

EVALUATION DU DEGRE DE POLLUTION DE LA RIVIERE KINTAMA PAR L'UTILISATION DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES

[EVALUATION OF THE DEGREE OF POLLUTION OF THE RIVER FROM USE KINTAMA MACROINVERTEBRATES BENTHIC]

Marcellin AMULI BISIMWA

Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Assessing the degree of pollution of the river Kintama by the use of benthic macroinvertebrates is the theme of this work. It was made from samples taken between July and August 2016 Idjwi island territory to characterize this said river from possible pollution. The levy was followed by sorting at the bank, identification and preservation of specimens to the laboratory for teaching and research unit in Hydrobiology applied PSI / Bukavu. Wildlife identified in this work consists of 1834 individuals corresponding to 16 families belonging to 3 main faunal groups (annelids, mollusks, arthropods). The number of benthic settlement showed that Trichoptera, Diptera, Oligochaeta, Odonata, the are dominant. Decapod crustaceans, beetles and molluscs constitute only a small fraction of the total fauna. Values of Standardized Global Biological Index ranked the water upstream and downstream of Kintama in the category of medium and bad ecological quality for those intermediate stations. On the whole, the waters of this river are medium ecological quality. Furthermore, analysis of stand structure through Shannon Weaver index and equitability showed that Kintama river is characterized by macrobenthic fauna less diverse and generally unbalanced. The index of Margalef proved that Kabati station (1,596) followed by the mouth of Lake Kivu (1,411) and Lugano (1,368 are richer compared to resorts Institute Ziwa Kivu (0.882) and Deck Kintama (0.752) poorest taxa. note that all these values were lower than 2 which means that taxonomic richness is low everywhere. the results obtained in this study, conducted in a river crossing a rural area, have seen a situation that tends to a calamity of the water quality of the Kintama and especially in its middle section.

The results of this study can also be used to conserve biodiversity and restoring these ecosystems continually impacted.

KEYWORDS: Evaluation, Kintama, macroinvertebrates, benthic, pollution, Quality.

RESUME: L'évaluation du degré de pollution de la rivière Kintama par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques est le thème de ce travail. Il a été réalisé à partir des prélèvements réalisés entre juillet et août 2016 en territoire insulaire d'Idjwi afin de caractériser cette dite rivière par rapport à une éventuelle pollution. Le prélèvement était suivi de tri à la berge, de l'identification et de la conservation des spécimens au laboratoire de l'unité d'enseignement et de recherche en hydrobiologie appliquée de l'ISP/ Bukavu. La faune recensée dans ce travail se compose de 1834 individus correspondant à 16 Familles appartenant à 3 groupes faunistiques principaux (Annélides, Mollusques, arthropodes). L'effectif du peuplement benthique a montré que les Trichoptères, les Diptères, les Oligochètes, les Odonates, les sont dominants. Les Décapodes, les Coléoptères et les Mollusques ne constituent qu'une faible fraction de la faune totale. Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé ont classé les eaux en amont et en aval de Kintama dans la catégorie des eaux de qualité écologique moyenne et mauvaises pour celles des stations intermédiaires. D'une manière globale, les eaux de cette rivière sont de qualité écologique moyenne. Par ailleurs, l'analyse de la structure des peuplements grâce aux indices de Shannon Weaver et d'équitabilité a montré que la rivière Kintama se caractérise par une faune macrobenthique moins diversifiée et globalement peu équilibrée. L'indice de Margalef a prouvé que la station Kabati(1,596) suivie de l'embouchure du lac Kivu(1,411) puis de Lugano (1,368 sont les plus riches par rapport aux stations Institut Ziwa Kivu(0,882) et Pont Kintama(0,752) plus pauvres en

taxons. A noter que toutes ces valeurs se sont révélées inférieures à 2 ce qui signifie que la richesse taxonomique est faible partout. Les résultats obtenus dans cette étude, réalisée dans une rivière traversant un milieu rural, font constater une situation qui tend vers une calamité de la qualité des eaux de la Kintama et surtout dans son tronçon intermédiaire. Les résultats de cette étude peuvent par ailleurs être utilisés pour conserver la biodiversité et la restauration de ces écosystèmes continuellement impactés.

MOTS-CLEFS: Evaluation, Kintama, Macro-invertébrés, benthiques, pollution, Qualité.

1 INTRODUCTION

Depuis le début du siècle dernier, la qualité biologique des cours d'eau est de plus en plus étudiée dans la recherche d'indicateurs permettant de mettre en relation perturbation des écosystèmes et structures benthiques, problématique actuellement en plein essor notamment sous l'impulsion de la Directive Cadre Eau (DCE) (Grall, J., Coïc, N., 2006.)

Dans la mesure où ces écosystèmes accumulent des nutriments provenant de diverses sources, cela provoque des problèmes écologiques, les plus répandus étant la pollution et l'eutrophisation de l'eau douce à l'échelle mondiale (CAMARGO et al. 2004 cité par Daphné, 2008).

La pollution limitée il y a encore quelques dizaines d'années aux régions fortement industrialisées, devient un problème mondial et nous concerne davantage (Micha et Noiset, 1982; Vicente, 2011).

Ces pollutions sont importantes et causent un grand problème régional et local de santé publique, car elles 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 cités par D. ZIRIRANE et al, 2014)

Etant donné que chaque espèce a ses exigences écologiques (O_2 dissous, température, pH...), confrontés à l'eutrophisation, certaines vont disparaître tandis que d'autres, appelés bio-indicateurs vont proliférer. Ainsi faudra-t-il disposer constamment des informations sur l'état des écosystèmes aquatiques. Pour caractériser l'état des écosystèmes aquatiques, une rivière par exemple, des indicateurs chimiques et biologiques sont sollicités. Ces bio-indicateurs permettent de mettre en évidence les modifications naturelles ou provoquées intervenues dans une rivière donnée (BEAUX, 1997 cité par GISELE, 2007). Dans le cadre de cette étude, les macro-invertébrés sont utilisés comme bio-indicateurs.

La rivière, considérée comme un milieu vivant, est sans cesse agressée par des pollutions humaines ; urbaines, agricoles et industrielles. Ces pollutions mettent en danger la faune et la flore mais aussi les eaux des nappes phréatiques et de surface, utilisées pour diverses fins. Les déchets entraînés par les érosions, l'exploitation du sable et les détergents issus de lavage des vaisselles, lessivage, la baignade, etc. apportent un lot des risques en matière d'hygiène et de santé publique dans la chefferie NTAMBUKA. Ainsi, la rivière KINTAMA qui se déverse au lac Kivu ferait actuellement face à une menace de grande ampleur. Il est donc très important et plus qu'urgent de connaître l'état de la qualité des eaux de cette rivière. Cela permettra de proposer aux décideurs des stratégies de lutte contre la pollution dans cette rivière qui, par la suite, atténueraient les menaces qui pèsent sur la biodiversité de cette dernière et celles du lac Kivu et surtout sur la population qui l'utilise pour la lessive et la baignade.

De ce qui précède, quelques questions ont été formulées :

- Quels sont les macroinvertébrés qui colonisent la rivière Kintama de l'amont jusqu'à l'aval?
- Cette biocénose est-elle bien diversifiée et équilibrée ?
- Où serait classée la rivière Kintama sur l'échelle de pollution des eaux ?

A l'instar d'autres rivières qui traversent la chefferie NTAMBUKA, la rivière KINTAMA, est soumise aux activités anthropiques qui affecteraient la qualité de ses eaux.

Nous avons préféré travailler durant la période sèche pour pouvoir inventorier les macroinvertébrés constants habitant naturellement les différentes stations de la rivière Kintama afin d'avoir une idée plus ou moins claire sur les impacts des activités humaines sur la composition faunique à l'abri des familles accidentelles et/ou accessoires.

L'intérêt de ce travail est double :

- Sur le plan didactique les résultats de cette étude, relatifs à l'inventaire faunistique pourront inspirer l'enseignant de Zoologie de la Chefferie NTAMBUKA en particulier et du Territoire d'Idjwi en général quant à l'illustration de ses leçons.

