



Evaluation de la qualité de l'eau de la rivière Nyamuhinga avec deux indices biotiques au niveau de la famille des macroinvertébrés benthiques

Mudekereza A. N.^{1*}, Lina A. A.², Shabani E.³

¹Département d'Environnement, Faculté des Sciences, Université Catholique de Bukavu, B.P. 285-Bukavu, RD Congo

²Département de Biologie, Université Officielle de Bukavu, B.P.-570, RD Congo

³Département de Conservation et Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Goma, B.P. 204-Goma, RD Congo

*Auteur correspondant : akonkwa.mudekereza@ucbukavu.ac.cd

Article info: reçu: 22 août 2023, accepté: 25 novembre 2023, publié: 31 décembre 2023

Résumé : Les activités anthropiques menées au bord des rivières touchent aux propriétés de ces dernières en affectant en même temps la diversité des espèces qui s'y trouvent. Ce travail était axé sur l'évaluation de la qualité de l'eau de la rivière Nyamuhinga en utilisant les deux indices biotiques dont Biological Monitoring Working Party et Average Score Per Taxon. Les objectifs spécifiques de l'étude étaient de caractériser les paramètres physicochimiques des eaux de la rivière Nyamuhinga, de déterminer la diversité des macroinvertébrés benthiques dans les sites d'échantillonnage, évaluer la qualité de l'eau de la rivière Nyamuhinga, et d'évaluer l'influence des paramètres environnementaux de l'eau sur la distribution des macroinvertébrés benthiques. Les analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel R. Les résultats ont mentionné au total, 1489 spécimens des macroinvertébrés benthiques échantillonnés, et répartis dans 3 phylums, 4 classes, 9 ordres, 27 familles et 28 genres. Le genre *Hydropsyche* (Tricoptère) était plus abondant (31.36%). Le pH et la profondeur ont influencé positivement la distribution des Odonates, les Basommatophora et les Araneae dans les sites 2 et 3. Le total des solides dissous (TDS) et la conductivité ont influencé négativement la distribution des coléoptères dans le site 5. Les valeurs obtenues de Biological Monitoring Working Party (BMWP) oscillent entre 24 et 68, et celles d'Average Score Per Taxon (ASPT) varient entre 1.3 et 3.6. Ces valeurs ont caractérisé la qualité de l'eau de la rivière Nyamuhinga médiocre (polluée). Les sites de la rivière Nyamuhinga se manifestent perturbés par les activités anthropiques et la multiplication des carrières des pierres qui déversent la terre en direction de cette rivière, ce qui la remplit en profondeur. La rivière Nyamuhinga est aussi utilisée dans divers travaux de ménages. On y déverse de grandes quantités des eaux usées des ménages et des égouts des latrines en provenance de la commune de Bagira ; ce qui influencerait d'une manière ou d'une autre non seulement l'eau de cette rivière mais aussi la santé des populations riverains qui utilisent l'eau de cette rivière. A l'issue des résultats, des mesures de contrôle de la pollution des eaux s'avèrent être une priorité pour protéger durablement cet écosystème aquatique.

Mots Clés : Qualité de l'eau ; Diversité ; Macroinvertébrés benthiques ; Rivière Nyamuhinga

1. Introduction

La Terre est souvent appelée la planète bleue parce que près de trois quarts de sa surface sont recouverts par les océans et les mers (<https://www.sciences.be.com>).



Les habitats d'eau douce représentent moins de 1 % de la superficie totale de la planète, mais abritent 10 % de tous les animaux connus et jusqu'à 40 % de toutes les espèces de poissons connues. Malgré leur importance pour la vie en tant que source d'eau potable, pour soutenir les cultures par l'irrigation, fournir de la nourriture sous forme de poisson, alimenter les maisons par des barrages et transporter des marchandises par barges, les habitats d'eau douce disparaissent à un rythme alarmant (<https://www.worldwild.org>).

Les perturbations environnementales dues aux activités anthropogéniques telles que l'agriculture, l'industrie et les besoins vitaux ne cessent de se multiplier dans de nombreuses régions du globe terrestre et entraînent diverses pollutions des eaux tant souterraines que superficielles (Malmqvist et Rudle, 2002; Bagalwa, 2006). Ces pollutions provoquent certaines maladies épidémiques véhiculées par les eaux continentales telles que le choléra, la fièvre typhoïde, le paludisme, la schistosomiase et la paratyphoïde (Labbo et al., 2003; Alhou, 2007).

La Convention de Ramsar sur les zones humides, dans son rapport de 2018 sur l'état des zones humides et de leurs services à l'humanité, estime que 35 % des zones humides ont disparu entre 1970 et 2015, un rythme trois fois supérieur à celui des forêts. Cette diminution de la couverture mondiale des zones humides naturelles représentent une menace pour les espèces animales et végétales qu'elles abritent. De ce fait, le rapport estime qu'un quart d'entre elles sont menacées de disparition. En conséquence, les services écosystémiques qu'elles apportent aux populations sont compromis (<https://www.ramsar.org/fr/a-propos/limportance-des-zones-humides>).

