



Université de Goma
«UNIGOM»



Pax ex scientia splendet

Domaine des Sciences et Technologies

Parlons Terre et Biodiversité

Volume 1, Numéro 2, 2023

Revue Scientifique Pluridisciplinaire

Décembre 2023



ISSN 2959-0558 (en ligne)
ISSN 2959-054X (imprimé)

Parlons Terre et Biodiversité

Revue – Université de Goma

Domaine des Sciences et Technologies

Campus du Lac Vert/Mugunga, Goma, Nord-Kivu, RD Congo

Contacts : +243 972 147 722 / +243 998 033 878

E-mail : terre.biodiversite@unigom.ac.cd

Site web: www.pugoma.com

ISSN 2959-0558 (en ligne)

ISSN 2959-054X (imprimé)

B. P. 204 GOMA – RDC

© Presses Universitaires de Goma (PUGO)

Décembre 2023

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Directeur de publication:

Kasereka Vitekere, Ph.D.

Editeur en Chef:

Shabani Ekyamba, Ph.D.

Editeurs associés:

Badriyo Agama, Ph.D.

Minani Iragi, Ph.D.

Maombi Masinda Mbusa, Ph.D.

Milenge Kamalebo, Ph.D.

Mushagalusa Cirhuza, Ph.D.

Kyungu Kasolene, Ph.D.

Mango Itulamyia, Ph.D.

Malikidogo Kyangwi, Ph.D.

Prosper Luundo, Ph.D.

Habakaramo Macumu, Ph.D.

Mafuko Nyandwi, Ph.D.

Rizinde Hakizimana, Ph.D.

Editeurs techniques:

Muhindo Musubao, MSc.

Mangaza Nondo, MSc.

Mahamba Byanikiro, MSc.

Londa Lokoto, MSc.

Muhindo Rusangiza, MSc.

Musubao Kako, MSc.

David Malimbo, MSc.

Ekoko Wetshokonda, MSc.

Sommaire

Politique éditoriale.....	i
Politique d'accès libre (open access policy).....	ii
Politique en matière de plagiat.....	iii
Editorial.....	iv
Etude qualitative, quantitative et gestion des déchets hospitaliers dans le Quartier Les Volcans, ville de Goma, Nord-Kivu, RD Congo.....	058
Evaluation de la qualité de l'eau de la rivière Nyamuhinga avec deux indices biotiques au niveau de la famille des macroinvertébrés benthiques.....	070
Etude de la Diversité malacologique des rivières de Kalunguta, Territoire de Beni, Nord-Kivu, RDC.....	084

Politique éditoriale

Parlons Terre et Biodiversité est une revue scientifique semestrielle qui paraît donc deux (2) fois dans l'année, aux mois de *juin* et *décembre*. C'est une revue pluridisciplinaire qui publie des contributions originales (en français et en anglais) dans les domaines de géologie, écologie appliquée, environnement, biogéographie, zoologie, botanique, biotechnologie, paléontologie, biodiversité, biométrie, hydrobiologie, biochimie, physiologie, microbiologie, pêche et aquaculture, mathématiques, physique, chimie, foresterie, sciences de l'ingénieur et climatologie. En vertu du code d'éthique et de déontologie de la revue, toute contribution est l'apanage de son auteur, et non celle de *Parlons Terre et Biodiversité*. Les responsabilités pénales sont donc à l'actif du contributeur.

Politique d'accès libre (open access policy)

Ce journal est en accès libre, ce qui signifie que tout le contenu est disponible gratuitement pour l'utilisateur ou son institution. Les utilisateurs sont autorisés à lire, télécharger, copier, distribuer, imprimer et consulter sans demander l'autorisation préalable de l'éditeur ou de l'auteur.

Politique en matière de plagiat

Le plagiat est défini comme un article reproduisant le travail d'un autre auteur avec au moins une grande similarité et sans citation. Si des preuves suffisantes de plagiat sont trouvées avant/après l'acceptation ou la publication de l'article, l'auteur en supportera les conséquences juridiques. Le manuscrit sera rétracté et l'auteur ne pourra plus publier d'articles dans "*Parlons Terre et Biodiversité*".

Éditorial

Depuis quelques années, l'utilisation soutenue de l'approche quantitativiste pour évaluer les publications scientifiques s'impose. Par le simple fait de publier, le chercheur contribue à alimenter tout un système de relations entre une multitude de données bibliométriques sur la production des résultats de recherche. Publier c'est avant tout rendre visible ses travaux et diffuser des connaissances nouvelles. Publier c'est aussi se rendre visible dans la communauté scientifique internationale. Cela permet ainsi de développer son employabilité, évoluer tout au long de sa carrière, ou encore obtenir des financements pour sa recherche.

Dans le cadre de la gestion des déchets hospitaliers, **Alexandre Lohelo, Kasereka Vitekere, Mahamba Byanikiro** et **Shabani Ekyamba** ont trouvé que les déchets non dégradables sont abondants dans l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu (HPNK) et l'Hôpital Heal Africa (HHA). Pour qu'il y ait une meilleure gestion des déchets hospitaliers, ces chercheurs suggèrent d'informer le personnel de santé sur les risques et la gestion des déchets hospitaliers ; choisir un endroit hors de l'hôpital pour l'incinération des déchets hospitaliers ; isoler le circuit de transport des déchets du personnel de santé, le personnel non hospitalisé et les patients ; sensibiliser le personnel de santé sur les risques de déchets hospitaliers par des séances d'éducation sur la gestion ; et utiliser des techniques récentes pour l'élimination des déchets hospitaliers.

Pour lutter contre la pollution des écosystèmes aquatiques, **Mudekereza Akonkwa Nicole, Lina Aleke Alex** et **Shabani Ekyamba** ont constaté que 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 influence d'une manière ou d'une autre non seulement l'eau de ce biotope d'eau douce mais aussi la santé des populations riverains qui utilisent l'eau de cette rivière. Ils recommandent la mise en place des mesures de contrôle de la pollution des eaux pour protéger durablement cet écosystème aquatique.

Dans le même sens de protéger la biodiversité aquatique, **Kalindiro Kasereka Roger** mène une étude sur la faune malacologique des rivières de Kalunguta à Beni. Il identifie cinq espèces des

mollusques, dont *Potadoma ignobilis*, *Potadoma liricineta*, *Bulinus* sp., *Limneae* sp., *Melanoides* sp. Il souligne que les macroinvertébrés aquatiques sont les bioindicateurs de la qualité de l'eau et jouent un rôle indéniable dans la chaîne trophique. D'où la gestion des ressources en eau et le contrôle de la pollution devraient être une priorité pour prévenir la disparition des organismes benthiques dans les rivières de Kalunguta.

Directeur de publication:

Kasereka Vitekere, Ph.D.

Editeur en Chef:

Shabani Ekyamba, Ph.D.





Etude qualitative, quantitative et gestion des déchets hospitaliers dans le Quartier Les Volcans, ville de Goma, Nord-Kivu, RD Congo

Lohelo A.*, Vitekere K., Mahamba B., Shabani E.

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

*Auteur correspondant : alexloheloalexandre@gmail.com

Article info: reçu: 04 août 2023, accepté: 08 novembre 2023, publié: 31 décembre 2023

Résumé : cette étude visait à identifier et quantifier les déchets hospitaliers du quartier Les Volcans en vue de proposer un mode de gestion adapté dans la ville de Goma dans le but de maintenir un environnement sain au profit des générations actuelle et future. Pour y arriver un dispositif de collecte de données a été installé à chaque hôpital du 15 octobre au 12 novembre 2022, appuyé par un questionnaire d'enquête en vue de s'enquérir des informations relatives à la gestion des déchets. 24 types des déchets ont été recensés à l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu (HPNK) et 23 types de déchets à l'Hôpital Heal Africa (HHA) de Goma. Les déchets les plus représentés sont les déchets non dégradables avec 16 types. Les quantités moyennes sont de 208,27 kg avec un coefficient de variation (cv) de 20,43 % pour l'HPNK et de 167,67 Kg avec un cv de 21,9 % pour l'HHA. Ainsi, par extrapolation on se rend compte qu'à l'HPNK on peut produire 0,2 tonne avec un CV de 0,02 % et qu'à l'HHA 0,16 tonne avec un CV de 0,02 %. Les résultats d'ANOVA ont montré de différences significatives entre les quantités moyennes hebdomadaires de déchets collectées dans ces deux hôpitaux. La gestion des déchets hospitaliers est un problème réel dans l'HPNK et HHA. La formation continue et la sensibilisation du personnel sont parmi les stratégies à mettre en place pour une gestion rationnelle des déchets hospitaliers dans ces structures.

Mots clés : Qualification, Quantification, Déchets, Hôpital Provincial du Nord-Kivu, Hôpital Heal Africa, Goma

1. Introduction

En Afrique, la gestion des déchets infectieux représente une très grande menace compte tenu de l'absence de législation et de réglementation du secteur par les pouvoirs publics et du manque de spécialistes portant sur la procédure de traitement de ces déchets (Kheladi, 2015). Les recherches ont décrié l'état de la mauvaise gestion des déchets hospitaliers surtout dans les pays en voie de développement suite à leurs répercussions perverses sur la santé du personnel de soins, de la communauté et de l'environnement (OMS, 2005).

Cette situation dans les pays en voie de développement est particulièrement déplorable du fait des contraintes majeures comme l'absence des plans, et/ou des procédures de gestion interne, l'inexistence de données fiables sur les quantités produites, l'absence des données sur les pratiques de gestion des déchets hospitaliers et des technologies utilisées dans son traitement (Mahamat, 2009). Comme partout en République Démocratique du Congo, la situation de gestion des déchets hospitaliers laisse à désirer.

