

Influence des facteurs abiotiques sur la biodiversité des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Mgbaba, Lékié-Ouest dans la région du Centre Cameroun

Mbassi Mvogo Alfred
Ngangoue Deutchou Arthur

Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, Facultés des Sciences,
Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

Yogback Gertrude Estelle

Institut National de Cartographie, Ministère de la Recherche Scientifique et
de l'Innovation, direction de la recherche, laboratoire des risques naturels,
Yaounde, Cameroon

Ajeagah Gideon Aghaïndum

Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, Facultés des Sciences,
Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

[Doi: 10.19044/esipreprint.10.2024.p614](https://doi.org/10.19044/esipreprint.10.2024.p614)

Approved: 27 October 2024

Posted: 29 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Mbassi M.A., Ngangoue D.A., Yogback G.E. & Ajeagah G.A. (2024). *Influence des facteurs abiotiques sur la biodiversité des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Mgbaba, Lékié-Ouest dans la région du Centre Cameroun*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.10.2024.p614>

Résumé

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes visibles à l'œil nu qui vivent dans les cours d'eau ou qui ne s'éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dans le but de déterminer l'influence des facteurs abiotiques sur la biodiversité des macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau du dans la Lékié-Ouest, une étude a été conduite à Mgbaba de juillet 2022 en mai 2023. Les analyses physicochimiques et biologiques ont été réalisées suivant les méthodes classiques au Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I. Les échantillonnages des macroinvertébrés benthiques ont été effectués suivant l'approche multihabitat, en utilisant un troubleau de forme carrée muni d'un filet de 400 µm d'ouverture de maille. Les organismes ainsi récoltés ont été fixés au formol 10% contenu dans des piluliers en verre. Au laboratoire, les

spécimens ont été lavés à l'eau courante puis conservés dans de l'alcool à 70° avant les opérations d'identification et de comptage. Au cours de cette étude, 1152 individus ont été récoltés appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes, 10 ordres, 37 familles et 62 genres. La station Mbgaba 2 (MG2) prédomine avec 423 individus soit 36,71% d'abondance relative suivis de la station Mgbaba 3 (MG3) avec 417 individus soit 36,19% d'abondance relative enfin la station Mgbaba 1 avec 312 individus, soit 27,08% d'abondance relative. De manière générale, les résultats des analyses physicochimiques, biologiques et l'indice de diversité de Shannon et Weaver (H') révèlent que les eaux du cours d'eau Mgbaba sont dans la gamme de la bonne qualité écologique et que la riche spécifique des macroinvertébrés benthiques est riche et diversifiées. Par ailleurs, les tests d'Anova un facteur et Welch ont permis de déterminer s'il existait ou non des différences significatives entre les variables physicochimiques sur le plan spatio-temporel et le test Spearman (r) a permis de déterminer qu'il existe des corrélations entre paramètres physicochimiques et biologiques.

Mots clés : Biodiversité, Macroinvertébrés benthiques, physicochimiques, qualité écologique, influence, facteur abiotiques, cours d'eau

Influence of abiotic factors on the biodiversity of benthic macroinvertebrates of the Mgbaba watercourse, Lékié-Ouest in the Central Cameroon région

Mbassi Mvogo Alfred
Ngangoue Deutchou Arthur

Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, Facultés des Sciences,
Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

Yogback Gertrude Estelle

Institut National de Cartographie, Ministère de la Recherche Scientifique et
de l'Innovation, direction de la recherche, laboratoire des risques naturels,
Yaounde, Cameroon

Ajeegah, Gideon Aghaindum

Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, Facultés des Sciences,
Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

Abstract

Benthic macroinvertebrates are organisms visible to the naked eye that live in waterways or that only move away a short distance during most of their lives. In order to determine the influence of abiotic factors on the

biodiversity of benthic macroinvertebrates in a waterway in Lékié-Ouest, a study was conducted in Mgbaba from July 2022 to May 2023. Physicochemical and biological analyses were carried out using conventional methods at the Hydrobiology and Environment Laboratory of the Faculty of Sciences of the University of Yaoundé 1. Sampling of benthic macroinvertebrates was carried out using the multihabitat approach, using a square-shaped trough equipped with a 400 µm mesh size net. The organisms thus collected were fixed with 10% formalin contained in glass pill boxes. In the laboratory, the specimens were washed in running water and then preserved in 70° alcohol before identification and counting operations. During this study, 1152 individuals were collected belonging to 2 phyla (Molluscs and Arthropods), 3 classes, 10 orders, 37 families and 62 genera. The Mgbaba 2 station (MG2) predominates with 423 individuals or 36.71% relative abundance followed by the Mgbaba3 station (MG3) with 417 individuals or 36.19% relative abundance and finally the Mgbaba1 station with 312 individuals or 27.08% relative abundance. In general, the results of the physicochemical and biological analyses and the Shannon and Weaver diversity index (H') reveal that the waters of the Mgbaba stream are in the range of good ecological quality and that the specific richness of benthic macroinvertebrates is rich and diversified. In addition, the ANOVA one-way and Welch tests made it possible to determine whether or not there were significant differences between the physicochemical variables on the spatio-temporal level and the Spearman test (r) allowed us to determine that there are correlations between physicochemical and biological parameters.

Keywords: Biodiversity, Benthic macroinvertebrates, physicochemical, ecological quality, influence, abiotic factors, watercourse

Introduction

L'eau en tant que milieu de vie et matière est une ressource naturelle indispensable à la vie dans tout écosystème (Tampo *et al.*, 2015). Elle joue un rôle très important dans le développement socio-économique aussi bien au niveau local, régional que national. Ainsi, les ressources en eau constituent une préoccupation majeure dans les pays à climats arides ou semi-arides comme elles sont absolument essentielles pour le développement des activités humaines, économiques et sociales (Abdelghani *et al.*, 2020). Elle a la particularité d'être abondante mais paradoxalement, sa disponibilité n'est pas toujours conforme à sa qualité. La préservation de la qualité de l'eau est un enjeu majeur pour la gestion durable de l'environnement, mais également pour celle de la biodiversité (Sawadogo, 2018). Bien qu'ils ne représentent qu'une petite fraction des compartiments aquatiques de la planète, les écosystèmes d'eau douce contiennent une diversité considérable,

ce qui en fait des cibles importantes pour les études de conservation (El-Amine, 2015). De nos jours, la préservation et la gestion des hydrosystèmes apparaissent être une préoccupation majeure et un défi certain pour le maintien de la vie sur terre, et peut expliquer la crainte que l'eau douce ne devienne comme le pétrole, une denrée précieuse rare, source de conflits pouvant engendrer des guerres (Biram, 2019). La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets bruts pollués, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur (Babou, 2018).

