ANALYSE DE LA QUALITE ECOLOGIQUE DE LA RIVIERE N'ZUEDA (BEOUMI, COTE D'IVOIRE) SOUS L'INFLUENCE DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL QUALITY OF THE N'ZUEDA RIVER (BEOUMI, IVORY COAST) UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC **PRESSURES**

Siaka BERTE[1], Stevens Louis AIME[2*], Roméo N'Guessan LOZO[3]

1- Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, 22 BP 582 Abidjan 22, +2250707859942
2- Université Alassane Ouattara, Centre d'Entomologie Médical et Vétérinaire (CEMV), Bouaké, Côte d'Ivoire, BPv 18 Bouaké 01, +22548964809
3- Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, 22 BP 582 Abidjan 22, +0708953114
***Auteur correspondant :** AIME Louis Stevens, téléphone : 0748964809, mail : loiusstev@yahoo.fr, pays : Côte d'Ivoire*

RESUME
Ce travail vise à évaluer comment les activités humaines influencent la qualité écologique d'un milieu aquatique. L'étude a été menée dans la rivière N'zuéda (Béoumi, Côte d'Ivoire). Les données ont été obtenues par saison, de juin 2016 à mars 2017. Les macroinvertébrés aquatiques se trouvant au fond de l'eau ont été collectés, à l'aide d'une benne Van Veen. Ceux adhérant aux macrophytes aquatiques ont été prélevé, à l'aide d'une épuisette. La structure du peuplement est basée sur la richesse taxonomique (S), l'indice de diversité de Shannon Weaver (H') et l'indice d'équitabilité de Piélou (E). L'évaluation de la qualité écologique de la rivière N'zuéda a été déterminé à partir de l'indice BMWP (Biological Monitoring Working Party). Les résultats enregistrés ont montré que la rivière N'zuéda a une très mauvaise qualité écologique, avec un peuplement instable en saison sèche contrairement à la saison pluvieuse.
Ces résultats serviront de base pour une meilleure gestion de la rivière N'zuéda dans la sous-préfecture de Béoumi (Côte d'Ivoire).
Mots clés : Côte d'Ivoire, Rivière, Qualité, Macroinvertébré.

ABSTRACT
This study aims to assess how human activities influence the ecological quality of an aquatic environment.
The study was conducted in the N'zueda River (Béoumi, Côte d'Ivoire). Data were collected seasonally, from June 2016 to March 2017. Aquatic macroinvertebrates found on the riverbed were collected using a Van Veen grab. Those attached to aquatic macrophytes were collected using a landing net. The community structure was assessed using taxonomic richness (S), the Shannon-Weaver diversity index (H') and the Pielou evenness index (E). The ecological quality of the N'zueda River was evaluated using the BMWP (Biological Monitoring Working Party) index. The results showed that the N'zueda River has very poor ecological quality, with an unstable community during the dry season, in contrast to the wet season.
These results will serve as a basis for improved management of the N'zueda River in the sub-prefecture of Béoumi (Ivory Coast).
Keywords : Ivory Coast, River, Quality, Macroinvertebrate.

INTRODUCTION

Les écosystèmes d'eau douce sont des compartiments naturels, nécessaire pour la continuité de la vie (Simpi *et al*., 2011) et le développement de la vie humaine, car les écosystèmes aquatiques et terrestres sont liés dans leur fonctionnement (Omernik et Bailey, 1997). Cette relation terre-eau est très importante pour de nombreuses activités économiques que pour les fonctions écologiques des rivières. Malheureusement, les écosystèmes d'eau douce sont menacés par l'impact des activités anthropiques au cours de ce dernier siècle (Dudgon *et al*., 2006). Or, force est de constater que le réseau hydrographique de la cote d'ivoire n'est pas à l'abri d'une destruction généralisée liée aux activités anthropiques. Ce constat est valable pour les cours d'eau qui parcourent la Côte d'Ivoire notamment la rivière N'zuéda. La rivière N'zuéda se situé à N'zuéda, sous-préfecture de Béoumi, dans le département de Bouaké au centre de la Côte d'Ivoire, est une source d'eau potable aux populations, qui n'est pas épargnées les activités agricoles, les rejets domestiques, le lessivage des terres) constitue une menace sanitaire. Dès lors, le suivi écologique de cette rivière s'est avéré très important en vue de comprendre l'impact réel des activités anthropiques sur la qualité écologique. Cependant, dans le cadre du contrôle régulier de la pollution des eaux de surface, il est nécessaire de limiter les efforts et les dépenses en fonction de l'objectif (Aimé, 2017). Un choix des organismes représentatifs de la qualité de l'eau est donc nécessaire. Les critères à prendre en considération concernent la facilité des prélèvements, la bonne conservation des organismes, et la possibilité d'un calcul d'indice de qualité. De plus, il est nécessaire d'utiliser des organismes qui ont une durée de vie relativement longue et qui intègrent sur cette durée l'ensemble des variations de la qualité du milieu. En fonction de ces critères, les macroinvertébrés aquatiques se révèlent être particulièrement adaptés pour l'évaluation de l'état des écosystèmes dans lesquels ils se développent (Aimé, 2017). En Côte d'Ivoire, plusieurs études ont été réalisées dans plusieurs bassins sur les macroinvertebrés aquatiques (Diaby, 2018). Malheureusement, aucune étude n'a été faite sur la rivière N'zuéda, malgré les menaces anthropiques dont elle subit. De ce fait, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet des activités anthropiques sur la qualité écologique de la rivière N'zuéda, à partir des macroinvertébrés aquatiques.