Plusieurs griefs y sont reprochés dont les principaux sont l'absence de cadre institutionnel et réglementaire fonctionnel et efficace ; le mélange des déchets biomédicaux aux autres déchets



ménagers suivi d'un système d'élimination inadéquate ; la non-implication des autorités politico-administratives dans la gestion des déchets et surtout la carence des données élaborées pouvant permettre la mise en œuvre d'un plan de gestion des déchets hospitaliers (Mahamat, 2009).

Cette étude a été conduite dans ce contexte de la carence des recherches sur la qualification, la quantification mais aussi la gestion des déchets et s'est proposée d'explorer un système des gestions des déchets hospitaliers et de rendre disponible des données pouvant permettre de sensibiliser les gestionnaires de structures sanitaires, les personnels médicaux et paramédicaux, la communauté et les autorités sur l'importance et l'urgence d'une mise en œuvre d'un système effectif de gestion des déchets hospitaliers de la ville de Goma. Il permettra aussi de comprendre les pratiques des gestions des déchets en termes de production, triage et collecte, transport et élimination selon (Kheladi, 2015).

Eu égard à tout ce qui précède, nous avons remarqué que la ville de Goma n'est pas épargnée de la mégestion des déchets hospitaliers et que l'élimination physique ainsi que la santé humaine ne font que subir ces effets, surtout qu'en ville de Goma s'observe un grand nombre de structures sanitaires qui ne respectent pas les normes d'une meilleure gestion des déchets, et cela contribue à la pollution de l'environnement et à la transmission des maladies infectieuses (Mahamat, 2009).

Ainsi, cette étude a visé à qualifier et de quantifier les types de déchets hospitaliers du Quartier Les Volcans particulièrement l'hôpital provincial du Nord-Kivu et Heal Africa, en vue d'y proposer un mode de gestion approprié et adapté dans la ville de Goma.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Selon la Mairie de Goma, le quartier Les Volcans est l'un des quartiers reconnus dans la commune de Goma, ville de Goma, province du Nord-Kivu (Figure 1). Il est situé entre longitude Est : 29° 14'00" et latitude Sud : 1°45'04" avec une superficie totale de 10 Km².

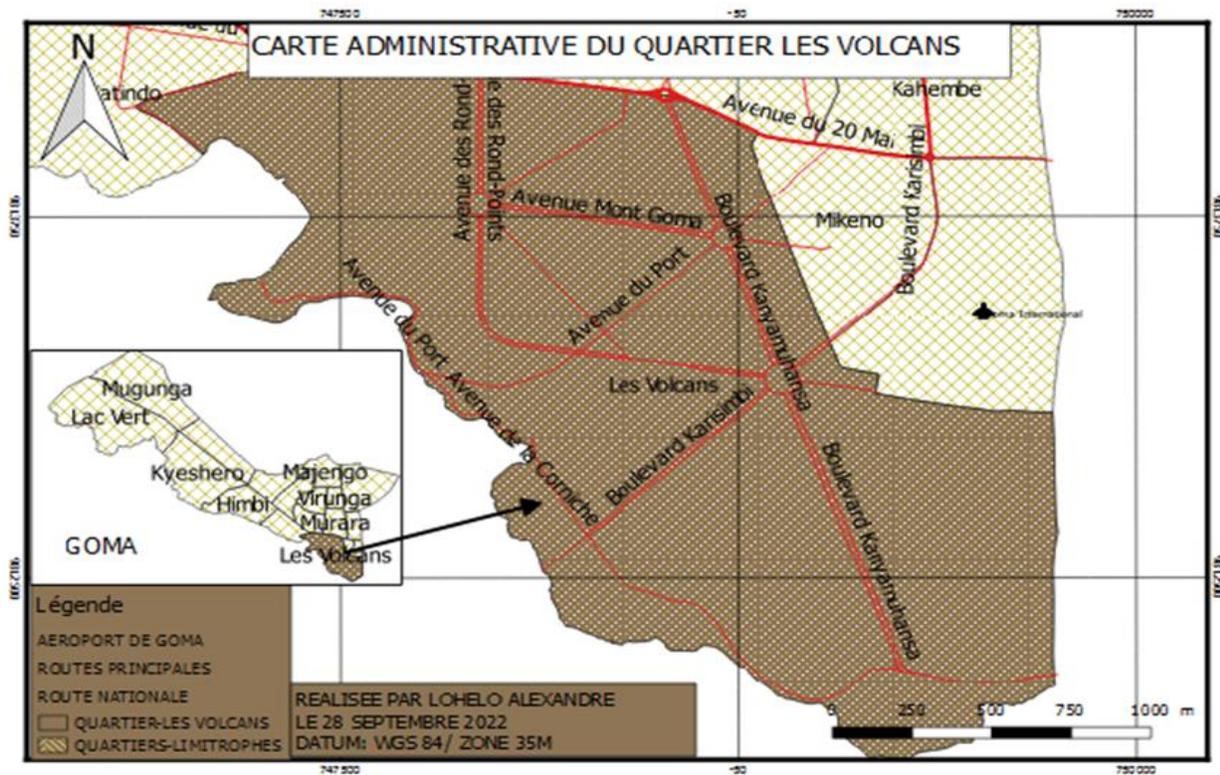


Figure 1. Carte administrative du quartier Les Volcans

2.2. Echantillonnage

L'échantillonnage pour cette étude a été réalisé durant un mois aux hôpitaux, Heal Africa (HHA) et Hôpital Provincial du Nord-Kivu (HPNK) de la ville de Goma. Pour se faire, des poubelles en plastique ont été placées devant chaque porte et aux couloirs de ces deux hôpitaux précités en vue de collecter les déchets. Chaque matin, nous passons aux hôpitaux récupérer les contenus des poubelles et les stocker dans des sacs en un endroit sûr en attendant leur qualification et quantification. Pour y arriver, des masques et des gants en plastique ont été portés en vue de nous protéger contre les infections et les accidents qui pourront surgir sur la santé.

Ainsi, la technique consistait à déverser les contenus des sacs/poubelles sur des bacs en plastiques en vue de procéder au triage et au regroupement des déchets rencontrés et selon différentes catégories à l'aide d'un trident et une paire des pinces. Après avoir groupé, la qualification a été faite à l'œil nu. Au même moment, le poids de chaque catégorie identifiée a été connu à l'aide d'une balance à corde de 100 Kg comme poids total de marque Hanson.

Quant à la gestion des déchets hospitaliers, un guide d'entretien de 21 questions soutenues par une interview a été soumis à nos enquêtés de ces deux hôpitaux, y compris les différents services de l'Etat ayant la charge d'assainissement de la ville de Goma dans leurs responsabilités,



notamment la mairie de Goma, la Division Provinciale de l'Environnement, la Direction Provinciale de la Santé (DPS) et le Bureau Central de la Zone de Santé (BCZ), ont aussi été consultés quant à ce.

Ainsi, les réponses par nos enquêtés aux questions posées ont été directement notées dans un carnet ou fiche de terrain, puis enregistrées dans un tableau Excel.

2.3. Analyse statistique

Les moyennes, les pourcentages, l'écart type et le coefficient de variation ont été calculés dans le logiciel Excel pour la description des résultats. L'ANOVA a été aussi appliquée dans le logiciel R (version R-4.3.1) pour trouver de différences significatives de moyennes journalières des déchets produits dans les deux hôpitaux investigués.

3. Résultats

3. 1. Qualification des déchets hospitaliers

L'analyse qualitative des déchets hospitaliers produits aux hôpitaux (HPNK et l'HHA) sont repris dans le tableau 1. Ce tableau montre que, 24 types de déchets regroupés ont été recensés à l'HPNK et 23 types de déchets à l'HHA de Goma. Les déchets les plus représentés étaient les déchets non dégradables avec 16 types.



Tableau 1. Liste des déchets produits au sein de l’HPNK et HHA de la ville de Goma.

Grande catégorie des déchets	Type de déchets	Sites d’échantillonnage	
		HPNK	HHA
<i>Biodégradables</i>	Reste d’aliments	+	+
	Les fruits différents	+	+
	Fleurs	+	+
	Les journaux	+	+
	Sangs	+	+
	Déchets issus de la salle d’opération	+	+
	Déchets issus de la maternité	+	+
	Déchets issus du service chirurgical	+	+
Non biodégradables	Bistouri	+	+
	Les déchets encombrants	+	+
	Les sondes diverses	+	+
	Les seringues	+	+
	Tubulures de perfusion	+	+
	Poches de sang et d’urines	+	+
	Gants à usage unique utilisés	+	+
	Sacs et bouteilles en plastiques vides	+	+
	Botte à usage unique	+	+
	Médicaments périmés	+	+
	Trousse de sérum	+	+
	Les Pampers et cotextes	+	+
	Verre souillée	+	+
	Emballages divers	+	-
	Emballages du matériel stérile	+	+
	Aiguille	+	+
Total	24	23	

Légende: + = présence, - = absence

3.2. Quantification de déchets hospitaliers

La quantification des déchets hospitaliers dans les deux sites de recherche se résume dans le Tableau 2. La lecture de ce tableau renseigne que les quantités moyennes de déchets produits mensuellement pour l’ensemble de déchets enregistrés dans les deux hôpitaux sont de 208,27kg



avec un cv de 20,43% pour l'HPNK et de 167,67kg avec un cv de 21,9%, ce qui montre qu'il existe des très grandes variations entre les jours du mois.