En Afrique, et au Cameroun en particulier, quelques études ont été menées sur la biodiversité des macroinvertébrés benthiques en milieu lotique. Il s'agit des travaux de (Foto *et al.* 2012 ; Ajeegah *et al.*, 2018) dans les cours d'eau urbains de Yaoundé ; de (Mbassi, 2020) dans les cours d'eau périurbains de la région du Centre ; de (Mboyé, 2019) dans les cours d'eau forestiers du bassin de la Mabounié ; de (Tchakonté, 2016) dans les cours d'eau urbains et forestiers de la région du Littoral ; de (Yocback *et al.* 2018) dans les cours d'eau périurbains de la région de l'Est ; de (Kengne, 2018) dans quelques cours d'eau urbains et périurbains de la région de l'Ouest ; de (Gwos *et al.* 2022) dans les cours d'eau forestiers de la région de l'Est et ceux de (Messoé *et al.* 2023) dans les cours d'eau forestiers de la région du Sud. Toutefois, la communauté des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau forestiers du Département de la Lékié reste peu connue d'où l'intérêt de cette étude qui a pour objectif de contribuer à la connaissance de la faune macrobenthique qui peuplent le cours d'eau Mbagba dans la Lékié-Ouest. Il s'agit d'évaluer les variations spatiales et saisonnières de la qualité des eaux à partir des variables physicochimiques ; ensuite d'identifier et inventorier les différents taxa de macroinvertébrés benthiques qui colonisent ce plan d'eau et enfin de montrer s'il existe des corrélations entre les variables physicochimiques et biologiques.

Matériels et méthodes

Cadre géographique d'étude

Monatéle est le Chef-lieu du Département de la Lékié, dans la région du Centre Cameroun. Elle est localisée à l'Ouest de la région du Centre à environ 90 Kilomètres de Yaoundé et est située entre 4°16'00'' de latitude Nord et 11°12'00'' de longitude Est avec pour altitude de 329 mètres en moyenne (<https://www.google>). Celle d'Elig mfomo a pour Latitude : 4°05'00'' Nord et de Longitude : 11°11'00'' Est avec une altitude 594 mètres par rapport au niveau de la mer (<https://www.google>). Le département de la Lékié est une zone avec des précipitations importantes. Sur l'année, la température moyenne du département de la Lékié est environ de 23.5°C et

les précipitations sont en moyenne de 831.7mm. Les sols dans la Lékié varient selon les localités. Dans certains cas, ils sont ferrallitiques c'est-à-dire rouges (Okola-Elig-Mfomo-Obala), dans d'autres, ils sont ferrugineux, donc riches en fer et en argile (Sa'a-Ebebda) et enfin, ils sont sablonneux par endroits à Monatélé-Betchenga-Lobo (MBARGA, 2011). La figure 1 ci-dessous montre les différentes stations étudiées.

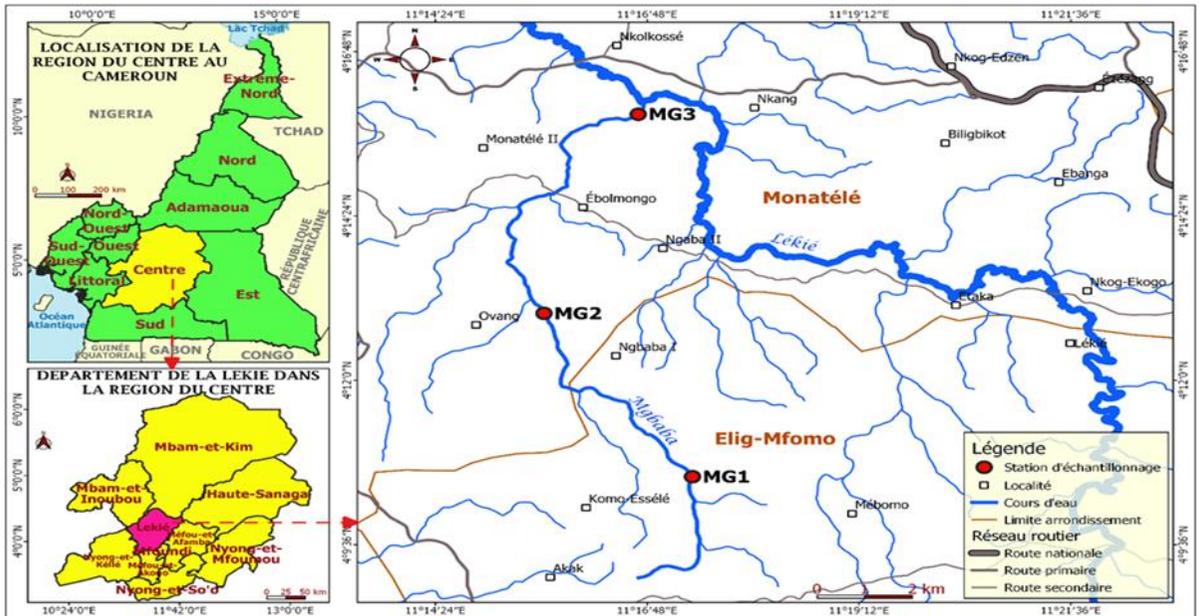


Figure 1 : Carte géographique et localisation des différentes stations d'échantillonnage de la zone d'étude

Les paramètres physicochimiques ont été mesurés à la fois sur le terrain et au laboratoire suivant les recommandations de (APHA, 1998 ; Rodier *et al.*, 2009). La température, la teneur en oxygène dissous et la conductivité électrique ont été mesurées in situ respectivement au moyen d'un thermomètre et d'un multimètre de marque HANNA HI 98130. Au laboratoire, les ions orthophosphates, les formes d'azote ont été mesurés au spectrophotomètre de marque WAHTECH et l'oxydabilité par volumétrie à partir des échantillons d'eau prélevés sur le terrain à l'aide des flacons en polyéthylène, à double bouchage, de 1000 mL. La charge organique des eaux a été appréciée grâce à la mesure de l'IPO (Leclercq, 2001). Les macroinvertébrés benthiques ont été prélevés à l'aide d'un troubleau de dimension 30 cm x 30 cm muni d'un filet conique de 400 μ m d'ouverture de maille et 0,5 m de profondeur. Pour chaque station d'étude, une vingtaine de traits d'épuisette ont été effectués aux différents microhabitats et les organismes ainsi récoltés triés et fixés au formol 10%. Au laboratoire, les spécimens ont été lavés à l'eau courante puis conservés dans de l'alcool 70°

avant d'être identifiés et dénombrés. La totalité des Macroinvertébrés benthiques ont été déterminés à la loupe binoculaire de marque Wild M5 jusqu'au rang du genre ou de l'espèce, à l'aide des clés d'identification de (Levêque *et al.*, 2005 ; Tarchat *et al.*, 2006). Les données obtenues ont été analysées à l'aide des indices.