Cela fait à ce que plus de deux milliards des personnes dans le monde n'ont pas accès à l'approvisionnement en eau potable et la moitié de la population du monde en développement souffre de maladies dues à la contamination de l'eau (ONU, 2019).

Suivant cette considération, l'accès à l'eau dans le monde est devenu un problème majeur, non résolu dans de nombreux pays, et très souvent lié à la pauvreté. Malgré l'abondance de l'eau sur notre planète, la quantité d'eau douce disponible en représente une petite proportion. La gestion de la ressource s'inscrit depuis une dizaine d'années dans les objectifs pour le millénaire (<http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/actions-france.com>).

Au niveau continental, l'Afrique est réputée pour disposer d'abondantes ressources en eau même si, malheureusement, plus d'un tiers de la population africaine vit actuellement dans des milieux où l'eau est une ressource rare et, par conséquent, fait l'objet de conflit (van Kote, 2012).

La République Démocratique du Congo (RDC) est l'un des pays d'Afrique possédant les ressources hydrologiques les plus importantes (PNUE, 2011). Elle seule représente 25% des ressources en eau douce continentale (Galland, 2012), l'écoulement total de 30% en Afrique provient du bassin du fleuve Congo (Paquerot, 2007). Malgré toute cette abondance de réserve en eau douce, la RDC fait face aujourd'hui à une crise aiguë de l'approvisionnement en eau potable.

La présente étude s'intéresse à l'état de santé de la rivière Nyamuhinga. Cette rivière reste aujourd'hui une menace pour la population riveraine. Jadis, elle pouvait avoir entre 3 et 5 mètres de profondeur mais, de nos jours, elle se voit largement couverte de sédiments, ce qui risque de provoquer un débordement sur ses rives. Sur place, on remarque que la rivière est réduite en longueur et en largeur. Ce phénomène s'explique par la multiplication des carrières d'extraction



des pierres qui déversent de la terre en direction de la rivière, ce qui la remplit en profondeur. Etant utilisée dans divers travaux de ménages, elle reçoit de grandes quantités des eaux usées des ménages, des égouts et des latrines en provenance de la commune de Bagira. Ceci impacterait d'une manière ou d'une autre non seulement la santé des populations utilisant les eaux de ladite rivière mais aussi l'écosystème littoral du lac Kivu (Capart, 1959 ; Verbeke, 1957 ; Mumbere, 2004).

Au vu de son importance car couvrant les besoins de bien des ménages riverains, cette rivière mérite une attention particulière dans le sens de monitoring pour attester la qualité de ses eaux. Cette étude visait à déterminer la diversité des macroinvertébrés benthique ; et évaluer la qualité de l'eau de la rivière Nyamuhinga.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

La rivière Nyamuhinga est située en République Démocratique du Congo, Province du Sud-Kivu, en la commune de Bagira. Cette dernière est localisée entre 1600 m et 2000 m d'altitude avec une altitude moyenne de 1500 m ; 28°- 31° de longitude Est, 2° de latitude Sud. Elle prend sa source en territoire de Kabare plus précisément à Kakoma-Mulwa. De la source à Nyakavogo, son lit est en grande partie rocailleux. Elle présente de nombreuses chutes et des rapides sur son parcours et des espaces déboisés l'entourent de part et d'autre. C'est l'une des rivières du bassin versant du flanc Sud de Bukavu en République Démocratique du Congo. La rivière Namuhinga est l'une des rivières du bassin versant du flanc sud-ouest de lac Kivu en RDC (Irengé, 2012). La population environnante est constituée en grande partie des agriculteurs et des vendeurs, sa faune comprend les amphibiens, les macroinvertébrés et les crabes. La flore aquatique de la rivière Nyamuhinga est constituée des algues et des macrophytes. Les substrats varient selon les sites d'échantillonnage.

2.2. Echantillonnage

2.2.1 Prélèvement des macroinvertébrés benthiques

Le prélèvement des macroinvertébrés benthiques a été effectué au niveau de six sites de la rivière Nyamuhinga à l'aide d'un filet troubleau de mailles de 250 à 500µm, par la méthode homme-surface. Celle-ci consiste à entrer dans le site à l'aide des bottes et puis à manipuler le filet par un coup de pieds (Touzin, 2008 ; Melhaoui et Berrahou, 2009). L'échantillonnage a été effectué à des endroits accessibles et peu profonds pendant une période allant du 17 Aout 2022 au 29 Septembre 2022. La collecte a permis d'obtenir une diversité en macroinvertébrés benthiques avec une détermination systématique jusqu'au niveau de l'embranchement (phylum), la classe, l'ordre, de la famille et le genre selon les groupes. Par endroits, les substrats inférieurs (roches, graviers, macrophytes, et boue), végétation et tous les débris flottants ou submergés ont été explorés avec les mains (Cubaka et al. 2019) pour y déceler les spécimens qui y étaient accrochés (Touzin, 2008). Les différentes récoltes étaient à chaque fois versées sur un tamis de



500 μ m de mailles pour un pré-tri en séparant les matières grossières et la récupération des spécimens à l'aide d'une pince entomologique (AFNOR, 2010).

Les spécimens étaient conservés dans les bocaux étiquetés et contenant de l'alcool concentré à 70%. Et les bocaux étaient ensuite transportés au laboratoire pour les analyses.