Tableau 2. Quantité moyenne mensuellement (kg) par catégorie des déchets hospitaliers produits dans les hôpitaux (HPNK et HHA) de la ville de Goma

Catégorie des déchets	Sites d'échantillonnage					
	HPNK			HHA		
	Moyenne (kg)	Ecart-type	cv (%)	Moyenne (kg)	Ecart-type	cv (%)
Biodégradables	70,26	8,38	11,92	92,07	9,59	10,41
Non biodégradables	138	11,74	8,5	75,6	8,69	11,49
Total (en kg)	208,27	20,12	20,43	167,67	18,28	21,9
Total (en tonne)	0,2	0,02	0,02	0,16	0,01	0,02

Il ressort du tableau 4 que les déchets non biodégradables étaient abondamment collectés chaque semaine dans l'hôpital provincial du Nord-Kivu alors que dans l'hôpital Heal Africa, les biodégradables étaient abondamment collectés dans les deux premières semaines d'échantillonnage. Les résultats de l'ANOVA ont montré qu'il existe une différence significative entre les moyennes hebdomadaires entre les types de déchets collectés dans ces deux hôpitaux.

Tableau 2. Comparaison des moyennes hebdomadaires (kg) entre les différentes catégories des déchets produits à l'HPNK et HHA

HPNK	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Biodégradable (kg)	93 ^a ±19,88	73,7 ^b ±16,94	64,61 ^c ±9,38	64,97 ^c ±9,65
Non-biodegradable (kg)	142,82 ^a ±21,92	132,91 ^b ±22,45	123,5 ^c ±18,78	171,98 ^d ±22,49
HHA	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Biodégradable (kg)	143,3 ^a ±22,03	84,54 ^b ±12,03	75,74 ^c ±13,56	64,7 ^d ±7,48
Non-biodegradable (kg)	80,54 ^a ±6,27	75,88 ^b ±10,86	76,14 ^c ±7,67	69,85 ^d ±8,26

Les moyennes ne partageant pas les mêmes lettres sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%.

3.3. La gestion des déchets hospitaliers

L'enquête menée au sein de l'HPNK et HHA pour la gestion des déchets hospitaliers a permis d'enquêter 39 agents chargés de la collecte. Notons que 89,7% des collecteurs ont signalé qu'ils collectent les déchets une fois par jour, alors que 10,3% collectent les déchets deux fois par jour.



Signalons que 84,6 % des collecteurs ont prouvé que les déchets sont bien emballés avant son élimination. Notons que 61,5% des collecteurs ont confirmé qu'il n'y a pas de services spéciaux pour le transport des déchets hospitaliers. Nous avons enregistré que 33,3 % des agents de collecte ont signalé qu'ils ne portent pas des tenues de protection lors d'évacuation des déchets. Soulignons que 69,2% des collecteurs ont dit qu'ils sont victimes des accidents lors de l'élimination des déchets hospitaliers. Notons que 66,7% des agents ont signalé qu'il n'y a pas de normes adéquates de traitement des déchets hospitaliers.

4. Discussion

En RD Congo, il est prévu que chaque structure hospitalière ait un service de l'hygiène hospitalière. Vu l'inefficacité du pouvoir public ou de l'inexistence d'une politique générale régissant la rudologie hospitalière, on jette des déchets hospitaliers partout sans se rendre compte de leurs conséquences sur la santé humaine et sur l'environnement.

Amina (2008) travaillant à Pouytenga (Burkina Faso), pense que la mise en œuvre de la stratégie de gestion des déchets ne devrait pas seulement viser les cadres du secteur de la gestion des déchets, mais aussi chercher à obtenir le soutien des citoyens et du secteur privé. La stratégie doit être un outil de mobilisation de tous les acteurs.

Les données sur la gestion des déchets dans notre milieu d'étude sont absentes dans la littérature. Ce qui pousse à préconiser un manque de stratégie de gestion des déchets dans ces structures et une faible connaissance des professionnels sur la gestion des déchets hospitaliers. Cela est dû par le fait, la population est ignorante et moins informée en matière de gestion de déchets par les services compétents ; c'est pourquoi, elle jette les déchets n'importe où et n'importe comment et sans contrôle.

Cette affirmation va en contradiction avec la proposition émise par Amina (2008), où elle pense que la participation de la population à la gestion des déchets lui permettra de mieux cerner la question, de changer de comportement, de s'impliquer et d'encourager l'initiative, et d'apporter sa contribution. Un dialogue sera nécessaire entre la municipalité et la population.

Par ailleurs, ce même auteur insiste en disant qu'une implication du secteur privé dans cette gestion pourrait donc être envisagée pour contribuer à la mise en place d'un système de gestion des déchets.

4.1. *Quantité de déchets hospitaliers produits*

La quantité moyenne mensuelle de déchets produite aux hôpitaux (HPNK et HHA) est respectivement de 208,27 kg et de 167,6 kg (Tableau 2). Pour MSP (2003) la production unitaire moyenne à l'échelle nationale est de 3kg/lit occupé par jour (Kiyombo, 2010). Le taux d'occupation des lits est un indicateur essentiel de la performance, de l'efficacité, et de l'efficacité des hôpitaux (Nkuna, 2007). Plus il augmente, plus l'hôpital est performant.

Ces résultats sont presque similaires à ceux trouvés aux Etats-Unis où la quantité de déchets était située entre 2,6 et 4 kg/lit occupé/jour (CICR, 2011).



Ces mêmes résultats ne s'écartent non plus de ceux trouvés au Japon par l'OMS en 2004 où le déchet biomédical produit par jour et par lit occupé par le malade était de 1,5 kg (OMS, 2005).

Les recherches antérieures du CICR en 2011 confirment que la capacité des déchets produits dans un établissement des soins de santé varie en fonction de structure (CICR, 2011). Cela se justifie par le fait que plus l'hôpital ne reçoit trop de patients, plus la quantité de déchets augmente. Pour Amina (2008), la présence des déchets et la prolifération des dépotoirs ont des impacts négatifs sur les ressources naturelles, le cadre de vie et les conditions sanitaires des populations. Les décharges sauvages représentent une menace sérieuse pour les enfants vivant dans les environs et à l'environnement de la ville, de façon générale.

Selon l'OMS, un quart de toutes les maladies affectant l'humanité est attribuable aux risques environnementaux notamment chez les enfants plus vulnérables que les adultes.

Par ailleurs, après comparaison, les quantités de déchets produits par département à l'HPNK et à l'HHA de Goma sont 10 fois moins que ceux trouvés en Tanzanie où il est de 0,84 kg/lit /jour (OMS, 2005). La même étude a été conduite dans les pays de la Méditerranéen et les recherches ont abouti aux résultats selon lesquels 1,3kg ont été produits par lit et par jour, et de 1,14-1,26 kg par lit et par jour au Bangladesh (OMS, 2005). Ces légères différences entre les hôpitaux sont dues par le nombre de patients et des services organisés.

4.2. Connaissances en matière de gestion des hospitaliers

En règle générale, la production des déchets hospitaliers. dépend de plusieurs facteurs, notamment les méthodes de gestion, le nombre de lits et le taux d'occupation, le nombre de patients traités quotidiennement, le degré de spécialisation des soins pratiques, le plateau technique, l'utilisation du matériel jetable (DHSA, 2004).

Nos résultats montrent que certains facteurs ne sont pas respectés, comme par exemple les méthodes de gestion des déchets, leur traitement et élimination. Les déchets sont jetés d'ici et là sans aucun contrôle. La gestion des déchets échappe à leur contrôle faute de moyen, manque de matériels appropriés.

L'OMS exige que chaque structure élabore son plan de gestion des déchets hospitaliers compte tenu de ses réalités environnementales. Un plan de gestion conçu de sorte à assurer la prise en compte effective des déchets hospitaliers et de manière spécifique sur toute filière de collecte et élimination finale dans toute la structure.

Pour ne pas improviser la gestion des déchets, il convient dans un premier temps de procéder à un inventaire de différents gisements de déchets, à savoir : quels types de déchets produits, en quelles quantités, et à quels moments. De plus, le recensement des produits et matières entrant dans la ville facilitera l'état des lieux préalables, une connaissance qui a pour but de construire un plan d'action (Amina, 2008).

Le même auteur signale que l'amélioration du cadre de vie et de préserver le bien-être des populations dans un environnement sain par la gestion des déchets en élaborant un plan de stratégies à coût optimisé et de qualité pour le développement de la ville. L'objectif majeur du



plan de gestion est d'assurer la qualité et l'efficacité du système de gestion pouvant sauvegarder la sécurité du personnel de santé contre la production de l'infection à VIH/SIDA, et de l'environnement ou des écosystèmes immédiats (OMS, 2000).

Selon Ndiaye (2005), l'élaboration d'un système de gestion a produit des résultats positifs dans la gestion des déchets hospitaliers au Sénégal où un plan de gestion des déchets a déjà été élaboré au niveau national, provincial et local afin d'atténuer les risques sanitaires et environnementaux. L'OMS recommande aux professionnels de santé et de l'entretien d'être formés et sensibilisés aux risques sanitaires et environnementaux engendrés par les déchets pour prétendre avoir une connaissance en matière de gestion des déchets hospitaliers (OMS, 2000).

4.3. Des stratégies d'amélioration du système de gestion des déchets à l'HPNK et HHA

Les résultats montrent une absence des stratégies d'amélioration du système de gestion des déchets hospitaliers à l'HPNK et HHA de Goma. Une mauvaise gestion des déchets a d'impacts négatifs sur la santé des professionnels, des malades et sur l'environnement. Selon l'article 3 de la loi cadre sur la gestion de déchets au Maroc (Bouhamid et Boutale, 1997), les établissements de soins : sont de gros producteurs des déchets hospitaliers et sont tenus d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination dans des conditions propres à éviter les effets nocifs sur le sol, la faune et la flore.