Analyses statistiques

Les tests d'Anova un facteur et Welch ont permis de déterminer s'il existait ou non des différences significatives entre les variables physicochimiques sur le plan spatio-temporel. Le test Spearman (r) nous a permis de faire des corrélations entre paramètres physicochimiques et biologiques. Ces tests et calculs ont été effectués à l'aide des logiciels de feuille de calcul SPSS 20.0, Past et Microsoft Excel. La richesse spécifique (S), l'abondance (N), les indices de diversité de Shannon et Weaver (H') et d'Equitabilité de Pielou ont été déterminés à partir d'un tableur d'index dans Microsoft Excel (Barbourt *et al.*, 1999). L'Indice de Pollution Organique (OPI) a été calculé à partir de la table de classification de (Leclercq, 2001).

Résultats

Variables physicochimiques

Température, de la turbidité, les Matière en Suspension et de la couleur

Au cours de cette période d'étude, la température de l'eau a varié entre 21°C à la station MG3 en grande saison sèche (GSS) et 24,9°C à la station MG2 pendant la petite saison sèche (PSS) avec une moyenne de $23,29^\circ\text{C} \pm 0,39^\circ\text{C}$. Sur le plan spatio-temporel le test d'Anova un facteur ne montre pas une différence significative ($p > 0,05$).

S'agissant des matières en suspension (MES), la valeur minimale est de 5 mg/L et a été observée à la station MG3 durant la petite saison de pluie (PSS) et 51 mg/L à la station MG2 pendant la grande saison sèche (GSS) avec une moyenne de $18,75 \pm 2,73$ mg/L. Les différences significatives ont été notées sur plan spatio-temporel ($p < 0,01$). Concernant la turbidité de l'eau, elle a varié entre 6 FTU à la station MGB1 durant la grande saison (GSS) et une valeur maximale de 40 FTU à la station MG2 pendant la grande saison sèche (GSS) avec une moyenne de $19,04 \pm 3,30$ FTU.

La couleur de l'eau est plus prononcée pendant la grande saison sèche (258 Pt-Co), cette valeur a été obtenue à la station MG3 et la plus faible (25 Pt-Co) a été obtenue pendant la grande saison de pluie à la station MG1 avec valeur une moyenne oscillant autour de $94,20 \pm 23,18$ Pt-Co (Figure 2 D). Cependant sur le plan spatio-temporel, le test d'Anova révèle que ces différents paramètres ne varient pas significativement ($p > 0,05$) (Figure 2).

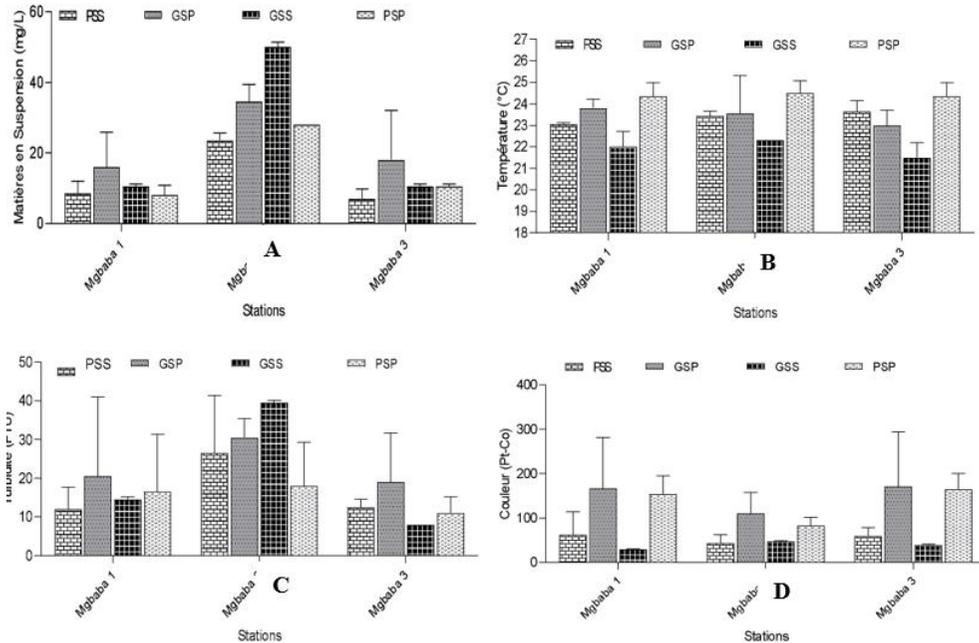


Figure 2 : Variation spatiale et saisonnière de la température(A), de la turbidité (B), les Matière en Suspension (C) et de la couleur (D).

Potentiel d'hydrogène (pH), de la conductivité électrique, de l'oxygène dissous et du dioxyde de carbone

Concernant le pH, la valeur minimale est de 6,53 UC. Elle a été obtenue à la station MG1 durant la petite saison de pluie (PSP). La valeur maximale est de 7,31 UC, elle a été observée aux stations MG2, respectivement pendant le petite saison sèche (PSS) avec une moyenne de $7,08 \pm 0,07$ UC. Le test d'Anova ne montre pas de différence significative entre les stations et saisons ($p > 0,05$). S'agissant de la minéralisation des eaux, les valeurs extrêmes de la conductivité électrique ont été enregistrées durant la petite saison de pluie (PSP) et la petite saison sèche (PSS) et s'échelonnent de 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station MG3 à 102,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station MG3 avec une moyenne de $36,11 \pm 2,04$ $\mu\text{S}/\text{cm}$. D'après le test de Welch, ces variations entraînent des différences significatives entre les stations et les saisons ($p < 0,05$). Les eaux du cours Mgbaba ont été bien oxygénées pendant l'étude. Les teneurs vont de 57,2 % à la station MG1 (PSP) à 96,4 % à la station MG2 (PSP) avec une moyenne de $78,6 \pm 3,55$ %. D'après le test de Welch, des différences significatives ont été relevées entre les stations et les saisons ($p < 0,05$). Quant au CO_2 dissous, les teneurs ont fluctué entre 5,28 mg/L (MG3) et 38,72 mg/L (MG1 et MG3), respectivement pendant la petite saison sèche (PSS) et la grande saison de pluies (GSP) avec une

moyenne de $20,81 \pm 3,9$ mg/L. Sur le plan spatio-temporel, Il n'y a pas de différence significative ($p > 0,05$) (figure 3).