- Sur le plan pratique, pour lutter contre la pollution des eaux et la dégradation de notre environnement, nos gouvernants pourront se servir de nos données afin de renforcer la lutte.

Bahati et Amuli (2015) ont pu travailler sur les rivières du Territoire d'Idjwi dans le but d'inventorier les divers macroinvertébrés peuplant ces cours d'eau. Ils avaient inventorié 2203 spécimens, 31 familles regroupées en 12 ordres. Selon leur ordre de classement, c'est la rivière KINTAMA qui renfermait trop peu d'individus (374 soit 17%). Ce sont en somme de rivières de faible biocénose.

L'objectif essentiel de cette étude réalisée durant 2 mois consiste à inventorier les macroinvertébrés de la rivière KINTAMA d'une part et d'évaluer la qualité biologique de ses eaux à l'aide de l'indice biologique global normalisé.

Pour y parvenir, nous allons procéder par le prélèvement des macroinvertébrés benthiques, leur identification suivie de leur conservation. Cet inventaire faunistique nous permettra de calculer les indices de Shannon-Weaver, d'équitabilité, de Margalef et l'Indice biologique global normalisé traduisant la qualité des eaux.

2 MATERIEL ET METHODE D'ETUDE

2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

La rivière Kintama est située en Territoire insulaire d'Idjwi (île qui se situe entre 1°56 et 2°8 de latitude Ouest et entre 28°56' et 29°5' de longitude Est.). Par manque d'un Geographic position satellite(GPS), certaines données importantes n'ont pas été réunies. Toutefois, la documentation a permis d'estimer ces valeurs de latitude et longitude citées ci-haut. Elle prend sa source à partir de marais de Lugano et se joint à son premier grand affluent à Kabati dans un relief montagneux. Cet affluent prend sa source à environ 8km à Kajororo à l'Est de l'île. La rivière Kintama reçoit les eaux d'autres affluents notamment Kasherhe, kabongo, Nyalurhale et nyakenji. A son aval, il se jette dans le bassin versant de Kintama du lac Kivu a Kintama.

Son cours s'étend en grande partie dans la zone agricole et forestière.

Cette rivière a une longueur d'environ 15 km. La Kintama se trouve dans une zone dont le climat est de type tempéré doux et humide avec l'intermittence de deux saison à savoir : la saison de pluie qui s'étend sur neuf mois environ (de septembre à mai) et la saison sèche qui prend pratiquement 4 mois (de mai jusqu'en août). Les températures moyennes annuelles oscillent autour de 17 °C pendant la période la plus froide en saison de pluie et 30° au moment le plus chaud en saison.

Les stations d'étude retenues sont situées au niveau de Lugano (en amont vers la source), à Kabati, à l'Institut Ziwa Kivu dans le cours moyen de la rivière, au pont Kintama (environs 100m du lac) et l'embouchure du lac Kivu. Les substrats sont partout argilo-sableux dominant et argilo-sableux-pierreux sauf à l'embouchure où c'est exclusivement argileux. C'est un cours d'eau à faible débit (moins de 3m³/sec). (<https://fr.wikipedia.org/wiki>)

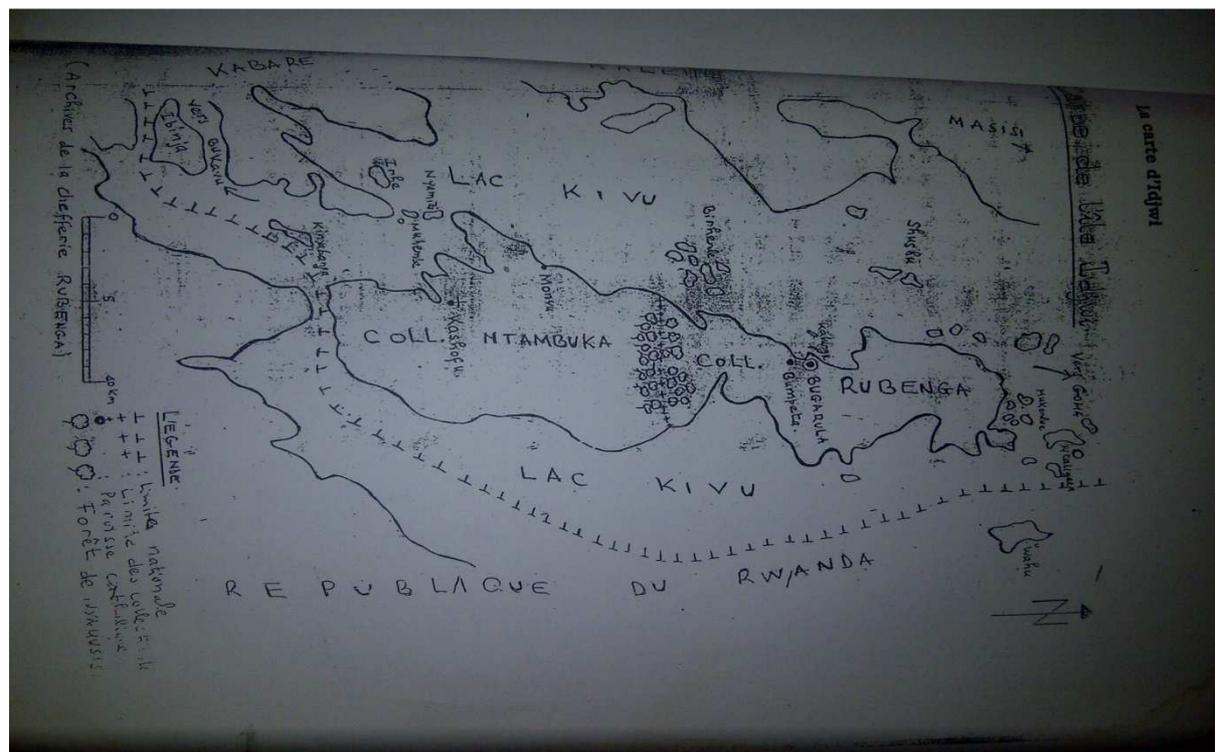


Figure 1. La Carte d'Idjwi

2.2 MÉTHODES D'ÉTUDE

Les principaux objectifs assignés à ce travail ont poussé à adopter un système d'échantillonnage semi quantitatif, qui permet de mettre en évidence l'abondance des unités systématiques.

Pour y parvenir, un certain nombre d'étapes à suivre dans l'ordre chronologique était nécessaire à savoir le prélèvement des macroinvertébrés aux différents sites choisis, le tri à la berge, l'identification et la conservation.

Le matériel ainsi récolté devait enfin être soumis à un traitement mathématique approprié en vue de déterminer les indices de pollution.

Il convient de signaler que d'autres matériels ont été utilisés pour des fins tels que :

- La détermination de la hauteur des eaux et l'évaluation de la largeur du lit de la rivière et la longueur du tronçon à étudier: un décamètre pour éviter de piétiner le lit mineur avant les prélèvements (AFNOR, 2009)
- La vitesse du courant : morceau de styrène de 2 cm² et une montre électronique.
- L'identification des spécimens au laboratoire (UERHA): loupe binoculaire en verre, une pince métallique et le guide d'identification proposé par Micha et Noiset(1982) et Tachet et al. (1980).

2.2.1 COLLECTE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES

L'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques dans la rivière Kintama a été réalisé sur une période de deux mois allant de juillet à août 2016, période de pleine grande saison sèche d'Idjwi en particulier et de la RDC en général.

Cinq stations d'échantillonnage ont été considérées selon la diversité d'habitats physiques identifiés le long de ce cours d'eau et leur accessibilité. Chaque station a reçu 3 campagnes d'échantillonnage (la 1^{ère} le 10/07, La 2^{ème} le 31/07 et la 3^{ème} le 28/08/2016).