Les articles 25, 26, 27 et 28 du code d'hygiène et assainissement (RDC), mettent un accès sur ces déchets stipulant que tous les déchets issus des activités médicales, pharmaceutiques, vétérinaires ou de recherche, doivent être triés au niveau du lieu de production et mis dans le circuit spécifique dédié à chaque catégorie en fonction de la classification. Des fiches signalétiques d'indication des catégories de déchets par types de contenant doivent être affichées au niveau des lieux de tri et de collecte.

Le système de gestion des déchets solides devrait porter sur les études techniques, l'aménagement des décharges publiques et des voies d'accès, l'acquisition du matériel de transport des déchets, et enfin l'achat de matériel aratoire pour la mairie. Cet auteur recommande de faire une étude d'opportunité sur la valorisation des déchets organiques, à des fins de compostage (Amina, 2008).

Le conditionnement et le triage sont effectués dès la production pour éviter tout risque sanitaire et environnemental. Les cultures de laboratoires sont soumises au prétraitement (désinfection) sur place avant cheminement sur le lieu de traitement. Les sensibilisateurs devront organiser, avec l'aide de la population des séances de tri des déchets et l'incinération des matières non polluantes, ceci afin de les montrer comment elle doit procéder lors de leur collecte. Le ramassage des déchets se fera avec les mains protégées d'un sac en plastique ou de gants, ainsi la population comprendra très vite qu'il serait dangereux de toucher les déchets (Amina, 2008).

Le stockage des déchets conditionnés, avant le traitement, se fait dans un local aéré et sécurisé. Le local doit être régulièrement décontaminé (une fois par semaine au moins), de capacité suffisante et accessible au ramassage. La durée de stockage ne doit pas dépasser 48 heures. Cela



devrait interpeler les responsables de cette structure à prêter une particulière attention au triage à la source qui est une mesure de prévention de risque.

Conclusion

La gestion des déchets reste une problématique dans nos structures sanitaires. Les actions d'informations, d'éducation et de sensibilisation, à destination de différents professionnels de santé, et grand public, sont indispensables pour l'implication de tous les acteurs dans l'hygiène hospitalière. A l'HPNK et HHA, la problématique des déchets hospitaliers est très complexe. Malgré un arsenal juridique important, la problématique des déchets continue à avoir de l'ampleur surtout que ceux-ci représentent un risque majeur pour l'environnement et pour l'homme.

Les résultats de cette étude ont montré que 24 types des déchets ont été recensés à l'HPNK et 23 types de déchets à l'HHA de Goma. Les déchets les plus représentés sont les déchets non biodégradables avec 16 types. Les quantités moyennes de déchets produits mensuellement pour l'ensemble de déchets enregistrés dans les deux hôpitaux sont de 208,27 kg avec un cv de 20,43 % pour l'HPNK et de 167,67 kg avec un cv de 21,9 %, c'est qui montre qu'existe des très grandes variations entre les semaines du mois. Par extrapolation on se rend compte qu'à l'HPNK on peut produire 0,2 tonne avec un CV de 0,02 % et qu'à l'HHA 0,16 tonne avec un CV de 0,02 %.

Pour qu'il y ait une meilleure gestion des déchets hospitaliers, nous suggérons de:

- Informer le personnel de santé sur les risques et la gestion des déchets hospitaliers ;
- Choisir un endroit hors de l'hôpital pour l'incinération des déchets hospitaliers ;
- Isoler le circuit de transport des déchets du personnel de santé, le personnel non hospitalisé, les patients ;
- Sensibiliser le personnel de santé sur les risques de déchets hospitaliers par des séances d'éducation sur la gestion ;
- Utiliser des techniques récentes pour l'élimination des déchets hospitaliers.

Références bibliographiques

- Amina, W. (2008), *Promotion de la gestion des déchets et de la planification de renfort dans le cadre des activités de développement dans la ville de Pouytenga*, Pouytenga, IIIIEE.133p.
- Bouhamid, L. et Boutale, A. (1997), *Stratégie de gestion des Déchets Médicaux et Pharmaceutiques*. Art. 6 de la loi 28-00, Royaume du Maroc, Ministère de la Santé. 6p.
- Comité International de la Croix Rouge (CICR) (2011), *Manuel de gestion des déchets médicaux*. ICRC. 55p.



- Direction des Hôpitaux et Soins Ambulatoire (DHSA) (2004), *Guide de Gestion des Déchets des Etablissements de Soins*. [Éd.] OMS. Rabat : Centre Régional des Activités d'Hygiène du Milieu (CEHA), Rabat. Pp 5-6.
- Kheladi, F. (2015), *La gestion des déchets hospitaliers et risques environnementaux*. Mémoire de Master, Universités Abou Bekre Belkaid de TELEMENEN/Santé publique, Cotonou. 67p.
- Kiyombo, M. J. (2010), *Eléments d'hygiène et salubrité du milieu*. Mémoire inédite, ESP-UNIKIN, Unikin, 46p.
- Mahamat, N. (2009), *Gestion des solides hospitaliers et analyse des risques sanitaires* Mémoire de master inédit, Institut international d'ingénierie de l'eau, Faculté de la médecine, Casablanca. 57p.
- Ministère de la Santé publique (MSP) 2003, *Plan national de gestion des déchets biomédicaux* 109p.
- Ndiaye, A. (2003), *Enquête sur les perspectives des infections nosocomiales, parmi le personnel soignant de l'hôpital provincial*. Thèse de doctorat d'Etat en Médecin UCAD de Dakar. 75p.
- Nkuna, H. (2007), *Le taux d'occupation de l'hôpital Sendwe à Lubumbashi (R.D. Congo)* Université de Lubumbashi. Lubumbashi : Mémoire Online, Inédit. 86p.
- OMS (2005), *Défi mondial pour la sécurité des patients 2005– 2006*. Genève, 12p.
- OMS (2000), *Préparation des plans nationaux de gestion des déchets de soins médicaux en Afrique subsaharienne*. Manuel d'aide à la décision. 82p.



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).

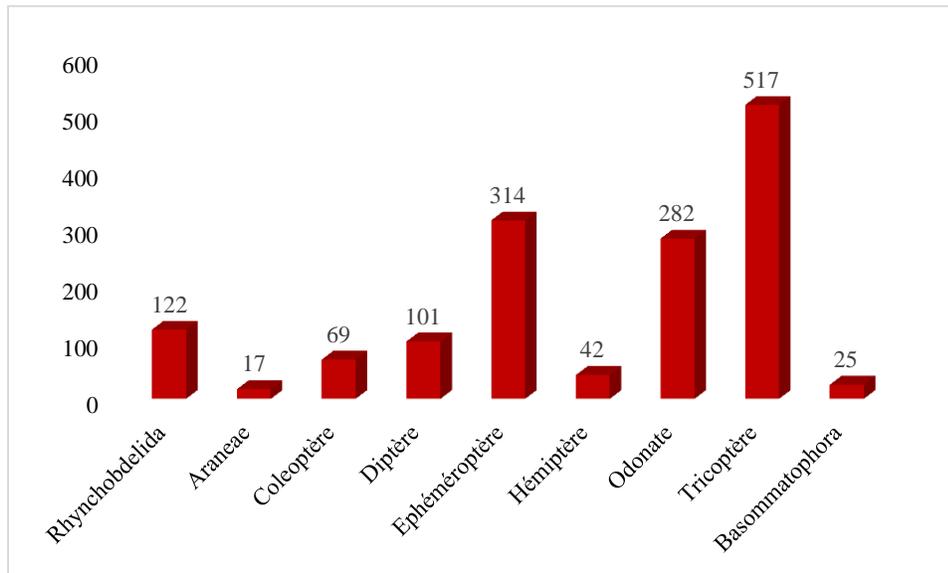


Figure 1. Variation de la représentativité des ordres de macroinvertébrés



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>Hydropschyche</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.