2. METHODOLOGIE

2.1. Milieu d'étude

La zone d'étude se situe dans le bassin du fleuve Bandama précisément dans les départements de Béoumi (Figure 1). Le département de Béoumi est limité au Nord par les départements de Mankono et Katiola, à l'Est par le département de Bouaké, au sud le département de Sakassou et à l'Ouest par le département de Zuenoula (Figure 1). La zone d'étude est caractérisée par un climat à régime équatorial de transition atténuée avec une saison pluvieuse et une saison sèche. La saison sèche s'étend de novembre à

mars et la saison de pluie part d'avril à octobre (Aimé *et al*., 2022). La saison sèche, très marquée avec quelques précipitations isolées. Celles-ci sont plus faibles, avec une moyenne annuelle de 1093 mm (Aka–Koffi, 2003). La tendance moyenne de la température mensuelle varie de 23,6 °C à 27,7 °C respectivement pour le mois d'Août et Février (Atcho, 2020).

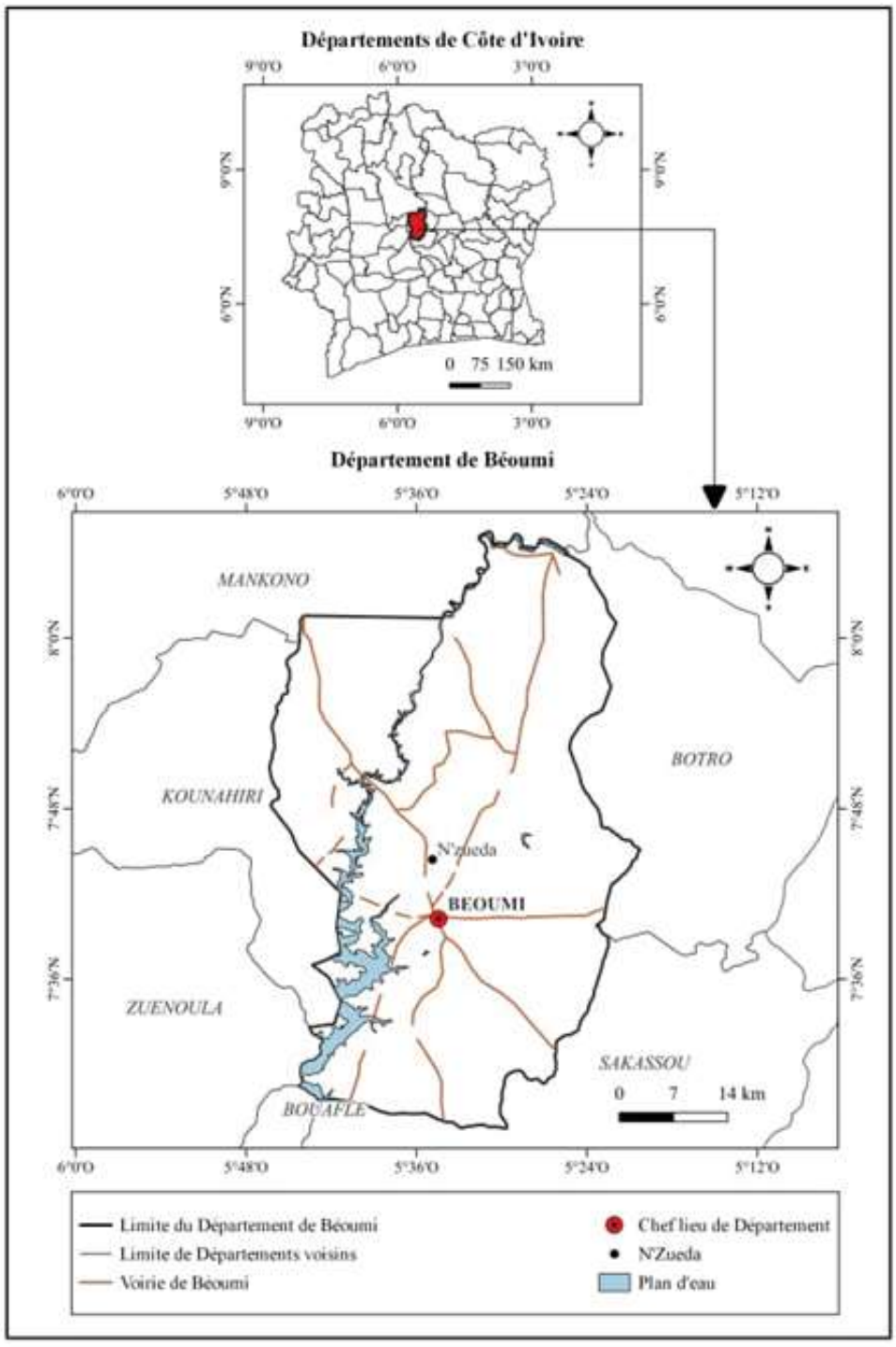


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2.2. Collecte des données

Les données ont été obtenues par saison de juin 2016 à mars 2017, en fonction des saisons soit deux campagnes en saison sèche et deux campagnes en saison de pluie. Les données ont été collectées de sorte à avoir un échantillon représentatif des stations situées sur les lacs de barrage prospectés. En effet, les prélèvements des macroinvertébrés aquatiques se sont effectués dans la zone littorale et sublittorale (Sanogo et Kabore, 2014) suivant l'approche multi-habitat (AFNOR, 2009), à l'aide d'une benne Van Veen et une épuisette de 1 mm de vide de maille. Les échantillons ont été lavés et fixé au formaldéhyde 10%, dans des bocaux étiquetés. Au laboratoire, les organismes ont été triés, identifiés jusqu'au niveau taxonomique le plus bas avec des livres d'identification (Durand et Lévêque, 1980 ; Dejoux *et al*., 1981 ; Moisan, 2010 ; Tachet *et al*., 2010), puis dénombrés.