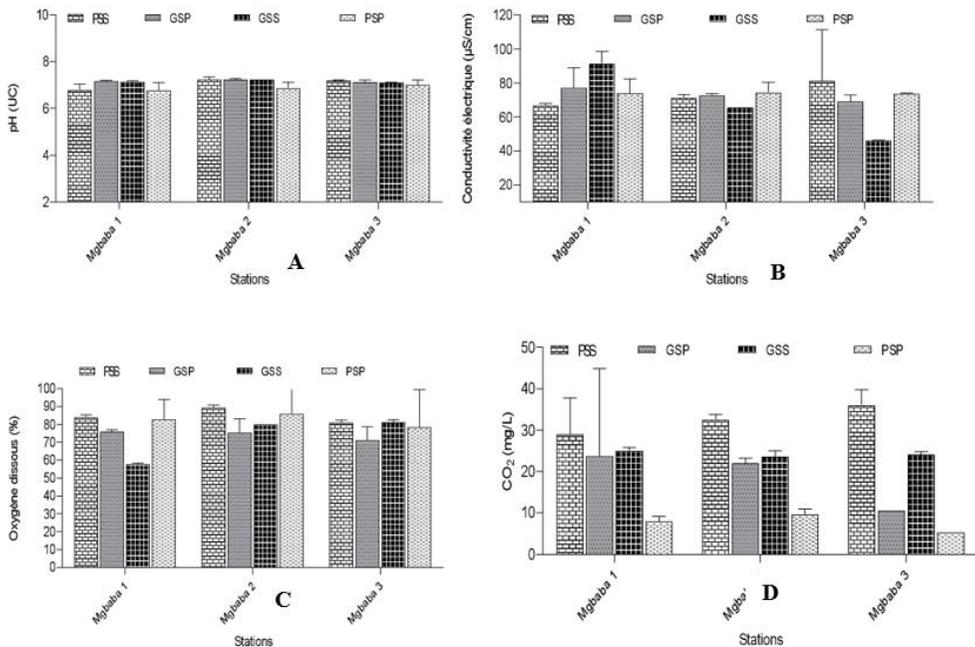


Figure 3 : Variation spatiale et saisonnière du Ph (A), de la conductivité électrique (B), de l'oxygène dissous(C) et du dioxyde de carbone (D)

Nitrites, Nitrates, de l'ammonium et des Orthophosphates

Les teneurs en nitrites (NO_2^-) sont comprises entre 0,11 mg/L (MG1) et 1,35 mg/L (MG3), respectivement pendant la petite saison sèche (PSS) et la petite saison de pluie (PSP) avec une moyenne de $0,47 \pm 0,10$ mg/L. Concernant les nitrates (NO_3^-), la teneur maximale est de 3,1 mg/L, a été obtenue à la station MG3 pendant la grande saison sèche (GSS) et, la plus faible teneur est de 0,3 mg/L, valeur obtenue à la station MG1 pendant la grande saison se pluie (GSP), pour une moyenne s'organisant autour de $1,1 \pm 0,36$ mg/L (Figure 4 A et B). En ce qui concerne les nitrites, le test de Welch montre une différence significative sur le plan spatio-temporel ($p < 0,05$). Concernant les nitrates, on n'observe pas des différences significatives ($p > 0,05$) sur le plan spatio-temporel selon le test d'Anova. Pour les teneurs en azote ammoniacal, elles ont fluctué de 0,11 mg/L à la station MG1 (PSS) à 1,35 mg/L à la station MG3 (PSP)) avec une moyenne de $0,47 \pm 0,10$ mg/L. Le test d'Anova ne montre pas une différence significative sur le plan spatio-temporel ($p > 0,05$). Les teneurs en orthophosphates enregistrées ont oscillé entre 0,11 mg/L à la station MG3 (PSS) et 1,76 mg/L à la station MG2 (GSS) avec une moyenne de $0,60 \pm 0,15$ mg/L. D'après le test de Welch, des différences significatives ont été relevées entre les stations et les saisons ($p <$

0,05). Concernant la matière organique, les valeurs extrêmes de l'oxydabilité ont été relevées une valeur de 0,78 mg/L (MG3) pendant la petite saison sèche (PSS) et 41,47 mg/L à la station MG1 (GSP) avec une moyenne oscillant autour de $13,69 \pm 3,14$ mg/L. Le test d'Anova ne montre pas de différence significative entre les stations et entre les saisons ($p > 0,05$) (figure 4).