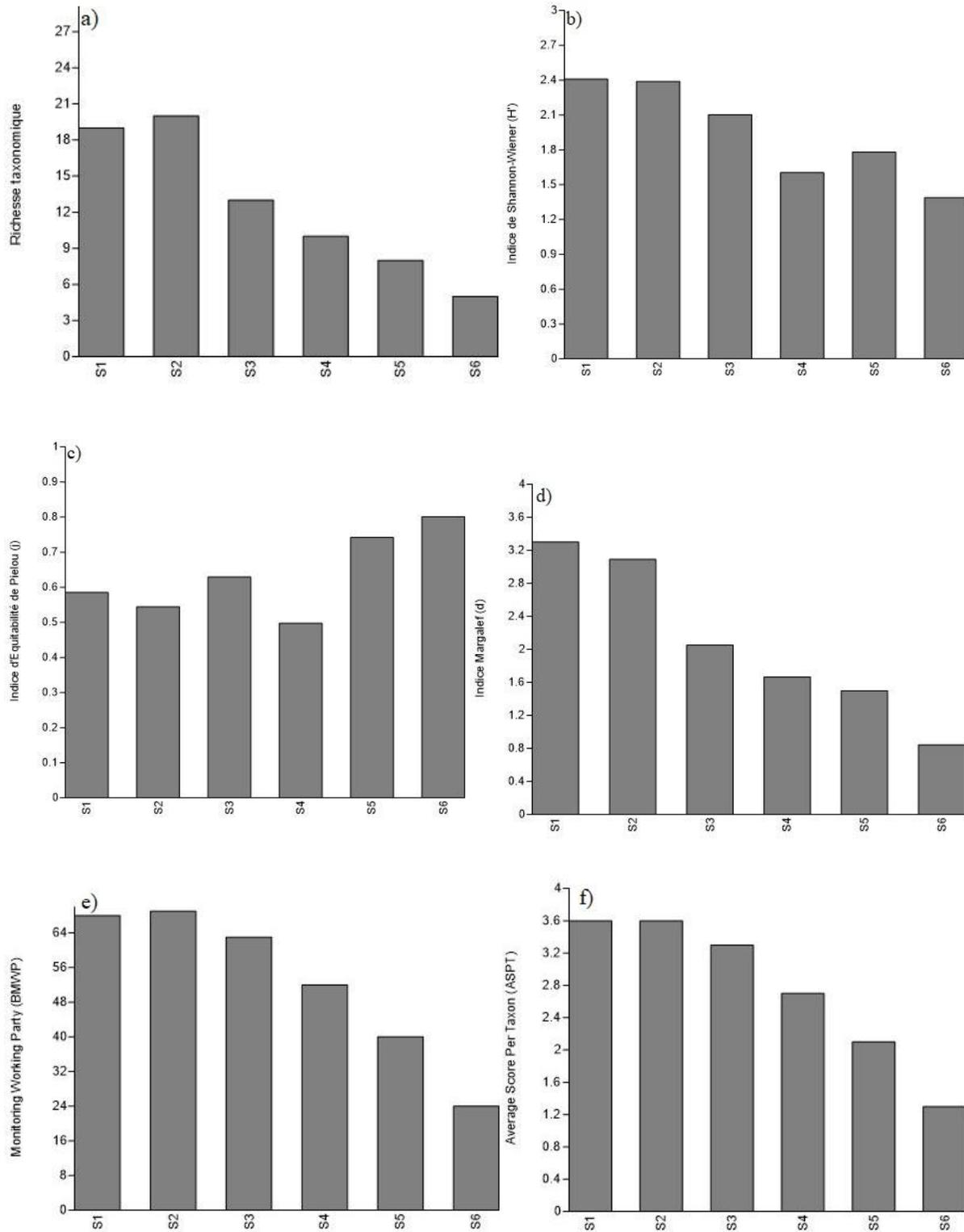




Figure 2. Nombre de taxa (a), indice de diversité de Shannon (b), indice d'équitabilité de Pielou (c), indice de Margalef (d), Monitoring Working Party (e) et l'Average Score Per Taxon (f) pour chaque site d'échantillonnage.

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>



Etude de la Diversité malacologique des rivières de Kalunguta, Territoire de Beni, Nord-Kivu, RDC

Kalindiro K. R.*

*Auteur correspondant : rkalindiro@gmail.com

Département de Chimie et Gestion de l'Environnement, Institut Supérieur de Chimie Appliquée de Butembo, B.P. 88-Butembo, RD Congo

Article info: reçu: 21 juin 2023, accepté: 28 décembre 2023, publié: 31 décembre 2023

Résumé : Une étude faunistique et écologique des communautés des mollusques dans l'agglomération de Kalunguta au Nord-Kivu en République Démocratique du Congo se révèle très importante pour la compréhension du fonctionnement et de la gestion des écosystèmes aquatiques d'une part et dans l'évaluation de l'état de santé écologique de l'hydrosphère d'autre part. Cette région présente un fort réseau hydrographique avec une riche biodiversité à importance régionale et internationale ; malheureusement jusqu'à présent sa diversité malacologique et ses propriétés physicochimiques n'ont jamais reçu un intérêt particulier des scientifiques.

L'objectif était de faire un inventaire de diversité des mollusques des rivières de Kalunguta. La méthode consistait au prélèvement des paramètres physico-chimiques à l'aide d'une sonde multiparamétrique (température, pH, conductivité, et total des solides dissous "TDS") suivi de la caractérisation de l'habitat par observation directe. La capture des mollusques a été faite à l'aide d'un filet épuisette dont la technique consistait à plonger sur le fond de la rivière et le soulever après quelques minutes. Les logiciels Past 3 et R ont été utilisés pour les analyses statistiques.

Les résultats obtenus pour cette recherche effectuée à Kalunguta dans le territoire de Beni ont permis de présenter une distribution de quelques espèces identifiées dans les 18 stations, dont Lohito1, Lohito2, Kinyimbungu, Kalunguta, Cimetière, Pont- marché, Chute Byakove, FermeTakenga, Ngetse, Soya 1, Soya 2, Lombi, Brasserie, Mabuku, Mabuku- Kisalala, Mahohe, Vusakali, et Kibwe. Au total, 3150 individus étaient collectés et répartis dans cinq espèces, quatre familles, deux ordres et une seule classe. L'espèce *Potadoma ignobilis* était abondante avec 2302 individus, suivie *Potadoma liricincta* avec 821 spécimens, *Bulinus* sp. avec 16 individus, *Limnaea* sp. avec 10 spécimens et *Melanoides* sp. avec 1 individu.

L'indice de Shannon calculé traduisant une disproportion de la diversité dans les sites, mais cette variation n'est pas liée à la différence des sites sauf au niveau de la station Vusakali. Il en est de même pour l'analyse canonique de correspondance ayant trait avec les paramètres environnementaux, la distribution des espèces.

Notre étude étant exploratoire dans le territoire de Beni précisément à Kalunguta, nous recommandons aux futurs chercheurs de suivre le même itinéraire afin d'avoir les données possibles pour pouvoir conserver cet hydroécosystème.

Mots clés : Malacofaune, Indice de Shannon, Indice d'équitabilité, Paramètres environnementaux, Eau douce, Kalunguta

1. Introduction

Le bassin du fleuve Congo est connu d'être un hotspot de biodiversité d'eau douce, mais cette reconnaissance est basée sur la diversité et endémisme des poissons. Peu d'attention a été portée jusqu'à ce jour sur les invertébrés d'eau douce, spécialement les mollusques. La récente publication de (Graf et al., 2011) sur les mollusques d'eau douce d'Afrique centrale a



montré que beaucoup d'espèces de mollusque dans cette région sont connues seulement d'un petit nombre de spécimens anciens, et dont la plupart, leur existence n'a jamais été confirmée par une récente collection. En général, la collection de différents groupes de mollusques aquatiques s'était faite occasionnellement, dans des régions accessibles et la plupart des littératures concernaient seulement les espèces hôtes intermédiaires des parasites. Aujourd'hui, considérant les deux rôles des mollusques, comme ressources importantes pour les populations locales et un groupe vulnérable aux différentes menaces, la connaissance de sa population et sa distribution dans cette région sont devenues une urgence.

D'après Beatra (2004), la plupart des écosystèmes aquatiques de la RD Congo en général et de la région du Kivu en particulier sont soumis à une forte pression anthropique qui les met en danger croissant de disparition; certaines des espèces qu'ils regorgent risquant ainsi de disparaître avant même leur identification.

A Kalunguta, les études sur les macroinvertébrés ne sont pas entreprises et il n'y a pas de données sur la faune des macroinvertébrés en général et des mollusques d'eau douce en particulier. Il s'en suit que le manque de telles études entraîne la vulnérabilité des écosystèmes, de sa biodiversité et le non-respect de lois en matière de la conservation de la nature (Wembo et al., 2018). Or, les mesures de conservation et d'exploitation nécessitent préalablement une connaissance des conditions du milieu, des ressources et espèces disponibles sur un territoire (Schouteu et al., 2000).

Cela étant, une étude faunistique et écologique des communautés des mollusques aquatiques de Kalunguta se révèle d'une importance capitale pour la compréhension du fonctionnement et de la gestion des écosystèmes naturels aquatiques d'une part, et dans l'évaluation de l'état de santé écologique de l'hydrosphère régionale d'autre part.

Kalunguta, un des villages du territoire de Beni, à l'Est de la RDC, est parmi les villages à fort réseau hydrographique, avec une riche biodiversité. Mais jusqu'à nos jours, sa diversité malacologique et ses propriétés physicochimiques n'ont jamais reçu un intérêt particulier des scientifiques.

Notre étude visait de faire un inventaire de diversité des mollusques des rivières et cours d'eau de Kalunguta.

2. Matériel et méthodes

2.1. Aperçu sur le milieu d'étude

Kalunguta est l'un des villages du groupement de Buliki en secteur Ruwenzori, en territoire de Beni dans le Nord-Kivu/ République Démocratique du Congo. Au Nord, il est limité par le village Kabasha, à l'Est par le village Mukondi, à l'ouest par la rivière Loulo en Village de Mabuku, et au sud par le Village Maboya.