2.2.1.1 Travaux de laboratoire et identification de macroinvertébrés

Une fois au laboratoire, les échantillons conservés dans des bocaux étiquetés par site étaient rincés sur une série de tamis de mailles de tailles décroissantes (500 à 200 μ m) (Moussa et al., 2014) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers. Le contenu de tamis était ensuite versé sur un plateau pour le groupement des taxa effectué à l'aide d'une pince entomologique (Cubaka et al., 2019). L'observation et identification étaient réalisées à l'aide d'une loupe binoculaire et de microscope en utilisant les clés d'identification de Verneaux (1973) ; Micha et Nois (1992) ; Nieser (2004) ; Melhaoui et Berrahou (2009) ; Tachet et al. (2009) ; Leclercq et al. (2010). Le but de l'identification est de déterminer la qualité des classes systématiques présentes dans l'échantillon (diversité) et la présence des groupes taxonomiques les plus sensibles. L'identification était réalisée sur les larves, les nymphes et les adultes.

2.3. Analyse statistique

Les indices de diversité biologique, dont la richesse taxonomique, l'abondance, les indices de Shannon-Wiener (H'), d'Equitabilité de Pielou (j), et de Margalef (d) étaient calculés pour chaque site d'échantillonnage dans le logiciel PAST.

Les différences significatives entre les sites d'étude ont été calculées avec l'analyse de variance (ANOVA) ou le test de Kruskal-Wallis pour les données non paramétriques à l'aide du package RcmdrPlugin.FactorMineR dans le logiciel R. Nous avons exploré une analyse canonique des correspondances (ACC ou CCA) dans le logiciel R pour décrire les tendances communautaires des macroinvertébrés benthiques et identifier les variables physicochimiques qui expliquent mieux la distribution des macroinvertébrés benthiques sur les sites d'étude. Une analyse en composantes principales (ACP ou PCA) basée sur une matrice de corrélation entre les échantillons a été utilisée pour analyser les facteurs physicochimiques à l'aide du package RcmdrPlugin.FactorMineR dans le logiciel R.

2.4. Evaluation de la qualité de l'eau

Pour l'évaluation de la qualité de l'eau, les indices biotiques dont le Biological Monitoring Working Party (BMWP) et l'Average Score Per Taxon (ASPT) ont été calculés pour chaque site d'échantillonnage. Les valeurs de BMWP fournissent la meilleure estimation disponible de la vraie sensibilité de chaque taxon au stress dû à la pollution. La valeur de l'ASPT pour un site donné, qui est une moyenne des valeurs de BMWP, qui fournit la meilleure estimation disponible de l'état du site par rapport au stress dû à la pollution. L'ASPT est la valeur de BMWP de



l'échantillon, décrite dans la section sur le nombre de familles, divisé par le nombre de familles ayant contribué à la valeur de BMWP (Walley et Hawkes, 1996).

Les familles sensibles à la pollution ont des valeurs élevées et celles tolérantes à la pollution ont des valeurs faibles (Walley and Hawkes, 1996 & 1997). Les indices biotiques peuvent refléter objectivement les effets globaux des polluants sur la communauté des macroinvertébrés benthiques et l'accumulation à long terme des polluants.

Tableau 1. Classes de qualité de l'eau basées sur les indices biologiques : Biological Monitoring Working Party (BMWP) et l'Average Score Per Taxon (ASPT) (Zamora-Munoz, 1995 ; Chapman et Jackson, 1996 ; Hawkes, 1997 ; Walley et Hawkes, 1997):

Classe	Catégorie	BMWP	ASPT	Interprétation
I	Très bien	>100	>7	Non polluée ou sans impact
II	Bien	71 – 100	6 – 6.9	Propre, mais légèrement polluée
III	Modérée	41 – 70	5 – 5.9	Modérément polluée
IV	Médiocre	11 – 40	4 – 4.9	Polluée
V	Très médiocre	0 – 10	0 – 3.9	Fortement polluée

3. Résultats

3.1. Composition des macroinvertébrés benthiques et bio-évaluation de la qualité de l'eau

3.1.1. La composition des macroinvertébrés benthiques

Un total de 1489 individus a été inventorié dans 6 sites d'échantillonnages, répartis dans 3 phylums, 4 classes, 9 ordres, 27 familles et 28 genres (Tableau 3). L'ordre des Odonates est le plus représenté avec 6 familles, 6 genres et 282 individus, suivi de l'ordre des Trichoptères avec 3 familles, 3 genres et 517 individus. L'ordre des Arachnides est faiblement représenté avec 1 famille, 1 genre et 17 individus (Figure 1). Le genre de *Hydropsyche* est le plus représenté avec 467 individus, suivi du genre *Coenagrion* avec 174 individus. Signalons que les individus des familles Sparassidae, Hydrophilidae, Leptoflébiidae, Ceratopogonidae et Cordulegasteridae n'ont pas été identifiés jusqu'au niveau du genre (Tableau 2).