Les estimations ont été essentiellement visuelles. Elles concernaient la nature du fond, la profondeur et la largeur de la Kintama. La vitesse du courant, la nature de la végétation environnante et éventuellement les perturbations humaines tel que recommandé par De Pauw et Vanhooren (1983, in Touzin et Roy, 2008 cité par Nihoreye, 2012)

Les macroinvertébrés ont été échantillonnés à l'aide d'un filet troubleau d'une ouverture de 30cm de diamètre sur une profondeur d'environ 8cm à 110cm selon la station et sur une épaisseur de substrat d'environ 15cm. Les stations présentant des macrophytes ont été échantillonnées avec ses plantes immergées à l'aide du même filet troubleau pendant environ 35 secondes.

Après chaque prélèvement, les spécimens étaient débarrassés des débris organiques (parties des plantes, des macroinvertébrés...) et inorganiques (boue, sable, cailloux...) à la berge et conservé dans des bocaux contenant de l'éthanol à 80%. Il n'a pas été cessé d'indiquer le nom de la station et le faciès pour chaque prélèvement des individus.

2.2.2 LE TRI, L'IDENTIFICATION ET LA CONSERVATION DES INDIVIDUS RÉCOLTÉS

Les organismes ont été triés et identifiés jusqu'au niveau des familles par fraction successive dans des boîtes de Pétri à fond quadrillé au laboratoire d'unité d'enseignement et de recherche en hydrobiologie appliquée de l'ISP-Bukavu). La détermination jusqu'à l'espèce des larves d'insectes aquatiques est impossible pour beaucoup d'espèces sans un suivi pendant au moins une année (Zougghaghe et al. 2014). C'est pourquoi l'identification a été limitée au niveau familial comme le propose aussi Moisan et Pelletier (2008) qui estiment que la structuration de communautés des macro-invertébrés benthiques des cours, regroupant les variables métriques et des indices tel l'indice de diversité de Shannon peuvent être définis au niveau taxonomique qu'est la famille. Des pinces métalliques (entomologiques), un bac à tri, une loupe binoculaire de marque F. MASSON BRUXELLES-BRUSSEL et les clés de détermination proposées par Micha et Noiset(1982) et Tachet et al. (1980) ont été indispensables à cet effet. Ensuite, les spécimens ont été comptés avant de les conserver dans des bocaux contenant de l'alcool à 80%.

2.2.3 ANALYSE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES

- La richesse taxonomique a été affinée sous forme d'indice de Margalef (Hammer, 2010). Cette richesse est le nombre de taxons dans un échantillon qui reflète la diversité du peuplement. Les valeurs <2 indique une zone de faible diversité et >5 prouve une bonne richesse taxonomique (Nihoreye, 2012)
- L'abondance relative, exprimée sous forme de pourcentage par rapport à l'ensemble de l'échantillon.
- Les indices de structure tels que la diversité taxonomique a été déterminée grâce à l'indice de Shannon-Weaver (biodiversité) et l'équitabilité faunistique par l'indice de Piéluou ou indice d'équitabilité (équilibre de peuplements) (Firmignac et al., 2008, Hammer, 2010).

Les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver varient entre 0 et 5. Lorsqu'il est ≥ 3 , la faune est très diversifiée. L'indice de diversité biologique de Shannon (Shannon et Weaver, 1949) est donné par la formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

$$p_i = N_i / N$$

N_i : nombre d'individus d'un taxon donné, i allant de 1 à S (nombre total de taxons).

N : nombre total d'individus.

H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à un seul et même taxon, H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté un taxon qui est représenté par tous les autres individus du peuplement.

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Avec H' = Indice de Shannon-Weaver

$H'_{\max} = \log_2 S$ = valeur maximale de H' en cas d'équidistribution des individus

- L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon équitable sur tous les taxons.
- Le peuplement est en équilibre si les valeurs d'indice d'équitabilité est maximal (=1). Il tend vers 0 lorsque le peuplement faunistique est concentré sur un taxon. L'équitabilité est utilisée pour comparer les diversités entre des échantillons ayant des richesses différentes.

L'indice biologique global normalisé (IBGN) et son interprétation écologique ont été envisagés afin de déterminer la note caractérisant chacune de stations en particulier et l'état écologique de la qualité des eaux de la Kintama en général.

Tableau 1 : Limites de classes de la grille de la qualité de l'IBGN

La note IBGN a été obtenue en croisant la classe de variété avec le numéro du groupe faunistique indicateur, soit, selon la formule : « IBGN = N° du groupe faunistique indicateur + (N° de classe de variété — 1) avec IBGN ≤20 ».

En l'absence significative de taxons indicateurs (n < 3 ou 10 individus), la note I.B.G.N. est égale à 0. (ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°00(EAE), 2000.)

TRES-BON	BON	MOYEN	MAUVAIS	TRES MAUVAIS
BLEU	VERT	JAUNE	ORANGE	ROUGE
20-17	16-13	12-9	8-5	4-1

Enfin, hormis l'IBGN, tous ces indices ci-haut cités ont été exécutés grâce au logiciel PAST Ver. 2.00 (Hammer, 2010)

3 PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

3.1.1 PARAMÈTRES PHYSIQUE DE LA RIVIÈRE KINTAMA

Dans cette partie, nous allons présenter certains paramètres physiques tels que la température, la vitesse, la profondeur, la largeur, le couvert des berges et l'ensoleillement.

Tableau 2. Caractéristiques physiques de la rivière Kintama

Légende : S1 : Station I (Lugano); S2 : Station II (Kabati); S3 : Station III (Institut Ziwa Kivu); S4 : Station IV (Pont kintama); S5: Station V (embouchure du lac Kivu).

Paramètres physiques	S1	S2	S3	S4	S5
Température moyenne en °C	20	23	25	22	25
Vitesse du courant en m/s	20	32,3	23,8	45,5	8,1
Profondeur en cm	8	24	66	20	110
Largeur mouillée en cm	40	107	180	180	180
Largeur non mouillée en cm	80	220	220	260	500
Couverture/berges et support végétal dominant	Herbacés : patate douce. ±Macrophytes	Herbacé : fausses cannes et Lantana kamara/ Macrophytes	Herbacé/berge droite. Nu/ berge gauche/ Macrophytes	Herbacé : fausses cannes/débris végétaux	Herbacé : diverses feuilles
Ensoleillement	Moyen	Fort	Fort	Faible	Fort

Ce tableau 3 fait voir clairement que la température la plus élevée se situe au niveau des stations S3 et S5 dont chacune a la valeur de 25°C tandis que la plus faible température est à la station S1.

Il est à remarquer aussi que la vitesse du courant la plus grande est à la station S4 avec une valeur de 45,5 cm/s pendant qu'à la station S5, cette vitesse n'est que de 8,1m/s. En effet, outre les stations S2 et S4 qui ont une vitesse moyenne car se situant dans la classe de vitesse 75-25, les autres stations (S1, S3 et S5) ont une vitesse moyenne en référence à leur classe de vitesse entre 25-5. La station S4 (45,5cm/s) et la station S2 (32,3cm/s) sont des stations à vitesse du courant rapide (>30cm/s) par rapport à toutes les autres. La station la plus profonde est la S5 avec 110cm suivie de la S3 avec 66cm. Vient en dernier

lieu la S1 avec une profondeur de 8cm. Hormis les stations S5 (110cm) et S3 (66cm), toutes les autres sont moins profondes (<50cm).

La largeur varie de 40 à 180 et la couverture végétale des berges est dominée par les herbacées.

Des macrophytes poussent bien dans les tronçons de cours d'eau ensoleillés alors que, dans les tronçons de cours d'eau faiblement ensoleillés, on trouve une abondante accumulation de débris végétaux tels des feuilles mortes, les morceaux des tiges submergés, les épluchures de cannes à sucre, etc.

3.1.2 PEUPLEMENT DES MACROINVERTÉBRÉS

Tableau 3. Composition des Macroinvertébrés

Un total de 12 taxons appartenant aux Insectes, 2 aux Mollusques 1 aux Crustacés et 1 aux Oligochètes ont été identifiés (Tableau I).