2.3. Analyse et traitement des données

2.3.1. Structure de peuplement

L'analyse de la structure des communautés est basée sur la richesse taxonomique (S), l'indice de diversité de Shannon Weaver (H') et l'indice d'équitabilité de Piélou (E) (Spellerberg et Fedor, 2003). Les formules utilisées pour calculer ces indices sont les suivantes :

$$H' = -\sum_{i=1}^{i=s} P_i \times \log_2 P \text{ Avec } P_i = n_i / N$$

Où : i : une espèce du milieu d'étude ; P_i : proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu) ; n_i : nombre d'individus pour l'espèce i ; N : effectif total d'individus.

E= H/ log 2 (S)

Avec E = indice d'équitabilité ; H' = indice de diversité de Shannon Weaver et S = nombre de taxons.

2.3.2. Evaluation de la qualité écologique

L'évaluation de la qualité écologique de la rivière N'zuéda a été faite à partir de l'indice BMWP (Biological Monitoring Working Party). Le BMWP est l'un des indices de bioévaluation les plus utilisés pour l'évaluation de la qualité des écosystèmes aquatiques (Ruiz-Picos *et al*., 2017). Il s'agit d'une échelle de 1 à 10 suivants laquelle la sensibilité de différentes familles d'insectes et d'autres macroinvertébrés est notée (scores de tolérance des taxons indicateurs) (Tableau I) (Mason, 1998), les scores les plus élevés étant attribués aux espèces les plus sensibles à la pollution organique (Gonçalves, 2011). La somme des scores des différents taxons trouvés sur un site donné donc un score total permettant de classer les sites d'échantillonnage dans l'une des cinq

classes de qualité de l'eau (Tableau II) (Benetti *et al*., 2012). En raison de sa facilité d'utilisation et de son faible coût, l'indice BMWP a été utilisé dans de nombreux pays d'Afrique (Chang *et al*., 2014).

