (Ephemeroptères) dans les miroirs d'eaux du CRH/Uvira traduirait une bonne qualité des eaux pour leurs milieux de reproduction.

## 5. Conclusion

Cette étude a permis de faire un premier inventaire des macroinvertébrés benthiques des miroirs d'eau de crocodiles du Centre de Recherche en Hydrobiologie (CRH/Uvira) dont l'échantillonnage total a réalisé 651 spécimens collectés et repartis en 4 embranchements, 3 classes, 8 ordres, 10 familles et 12 genres. De manière générale, l'analyse de la structure de la faune benthique des stations prospectées révèle que les familles les plus abondantes sont celles des Baetidae et Chironomidae. Nos observations montrent que la classe des insectes présente le groupe taxonomique le plus abondant dans la capture et l'analyse statistique des valeurs des indices de Shannon et de l'Equitabilité révèle qu'un milieu en équilibre. L'indice de similarité calculé a aussi mis en évidence l'existence d'une faible similarité entre les deux stations étudiées et cela montre qu'il n'y a pas d'affinité entre ces deux miroirs d'eau. En outre, la caractérisation physico-chimique indique que les eaux de ces miroirs d'eau sont basiques, les températures sont plus élevées que celles des affluents et elles sont proches de celles des lacs Tanganyika et Kivu à cause de faible profondeur des miroirs d'eau et le fond est cimenté. A l'issue des résultats de cette étude, les principales propositions et recommandations suivantes devraient être prises en considération : i) développer les connaissances relatives à l'écologie des peuplements des macroinvertébrés benthiques identifiés dans ces miroirs d'eau, ii) faire l'inventaire de la dynamique de phytoplancton et iii) élaborer un système de monitoring de la qualité des eaux.

## Remerciements

*Nous adressons nos sincères remerciements aux membres de Département de Biologie et d'Hydrologie pour leur contribution aux travaux de terrain, de laboratoire et de réalisation de cet article.*

## Références

- [1] - B. D. C. OERTLI, J. E. CASTELLA et J. B. LACHAVANNE, Diversité biologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de Suisse, Université de Genève, Laboratoire de l'Ecologie aquatique, Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, Projet 783-BA-11113, 1996-99, (2000) 348 p.
- [2] - J. MOISAN et L. PELLETIER, Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec-Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction de suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, (2008) 86 p.
- [3] - A. ARMELLIN, Les communautés de macro-invertébrés benthiques : un indicateur de la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques appliqués au Fleuve Saint-Laurent. Publié avec l'autorisation du ministère du Développement durable ; de l'Environnement et des Parcs du Québec, (2010)
- [4] - V. C. MBETE, P. MBETE, I. Z. ARMEL et V. MAMONEKENE, Diversité de la faune des macroinvertébrés benthiques dans la lagune Loya, à l'extrême sud du Congo Brazzaville. *Journal of Animal & Plant Sciences*, (3) (2021) 8518 - 8526, <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v47-3.3>