FAUNES	STATIONS					Effectif total
	S1	S2	S3	S4	S5	
TAXONS	Total	Total	Total	Total	Total	
TRICHOPTÈRES						
Philopotamidae	84	84	2	1	8	179
Hydropsychidae	230	168	9	0	0	407
EPHEMEROPTERES						
Baetidae	3	126	0	45	0	174
Caenidae	172	26	15	0	100	313
Heptageniidae	0	3	0	0	0	3
DIPTÈRES						
Chironomidae	167	13	19	131	82	412
Anthomyidae	0	2	0	0	0	2
Athericidae	0	12	0	0	0	12
Ceratopogonidae	22	16	0	1	0	39
COLÉOPTÈRES						
Dytiscidae	0	0	0	0	1	1
ODONATES						
Coenagrionidae	32	74	48	26	20	200
Libellulidae	6	0	0	0	16	22
CRUSTACÉS						
Potamonidae	2	0	0	0	0	2
MOLLUSQUES						
Limnaeidae	0	0	0	0	6	6
Planorbidae	0	0	0	0	20	20
OLIGOCHÈTES(tubificidae)	3	2	0	0	37	42
Effectif total	721	526	93	204	290	1834
Nombre de taxons	10	11	5	5	8	16

Au total, 16 taxons (familles) d'invertébrés aquatiques ont été recensés sur l'ensemble de la rivière Kintama tout au long de cette étude. Ces taxons se répartissent dans les groupes zoologiques cités ci-haut.

Parmi les 16 taxons identifiés, seuls les insectes occupent une place de choix (12 taxons). La station qui présente le plus grand nombre de spécimens est la S1 (721) suivie de la S2 (526) tandis que la plus pauvre de toutes est la S3 (93). Les deux premières stations sont bordées de couverts végétaux naturels et les perturbations anthropogéniques y sont très négligeables contrairement à la station S3 qui subit une exploitation abondante de sable

Les taxons représentés à chaque station sont les Chironomidae, les coenagrionidae et les Philopotamidae. Les Caenidae sont présents également partout sauf à la station S4. Il est donc à constater que la rivière Kintama est moins diversifiée.

3.1.3 ABONDANCE QUANTITATIVE GLOBALE DES GROUPES FAUNISTIQUES

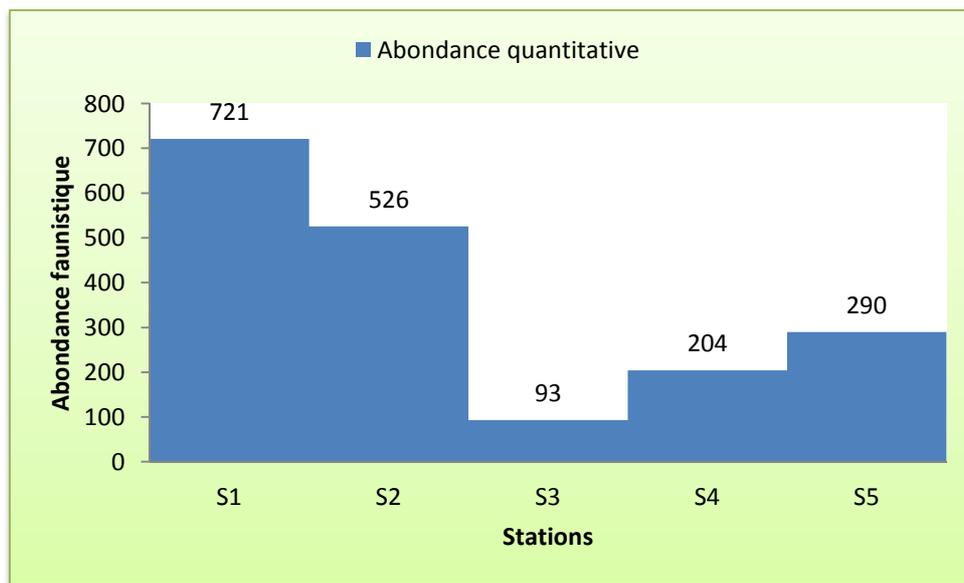


Figure 2 : Abondance faunistique de la rivière Kintama

3.1.4 ABONDANCES RELATIVES DES PRINCIPAUX GROUPES TAXONOMIQUES

La figure ci-dessous présente l'abondance relative des macroinvertébrés à travers différentes stations.

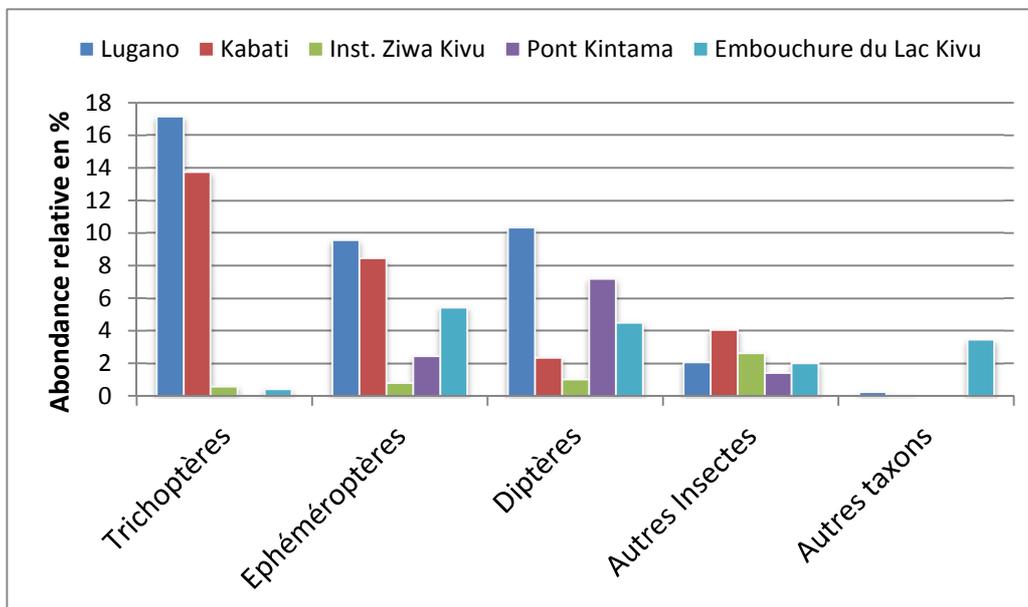


Figure 3 : Abondance relative des groupes faunistiques de la Kintama

Les figures ci-dessus, présentent une configuration qui fait voir directement une différence nette entre les différentes stations quant à l'abondance quantitative et relative. Les deux premières stations vers la source(en amont) présentent une abondance beaucoup plus élevée que l'intermédiaire dont d'ailleurs l'abondance relative est faible. Les valeurs de l'abondance quantitative varie entre 721 et 93 ce qui implique également une variation de l'abondance relative qui se situe dans la fourchette de 0,00% et 0,17%. Les Insectes à eux seuls représentent 1764 individus de l'effectif total soit 96,18%. Ils

sont regroupés en 5 ordres dont les Trichoptères, les Ephéméroptères, les Diptères, les Coléoptères et les Odonates. Les Crustacés, les Mollusques et les Oligochètes n'y sont représentés que minoritairement.

3.1.5 INDICE DE DIVERSITÉ

Le tableau ci-après reprend les différentes caractéristiques indicielles de la rivière étudiée.

Tableau 4 : Indices de diversité de différentes stations de la rivière Kintama

Stations	Lugano	Kabati	Institut Ziwa Kivu	Pont Kintama	Embouchure du Lac Kivu
Margalef	1,368	1,596	0,882	0,752	1,411
Shannon	1,642	1,78	1,269	0,9325	1,715
Equitabilité	0,7132	0,742	0,7883	0,5794	0,7803

La figure ci-dessous indique les valeurs de l'indice de Margalef.