Tableau I : Scores de tolérance des taxons indicateurs (Mason, 1998)

Ordres	Familles	Score
Ephéméroptères	Siphlonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae	**10**
Plécoptères	Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae	
Hétéroptères	Aphelocheiridae	
Trichoptères	Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	
Crustacés	Astacidae	**8**
Odonates	Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae,	
Trichoptères	Psychomyiidae(Ecnomidae), Phylopotamidae	
Ephéméroptères	Caenidae	**7**
Plécoptères	Nemouridae	
Trichoptères	Rhyacophilidae (Glossosomatidae), Polycentropodidae, Limnephilidae	
Gastéropodes	Neritidae, Viviparidae, Ancylidae (Acroloxidae)	**6**
Trichoptères	Hydroptilidae	
Pélécypodes	Unionidae	
Crustacés	Corophiidae, Gammaridae (Crangonyctidae)	
Odonates	Platycnemididae, Coenagriidae	
Hétéroptères	Mesovelidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae	**5**
Coléoptères	Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae (Noteridae), Gyrinidae, Hydrophilidae (Hydraenidae), Clambidae, Scirtidae, Dryopidae, Elmidae	
Trichoptères	Hydropsychidae	
Diptères	Tipulidae, Simuliidae	
Plathelminthe	Planariidae (Dogesiidae), Dendrocoelidae	
Éphéméroptères	Baetidae	**4**
Mégaloptères	Sialidae	
Hirudinées	Pisicolidae	
Gastéropodes	Valvatidae, Hydrobiidae (Bithyniidae), Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae	**3**
Pélécypodes	Sphaeriidae	
Hirudinae	Glossiphoniidae, Hirudinidae, Erpobdellidae	
Crustacés	Asellidae	

Diptères	Chironomidae	**2**
Oligochètes	Toute la classe	**1**

Tableau II : Classes de qualité de l'eau de l'indice BMWP (Benetti *et al*., 2012)

Score IBMWP	Qualité écologique
[130; +∞ [	Très bonne
[81-130	Bonne
[51-80]	Moyenne
[11-50]	Mauvaise
[0-10]	Très Mauvaise

3. RESULTATS

3.1. Composition globale du peuplement des macroinvertébrés aquatiques

Au total, 377 macroinvertébrés aquatiques ont été récoltés dans la rivière N'zuéda (Tableau III). Ils sont répartis entre 04 classes taxonomiques (Insectes, Arachnida, Gastéropodes et Clitellata), 10 ordres et 21 familles. La classe des Insectes est la plus abondante avec 289 spécimens soit 77% (Figure 2). La classe des Gastéropodes est composée de 66 spécimens soit 17%, alors que les classes des Clitellata et des Arachnida sont composées de 19 spécimens soit 5% et de 3 spécimens soit 1%.

Tableau III : Les macroinvertébrés aquatiques récoltés dans la station N'zuéda de juin 2016 à mars 2017.

CLASSES	ORDRES	FAMILLES
Insectes	Diptères	Chironomidae
		Culicidae
	Odonates	Condulegasteridae
		Coenagriidae
		Gomphidae
	Coléoptères	Hydrophilidae
		Dytiscidae
		Elmidae
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae
		Baetidae
		Canidae
		Ameletidae
	Trichoptères	Hydrospsychidae
	Hétéroptères	Belostomatidae
		Nepidae
		Corixidae
		Notonectidae
Arachnida	Arachnide	Arachnidae
Gasteropode	Basommatophore	Planorbidae
Clitellata	Haplotaxida	Haplotaxidae
	Arhynchobdellida	Erpobdellidae