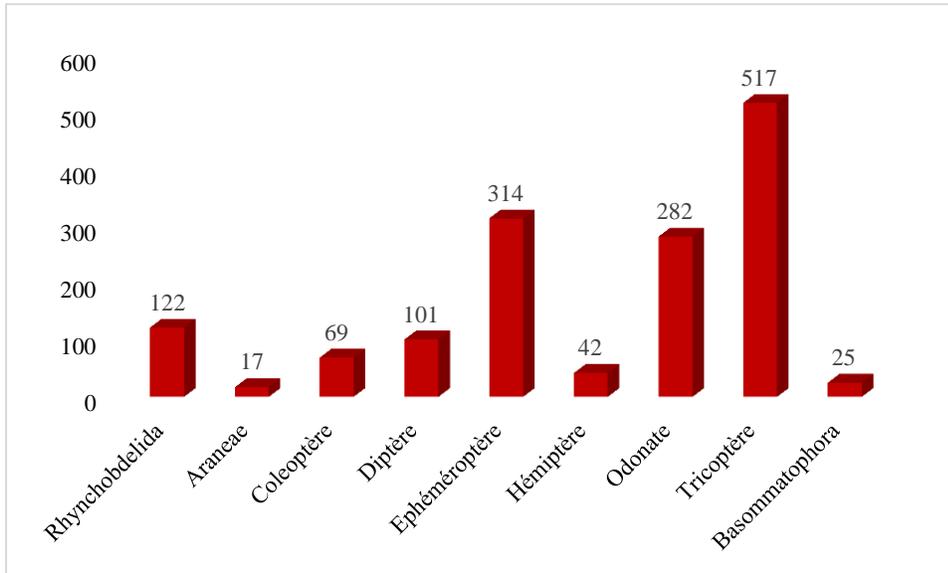


Figure 1. Variation de la représentativité des ordres de macroinvertébrés



Tableau 2. Aperçu systématique des macroinvertébrés benthiques collectés dans la rivière Nyamuhinga

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre	Nombre d'individus	
Annélide	Clitellate	Rhynchobdelida	Hirudinea	<i>Hirudo</i>	122	
Arthropode	Arachnide	Araneae	Sparassidae	<i>Inconu</i>	17	
		Insecte	Coleoptère	Distcidae	<i>Disticus</i>	13
	Elmidae			<i>Heterlimius</i>	53	
	Hydrophilidae			<i>Inconu</i>	3	
	Diptere		Similidae	<i>Similium</i>	6	
			Ceratopogonidae	<i>Dasyhelea</i>	2	
			Chironomidae	<i>Chironomus</i>	50	
			Syrphidae	<i>Eristalis</i>	8	
			Tipulidae	<i>Tipula</i>	35	
			Ephéméroptère	Heptagenidae	<i>Ecdyonurus</i>	113
				Amelidae	<i>Ameletus</i>	4
	Baetidae			<i>Baetis</i>	141	
	Leptoflébiidae			<i>Inconu</i>	4	
	Caenidae			<i>Caenis</i>	52	
	Hémiptère		Gerridae	<i>Gerris</i>	17	
			Corixidae	<i>Micronecta</i>	25	
	Odonate		Ceratopogonidae	<i>Inconu</i>	1	
			Coenagrionidae	<i>Coenagrion</i>	174	
			Cordulegasteridae	<i>Inconu</i>	4	
			Gomphidae	<i>Gomphus</i>	42	
			Lestidae	<i>Chalcolestes</i>	2	
			Libellulidae	<i>Libellula</i>	59	
	Tricoptère		Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	467	
Leptoceridae			<i>Oecetis</i>	2		
Philopotamidae		<i>Philopotamus</i>	48			
Mollusque	Gastéropode	Basommatophora	Planorbidae	<i>Planorbis</i>	22	
				<i>Bythinidae</i>	3	
Total					1489	



Le tableau 3 montre que le site 2 a une abondance relative la plus élevée soit 31,36%, suivi du site 3 avec 23,24%. Les sites 5 et 6 ont une abondance relative faible par rapport aux autres sites. La famille d'Hydropsychidae a une abondance relative la plus élevée avec 31,36%, suivi de la famille de Coenagrionidae avec 11,67%. Les résultats du test de Kruskal-Wallis ont montré que les moyennes des abondances relatives des macroinvertébrés diffèrent significativement entre les sites d'échantillonnage ($p = 0,0009$).

Tableau 3. Abondances relatives (%) des familles des macroinvertébrés benthiques échantillonnés par site dans la rivière Nyamuhinga

Taxon	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Total
Amelidae	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
Baetidae	1,14	3,56	1,68	1,95	0,00	1,14	9,47
Bithyniidae	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
Caenidae	1,14	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	3,49
Ceratopogonidae	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
Chironomidae	1,48	0,87	0,67	0,13	0,20	0,00	3,36
Coenagrionidae	1,95	5,84	3,56	0,34	0,00	0,00	11,69
Cordulegastridae	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
Corixidae	0,13	0,60	0,34	0,60	0,00	0,00	1,68
Dytiscidae	0,40	0,00	0,13	0,00	0,34	0,00	0,87
Elmidae	0,00	0,00	0,00	0,47	1,61	1,48	3,56
Gerridae	0,07	0,40	0,67	0,00	0,00	0,00	1,14
Gomphidae	0,07	1,41	0,00	0,00	1,34	0,00	2,82
Heptageniidae	1,01	0,54	3,56	1,21	0,20	1,07	7,59
Hirudinea	1,41	2,82	1,75	1,28	0,94	0,00	8,19
Hydrophilidae	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
Hydropsychidae	4,16	7,32	6,25	7,92	2,15	3,56	31,36
Leptoceridae	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
Leptophlebiidae	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,27
Lestidae	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,13
Libellulidae	0,00	0,67	3,29	0,00	0,00	0,00	3,96
Philopotamidae	0,94	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	3,22