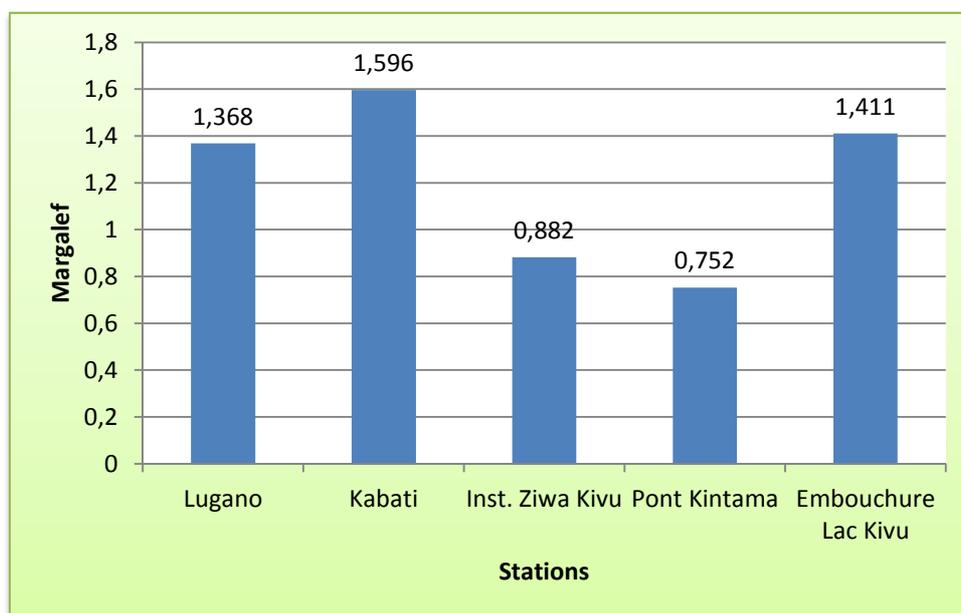


Figure 4 : Expression de la richesse taxonomique par l'indice de Margalef

Comme signalé un peu plus haut, les insectes sont les plus dominants de tous les taxons qui ont été inventoriés (96,18%). L'ordre le plus représenté est celui des Trichoptères (31,95%) suivi des Ephéméroptères (26,7%), des Diptères (25,35%), des Odonates (1,19%) et enfin les Coléoptères (0,05%). Le seul Coléoptère trouvé témoigne une présence accidentelle dans cette station Pont Kintama (S4). Les spécimens les plus représentés sont les Chironomidae (22,46) et les Hydropsychidae (22,19%). Les Caenidae et les Coenagrionidae sont également abondants car représentés respectivement par 17,06% et 10,90%. Les Chironomidae et les Coenagrionidae sont présentes dans toutes les stations tandis que les Hydropsychidae ne sont que dans les stations en amont (S1 et S2), Lugano et Kabati.

Aussi faudra-t-il constater que, la répartition biogéographique selon l'indice de Margalef montre que la station S1 de l'amont, S2 intermédiaire qui ne connaissent pas trop de perturbations humaines et ayant une diversité des habitats présentent une meilleure richesse spécifique par rapport aux autres. La station S5 en aval est bordée des macrophytes et présente une bonne richesse également. C'est probablement à cause de son homogénéité de substrat. Les 2 autres stations (S3 et S4) intermédiaires sont visiblement pauvres en termes de richesse spécifique.

3.1.6 VARIATION DES INDICES DE SHANNON-WEAVER ET D'ÉQUITABILITÉ DANS LA RIVIÈRE KINTAMA

La figure ci-après montre l'allure des indices de Shannon-Weaver et d'équitabilité.

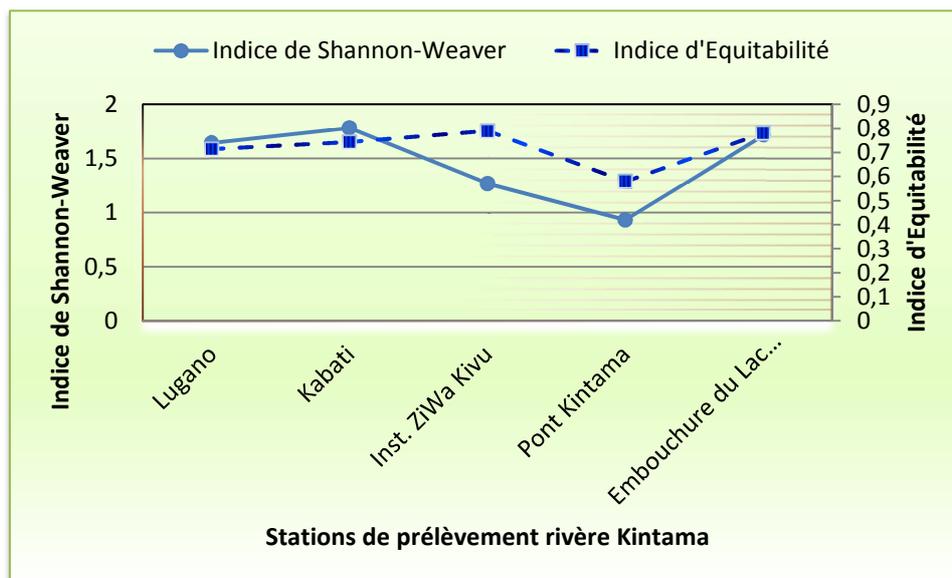


Figure 5: Variation des indices de Shannon et d'Equitabilité

Les indices de Shannon les plus élevés par rapport aux autres sont signalés aux stations S2(1,78), S5(1,72) et à la S1(1,64). Les S3 et S4 présentent des indices voisins respectivement (1,25 et 0,93). Ces 2 dernières stations sont relativement moins diversifiées par rapport aux stations restantes. D'une manière globale, cette rivière Kintama se caractérise par une faible diversité (Indice de Shannon inférieur à 3 partout) par suite de quelques espèces largement dominantes par rapport aux autres.

En termes d'équitabilité, les valeurs varient entre 0,58 et 0,78. La station S4 semble s'écarter un peu des autres avec une valeur de 0,58. Ce qui revient à dire qu'il y a un taxon qui domine les autres à l'instar des Coenagrionidae. Cette station se trouve juste avant le pont de Kintama où les activités humaines sont multiples (pisciculture, lessive, baignade, vente des cannes à sucre, jet des déchets surtout organiques par les passants...).

Par ailleurs, l'allure de la figure 5 ci-haut, laisse voir une corrélation positive entre les indices de Shannon et d'équitabilité.

3.1.7 INDICE BIOLOGIQUE GLOBAL NORMALISE (IBGN)

Il sera question de déterminer la valeur de l'IBGN pour chaque station afin de rendre plus aisée l'interprétation.

Le tableau 6 donne des renseignements sur les valeurs des IBGN pour les stations.

Tableau 5: Calcul de l'IBGN pour les 4 stations

FAUNES TAXONS	STATIONS					Effectif total
	S1 Total	S2 Total	S3 Total	S4 Total	S5 Total	
TRICHOPTÈRES						
Philopotamidae	84	84	2	1	8	179
Hydropsychidae	230	168	9			407
EPHEMEROPTERES						
Baetidae	3	126		45		174
Caenidae	172	26	15		100	313
Heptageniidae		3				3
DIPTÈRES						
Chironomidae	167	13	19	131	82	412
Anthomyidae		2				2
Athericidae		12				12
Ceratopogonidae	22	16		1		39
COLÉOPTÈRES						
Dytiscidae					1	1
ODONATES						
Coenagrionidae	32	74	48	26	20	200
Libellulidae	6				16	22
CRUSTACÉS						
Potamonidae	2					2
MOLLUSQUES						
Limnaeidae					6	6
Planorbidae					20	20
OLIGOCHÈTES(Tubificidae)	3	2			37	42
Effectif total	721	526	93	204	290	1834
Variété totale	10	12	6	6	10	16
Classe de variété	4	4	2	2	4	5
Groupe indicateur	8	8	3	2	8	8
IBGN	11	11	4	3	11	12

L'IBGN permet de traiter l'échantillon afin de répondre favorablement à la préoccupation majeure, savoir la détermination du degré atteint par la population de cette rivière Kintama. En observant cet écosystème Kintama, il se fait remarquer qu'il n'y a pas des déchets domestiques jetés tout au long de la rivière à part la station S4 (pont Kintama). Toutefois quelques activités anthropologiques sont applicables comme le lessivage, l'utilisation des eaux, la baignade, les excréments des animaux domestiques et l'exploitation du sable. Selon VERNEAU et COLL, 1982 (cités par GAY, 1994), l'IBGN constitue une information synthétique exprimant l'aptitude d'un site d'eau courante au développement des invertébrés benthiques toutes causes confondues.