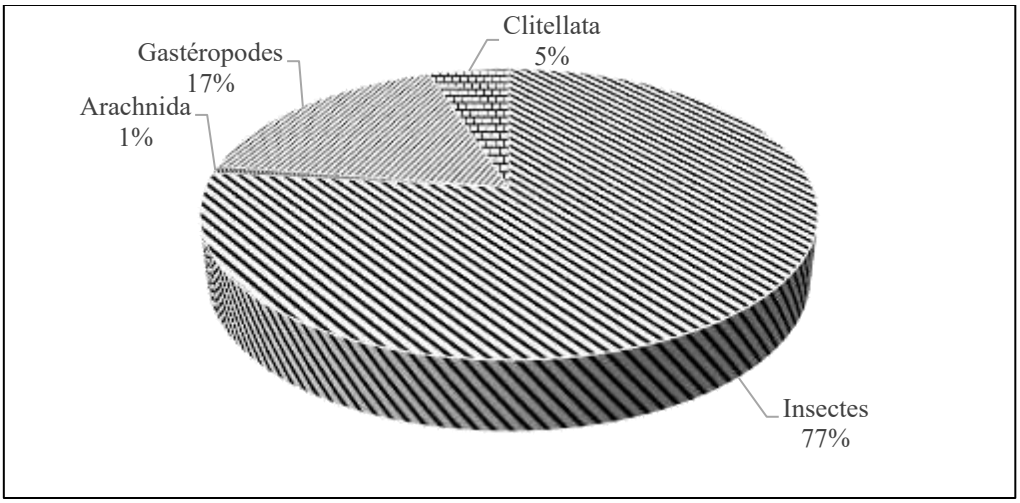


Figure 2 : Abondance relative des principales classes des macroinvertébrés aquatiques récoltés dans la rivière N'Zuéda de juin 2016 à mars 2017

3.2. Etude de la variabilité temporelle

3.2.1. Structures du peuplement des macroinvertébrés aquatiques

La richesse taxonomique diminue de 15 familles en saison pluvieuse à 2 familles en saison sèche. L'indice de Shannon Weaver calculé régresse de 2,17 en saison pluvieuse à 0,12 en saison sèche. Les valeurs de l'indice de l'Equitabilité de Piélou décroissent de 0,80 en saison pluvieuse à 0,17 lors de la saison sèche (Tableau IV).

Tableau IV : Valeurs saisonnières de la Richesse taxinomique (S), indice de Shannon Weaver(H') et Equitabilité de Piélou (J) dans la rivière N'Zueda de juin 2016 à mars 2017

	Saison pluvieuse	**Saison sèche**
Richesse taxonomique (S)	15	2
Indice Shannon Weaver (H')	2,17	0,12
Equitabilité de Piélou (J)	0,80	0,17

3.2.2. Evaluation de la qualité écologique

Les valeurs de l'indice BMWP (Biological Monitoring Working Party) varient de 65 en saison pluvieuse à 7 en saison sèche. Elles diminuent de la saison pluvieuse à la saison sèche (Tableau V).

Tableau V : Valeurs saisonnières de l'indice BMWP (Biological Monitoring Working Party) de la rivière N'Zuéda de juin 2016 à mars 2017

	Saison pluvieuse	**Saison sèche**
Score de l'indice BMWP	65	7
Qualité écologique	moyenne	Très mauvaise

4. DISCUSSION

Dans la rivière N'zuéda, les macroinvertébrés aquatiques sont composés à quasi-totalité d'insectes soit 77%. La dominance des insectes serait due au fait qu'ils représentent, selon Gagnon et Pedneau (2006), le groupe taxonomique le plus diversifié parmi les macroinvertébrés aquatiques, près de 95% des organismes présents dans le milieu (Lee *et al*., 2006). Les insectes sont, en effet, ubiquistes, du fait de leur grande plasticité écologique. Cette abondance des insectes dans les communautés des macroinvertébrés a aussi été signalée dans les différents écosystèmes aquatiques des régions subsahariennes africaines comme le fleuve Niger à Niamey (Alhou, 2007). La présence des mollusques à 17%, dans nos travaux, serait liée à la nature du substrat. En réalité, le substrat de la rivière N'Zuéda est constitué est un mélange de boue, d'argile et un mélange argile-boue. De plus, la végétation de surface de cette rivière est dominée par des nénuphars. Selon Foto Menbohan *et al*. (2013), les mollusques des eaux douces continentales ont des caractères saprophile et saprobionte c'est-à-dire qu'ils se nourrissent de matières organiques mortes ou en décomposition et qui vivent sur ou dans des substances organiques mortes.