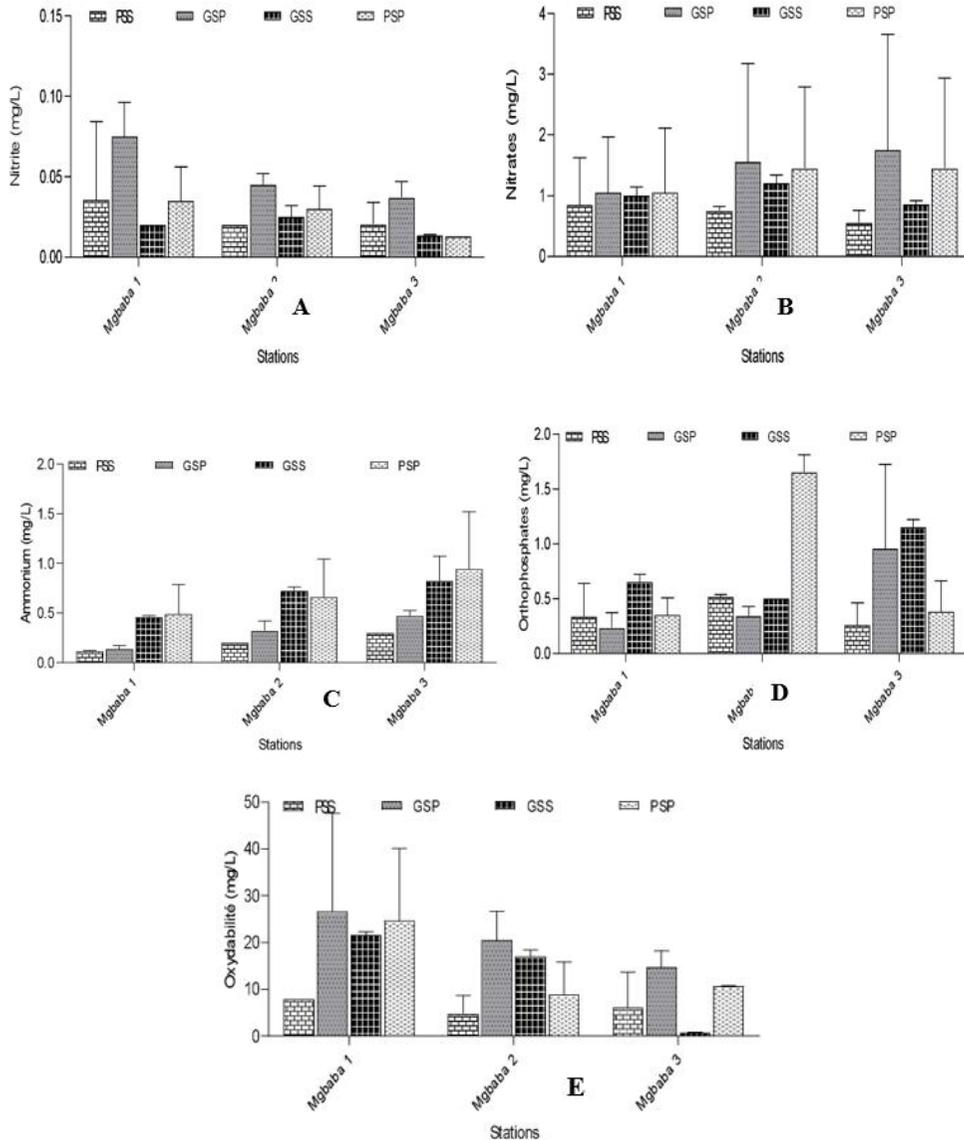


Figure 4 : Variation spatiale et saisonnière des nitrites (A), des nitrates (B), de l'ammonium (C), des orthophosphates (D) et de l'oxydabilité (E)

Indice de Pollution Organique (IOP) des stations étudiées

L'Indice de Pollution Organique (IPO) calculé montre des valeurs allant entre 2,33 à la station MG3 (GSS) à 3,66 à la station MG3 (PSS) avec une moyenne de $3,05 \pm 0,35$. Ces valeurs montrent une pollution modérée dans les stations et cet indice a varié sur toutes les stations et pendant toutes les saisons (figure 5).

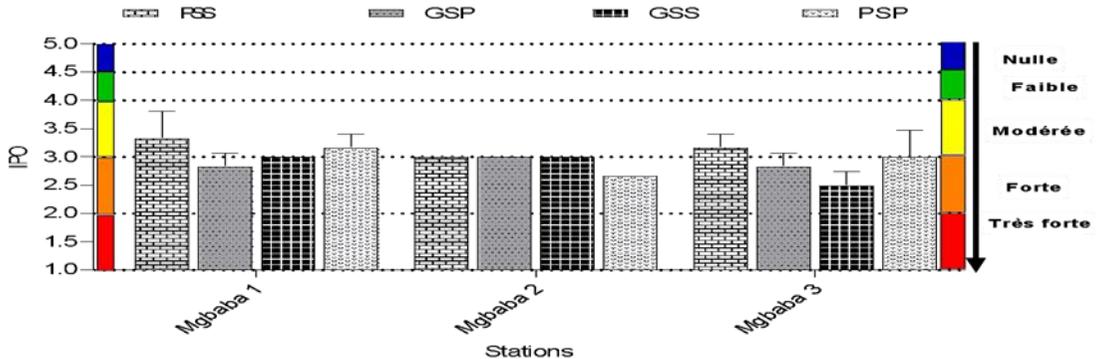


Figure 5 : Indice de pollution organique (OPI) des stations étudiées

PSS = petite saison sèche ; GSP = grande saison de pluie ; GSS : grande saison sèche ; PSP : petite saison de pluie ; Couleur : rouge = très forte pollution, orange = forte pollution, = pollution modérée, vert = faible pollution, bleu = pas de pollution.

Variables biologiques

Variations de la richesse taxonomique et de l'abondance des macroinvertébrés benthiques pendant l'étude

Au total 1016 individus ont été récoltés et réparti en 2 embranchements : les Arthropodes et les Mollusques. Ces organismes appartiennent à 3 classes, 10 ordres et 37 familles. La richesse taxonomique a varié pendant l'étude. Concernant la richesse spécifique, elle a varié dans toutes les stations d'échantillonnage et la valeur minimale est de 25 et a été obtenue à la station MG1. Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous.

Table 1 : Liste des taxa de la macrofaune benthique récoltés pendant l'étude et total des abondances

Embranchement	Classes	Ordre	Familles	Genres ou espèces	MG1	MG2	MG3	Total
Mollusca	Gasteropoda	Basommatophora	<i>Lymnaeidae</i>	<i>Radix auricularia</i>	1	0	0	1
			<i>Planorbidae</i>	<i>Planorbarius corneus</i>	0	0	2	2
		Littorinimorpha	<i>Bithyniidae</i>	<i>Bithynia tentaculata</i>	12	25	2	39
				<i>Bithynia phialensis</i>	0	0	4	4
		Mesogastropoda	<i>Pilidae</i>	<i>Lanistes sp.</i>	4	9	1	14
			<i>Thiaridae</i>	<i>Potadoma freethi</i>	3	33	18	54
<i>Melania tuberculata</i>	21	15		0	36			