3.1.8 VARIATION D'IBGN EN FONCTION DES STATIONS

L'évolution d'amont en aval de la qualité de la rivière Kintama durant les 3 campagnes de prélèvement est consignée sur la figure ci-après.

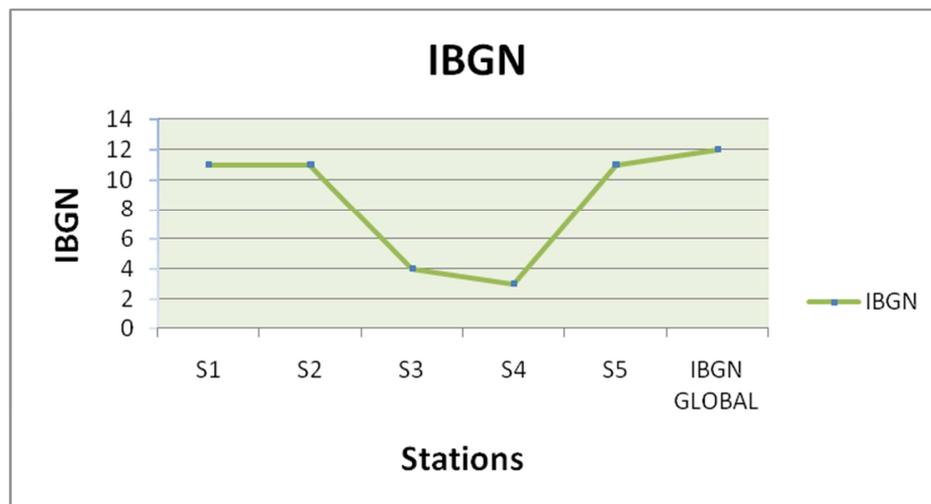


Figure 6 : variation d'IBGN dans la rivière Kintama

De part les différentes valeurs des indices biologiques globaux normalisés, il se révèle à partir de la figure 6 que, d'une manière globale, la rivière Kintama est moyennement polluée (IBGN=12).

Trois stations présentent des IBGN=11. Ces stations Lugano(S1), Kabati(S2) vers l'amont et Embouchure du Lac Kivu(S5) en aval traversent les marais. Les valeurs d'IBGN de ces deux dernières stations indiquent des eaux de très mauvaises qualités. Cela traduit une qualité douteuse des eaux de ces dites stations.

Aussi est-il que l'idée de la pollution organique sévère est envisageable dans ces deux stations partant de ce constat. Les Chironomidae ayant un niveau de tolérance 8, sont bien abondants résistants à cette pollution moyenne dans cette rivière.

3.2 DISCUSSION

Plusieurs facteurs abiotiques peuvent influencer la distribution des macroinvertébrés benthiques dans une rivière, notamment la température, la vitesse du courant, la nature de substrat, l'abondance des macrophytes, la largeur de la rivière, etc. (Pelletier, 2002 cité par FERGANI H. & ARAB A.,2013). Les peuplements de la rivière Kintama sont donc thermophiles compte tenu de leurs températures élevées.

La température est un paramètre écologique significatif connu comme influençant la structure des communautés aquatiques (Giller and Malmqvist, 1998 cité par Ngodhe, S. O. et al, 2014) surtout dans les distributions des espèces (Rostgaard and Jacobsen, 2005).

Il est à remarquer aussi que la vitesse du courant la plus grande est à la station S4 avec une valeur de 45,5 cm/s pendant qu'à la station S5, cette vitesse n'est que de 8,1m/s. en effet, outre les stations S2 et S4 qui ont une vitesse moyenne car se situant dans la classe de 75-25, les autres stations(S1,S3 et S5) ont une vitesse moyenne en référence à leur classe de vitesse entre 25-5 (AFNOR, 2009). La station la plus profonde est la S5 avec 110cm suivie de la S3 avec 66cm. Vient en dernier lieu la S1 avec une profondeur de 8cm. Outre les stations S5 (110cm) et S3 (66cm), toutes les autres sont moins profondes (<50cm) d'après Moisan et al. (2013). Quant à la vitesse, selon le même auteur, la station S4 (45,5cm/s) et la station S2 (32,3cm/s) sont des stations à vitesse du courant rapides (>30cm/s) par rapport à toutes les autres.

La largeur et la couverture végétale des berges est aussi un paramètre important d'autant plus que la bande végétale exerce un pouvoir tampon sur les polluants provenant du ruissellement. Elle contrôle l'érosion et fournit des habitats et un apport nutritif lié à la chute des feuilles. La dégradation de cette bande est souvent causée par le développement urbain et ses infrastructures (routes, stationnement, bâtiments et golf). Pour notre cas, elle peut aussi être causée par la présence de cultures, de pâturages, de gazon, de roches ou de sol nu (MDDEFP, 2013).

La rivière Kintama est un petit cours d'eau selon ses largeurs (variant entre 40cm et 180cm) et ses profondeurs <50cm à travers les stations (excepté la station Institut Ziwa Kivu et la station embouchure du Lac Kivu où les valeurs excèdent 50cm) comme celles de Bukavu (Nihoreye, 2012).

ABONDANCE QUANTITATIVE ET RELATIVE

La rivière kintama renferme en majorité des Insectes (97%). Cette même abondance relative avait déjà été signalée par Nihoreye (2012) dans les 7 cours d'eau de Bukavu (97,5%), par Ngera et al (2009) dans 3 cours d'eaux de Lwiro (97,5%), Bahati et Amuli (2015) dans les cours d'eau d'Idjwi, par Sanogo et Kabre (2014) dans un continuum lac de barrage-effluent-fleuve au Burkina (75%). la dominance des insectes est une caractéristique de zones lotiques en général où les insectes aquatiques représentent près de 95% (Lee et al, 2006 in Touzin et Roy, 2008 cité par Nihoreye, 2012) et des eaux douces africaines en particulier (Diomande et al, 2008).

En comparaison avec les résultats familiaux des chercheurs prédécesseurs sur cette rivière, le nombre de familles trouvé dans le présent travail (16) diffère significativement de celui obtenu par Bahati et Amuli(2015) qui n'en ont inventorié que 6. Il doit peut-être y avoir eu une forte perturbation (variation saisonnière, surexploitation de sable) qui aurait eu des retombées néfastes sur les communautés benthiques.

Cependant, un fait frappant est qu'en 2015, aucun Chironomidae n'a été inventorié (0%) contrairement à 2016 où ils sont représentés par 22,5% dans la même rivière. De l'amont jusqu'à l'aval, nous n'avons pu noter aucun renseignement qui nous permettrait d'expliquer ce constat. Ce contraste nécessite une révisitation du site afin de mieux fournir des éléments explicites.

En somme, le nombre de familles inventorié dans cette étude comme ceux inventoriés par beaucoup de chercheurs congolais (Ngera, 2009), Nihoreye (2012), Bahati et Amuli (2015), etc. sont en deçà des 59 familles obtenues par Foto et al. (2010 cité par Sanogo, S., 2014) lors de la caractérisation d'un site de référence au niveau d'un cours d'eau. Ceci revient à supposer que, dans l'ensemble, nos rivières sont peu diversifiées

Des inventaires réalisés dans plusieurs rivières de hautes altitudes au Kenya, ont donné des résultats sur la richesse faunistique qui se rapprochent aux nôtres (MIKE et al., 2002 cité par Ngera M.F, 2009). Les auteurs ont identifié 9 ordres dans la classe des insectes dont les Ephéméroptères, les Trichoptères, les coléoptères, les Diptères, et les Plécoptères. Seul le dernier ordre n'a pas été identifié dans ce travail.