La qualité écologique de la rivière N'zuéda diminue de la saison pluvieuse [l'indice BMWP= 65 (qualité écologique moyenne)] à la saison sèche [l'indice BMWP= 7 (qualité écologique très mauvaise)]. Cette baisse importante de la qualité écologique de la saison pluvieuse à la saison sèche pourrait se justifier par l'intensification des activités anthropiques qui causerait la prolifération des Diptères. Selon Dosso (2020) les sites où les activités anthropiques sont intensifiées, les organismes résistants à la pollution sont présents et prolifèrent.

La structure du peuplement des macroinvertébrés aquatiques a été analysée grâce à la richesse taxonomique (S), l'indice de Shannon Weaver (H') et de l'Equitabilité de Piélou (J). Ces valeurs ont montré que dans la rivière N'zuéda, la richesse taxonomique n'est pas satisfaisante tant en saison pluvieuse (15 familles) qu'en saison sèche (2 familles). En effet, les valeurs de la richesse taxonomique à ces périodes sont inférieures à 20 familles **(**USEPA, 2002). L'indice de Shannon Weaver (H=2,17) et l'Equitabilité de Piélou (J=0,80) en saison pluvieuse régressent respectivement à 0,12 et 0,17 en saison sèche. En saison pluvieuse, les conditions environnementales sont favorables en saison pluvieuse (H'=2,17) et le milieu est presque stable (J=0,80) parce que les ressources (nourriture, habitats) sont abondantes. De ce fait, les conditions sont donc favorables au développement des espèces, ce qui explique la forte diversité et la bonne répartition des individus. Or, durant la saison sèche, les conditions environnementales sont défavorables (H'=0,12) et le milieu n'est pas stable (J=0,17), car la diminution de l'eau, de la nourriture et des refuges crée un stress environnemental important. Les espèces les moins adaptées disparaissent ou deviennent rares, tandis que quelques espèces résistantes dominent la communauté.

CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'effet des activités anthropiques sur la rivière N'Zuéda, à partir des macro-invertébrés aquatiques. Les résultats obtenus montrent que les macroinvertébrés aquatiques de la rivière N'Zuéda sont répartis entre 04 classes taxonomiques (Insectes, Arachnida, Gastéropodes et Clitellata), 10 ordres et 21 familles, avec une dominance des insectes à 77%. La qualité écologique de la rivière N'zueda est moyenne en saison pluvieuse (l'indice BMWP= 65) et très mauvaise en saison sèche (l'indice BMWP= 7). La structure du peuplement des macroinvertébrés aquatiques de la rivière N'Zuéda est stable (H'=2,17 ; J=0,80) en saison pluvieuse. Cependant elle est instable (H'=0,12 ; J=0,17), durant la saison sèche. Par ailleurs, la richesse taxonomique n'est pas satisfaisante tant en saison pluvieuse (15 familles) qu'en saison sèche (2 familles). Les résultats obtenus présentent des implications pratiques pour la gestion durable des ressources en eau, la protection des écosystèmes aquatiques et l'amélioration des politiques environnementales dans la région de Béoumi. Ils fournissent également aux décideurs, aux gestionnaires de l'environnement et aux communautés riveraines des informations utiles pour la mise en œuvre de stratégies de surveillance, de conservation et de réduction des impacts liés aux activités anthropiques sur la rivière N'Zuéda. Des recherches futures pourraient approfondir cette problématique en explorant méthodes complémentaires telles que la méthode physico-chimique, la méthode bactériologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR (2009). Qualité écologique des milieux aquatiques. Qualité de l'eau. Prélèvement de la macro-invertébrée aquatique en rivières peu profondes. Association française de normalisation, Norme expérimentale T 90- 333.

AIME L. S., 2017. Evaluation de la qualité des eaux du Parc National de Taï (PNT) à partir des macroinvertébrés aquatiques**,** Mémoire de Master, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 51p.

AIME S. L., BERTE S., N'DA S. A. & KONE N., 2022. Premier Inventaire des Macroinvertebres Aquatiques de Quelques Petits Barrages du Centre et du Nord de la Cote d'Ivoire. *European Scientific Journal,* 18 (24), 165.

AKA N. M., 2003. Zooplancton des petits lacs de barrage du nord et du centre de la Côte d'Ivoire : communautés, biomasses, relations trophiques et impact de la prédation par les larves de *Chaoborus* et des poissons. Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 269p.

ALHOU B., 2007. Impact des rejets de la ville de Niamey (Niger) sur la qualité des eaux du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Faculté université notre Dame de la paix Namur, Belgique, 229p.