Arthropoda	Malacostraca	Décapoda	<i>Atyidae</i>	<i>Caridina africana</i>	65	78	128	271		
	Hexapoda		Odonata	<i>Potamidae</i>	<i>Potamonautes sp.</i>	1	4	3	8	
<i>Sudanonautes africanus</i>		4			1	2	7			
				<i>Libellulidae</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>	3	2	9	14	
					<i>Brachythemis leucosticta</i>	19	6	16	41	
					<i>Aeshna cyanea</i>	0	1	0	1	
					<i>Trithemis annulata</i>	1	1	3	5	
					<i>Libellula sp.</i>	1	0	0	1	
					<i>Gomphidae</i>	<i>Crenigomphus abyssinicus</i>	2	3	0	5
				<i>Lestinogomphus africanus</i>		0	5	4	9	
				<i>Gomphus vulgatissimus</i>	2	1	1	4		
					<i>Phyllogomphus sp.</i>	2	1	0	3	
					<i>Ophiogomphus sp.</i>	0	1	0	1	
				<i>Calopterygidae</i>	<i>Phaon sp.</i>	3	3	22	28	
					<i>Calopteryx sp.</i>	2	8	4	14	
				<i>Macromiidae</i>	<i>Macromia splendens</i>	0	2	1	3	
					<i>Phyllomacromia sp.</i>	0	0	4	4	
				<i>Lestidae</i>	<i>Chalcolestes sp.</i>	0	0	1	1	
					<i>Lestes sp.</i>	9	5	4	18	
				<i>Platycnemididae</i>	<i>Allocnemis sp.</i>	2	0	0	2	
					<i>Arabicnenemis sp.</i>	2	3	0	5	
					<i>Calicnemia sp.</i>	11	20	14	45	
					<i>Leptocnemis sp.</i>	0	1	0	1	
				<i>Coenagrionidae</i>	<i>Coenagrion puella</i>	16	24	23	63	
					<i>Corduliidae</i>	<i>Epitheca sp.</i>	0	2	0	2
		Ephemeroptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Diplectrona felix</i>	2	0	4	6		
				<i>Hydropsyche sp.</i>	0	1	0	1		
				<i>Caenidae</i>	<i>Caenis sp.</i>	2	0	0	2	
					<i>Heptageniidae</i>	<i>Afronurus sp.</i>	0	0	2	2
					<i>Oligoneuriidae</i>	<i>Elassoneuria sp.</i>	0	2	8	10
					<i>Siphonuridae</i>	<i>Siphonurus sp.</i>	2	3	31	36
					<i>Leptophlebiidae</i>	<i>Adenophlebia auriculata</i>	15	2	10	27
					<i>Baetidae</i>	<i>Baetis sp.</i>	0	0	29	29
		Dictyoptera	<i>Blaberidae</i>	<i>Africalolampira sp.</i>	3	7	11	21		
		Plecoptera	<i>Perlidae</i>	<i>Dinocras sp.</i>	0	0	2	2		
		Coleoptera	<i>Limoniidae</i>	<i>Limoniini sp.</i>	0	4	0	4		
				<i>Hexatoma sp.</i>	0	0	1	1		
			<i>Chironomidae</i>	<i>Chironomus sp.</i>	0	1	0	1		
				<i>Hydrophilidae</i>	<i>Hydrochara sp.</i>	1	0	0	1	
					<i>Amphiops sp.</i>	7	0	1	8	
				<i>Hydrophilus sp.</i>	1	41	2	44		
			<i>Gyrinidae</i>	<i>Dineutus sp.</i>	0	4	0	4		
				<i>Orectogyrus sp.</i>	25	20	13	58		

			<i>Aulonogyrus</i> sp.	4	4	2	10	
			<i>Dytiscidae</i>	<i>Hydaticus</i> sp.	0	2	0	2
			<i>Hygrobiidae</i>	<i>Hygrobia</i> sp.	0	2	0	2
		Hemiptera	<i>Belostomatidae</i>	<i>Abedus</i> sp.	10	19	10	39
				<i>Belostoma</i> sp.	13	9	13	35
			<i>Nepidae</i>	<i>Ranatra linearis</i>	29	35	3	67
				<i>Nepa</i> sp.	4	6	0	10
			<i>Hydrometridae</i>	<i>Hydrometra</i> sp.	1	4	0	5
			<i>Pléidae</i>	<i>Plea leachi</i>	1	0	0	1
			<i>Naucoridae</i>	<i>Ilyocoris cimicoides</i>	5	2	7	14
			<i>Vellidae</i>	<i>Velia</i> sp.	0	0	2	2
				<i>Microvelia</i> sp.	1	1	0	2
				Total	312	423	417	1152

Table 2 : variations spatio-temporelles des indices de diversités de Simpson, de Shannon-Weaver et d'Équitabilité de Pielou

Stations	MGBABA 1	MGBABA 2	MGBABA 3
Total des abondances (N)	312	423	417
Richesses spécifique (S)	25	29	28
Simpson_1-D	0,9075	0,9123	0,8736
Indice de diversité de Shannon et Weaver (H')	2,692	2,74	2,634
Indice d'Équitabilité de Piélou (J)	0,8363	0,8136	0,7906

Répartition de quelques familles des macroinvertébrés benthiques collectés pendant l'étude

La famille des Atyidae était la plus représentée, 271 organismes avec une abondance relative de 23,52 %, celle des Thiaridae avec 179 individus soit 7,81 % d'abondance relative et suivit des familles des Nepidae, des Belostomatitae et des Gyrinidae avec pour une abondance relative de 6,68 %, 6,42 % et 6,25 % respectivement. Les autres familles ne figurant pas sur ce diagramme représentent 13,89 % (Figure 6).

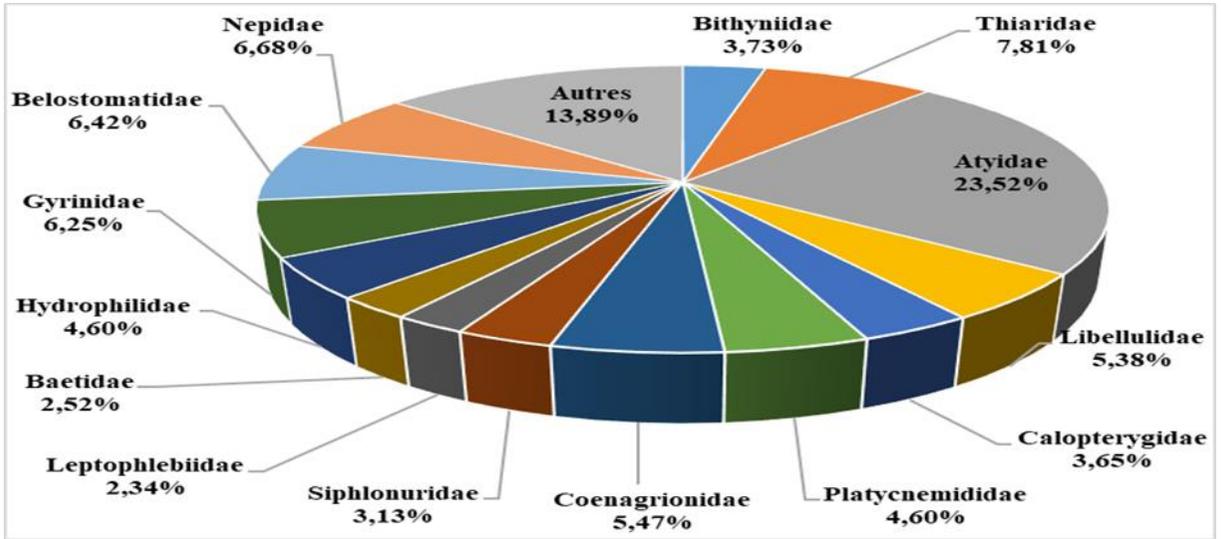


Figure 6 : Répartition de quelques familles des macroinvertébrés benthiques collectés