La pratique de rejets domestiques, industriels, etc. couramment rencontrée dans les milieux urbanisés (Zirirane, D, 2012) presque inexistante le long de la kintama explique la présence des Ephéméroptères(26,71%), groupe polluo-sensible. En effet, cette présence confirme que la richesse taxonomique des Ephéméroptères baisse avec l'urbanisation (Carlisle et al, 2007 cité par Diomande et al, 2009). Toutefois, l'abondance relative des Chironomidae inventoriés (22,5%) laisserait croire que cette rivière est polluée puisque c'est un taxon dominant dans les eaux polluées selon Zwart et al (1995 cité par Nihoreye, F., 2012). Face à cette idée apparemment acceptable, Zougghaghe(2010 cité par Zougghaghe., 2014) rappelle qu'une abondance relative serait aussi due à la concentration de la faune du fait d'un espace de colonisation réduit en période de basses eaux, mais peut être aussi aux conditions défavorables de la période d'étiage qui est une période de concentration maximale des pollutions organiques, de températures plus élevées et de faibles débits qui favorisent le développement ou bien l'explosion de quelques taxons préférant ces conditions.

L'absence des Plécoptères dans Kintama à ce jour, reste mystérieuse. Ce même constat a été soulevé en 2015 par Bahati et Amuli dans les cours d'eau d'Idjwi. Sachant que cet ordre affectionne les cours d'eau froids de montagne avec une concentration en oxygène dissous (Consiglio, 1980 cité par V. Ferrito, 1994 ; Aubert, J., 1959), il sied de rappeler que la température élevée en saison sèche serait en corrélation positive avec la faible diversité observée ici. Cet avis est aussi partagé par Ngodhe et al. (2013) dans son étude sur le lac Victoria. Dans la kintama, les températures sont supérieures à celles observées sur de nombreux milieux peu perturbés d'après le diagnostic piscicole réalisé par le C.S.P direction régionale d Dijon (Firmignac, F. et al, 2008).

Tous les relevés thermiques des stations ont donné des valeurs supérieures à 15°C. Cela suppose que seuls les thermophiles résisteraient dans Kintama au détriment des psychrophiles que sont les Plécoptères durant la saison sèche. Il revient de vérifier en saison pluvieuse, ce que l'analyse fournirait quant à ce.

Les espèces largement dominantes par rapport aux autres, font que les indices de diversité de margalef, de Shannon et d'équitabilité soient faibles. Il a été remarqué qu'à l'embouchure, à Lugano et à Kabati les indices de Shannon et d'équitabilité sont bien élevé. Cette situation se traduit par les impacts négligeables des activités humaines. La diversité potentielle des macroinvertébrés benthiques est réduite dans les stations S3 et S4 par suite des plusieurs raisons notamment les apports exogènes réduits en comparaison à d'autres stations vers l'amont fertilisées par des affluents (Kasherhe, kabongo et nyakenji). Aussi, l'absence de végétations à la berge gauche de la S3 en regardant l'amont, diminue les apports en éléments nutritifs endogènes (Ngera, M.F et al, 2009). Il s'y ajoute une forte perturbation de ces deux sites dus aux activités humaines (exploitation massive du sable qui dénature les habitats). La note éloquent de Strachan, S. (2009)

inspire que le déséquilibre entre les taxons ou la dominance de quelques taxons dans une communauté peuvent indiquer l'exposition à un stress environnemental.

Toute cause confondue, Les macro-invertébrés benthiques constituent la ressource première en nourriture pour les poissons d'intérêts récréatifs et commerciaux (Barbour, T.M., 1999), il est donc impérieux de rectifier le tir afin de conserver cet écosystème de peur que notre nature ne vienne à se dégrader davantage. De ce qui précède, il se révèle que les communautés benthiques de la rivière Kintama sont peu équilibrées par rapport à la valeur 1 pour une communauté équilibrée. Il y a donc lieu de penser que la majorité des faunes benthique de la rivière Kintama se concentrent sur une minorité des taxons tel qu'il en est le cas des Hydropsychidae et des Chironomidae dans ce travail. Ainsi donc le peuplement est moins structuré et moins stable.

Par rapport à l'IBGN, contrairement à ce qu'avait observé Ngera M.F. en 2013 dans la rivière Kalengo qui avait des eaux d'une bonne qualité biologique, la rivière Kintama est moyennement polluée durant la saison sèche de 2016. Ceci rejoint les résultats de DUNIA M. F(2015) qui avait observé une pollution moyenne dans la rivière Zira en Chefferie Rubenga. Les stations S3 et S4 indiquent un IBGN bas à cause possiblement de l'exploitation massive du sable conduisant à une forte perturbation de l'écosystème. Cette situation avait déjà été prédite par Bahati et Amuli B.(2015). Il y a été observé de part et d'autre, quelques déchets organiques jetés par les cultivateurs dans cette rivière et aussi par les passants.

Certaines de nos stations traversent les marais. En effet, le marais est un véritable filtrant des eaux des rivières (Bagalwa, 2006 in Zirirane, D. et al., 2014). Trois stations présentent des IBGN=11. Ces stations Lugano(S1), Kabati(S2) vers l'amont et Embouchure du Lac Kivu(S5) en aval traversent les marais qui exerce une auto-épuration des ces sites. Ceci diminuerait les matières en suspension nuisibles aux macro-invertébrés (Zirirane, D. et al, 2014) en bloquant les branchies et entraînant la mort des macroinvertébrés (Lenat et Crawford, 1994) et par ricochet, expliquerait leurs valeurs d'IBGN élevés par rapport aux 2 autres stations, Inst. Ziwa Kivu(S3) et Pont Kintama(S4) qui ne traversent pas les marais et qui subissent diverses activités anthropogéniques.

Les valeurs d'IBGN de ces deux dernières stations indiquent des eaux de très mauvaises qualités (ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°00(EAE), 2000) comme les eaux de l'aval de l'Oued Khoumane (Moussa B et al, 2014), celles de Kahuwa (Zirirane, D., 2013),. Cela traduit une qualité douteuse des eaux de ces dites stations et qui présentent, par conséquent, un danger aux utilisateurs.

Ce problème se marie avec la conclusion de Fergani, H et Arab A(2013) sur la qualité biologique des eaux d'oued El Harrach qui n'était pas satisfaisante car elle variait également de moyenne à médiocre pour l'ensemble des stations excepté en amont au plus haut.

4 CONCLUSION

Cette étude qui se veut évaluer le degré de pollution de la rivière Kintama par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques a voulu caractériser les eaux de cette dite rivière quant à la pollution. Cette étude utilise deux méthodes relativement simples pour analyser la pression des activités anthropogéniques sur la qualité des eaux de la rivière Kintama tributaire du Lac Kivu (rivière dans le territoire insulaire d'Idjwi, une zone rurale) durant la période de juillet à août 2016. L'utilisation des analyses des paramètres physiques des eaux et la détermination des indices biotiques ont été suffisantes pour caractériser l'état de pollution de cette rivière. La rivière Kintama traversant la zone rurale moins peuplée, est moyennement polluée. Les activités anthropogéniques dans les stations le long de cette rivière sont à la base de cette pollution moyenne observée (l'exploitation du sable, les activités humaines et les déchets organiques agricoles au niveau de certains sites de la rivière Kintama...). Des mesures de lutte contre la surexploitation de sable dans les stations de l'institut Ziwa Kivu et pont Kintama devrait être envisagées afin de diminuer les perturbations qui nuisent à cet écosystème. Ceux qui voudront bien nous emboîter le pas, essaieraient de travailler en saison de pluie afin de vérifier l'impact.