Planorbidae	0,47	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48
Simuliidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40
Sparassidae	0,40	0,34	0,40	0,00	0,00	0,00	1,14
Syrphidae	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,40	0,54
Tipulidae	0,27	0,54	0,81	0,74	0,00	0,00	2,35
Total	15,65	31,36	23,24	14,91	7,19	7,66	100,00

3.1.2. Les indices biologiques et la bio-évaluation de la qualité de l'eau

La figure 4 indique que la richesse taxonomique du site 2 est plus diversifiée avec 20 genres, suivis du site 1 avec 19 genres. Nous observons qu'entre les sites 3 au 6, la richesse taxonomique décroît. Plus on descend vers le site 6, plus la richesse taxonomique diminue. Le site 6 est le plus faiblement diversifié avec 5 genres. Les sites 1 et 2 ont le même indice de Shannon (2,4) et le site 6 à l'indice de Shannon faible (1,3). Les sites 6 et 5 ont l'indice d'équitabilité de Pielou élevée (0,8 et 0,78, respectivement). Il s'observe que plus l'indice de Shannon diminue plus l'équitabilité de Pielou augmente dans les sites.

L'indice de Margalef du site 1 est plus élevé avec 3,3, suivi du site 2 avec 2,9. Entre les sites 3 et 6, l'indice de Margalef décroît. Plus on descend vers le S6, plus il diminue. Les valeurs de BMWP varient entre 24 et 69 avec les valeurs les plus élevées signalées dans les sites 1 et 2, et la moindre valeur est enregistrée dans le site 6. Les valeurs d'ASPT oscillent entre 1.3 et 3.6 avec la valeur la plus élevée enregistrée dans les sites 1 et 2, et la valeur la plus faible signalée dans le site 6. Signalons que les valeurs de BMWP et ASPT diminuent du S3 au S6 (Figure 2 ; Tableau 4). Le Tableau 5 montre les analyses de qualité de l'eau basées sur les indices biotiques de BMWP et d'ASPT. Les valeurs de BMWP montrent que les sites 1-4 sont modérément pollués, et les sites 5 et 6 sont pollués. Alors que les valeurs d'ASPT prouvent que tous les sites sont fortement pollués. D'une manière générale, la qualité de l'eau de la rivière Nyamuhinga est médiocre.