- [5] - W. L. HILSENHOFF, Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society*, 7 (1) (1988) 65 - 68
- [6] - M. C. ZAMORA, C. E. SÁINZ-CANTERO, A. SÁNCHEZ-ORTEGA, J. ALBA-TERCEDOR, Are biological indices BMPW' and ASPT' and their significance regarding water quality seasonally dependent? - Factors explaining their variations. *Water Research*, 29 (1995) 285 - 290
- [7] - J. C. MORSE, Y. J. BAE, G. MUNKHJARGAL, N. SANGPRADUB, K. TANIDA, T. S. VSHIVKOVA, B. WANG, L. YANG, C. M. YULE, Freshwater Biomonitoring with Macroinvertebrates in East Asia. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 52 (1) (2007) 33 - 42
- [8] - D. NARANGARVUU, C. B. HSU, S. H. SHIEH, F. C. WUC, P. S. YANG, Macroinvertebrate assemblage patterns as indicators of water quality in the Xindian watershed, Taiwan. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17 (2014) 505 - 513
- [9] - T. P. HELIOTT, Biodiversité des communautés d'invertébrés benthiques des rivières de la Guadeloupe et réponses aux perturbations anthropiques. Thèse de doctorat en Ecologie des systèmes aquatiques. Université Paul Sabatier. Soc., 7 (2014) 65 - 68
- [10] - D. ZIRIRANE, J. J. BAGALWA, M. ISUMBISHO, M. MULENGEZI, I. MUKUMBA, M. BORA, J. M. MUCHESO, A. LUKAMBA, G. IRAGI, B. IRENGE, F. KIBANGU et R. KAMANGALA, Evaluation comparée de la pollution des rivières Kahuwa et Mpungwe par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques. *Vertigo- la Revue Electronique en Sciences de l'Environnement*, 14 (3) (2014)
- [11] - J. C. NGOAY-KOSSY, S. H. Z. TOGOUET, S. P. WANGO, S. F. B. OUANTINAM, S. TCHAKONTE et P. CHRISTOPHE, Bioindicateurs des milieux aquatiques lotiques en République Centrafricaine : Macroinvertébrés benthiques et pression anthropique du Cours d'eau Nguitto. *Revue de l'Ecologie (Terre et Vie)*, 73 (4) (2018) 603 - 616
- [12] - B. R. MBOYE, A. A. KOUMBA, J. DZAVI, G. S. TCHINGA, F. MENBOHAN et J. D. MBEGA, Abondance, diversité et valeur indicatrice des macroinvertébrés benthiques des Cours d'eau forestier du bassin versant de la Mabounié au Gabon, *Afrique SCIENCE*, 17 (1) (2020) 89 - 103
- [13] - I. E. SHABANI, M. H. LIU, H. X. YU, J. B. B. MUHIGWA, W. A. EKOKO and C. JINGJING, "Benthic macroinvertebrates and physicochemical variables of streams in the Guli River National Wetland Park, Greater Khingan Mountains, Northeast China", *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 31 (3) (2021) 854 - 861
- [14] - S. AMUNDALA, M. BISIMWA, M. NGERA et F. NIHOREYE, Inventaire de l'ichthyofaune, zooplancton du lac Tanganyika et des macroinvertébrés benthiques de quelques-uns de ses affluents près d'Uvira. Projet BEATRA, Rapport de la seconde session de formation de Juillet-Août, (2002) 87 p.
- [15] - B. L. HYANGYA et M. P. ISUMBISHO, Essai d'évaluation de l'influence des activités anthropiques sur la physico-chimie, la composition et l'abondance du plancton et des macroinvertébrés du littoral du lac Tanganyika (Cas des zones littorales le long de Bujumbura (Burundi) et Uvira (RD-Congo) au nord du lac). *Sciences de l'environnement*, (2012), ffhah- 00806750f
- [16] - S. R. RUKAHUSA, A. C. SHEKANI, N. N. BUGABANDA and S. I. EKYAMBA, Benthic invertebrates of natural ponds of Ruzizi plain, Democratic Republic of the Congo. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6 (2) (2018) 381 - 386
- [17] - S. R. RUKAHUSA, N. N. BUGABANDA, M. D. RISASI and K. D. ASSANI, Survey on Socio-Economic Characteristics and Catch Assessment of Fisheries Traditional of the Northwestern Part of Lake Tanganyika in Uvira, DR Congo. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 4 (12) (2019) 450 - 457
- [18] - L. ILUNGA, Etude des sites majeurs d'érosion à Uvira (RD Congo). *Geo-Eco-Trop*, 30 (2) (2006) 1 - 12
- [19] - V. D. DAMME, The Freshwater Mollusca of Northern Africa. Distribution, Biogeography and Palaeoecology. *Developments in hydrobiology*, 25 (1984) 164 p.