La Corrélation de Pearson a permis de mettre en évidence une relation avec certaines familles de macroinvertébrés benthiques et les variables physicochimiques (Tableau 3). L'abondance relative des familles des Thiaridae, Gomphidae, Macromiidae, Coenagrionidae sont positivement et significativement corrélées avec l'oxygène dissous. A propos, nous pouvons affirmer que l'oxygène dissous une variable qui favorise la croissance et l'abondance de ces familles. Les Bithyniidae sont positivement et significativement corrélées avec les nitrates et les nitrites ; la famille des Bithyniidae et des Belostomatidae sont positivement et significativement corrélées avec les l'ammonium. Ces paramètres favorisent la bonne évolution de ces organismes.

Tableau 3 : Valeurs de coefficients de corrélation de Pearson entre les paramètres physicochimiques et les familles des macroinvertébrés benthiques

	TEM	OD	Ph	CE	TDS	TU	COU	MES	NO2	NO3	NH4	PO4	CO2	OXY	ALC
Planorbidae	0,207	0,218	-	0,37	0,37	-	0,098	-	-0,328	-,420*	0,185	0	-	-	0,362
Bithyniidae	0,015	-	-	-	-	0,201	-0,048	0,17	,443*	-0,085	,406*	0,149	-	-	-,479*
Pilidae	0,38	0,195	0,136	0,041	0,041	-0,06	-0,031	0,076	-0,34	0,396	-	0,074	0,073	-	,498*
Thiaridae	-	,443*	0,103	-	-	-	-0,347	-	-	-0,082	-0,23	0,044	0,262	-	0,287
Atyidae	-	-	0,233	-	-0,19	-0,15	-0,339	-	-0,202	-0,306	,432*	0,13	-	-	-0,326
Libellulidae	0,061	0,104	-	0,152	0,15	-	-0,381	-	-0,23	-,477*	0,091	0,09	-	-	-0,04
Gomphidae	-	,487*	0,107	0,161	0,149	-	-0,304	-	-0,395	-0,342	-	0,08	0,215	0,01	0,236
Calopterygidae	0,164	0,388	-	0,283	0,255	-	-0,313	-	-	-,459*	0,077	0,319	0,006	-	0,264
Macromiidae	0,273	,470*	0,062	0,275	0,275	-	-0,074	-	-0,365	-0,354	0,134	0,034	0,086	-	,445*
Lestidae	-	-	0,237	-	-	-	-0,309	0,011	-0,028	-0,069	0,279	0,375	0,113	0,108	-,462*

	0,349	0,295		0,099	0,132	0,045									
Platycnemididae	-	-	0,253	-	-	-	-0,433*	-	-0,389	0,03	0,044	0,225	-	0,218	-0,245
	0,264	0,267		0,133	0,141	0,228		0,074					0,067		
Coenagrionidae	-	,479*	-	0,147	0,153	-	-	-	-0,411*	-	0,246	0,402	0,225	-	0,013
	0,281		0,065			0,169	,596**	0,194		,593**				0,236	
Caenidae	0,011	0,327	-	0,065	0,065	-	-0,131	-	-0,482*	-0,309	-	0,044	-	0,12	0,131
			,415*								0,338		0,208		
Oligoneuriidae	0,306	,455*	-0,04	,429*	,429*	-0,1	-0,076	-	-0,344	-0,411*	0,185	0,207	-	-	0,401
								0,138					0,067	0,332	
Siphonuridae	-	-	0,176	-	-	0,008	-0,361	0,131	0,079	-0,126	0,304	0,265	0,191	0,053	-
	,407*	0,154		0,177	0,213										,525**
Leptophlebiidae	-0,1	0,033	0,013	0,042	0,038	-	-0,216	-0,31	-0,193	-	0,215	-	-	-	-0,147
						0,326				,588**		0,055	0,063	0,093	
Baetidae	0,304	0,036	0,063	0,197	0,197	-	0,18	-	-0,106	-0,415*	0,167	-	-	-	0,261
						0,229		0,349				0,332	0,076	0,303	
Gyrinidae	0,038	0,042	-	-	-	0,219	0,116	0,305	,536**	0,076	0,308	0,081	-	-	-0,27
			0,286	,443*	,438*								0,152	0,372	
Belostomatidae	0,138	-	0,186	-	-	0,013	-0,373	0,064	-0,024	-0,334	,454*	0,226	-	-	-0,329
		0,032		0,037	0,052								0,212	0,094	
Nepidae	0,003	-0,31	0,236	0,291	0,287	0,359	-0,212	0,373	0,098	0,317	-	0,201	0,11	,466*	-0,193
											0,123				
Naucoridae	-	0,179	-	0,017	0,034	-	-0,4	-	-0,464*	-0,423*	0,029	0,075	0,157	-	0,017
	0,286		0,074			,496*		,430*						0,097	

TEM = Temperature; OD = Oxygène dessous; CE = Conductivité électrique; pH = potentiel d'Hydrogène; ALC = Alcalinité; OYD = Oxydabilité; CO2 = Dioxyde de Carbone; PO4 =Phosphates; NH4 = Ammonium; NO2 = Nitrates; IPO = Indice de pollution Organique; TDS = Solides totaux dessous; TU = Turbidité; COL = Couleur; MES = Matière en Suspension; NO3 =Nitrites.