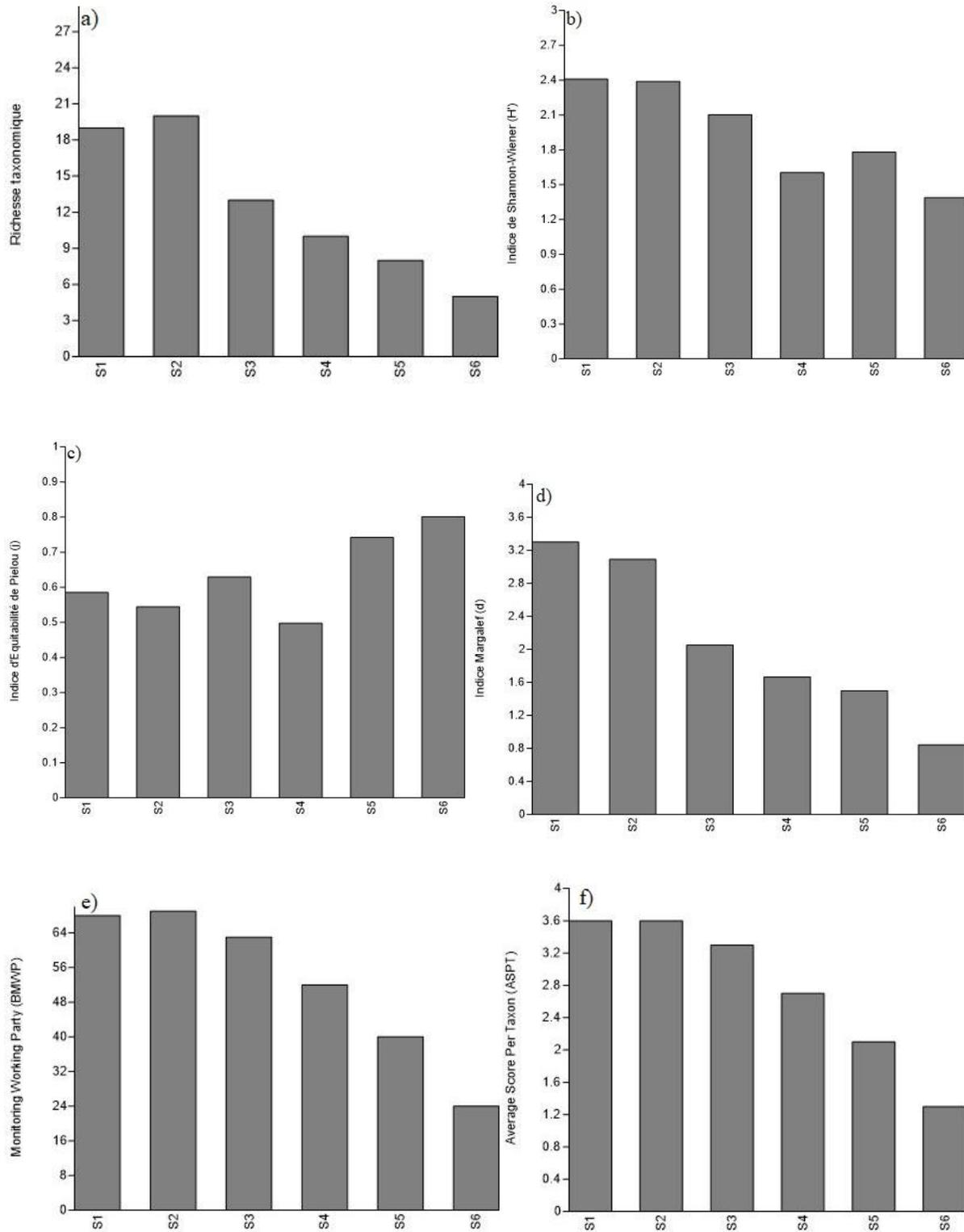




Figure 2. Nombre de taxa (a), indice de diversité de Shannon (b), indice d'équitabilité de Pielou (c), indice de Margalef (d), Monitoring Working Party (e) et l'Average Score Per Taxon (f) pour chaque site d'échantillonnage.

Tableau 4. Classes de qualité de l'eau basées sur les indices biotiques : Biological Monitoring Working Party (BMWP) et l'Average Score Per Taxon (ASPT)

Site	BMWP	Interprétation	ASPT	Interprétation
S1	68	Modérément polluée	3,6	Fortement polluée
S2	69	Modérément polluée	3,6	Fortement polluée
S3	63	Modérément polluée	3,3	Fortement polluée
S4	52	Modérément polluée	2,7	Fortement polluée
S5	40	Polluée	2,1	Fortement polluée
S6	24	Polluée	1,3	Fortement polluée

4. Discussion

Tenant compte des résultats du Tableau 2, il se remarque que 1489 individus des macroinvertébrés benthiques ont été collectés et répartis dans 3 phylums, 4 classes, 9 ordres, 27 familles et 28 genres. La classe des insectes était la plus abondante et plus diversifiée avec 6 ordres, 24 familles et 24 genres. La famille de Hydropsychidae était abondamment capturée avec 31,36%, suivie Coenagrionidae (11,69%), Baetidae (9,47%), Hirudinea (8,19%) et Heptageniidae (7,59%). Le genre *Hydropsyche* était abondamment collecté avec 467, suivi *Coenagrion* (174), *Baetis* (141), *Hirundo* (122) et *Ecdyonurus* (113). Ces résultats concordent avec ceux d'Irengé (2012) et Baguma (2016) confirmant l'abondance et diversité des insectes dans la rivière Nyamuhinga.

Pour ce qui est de la contribution des sites en abondance relative totale, il s'est remarqué que le nombre le plus élevé d'individus était dans le site 2 avec 31,34%, suivi du site 3 avec 23,24%. Les larves d'Ephémères et de Plécoptères sont connues comme de bons bio-indicateurs de l'eutrophisation des eaux courantes en raison de leur sensibilité à la raréfaction de l'oxygène. Une étude a également démontré qu'elles présentent un bon potentiel en tant que bio-indicateurs de l'eutrophisation des étangs (Véronique, 2014). De plus, les larves d'Odonates sont utilisées comme bio-indicateurs de la salinité de l'eau puisqu'elles vivent presque exclusivement en eaux douces. Depuis la grande vague d'industrialisation consécutive à l'évolution technologique des temps modernes et suite à la forte croissance démographique qui s'en est suivie, la qualité des eaux tant douces que maritimes n'a cessé de se détériorer (Reyjol, 2013). Et pourtant, la détérioration de la qualité des eaux affecte directement la vie des organismes qui en dépendent. La science développe ainsi des méthodes permettant l'utilisation de bio-indicateurs, qui sont des organismes ou un ensemble d'organismes (bactéries, macroinvertébrés, zooplancton ou



phytoplancton) capables de déterminer l'état de santé d'un écosystème aquatique (Véronique, 2014).

L'importante richesse spécifique des macroinvertébrés recouvre un large éventail de réponses aux changements environnementaux, et les réponses à ces perturbations varient d'une espèce à l'autre. Par exemple, certains organismes tolèrent de très basses concentrations en oxygène, comme le tubifex et les aselles tandis que d'autres, dits spécialistes, ont besoin d'une eau très oxygénée pour survivre, telles que certaines larves d'éphémères et de perles (WWF, 2007).