REFERENCES

- [1] AFNOR, 2009, *Qualité de l'eau : prélèvement des macroinvertébrés aquatiques en rivières peu profondes*. XP T 90-333. Association française de normalisation (AFNOR), Paris
- [2] Bahati et Amuli, M., 2015, *Diversité des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau d'Idjwi/Est de la RDC.*, Cahiers du CERUKI, Numéro 49, pp. 295-306
- [3] Barbour, T.M., Gerritsen, J., Snyder, B. D. & J. B. Stribling. (1999) *Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and fish*, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of water; Washington, D. C. www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html.
- [4] Daphne, T., 2008. *Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec*. Université Laval. Faculté des Sciences de l'agriculture. Mémoire online. 41p
- [5] Dieudonné Zirirane, Jean Jacques Bagalwa, M. Isumbisho, M. Mulengezi, I. Mukumba, M. Bora, J.M. Mucheso, A. Lukamba, G. Iragi, B. Irengi, F. Kibangu et R. Kamangala, « *Évaluation comparée de la pollution des rivières Kahuwa et Mpungwe par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques* », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, Volume 14 Numéro 3 | Décembre 2014, mis en ligne le 27 décembre 2014, consulté le 27 février 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/15365> ; DOI : 10.4000/vertigo.15365
- [6] Diomande, D., Bony, Y. K., Edia, E.O., Konan, F.K., et Gourène, G., 2009. *Diversité des macroinvertébrés benthiques de la Rivière Agnéby (côte d'Ivoire ; Afrique de l'Ouest)*. European journal of Scientific Research. Vol. 35, N° 3, pp. 368-377
- [7] Dunia, M. F., 2015. Contribution à l'évaluation de la qualité biologique de la rivière Zira par les macroinvertébrés benthiques, inédit, ISP-IDJWI, RDC
- [8] Aubert, J., 1959. Plecoptera, La concorde, Lausanne
- [9] ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°00(EAE), 2000, *indice biologique global normalisé I.B.G.N. NF-T90-350.: Guide technique*. Agence de l'eau (2^{ème} édition), 1, Biologie Animale et Ecologie et Association Française de Limnologie (notice Inist-CNRS)
- [10] FERGANI H. & ARAB A., 2013, *Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de pollution d'Oued El-Harrach.*, (*Dynamique et biodiversité facultés de sciences biologiques ; université des sciences et de la technologie Houari Boumedienne*) – ALGERIA
- [11] Ferrito, V., 1994. *Les macroinvertébrés benthiques de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques-uns de ses affluents*, *Annls Limnologie*. 30(1) (33-56)
- [12] Firmignac, F., Lascaux, J.M. et Vandewalle, F., 2008, *Analyse des peuplements de macroinvertébrés sur les stations à Moules perlières (Margaritifera margaritifera) du Cousin. Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée*. Action A8-2007-1-7 du programme LIFE04NAT/FR/000082. E.CO.G.E.A,s.l, 68p. + 4 annexes.
- [13] Gay, C., 1994. *Indice biologique global normalisé (IBGN), Cahier technique*, 78 rue d'Alembert, 69 p.
- [14] Gisèle, B., 2007. *Pollution des eaux et des rivières et son impact sur les populations riveraines. Cas de la rivière Mgoua dans la zone industrielle de Douala-Bassa*. Mémoire online. Option de l'environnement. Université de Dchang-FASA.
- [15] Hamid, M., 2008. *Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'Ouest de Bénin Messous*.
- [16] Hammer, Ø., 2010, *Past – paleontological statistics version 2.00. Reference manual*. Natural History Museum. University of Oslo. 195p.
- [17] <http://www.petitfute.com/v58775-ile-d-idjwi/> le 29 août 2016
- [18] <https://fr.wikipedia.org/wiki> (Généralités sur l'île d'Idjwi) consulté le 15 août 2016
- [19] Lenat, D.R. et Crawford, J.K, 1994, *Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams*, *Hydrobiologia*, 294, 3, pp. 185-199. DOI :10.1007/BF00021291
- [20] LOUNACI A. (2005). *Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi- Ouzou, Algérie)*. Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou (Algérie).
- [21] Micha, J.C. et Noiset, J.L., 1982. *Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques*, *Probio-Revue*, Vol. 5, n°1, Belgique, 142p.
- [22] MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP), 2013. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2013*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2^e édition : 88 p. (incluant 6 ann.).

- [23] Moisan J et Pelletier L, 2008. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Canada. 86 p.
- [24] Moussa, B.A. et al, 2014, *Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'Oued Khoumane.*, Moulay Idriss zerhoum, Maroc
- [25] Ngera, M. F., Baluku, B., Cammaerts, D., et Bisimwa, M., 2009. *Evaluation biologique de la pollution de la Rivière Kalengo par les macroinvertébrés aquatiques*, Cahiers du CERUKI, Numéro spécial CRSN-Lwiro, pp. 89-94
- [26] Ngera, M.F., Cammaerts, D., Bisimwa, M., et Baluku, B., 2009, *Etude comparative des macroinvertébrés benthiques de trois cours d'eau du bassin versant de lac Kivu en R.D. Congo*, Cahiers du CERUKI, Numéro spécial CRNS Lwiro, pp. 95-107
- [27] Ngodhe, O.M., Okoth, P.R., Achieng, A., 2013. *The impact of water quality on species diversity and richness of macroinvertebrates in small water bodies in Lake Victoria Basin, Kenya*, academic journals. Vol. 6 (1). Pp. 32-41
- [28] Nihoreye, F. J., 2012, *Diversité de la faune de macroinvertébrés benthiques des cours d'eaux de la ville de Bukavu, R.D Congo*, Cahiers du CERUKI, Numéro 42, pp. 125-139
- [29] Perry, J. B., 2005. *Biotic indices of stream macroinvertebrates for fun and (educational) profit. Pages 281-294, in Tested Studies for Laboratory Teaching, Volume 26 (M.A. O'Donnell, Editor). Proceedings of the 26th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), 452 pages*
- [30] Sanogo et Kabre. J. Appl. Biosci. 2014. *Dynamique de structuration spatio-temporelle des populations de familles de macroinvertébrés dans un continuum lac de barrage –effluent-fleuve*, Volta Burkina Faso.
- [31] Strachan, S., Ryan, A., McDermott, H., Manckinlay, C., 2009, *Evaluation des communautés d'invertébrés benthiques et de la qualité de l'eau du bassin hydrographique de la rivière Quinsam en Colombie britannique 2001-2006. Rapport du plan d'action du bassin de Georgia (PABG) N° EC/GB/07/85*, Division de la surveillance de la qualité de l'eau, ISBN 978-1-100-96512-3
- [32] Tachet, Bournaud et Richoux, 1980 - *Introduction à l'étude des macro-invertébrés des eaux douces - Université de Lyon I, Biologie Animale et Écologie*, 69622 Villeurbanne Cedex.
- [33] Tachet, H., Bournaud, M. et Richoux, P.(1980), *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologiques)*. T1 à T7, C.R.D.E, Paris. 587p
- [34] Tachet, H., Bournaud, M., & Richoux, P. (1987). *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique)*. Ministère de l'Environnement, Université de Lyon
- [35] Vicente, J., M. F. Colmenarejo, E.Sánchez, A. Rubio, M. G. García, R. Borja et A. M. Jimenez, 2011, *Evaluation of the water quality in the Guadarrama river at the section of Las Rozas-Madrid, Spain*, Water and Environment Journal, 25, pp. 55–66.
DOI : 10.1111/j.1747-6593.2009.00188.x
- [36] Zougaghe F. et Moali A., 2009. *Variabilité structurelle de peuplement de macroinvertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord)*. Rev. Ecol. (Terre Vie). Vol 64. 305-321.
- [37] Zougghaghe, F. et al., 2014, *Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algérie)*, Larhys journal, ISSN 1112-36 80, N° 17, Algérie, pp. 21-33
- [38] Zwart, D. de, Trivedi, R.C et Kruijff, H.A.M. de, 1995, *Manual of integrated water quality evaluation. Ntherlands Ministry of Foreign Affairs*. RVIM Report 802023003. 417p
- [39] Grall, J., Coïc, N., 2006. *Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier*, Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT, Bretagne Occidentale.