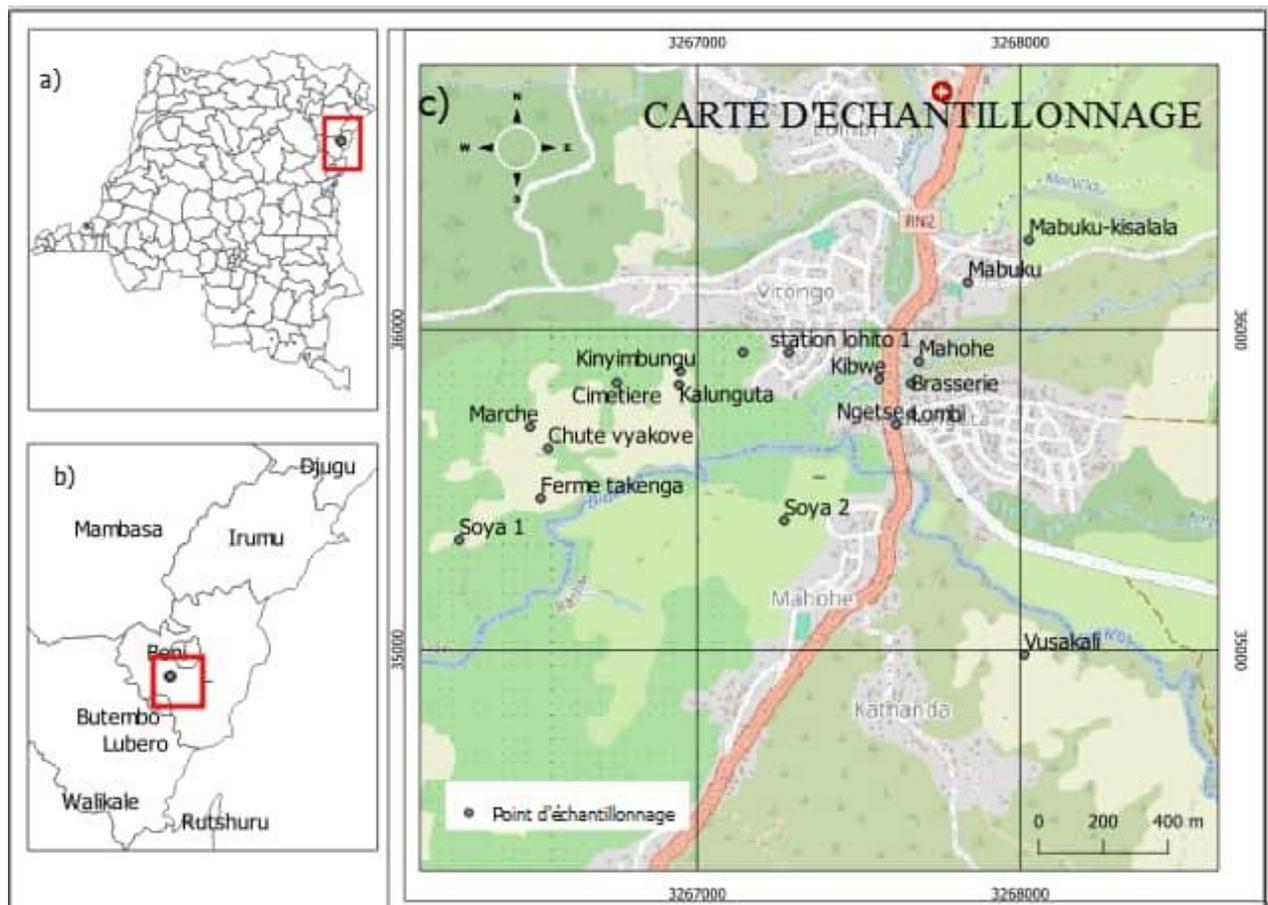


Figure 1. La carte de Kalunguta indiquant les points d'échantillonnage

2.2. Matériel biologique

Notre matériel Biologique a été constitué de 3150 spécimens des mollusques récoltés dans les 18 stations, dont Lohito1, Lohito2, Kinyimbungu, Kalunguta, Cimetièrre, Pont- marché, Chute Byakove, FermeTakenga, Ngetse, Soya 1, Soya 2, Lombi, Brasserie, Mabuku, Mabuku-Kisalala, Mahohe, Vusakali, et Kibwe pendant une période de 11 mois de mai 2017 à août 2018.

2.3. Echantillonnage

Pour notre recherche, la récolte des données commençait d'abord par le prélèvement des paramètres physico-chimiques (températures, pH, conductivité et TDS) à l'aide d'une sonde multiparamétrique de marque HANNA et la caractérisation de l'habitat se faisait par observation directe (types de substrat, pollution, activités anthropiques, ...).

La récolte des mollusques s'était faite à l'aide d'une épuisette, un instrument en forme de passoire muni d'une manche qui sert à tenir. La technique consiste à plonger cette épuisette dans l'eau et racler sur le fond de la rivière et la soulever après la sélection des spécimens pour enfin rester avec les données préférées. Celle-ci convient pour le fond moins rigide. Pour le fond coriace comme les pierres, la récolte à la main s'était imposée, car l'observation était directe. Ainsi, tous les spécimens récoltés étaient mis dans des bocaux en plastiques contenant



de l'éthanol à 75% bien étiquetés selon le nom de la rivière, le type de substrat, la date et le nom du récolteur. Au laboratoire, les échantillons étaient groupés selon les sites de récolte et l'identification a été faite jusqu'au niveau de l'espèce à l'aide d'une binoculaire de type Euromex en utilisant les clés de détermination de Pilsbry et Bequaert (1927) et de Brown (1994).

3.4. Analyse statistique

Pour ce qui concerne l'analyse statistique de nos données, l'ACC (Analyse des composantes principales) a été calculée en utilisant PAST3 sous version Windows 7, pour permettre de calculer simultanément les relations entre des variables, la distribution des espèces en fonction des variables environnementales a été performé utilisant le logiciel R en appliquant la fonction Envfit dans le package Vegan pour voir lequel des variables environnementales a pesé sur la répartition des espèces de mollusque. Ces indices ont l'avantage d'évaluer rapidement la diversité d'un peuplement en termes de chiffres. Il s'agit de :

3.4.1. Abondance relative

L'abondance relative d'une espèce dans un écosystème donné est égale au rapport n_i/N , avec n_i : abondance de l'espèce et N : nombre total de spécimens récoltés (Dajoz, 1996). De façon pratique, l'abondance relative s'exprime par la relation de la moyenne n_i/N et multiplier par 100.

$$Ar = \frac{n_i \times 100}{N}$$

Où Ar : Abondance relative, n_i : Abondance de l'espèce, N : Nombre total de spécimens capturés

3.4.2. Indice de diversité de Shannon

Cet indice reflète les modifications de la structure des peuplements et visualise leur variation dans les stations (Evard, 1996). L'analyse de l'indice de diversité de Shannon permet théoriquement de savoir si on est en présence d'une diversité élevée ou au contraire si l'on a faire à une diversité peu élevée (Diouf, 2009). De façon pratique, l'indice de diversité de Shannon s'exprime par la relation suivante :

$$H' = - \sum p_i \cdot \log p_i$$

Où H' : Indice de Shannon ; p_i : abondance spécifique obtenue par la formule $p_i = n_i/N$; n_i : nombre d'individus de l'espèce i dans l'échantillon ; N : nombre total d'individus capturés dans l'échantillon.

3.4.3. L'équitabilité

Elle se définit comme le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale. Elle s'obtient en divisant l'indice de diversité de Shannon par le logarithme en base 2 de la richesse spécifique. La formule utilisée est la suivante :

$$E = H' / \log_2 S$$

Où E : Equitabilité ; H' : Indice de Shannon ; S : la richesse spécifique obtenue



3. Résultats

Partant de nos investigations sur les mollusques des rivières de Kalunguta, nous avons abouti aux résultats ci-dessous repris dans ce tableau.

De ce tableau 1, nous retenons que cinq espèces de mollusque ont été capturées dans 18 stations différentes et sont réparties dans quatre familles, deux ordres et une seule classe (Gastropodes). La famille de Pachychilidae a été la mieux représentée avec deux espèces. Les espèces du genre *Potadoma* ont été présentes dans toutes les stations. Les cinq espèces n'ont été présentes que la station Vusakali.

Tableau1. Position systématique des mollusques récoltés dans 18 stations de Kalunguta. S1: Lohito1, S2: Lohito2, S3: Kinyimbungu, S4: Kalunguta, S5: Cimetière, S6: Pont- marché, S7: Chute Byakove, S8: FermeTakenga, S9: Ngetse, S10: Soya 1, S11: Soya 2, S12: Lombi, S13: Brasserie, S14: Mabuku, S15: Mabuku- Kisalala, S16: Mahohe, S17: Vusakali, S18: Kibwe. 1: présence et 0: absence.

Ordre	Famille	Espec	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	
Sorbeoconcha	Pachychilidae	<i>Potadoma ignobilis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		<i>Potadoma liricincta</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Thiaridea	<i>Melanoides sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Hygrophila	Limnaeidae	<i>Limnaea sp.</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Bulinidae	<i>Bulinus sp.</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0



Le tableau 2 montre que l'espèce *Potadoma ignobilis* est abondante avec 73,07%, suivie de l'espèce *Potadoma liricincta* avec 26,06% et au bas de l'échelle viennent les autres espèces avec moins de 1% d'abondance chacune.

Tableau 2. Abondance relative (%) des espèces de mollusque capturées

Espèce	Total	Ar (%)
<i>Potadoma ignobilis</i>	2302	73,07
<i>Potadoma liricincta</i>	821	26,06
<i>Melanoides sp.</i>	1	0,031
<i>Limnaea sp.</i>	10	0,317
<i>Bulinus sp.</i>	16	0,507

De la figure 2, il ressort que l'indice de Shannon présente des valeurs inférieures à 1 sauf dans la station Vusakali qui a une valeur égale à 1. Pour l'indice d'Equitabilité, toutes les valeurs sont aussi inférieures à 1 sauf pour trois stations dont Lohito1, Soya 1 et Brasserie.