Les résultats ont prouvé que la richesse taxonomique présente une variation en fonction des sites. Les sites 1 et 2 ont présenté une richesse taxonomique élevée par rapport aux autres sites. La même tendance se fait remarquer sur les indices de Margalef, de Biological Monitoring Working Party (BMWP) et de score moyen par taxon (Average Score per Taxon).

D'après Frontier (1999), la diversité taxonomique ne reflète pas exactement la diversité fonctionnelle mais elle reste quand même, d'un point de vue général un indicateur de la complexité du système.

D'après le Tableau 4, les sites 1-4 ont présenté des valeurs de BMWP comprises entre 52 et 60, caractéristiques des eaux modérément polluées. Alors que les sites 5 et 6 ont représenté des scores compris entre 40 et 24, caractéristiques des eaux polluées.

Pour ce qui est des valeurs d'ASTP, les eaux de tous les sites d'échantillonnage étaient fortement polluées (scores entre 1,3 et 3,6).

La pollution observée dans ces eaux serait due aux activités anthropiques réalisées dans le milieu et particulièrement dans la rivière Nyamuhinga.

La pollution serait de même due au rejet des déchets biodégradables ou non biodégradables dans la rivière, affectant la qualité de ses eaux par suite du dépôt des sédiments que subissent les cours d'eau. Les organismes vivant dans un ou sur les sédiments sont affectés par les divers polluants dans ces sédiments. De plus, les organismes se nourrissant du benthos auquel les particules polluantes peuvent s'absorber, sont directement affectés par la pollution au niveau des sédiments (Bélanger, 2009). De ce fait, il est recommandé d'utiliser des organismes benthiques comme les macroinvertébrés ou les détritivores comme les Polychètes et les Crustacés (Bélanger, 2009). Aussi, une part importante des feuilles des arbres qui tombent ou sont entraînées par le vent dans les eaux stagnantes ou courantes ne se dégradent que très lentement sous l'action des microorganismes (bactéries et hyphomycètes). De même, les macroinvertébrés participent à la dissociation de ces feuilles en éléments plus fins pour faciliter l'action des microorganismes. Les processus sont en général plus rapides en eau courante qu'en eau stagnante car, dans ce dernier type d'habitat, l'accumulation des débris organiques est plus rapide et entraîne l'apparition de phénomènes d'anaérobiose qui ralentissent considérablement la décomposition de la matière organique (Tachet et al., 2009).



Conclusion

La présente étude qui a porté sur l'évaluation de la qualité de l'eau de la rivière Nyamuhinga avec deux indices biotiques au niveau de la famille des macroinvertébrés benthiques a eu comme objectif de contribuer à la connaissance de la faune des macroinvertébrés benthiques comme des bioindicateurs. Au total, 1489 spécimens des macroinvertébrés benthiques ont été échantillonnés, et répartis dans 3 phylums, 4 classes, 9 ordres, 27 familles et 28 genres. Le genre *Hydropsyche* (Tricoptère) était plus abondant (31.36%).

Les résultats ont montré que les valeurs obtenues de BMWP (24 et 68) et d'ASTP (1.3 et 3.6) ont caractérisé les eaux de la rivière Nyamuhinga polluées. Les sites de la rivière Nyamuhinga se manifestent perturbés par les activités anthropiques, par la multiplication des carrières des pierres qui déversent la terre en direction de cette rivière, ce qui la remplit en profondeur. Elle est aussi utilisée dans divers travaux de ménages. On y déverse de grandes quantités des eaux usées des ménages et des égouts des latrines en provenance de la commune de Bagira ; ce qui influencerait d'une manière ou d'une autre non seulement l'eau de cette rivière mais aussi la santé des populations riverains qui utilisent l'eau de cette rivière.

A l'issue de ces résultats, nous recommandons ce qui suit :

- Contrôler la pollution et gérer durablement les ressources en eaux de la rivière Nyamuhinga afin de protéger les organismes benthiques ;
- Elaborer un système de biomonitoring dans cette rivière ;
- Mener une étude similaire dans cette rivière durant une longue période ;
- Entreprendre à la population riveraine les actions de gestion de cette rivière pour sa durabilité.

Références bibliographiques

- AFNOR "Association Française de Normalisation" (2010), *Qualité écologique des milieux aquatiques : Qualité de l'eau, traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macroinvertébrés des cours d'eau*. Association Française de Normalisation; Prénorme expérimentale XP T90 – 333.
- Alhou, B. (2007), *Impact des rejets de la ville de Niamey (Niger) sur la qualité des eaux du fleuve Niger*. Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la paix Namur, Faculté des Sciences, Belgique. 199p.
- Bagalwa, M. (2006), The Impact of land use on water quality of the Lwiro River, Democratic Republic of Congo, Central Africa. *African Journal of Aquatic science*, 31 (1):137-143.
- Baguma, G. B. (2016), *Evaluation Biologique De La Qualité Des Eaux De La Rivière Nyamuhinga (Bassin Du Lac Kivu) Par Les Macroinvertébrés Benthiques*. Université Officielle De Bukavu.
- Belanger, D. 2009, *Utilisation de la faune macrobenthique comme bio-indicateur de la qualité de l'environnement marin côtier*. Mémoire de Maitrise, Université de Sherbrooke, Canada. 46p.