- [20] - J. A. DAY, A. D HARRISON and I. J. DE MOOR, Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Diptera, Vol. 9, (2003). WRC Report No.TT 201/02
- [21] - H. TACHET, P. RICHOUX, M. BOURNAUD, Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie, (2000), (2002), (2003) 587 p.
- [22] - R. STALS and I. J. DE MOOR, Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa. Coleoptera, Vol. 10, (2007). WRC Report No. TT 320/07, ISBN 978-1-77005-629-9
- [23] - M. FORCELLINI, C. MATHIEU et S. MERIGOUX, Atlas des macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion. *Convention de la recherche et développement*, (2008 - 2011) 137 p.
- [24] - M. L. YAPO, D. P. BOUA, K. N. KONE and D. DRAMANE, Diversity and distribution of aquatic insects in Koko and Natiokobadara dam lakes in Korhogo (North Côte d'Ivoire), *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8 (6) (2020) 15 - 22
- [25] - M. KOUMBA, H. K. MIPOUNGA, A. A. KOUMBA, C. R. KOUMBA, B. R. MBOYE, J. F. LIWOUWOU, J. D. MBEGA et J. F. MAVOUNGOU, Diversité des macroinvertébrés et qualité des Cours d'eau du Parc national de Moukalaba Doudou (sud-ouest du Gabon), *Entomologie faunistique- Faunistic- Entomology*, 70 (2017) 107 - 120
- [26] - S. SANOGO, I. COMPAORE, I. ENOU, M. B. SOMDA, R. B. OUEDRAOGO, B. OUATTARA and K. A. TINKOUDGOU, Etude comparée de la structuration des macroinvertébrés benthiques de Cours d'eau urbain et péri-urbain à l'Ouest du Burkina Faso, *International Journal of Development Research*, 11 (01) (2021) 43173 - 43184, <https://doi.org/10.37118/ijdr.20711.01.2021>
- [27] - J. DE VILLERS, M. SQUILBIN et C. YOURASSOWSKY, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la gestion de l'Environnement/Observatoire des données de l'environnement, (2005) 16 p.
- [28] - K. LUMAMI, S. AMUNDALA, K. S. MUHISA et A. TIKI, Analyse comparative des résultats physicochimiques des eaux du bassin versant Nord-Ouest du Lac Tanganyika (de 1958 à 2010), Université de Kisangani, *Ann. Fac. Sci.*, 16 (1) (2014) 191 - 215
- [29] - S. BUHUNGU, E. MONTCHOWUI, E. BARANKANIRA, C. SIBOMANA, G. NTAKIMAZI et C. A. BONOU, Caractérisation spatio-temporelle de la qualité de l'eau de la rivière Kinyankonge, affluent du Lac Tanganyika, Burundi, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12 (1) (2018) 576 - 595
- [30] - B. L. HYANGYA, J. W. RIZIKI, P. M. MASILYA, F. Z. ZABENE, G. L. ALUNGA, B. M. KANINGINI and A. B. KANKONDA, Physico-chemical characterization of littoral water of Lake Kivu (Southern basin, Central Africa) and use of water quality index to assess their anthropogenic disturbances, *World Water Policy*, (2021) 1 - 28, DOI: 10.1002/wwp2.12059
- [31] - P. C. MPAWENAYO, P. NTAKIYIRUTA, D. RUCAKUMUGUFI, B. G. H. BRITO et G. NSAVYIMANA, Traitement tertiaire des eaux usées dans le système lagunage naturel par Phytoremédiation : cas de la station d'épuration de Buterre, Burundi. *Afrique Science*, 20 (2) (2022) 131 - 145
- [32] - H. B. P. CAPO-CHICHI, D. ADANDEDJAN, H. AGADJIHOUEDE, M. T. A. HOUELOME et P. A. LALEYE, Diversité des macro-invertébrés benthiques du complexe lagunaire Toho-Todougba au Sud-Ouest du Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, Numéro Spécial Développement Agricole Durable (DAD), (2018) 1840 - 7099
- [33] - M. L. YAPO, D. P. BOUA, K. N. KONE and D. DRAMANE, Diversity and distribution of aquatic insects in Koko and Natiokobadara dam lakes in Korhogo (North Côte d'Ivoire), *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8 (6) (2020) 15 - 22
- [34] - K. C. MUNGANGA, K. S. MUTANDA, B. N. MUAMBA, K. L. NZADIMWENA, L. W. SWANA et P. V. KIAMFU, Evaluation de la Qualité Écologique de la Rivière Musolo à Kinkole Basée sur les Macroinvertébrés Benthiques (Kinshasa, R.D Congo), *European Journal of Scientific Research*, 155 (2) (2020) 162 - 176