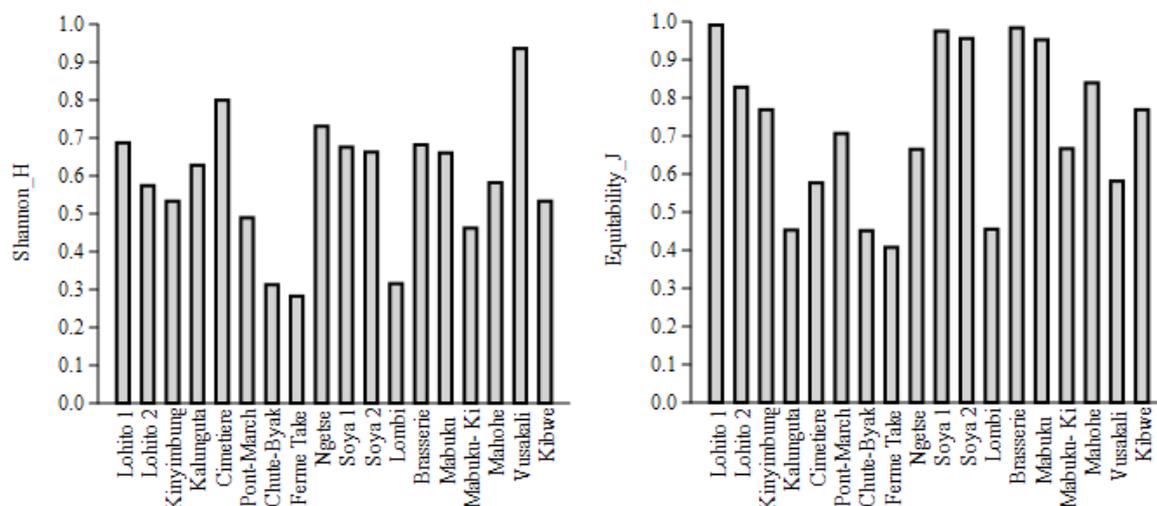


Figure 2. Indices de diversité de 18 stations échantillonnées à Kalunguta.

La figure 3 nous montre deux groupes, dont le premier regroupe trois sous-groupes avec une similarité de 54%, le deuxième regroupe deux sous-groupes avec une similarité de 65% et les deux groupes ont une similarité faible de 45%.

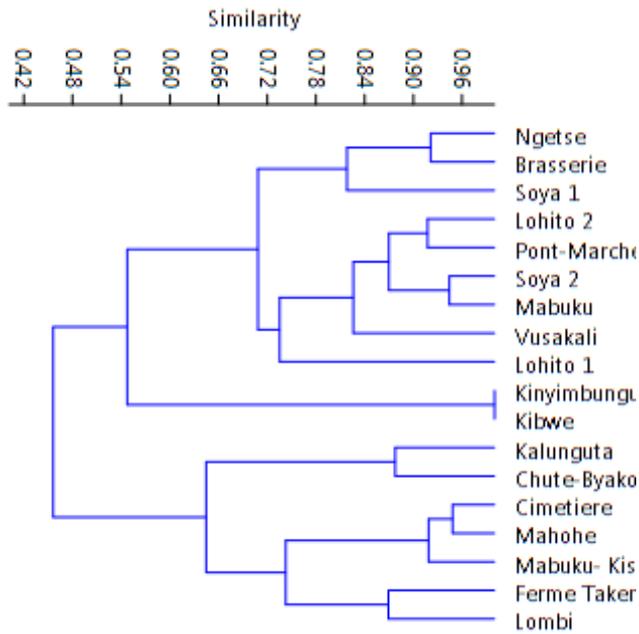


Figure 3. Dendrogramme de similarité de Bray-Curtis indiquant le degré de similarité des stations par rapport aux espèces récoltées.

Tableau 3. Résultat de la Non-metric multidimensionnel scaling testant si les facteurs écologiques ont affecté la distribution des mollusques (Temp = température, TDS = total des solides dissous, Cond = conductivité électrique, Rock = roche, stones = pierres, gravel = gravier, sand = sable, detr = détritus, mud = boue.



Station	pH	Temp.	TDS	Cond	Rock	Stones	Gravel	Sand	Arg.	Detr.	Mud
Loh1	7,5	21,8	10	10	30	100	0	0	0	0	0
Loh2	6,5	19,2	10	10	30	100	0	0	0	0	0
Kiny.	7,6	19,8	10	10	30	70	20	0	10	0	0
Kalung.	7	19,9	10	10	30	45	10	20	5	10	0
Cim.	7,3	19,5	10	10	30	45	10	20	5	10	5
Pont.	7,5	19,5	10	10	30	100	0	0	0	0	0
ChutBya.	7,4	20,6	10	10	30	100	0	0	0	0	0
Ferme	7,5	19,5	10	10	30	80	20	0	0	0	0
Ngetse	7,4	20,5	10	10	30	60	10	0	10	0	10
Soya1	7,3	19,8	20	10	50	50	10	0	20	0	10
Soya2	7,5	19,5	10	10	30	50	10	0	20	0	10
Lom	6,4	19,2	10	10	40	100	0	0	0	0	0
Brass.	7,1	20,1	10	10	40	100	0	0	0	0	0
Mabuk.	6,3	19,8	10	10	40	40	20	10	10	0	0
Mab.kisala.	7,4	21,4	10	10	30	50	30	0	0	0	20
Mahohe	7,4	21,8	10	10	40	20	10	10	10	20	10
Vusakali	8	21,4	0	10	30	20	10	10	10	20	10
Kibwe	7,5	20,7	10	10	40	70	0	0	0	0	0
Moyenne	7,25	20,22	10	10	33,88	66,66	8,88	3,88	5,55	3,33	4,16

Il ressort de ce tableau que seuls les facteurs écologiques ayant trait avec TDS et les substrats (graveleux, argile et boue) ont influencé la distribution des espèces de mollusque dans nos sites de récolte.

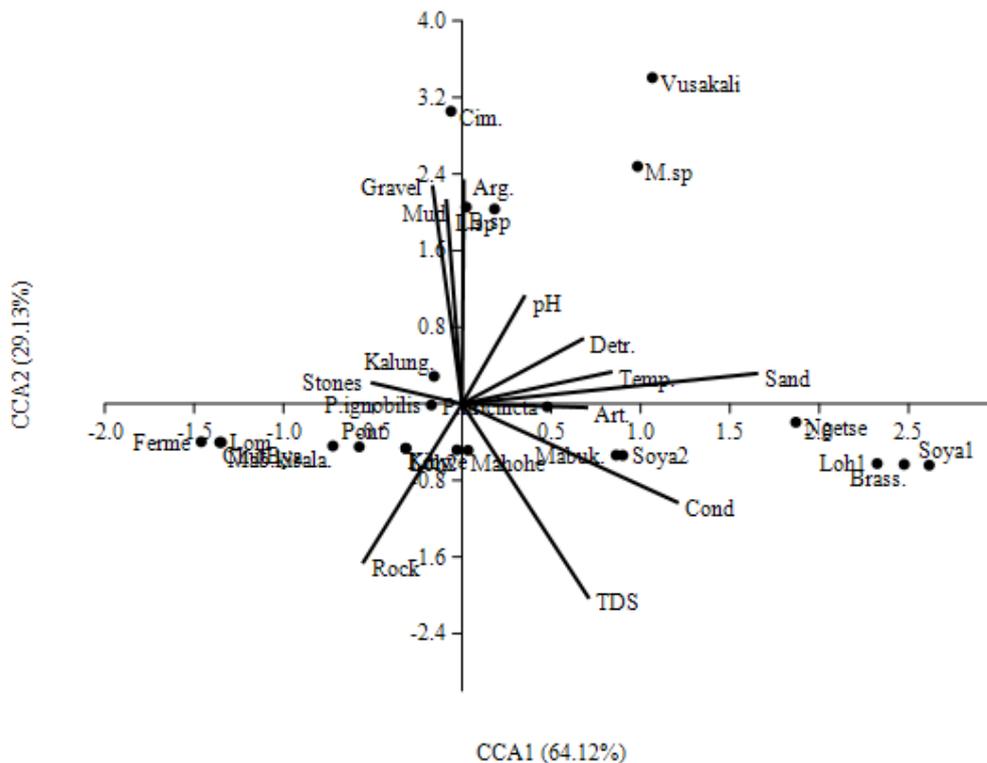


Figure 4. Analyse canonique de correspondance pour cinq espèces de mollusque réparties en fonction de 12 facteurs écologiques dans 18 stations de Kalunguta. Avec amplification de triplots des facteurs écologiques pour la meilleure visualisation

La figure 4 montre que la distribution des espèces de mollusque dans les sites est fonction des facteurs environnementaux. Les paramètres physico-chimiques étant presque les mêmes partout, seul TDS s'était démarqué avec certains de substrat comme gravier, argile et boue qui ont permis un regroupement des espèces rares en haut laissant les espèces communes au centre.

Cependant la même figure a permis d'ordonner les sites les plus similaires et d'en éloigner ceux qui sont les plus différents. Ainsi, la Figure 4 regroupe d'un même côté les sites Cimetièrre, Lombi, Kalunguta, Ferme, Kisalala, Kibwe et les stations Mahohe, Soya 1, Soya 2, Ngetse, Lohito 1, Brasserie, Mabuku dans un autre coté avec le site Vusakali le plus éloigné des autres. Ceci traduit leurs fortes similitudes quant à la composition taxonomique. Par contre, le station Vusakali est le plus éloigné des autres sites quant à la distance de dissimilarité. Ceci indique que le site est très différent des autres.

4. Discussion

Le peuplement faunistique d'un hydrosystème est constamment soumis à la variabilité spatio-temporelle de l'environnement. Il en résulte que les espèces dominantes sont celles qui présentant les caractéristiques biologiques et les adaptations écologiques les plus appropriées aux différents types d'habitats de la mosaïque fluviale.

L'étude sur la composition taxonomique et de la signification biologique et écologique des peuplements d'une part, et la description des conditions physiques du milieu d'autre part,



permettent la compréhension de certains mécanismes expliquant la présence ou l'absence de différents groupes d'espèces et ainsi la prédiction de l'évolution des peuplements aquatiques (Fruget et Dessaix, 2002).