- Capart, A. (1959), A propos de l'introduction du Ndakala (*Stolothrissa tanganicae*) dans le lac Kivu. *Bull. Agr. Congo belge*, 50(4) : 1083 – 1088.
- Chapman, D., Jackson, J. (1996), *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programs*. United Nations Environment Program (UNEP) and the World Health Organization (WHO).
- Cubaka, K. A., Cirimwami, B. L., Bora-Uzima H., Lwambo, K. G., Baguma, B. G. (2019), Premiers inventaires de la diversité des macroinvertébrés aquatiques du lac Vert, Goma/Nord- Kivu, République Démocratique du Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 140: 14268 – 14280.
- Frontier, P., Pichod, V. (1999), *Dynamique des populations : Ecosystème structure, Fonctionnement, évolution*. Collection d'écologie, 2ème Edition. 447P.
- Galland, F. (2012), Eau et environnement : quels enjeux de sécurité pour le continent africain ? *Géoéconomie*, 1(60): 39-48.
- Hawkes, H. A. (1997), Origin and development of the biological monitoring working party score system. *Water Research*, 32: 964–968.
- Irengé, E. B. (2012), *Evaluation des qualités physicochimique et biologique des eaux de la rivière Nyamuhinga (Bukavu/RD-Congo)*. Mémoire de Master en Sciences de l'Environnement. Université Evangélique en Afrique. 75P.
- Labbo, R., Ernould, J.-C., Djinrilla, A., Sidiki, A., Chippaux, J.-P. (2003), Transmission de *Schistosoma Haematobium* dans la ville de Niamey, Niger. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 96(3): 178-182.
- Leclercq, L., Solite, M. M. (2010), *Clé simple de détermination des macroinvertébrés d'eau douce à l'usage de petit « gardien des rivières »*. Station Scientifique des Hautes-Fagnes; Université de Liège. 62P.
- Malmqvist, B., Rundle S. (2000), Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental conservation*, 29(2): 134-153.
- Melhaoui, M., Berrahou, A., (2009), *Echantillonnage et étude des macro-invertébrés de Moulaya du MAROC*.
- Micha, J.C., Noiset, J.L. (1982), *Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et des rivières par les macro-invertébrés aquatiques*. Revue, 51-142P.
- Moussa, M. (2005), *Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureriers : caractéristiques physicochimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines*. 135P.
- Mumbere, M. A. (2004), *Alerte sur la gestion des écosystèmes du lac Kivu*. 42P.
- Nieser, N. (2004), Guide to aquatic heteroptera of Singapore and peninsular Malaysia III: Pleidae and Notonectidae. *The Raffles Bulletin of zoology* 52(1) : 79-96.
- ONU (2019), *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau*.
- Paquerot, S. (2007), Ressources en eau : les différentes facettes des conflits internationaux. *Lex Electronica*, 12(2): 1-28.
- PNUE, (2011), *Problématique de l'Eau en République Démocratique du Congo : Défis et Opportunités*. Rapport Technique, Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
- Reyjol, Y., Vassilis, S., Basilico, L. (2013), *Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques: Perspectives en vue du 2e cycle DCE – Eaux de surface continentales*. 64P.



- Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, P., Dessaix P. (2009), *Initiation aux invertébrés des eaux douces*. Association Française de Limnologie, Université Lyon. Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Geolab. 199p.
- Touzin, D. (2008), *Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec*. 52P.
- van Kote, G. (2012), *L'accaparement caché des ressources en eau de l'Afrique*. *Le Monde*.
- Verbeke, J. (1957), Recherches écologiques sur la faune des grands lacs de l'est du Congo belge : Résultats scientifiques de l'exploration hydrobiologique (1952-1954) des lacs Kivu, Edouard et Albert. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*, 3(1): 3-177.
- Verneaux, J. (1973), *Cours d'eau de Franche-comité (massif du Jura) : Recherche écologique sur le réseau hydrographique du Doubs-essai biotypologie*. Ed. CNRS. 228P.
- Véronique, B. (2014), *Les facteurs de sélection des bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques: Elaboration d'un outil d'aide à la décision*. Mémoire de maîtrise. Université de Sherebrooke.
- Walley, W. J., Hawkes, H. A. (1996), A computer-based reappraisal of the Biological Monitoring Working Party scores using data from the 1990 river quality survey of England and Wales. *Water Research*, 30(9): 2086–2094.
- Walley, W. J., Hawkes, H. A. (1997), A computer-based development of the biological monitoring working party score system incorporating abundance rating, site type and indicator value. *Water Research*, 31(2): 201-210.
- WWF (2007), *Macro-invertébrés-les habitants du fond de la rivière : importance des macro-invertébrés dans le cours d'eau*. In WWF. Riverwatch: Factsheet Macroinvertébrés.
- Zamora-Munoz, C., Sáinz-Cantero, C. E., Sánchez-Ortega, A., Alba-Tercedor, J. (1995), Are biological indices "BMPW AND ASPT" and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variations. *Water Research*, 29(1): 285–290.

Site web

<https://www.sciences.be.com>

<https://www.worldwild.org>

<https://www.ramsar.org/fr/a-propos/limportance-des-zones-humides>

<http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/actions-france.com>