BENETTI C., PEREZ-BILBAO A. & GARRIDO J., 2012. Macroinvertebrates as Indicators of Water Quality in Running Waters : 10 Years of Research in Rivers with Different Degrees of Anthropogenic Impacts. Ecological Water Quality - Water Treatment and Reuse, Dr. Voudouris (Edition.), 978-953-51-0508-4.

CHANG F., LAWRENCE J. E., RIOS-TOUMA B. & RESH V. H., 2014. Tolerance values of benthic macroinvertebrates for stream biomonitoring: assessment of assumptions underlying scoring systems worldwide. *Environmental Monitoring and Assessment* : 2135–2149p.

DEJOUX C., ELOUARD J. M., FORGE P. & MASLIN J. L., 1981. Catalogue Iconographique des Insectes Aquatiques de Côte d'Ivoire. Rapport ORSTOM, 178p.

DIABY M., 2018. Diversité et variation spatio-temporelle des macroinvertebres benthiques du complexe hydrologique Kanbeleba-Mahandiabani-Kobani (bassin du Niger, Côte d'Ivoire), Mémoire de Master, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 48p.

DOSSO N., 2020. Evaluation comparée de la qualité des eaux des rivières N'Zuéda et Raviart par l'utilisation des macroinvertebres aquatiques, Mémoire de Master, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 63p.

DUDGEON D., ARTHINGTON A. H., GESSNER M. O., KAWABATA Z., KNOWLER D. J., LEVEQUE C., NAIMAN R.J., PRIEUR-RICHARD A., SOTO D., Stiassny M. L. J. & SULLIVAN C. A., 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81 : 163–182p

DURAND J. R. & LEVEQUE C., 1980. Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-soudanienne (Tome 1). Paris, France : ORSTOM, 1-390p.

FOTO MENBOHAN S., TCHAKONTE S., AJEAGAH G., ZEBAZE TOGOUET S. H., BILONG BILONG C. F. & NJINE T., 2013. Water quality assessment using benthic macroinvertebrates in a periurban stream (Cameroon). *International Journal of Biotechnology*, vol. 2, n° 5, 91-104p.

GAGNON E. & PEDNEAU J., 2006. Surveillance Volontaire (SurVol) Benthos, guide du volontaire, programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau. CVRB, Québec, Canada, 25p.

GONÇALVES F.B. & MENEZES M. S., 2011. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. Biota. Neotrop, vol. 11, no. 4.

LEE S. J., PARK J. H. & RO T. H., 2006. Ephemeropteran community structure and spatial stability of local populations of the major species group in the Keurnho River. *Entomological Research*, 36 : 98-106p.

MASON CF., 1998. Decline in PCB levels in otters (Lutra lutra). *Chemosphere* 36 : 1969 -1971p.

MOISAN J., 2010. Guide d'identification des principaux macro-invertébrés benthiques d'eau douce du Québec- Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Canada, 82p.

OMERNIK J. M. & BAILEY R. G., 1997. Distinguishing between watersheds and ecoregion. *Journal of the American water Resources Association*, 33 : 935-949p.

RUIZ-PICOS R. A., SEDEÑO-DIAZ J. E. & LOPEZ-LOPEZ E., 2017. Calibrating and Validating the Biomonitoring Working Party (BMWP) Index for the Bioassessment of Water Quality in Neotropical Streams. Water Quality. Edited by Hlanganani Tutu.

SANOGO S., KABRE A. J. T. & CECCHI P., 2014. Inventaire et distribution spatio temporelle des macro-invertébrés bio-indicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical* Sciences, 8 (June) : 1005–1029p.

SIMPI B., HIREMATH S. M. & MURTHY K. N. S., 2011. Analysis of Water Quality Using Physico-Chemical Parameters Hosahalli Tank in Shimoga District, Karnataka, India. *Global Journal of Science Frontier Research*, 11(3) : 31-34p.

SPELLERBERG I. F. & FEDOR P. J., 2003. A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon Wiener' index. *Global Ecology and Biogeography*, 12 : 177-179p.

TACHET H., RICHOUX P., BOURNEAU M. & USSEGLIO-POLATERA P., 2010. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Editions CNRS, Paris, France, 587p.

USEPA., 2002. Method 1631 Revision E. Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry. United States Environmental Protection Agency, Washington DC. (EPA-821-R-02-019) August 2002. Available at: http://www.epa.gov/ost/methods/1631.html. 18/06/2026.