Nos résultats ont montré que cinq espèces de mollusque ont été capturées dans 18 stations différentes et sont réparties dans quatre familles, deux ordres et une seule classe. La famille de Pachychillidae a été la mieux représentée avec deux espèces. Les espèces du genre *Potadoma* ont été présentes dans toutes les stations. Les cinq espèces n'ont été présentes que la station Vusakali.

Mukungilwa et al. (2012) ont collecté 17210 individus dans la rivière Kalengo au Sud-Kivu. Haouchine (2011), lors de son étude sur la faune et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eaux de Kabylie, avait recensé 140 906 spécimens repartis en 112 genres, parmi lesquels 100 taxa sont des insectes et une faible présence de mollusques, et une étude similaire réalisée par Aksanti (2010) dans le bassin d'Ishungu avait identifiée 16 familles reparties dans trois embranchements.

Dans tous ces cas les Arthropodes en générale et particulièrement les insectes restent dominants et les mollusques étaient toujours faiblement représentés. Ce qui montre que nos stations ne se sont pas écartées de réalités des autres rivières des autres villes de la RD Congo avec une faible présence des mollusques.

Pour Tachet et al. (1980), Ramade (2008), et Campbel (2002), les insectes aquatiques forment le groupe le plus diversifié de macroinvertébrés benthiques dulcicoles et représentent 70 % des espèces connues de grands groupes de macroinvertébrés aquatiques, tandis que les mollusques sont parmi les espèces sensibles aux changements du milieu. Fruget et Dessaix (2002) confirment que la qualité physique du milieu permet la compréhension de certains mécanismes expliquant la présence ou l'absence des mollusques et ainsi la prédiction de l'évolution des peuplements aquatiques.

Schultheiss et al. (2011) avaient trouvé une dominance des espèces du genre *Potadoma* dans les rivières de la région de l'Ituri. Ils ont confirmé que cette dominance des espèces du genre *Potadoma* ; et l'absence des autres espèces des mollusques avaient déjà été mentionnées par Brown (2004).

Nos résultats ont montré que l'espèce *Potadoma ignobilis* était abondante avec 73.07%, suivie de l'espèce *Potadoma liricincta* avec 26.06%. Le genre *Potadoma* seul avait renfermé 99.13% de capture.

L'indice de Shannon a présenté des valeurs inférieures à 1 sauf dans la station Vusakali qui avait une valeur égale à 1. Pour l'indice d'Equitabilité, toutes les valeurs étaient aussi inférieures à 1 sauf pour trois stations (figure 2). Bien que les valeurs de l'indice de Shannon se traduisent par une faible biodiversité dans toutes les stations, cet indice prouve comment sont réparties uniformément les espèces dans les stations et l'indice d'Equitabilité a montré une similarité des stations d'échantillonnage.

Alors l'ACC (figure 4) a montré que la distribution des espèces de mollusque dans les sites est fonction des facteurs environnementaux. Les paramètres physico-chimiques étant presque les mêmes partout, seul TDS s'était démarqué avec certains de substrat comme gravier, argile et boue qui ont permis un regroupement des espèces rares en haut laissant les espèces



communes au centre. Habiter dans des rivières demande un certain degré d'adaptation vers la vie du rhéophiles.

L'étude de Wasson et al. (1995) a montré l'influence des types de substrat sur la distribution des espèces de mollusques. Ils ajoutent que les mollusques répondent quantitativement aux variations de leurs habitats physiques, mais aussi aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau, et à la disponibilité des ressources trophiques. Or, ces derniers facteurs peuvent varier à l'échelle d'une région de la morphologie et de l'environnement végétal.

N'zi et al. (2008) avaient montré que la distribution des macroinvertébrés dans les cours d'eau est dans une large mesure fonction des exigences spécifiques des divers taxa et des caractéristiques environnementales de différentes portions des rivières, ainsi que de la disponibilité de la nourriture et la nature du substrat. Ils ont trouvé que les paramètres hydrobiologiques, spécifiquement la nature du substrat (bois mort, feuilles-racines et sable-pierre) influait significativement sur la distribution des macroinvertébrés. Ce qui est évidemment le même dans notre étude, car le gravier, argile et boue renferment un nombre élevé d'individus.

Conclusion

Au cours de notre étude basée sur l'inventaire de la Malacofaune dans les Rivières de Kalunguta, nous avons récolté 3150 spécimens des Mollusques regroupés en 5 espèces et 4 familles.

L'inventaire a révélé que la famille de Pachychillidae était la plus représentée, dont *Potadoma ignobilis* avec 78.8% et *Potadoma liricincta* avec 26.3%. D'autres familles sont moins représentées malgré le nombre d'individus obtenus pendant notre période d'échantillonnage.

L'indice de Shannon présente des valeurs inférieures à 1 sauf dans la station Vusakali qui a une valeur égale à 1.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver indique des faibles valeurs, c'est ce qui traduit l'apparition d'un déséquilibre structurel avec la régression des taxons sensibles. Ce qui justifierait la faible diversité des taxons sensibles. Les valeurs d'Equitabilité se limite entre 0 et 0.9 ce qui ramène à dire que dans les sites d'étude les espèces des Mollusques ne sont en équilibre.

Le type de répartition au niveau des espèces montre que *Potadoma ignobilis* et *Potadoma liricincta* sont très constantes dans les différents substrats. Enfin, cet inventaire faunistique permet d'apporter des nouvelles connaissances de la diversité biologique et notamment malacologique de Kalunguta, il présente un intérêt scientifique particulier et il permet ainsi d'établir un état de référence préliminaire en fournissant un point de départ pour une étude ultérieure plus détaillée et contribue à l'explication du lien existant entre le peuplement et leur environnement. Les stratégies de la sauvegarde et de la conservation exigent la connaissance de leur diversité biologique et toute sorte interaction inter et intra spécifique, ce qui permettra de mieux garder les milieux aquatiques en fonction de leurs composantes vitales.

Remerciements : Nous remercions Dr Wembbo Ndeo Oscar qui gentiment nous a facilité le traitement des données par les analyses statistiques. Nous remercions également le CT Kambale Sikiminya Lokoko qui nous a aidé à corriger le manuscrit de cet article.



Références bibliographiques

- Aksanti, B., (2010), *Contribution à la structure des communautés des macroinvertébrés benthiques du lac Kivu, Bassin d'Ishungu*. Mémoire Inédit, ISP Bukavu, 30P.
- BEATRA (2004), *Etude de la Biodiversité des écosystèmes du Parc National de Kahuzi Biega (Secteur de Tchibati) et de ses affluents à Uvira, Est de la RDC*. Rapport de la session de formation, programme BEATRA. 90P.
- Brown, D. S. (1994), *Bulinus guernei (mollusca gasteropoda) of west africa taxonomic status and role as host for schistosomes*. *Zoological journal of the limnean society*, 90P.
- Campbell, J. (2002), *Biologie 2^{ème} édition Deboeck*. Université rue des Minimes 39, B-1000 Bruxelles, 1364P.
- Dajoz, R. (1996), *Précis d'Ecologie*, éd Dunod. Paris, 325P.
- Diouf, P. S. (1996), *Les peuplements des poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'ouest: exemple d'estuaire hyperhalin du Sine-saloum*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, France.
- Evard, M. (1996), *Utilisation des exuvies nymphales des Chironomidae (Diptera) en tant qu'indicateurs biologiques de la qualité des eaux de surface Wallones*. Thèse de Doctorat, Facultés Universitaires Notre dame de la Paix de Namur, Belgique.
- Fruget, J.F., Dessaix, J. (2002), *Biodiversité structurelle et fonctionnelle des peuplements des macroinvertébrés en tant que descripteur de la variabilité hydraulique : exemple de deux parties court-circuitées du Rhône Moyen*. *Revue. Sci. Eau*, 221P.
- Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, P. (2010), *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique)*. Rue Philippe de Lassele, Lyon.
- Haouchine, S. (2011), *Recherche sur la faunistique et l'Ecologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie*. Mémoire en Science Biologique, Université Mouloud Manneri de Tizi ouzou, Algérie.
- Mukungilwa, P. (2015), *Etude de la Malacofaune de la rivière Kalengo, Sud-Kivu RD Congo (CNRS-Lwiro)*. 397P.
- N'zi, B. G., Gooree, E. P., Kouamelan, T., Kone, V., N'Douba, F. O. (2008), *Influence des facteurs environnementaux sur la répartition spatiale des crevettes dans le petit bassin ouest-africain-rivière Boubo*. *Tropiculture*, Côte d'Ivoire, 172P.
- Pilsbry, H. A. et Bequaert, J. C. (1927), *The aquatic mollusks of the Belgian Congo with a geographical and ecological account of Congo malacology*. *Bulletin of the American Museum of Natural history*, 602P.
- Ramade, F. (2008), *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la Biodiversité*. Dunod, Paris, 726P.
- Scoulteiss, R. (2011), *Observation on the distribution of fresh water mollusk and chemistry of the natural waters in the south-eastern transversal and adjacent northern Swaziland*. *Bulletin of the World Health Organization*, 40P.
- Wasson, R., Bonnard, L., Matidet, L. (1995), *Réponses globales des invertébrés benthiques aux conditions d'habitat physique dans des cours d'eau salmonicoles : perspectives d'intégration dans des modèles habitat poissons*. CEMAGREF, Division Biologique des écosystèmes Aquatiques, Laboratoire d'hydrobiologie Quantitative, Quai Chauveau, France, 220P.
- Wembo, N.O, Kangel, V., Saliki, M. F., Grevisse, Y. R., Kakonda B. A. (2018), *Out of Lake Tanganyika: lake endemic gastropods live in River Lukuga*. Conference: Speciation in Ancient Lakes SIAL.