** Corrélation significative à 0.01, *Corrélation significative à 0.05

Discussion

Caractéristiques physicochimiques

Pour cette étude, l'analyse des paramètres physicochimiques a montré qu'il existe des différences significatives entre les stations des cours d'eau étudiés et sur le plan saisonnier. En effet, durant les quatre saisons, les paramètres abiotiques ont peu fluctué en raison de la stabilité du milieu et des conditions environnementales. Pendant cette étude, la température moyenne de l'eau a oscillé autour de $23,29^{\circ}\text{C} \pm 0,39^{\circ}\text{C}$ et est supérieure à $21,98 \pm 1,08^{\circ}\text{C}$, température obtenue par (Nyamsi, 2018). Les variations observées de température observées dans ce cours d'eau seraient liées à celle ambiante ; à cet effet, (Buhungu *et al.*, 2018) affirment que l'ensoleillement, la période d'échantillonnage et l'environnement conditionnent la température des eaux de surface. S'agissant des Matières en Suspension (MES), la valeur une moyenne est de $18,75 \pm 2,73$ mg/L. A propos, (Mboumbouo, 2021) affirme que la présence d'un couvert végétal abondant autour des stations limite les phénomènes d'érosion des sols et de ruissellement des eaux apportant les matières allogènes dans le plan d'eau. Le pH moyen des eaux est de $7,08 \pm 0,07$ UC et proche de la neutralité. Cette valeur est presque similaire de $7,28 \pm 0,81$, valeur obtenue par (Yogback *et al.*, 2017). Cette neutralité serait due à la nature de la nappe du bassin versant. Précisément,

(Zébazé Togouet, 2000) montre que le pH de l'eau dépend de la nature des terrains traversés.

La minéralisation moyenne des eaux est de $56,22 \pm 4,31 \mu\text{S/cm}$ et est supérieure à $13,16 \pm 5,19 \mu\text{S/cm}$, valeur relevée par (Tchakonté, 2016) mais inférieure à $61,94 \pm 41,20 \mu\text{S/cm}$, valeur obtenue par (Mbouombouo, 2021). Ces valeurs sont très faibles et s'éloignent de celles obtenues par (Foto Menbohan *et al.*, 2006) où ils ont enregistré des valeurs parfois supérieures à $5000 \mu\text{S/cm}$. D'après ces derniers, l'augmentation de la minéralisation résulte de l'enrichissement des cours d'eau par la matière organique d'origine anthropique. Le taux d'oxygène dissous moyen des eaux est de $75,3 \pm 3,45 \%$. Cette valeur s'approcherait de $82,54 \pm 8,22$, valeur obtenue par (Yogback *et al.*, 2017) dans un cours d'eau peu anthropisé à Makak (Région du Centre Cameroun) et est inférieure à $65,57 \pm 3,56 \%$, valeur enregistrée par (Mbouombouo, 2021) au Nord-Ouest Cameroun.

Le taux moyen d'oxygène obtenu montre que les eaux du cours Mgbaba sont bien oxygénées. Les faibles taux d'oxygène observée à la station MG1 serait due aux activités anthropiques. A ce propos, (Onana, 2026) soulignent que les fortes charges en matières organiques biodégradables dans une rivière augmentent la consommation d'oxygène par les microorganismes décomposeurs. Par ailleurs, les valeurs maximales relevées en saison des pluies ont déjà été observées par (Tchakonté, 2016) et confirme que cette saison favorise une circulation rapide des eaux ainsi que leur réoxygénation. La teneur moyenne en dioxyde de carbone est de $17,9 \pm 3,9 \text{ mg/L}$ et est élevée, car supérieure aux 10 mg/L recommandés par (APHA, 1980). Les valeurs élevées dans certaines stations peuvent se justifier par la respiration des organismes aérobies qui diminuent l' O_2 en augmentant le CO_2 (MEC, 2003). A contrario, les faibles valeurs obtenues dans certaines stations s'expliqueraient par leur consommation grâce des végétaux photosynthétiques. Quant aux nitrates, la teneur moyenne est de $1,61 \pm 0,36 \text{ mg/L}$ et est supérieure à $0,79 \pm 0,59 \text{ mg/L}$, valeur obtenue par (Nyamsi, 2018). Les valeurs élevées dans certaines stations pendant la petite saison des pluies (PSS) seraient dues aux matières azotées utilisées en agriculture dans les bassins versants (Mogue, 2021) et acheminées dans les cours d'eau par ruissellement après les pluies. La teneur moyenne en azote ammoniacal est de $0,48 \pm 0,14 \text{ mg/L}$ et est élevée par rapport au (SEQ-Eau, 2023). Ceci proviendrait de la décomposition de la matière organique d'origine allochtone ainsi que des activités agricoles menées dans le bassin-versant. La teneur moyenne en ions orthophosphates est de $0,69 \pm 0,14 \text{ mg/L}$ et est supérieure à $0,18 \pm 0,38 \text{ mg/L}$, valeur obtenue par (Nyamsi, 2018). A cet effet, (Rodier, 2009) stipule que les teneurs en orthophosphates supérieures à $0,5 \text{ mg/L}$ constituent un indice de pollution. Le pic observé en saison sèche résulterait de la minéralisation de la litière transportée pendant

les pluies (Nyamsi, 2018) ainsi que des apports en fertilisants phosphorés (Sommer, 1989) dans le bassin versant. L'oxydabilité moyenne des eaux est de $14,08 \pm 3,2$ mg/L, et est supérieure à $4,60 \pm 4,56$ mg/L, valeur obtenue par (Nyamsi, 2018). Cette valeur élevée témoigne de l'intensification de l'anthropisation dans ce bassin versant. Les valeurs élevées en saisons de pluies proviendraient d'une synergie de pollution excessive par des matières organiques et inorganiques d'origine anthropique dans l'eau (Mbouombouo, 2021). L'IPO moyen est de $3,05 \pm 0,35$ et montre une pollution modérée qui serait liée non seulement aux valeurs relativement élevées des orthophosphates mais aux apports diffus et permanents des eaux usées agricoles (Mogue, 2021).

Caractéristiques biologiques

La richesse taxonomique des macroinvertébrés enregistrée dans les différentes stations du cours d'eau Mgbaba est relativement inférieure (37 familles) à celle obtenue par (Ngameni *et al.*, 2017) dans deux cours d'eau dans la Menoua en Zone périurbaine de Dschang, Ouest Cameroun. Cette richesse taxonomique est supérieure à celle obtenue dans l'Ebozoa (36 familles) au bassin versant de la Mefou par (Foto *et al.*, 2023). Cette valeur est également supérieure à celles obtenues à Kinshasa, dans les cours d'eau Gombe (16 familles) et Mangengenge (24 familles) par (Kamb *et al.*, 2015). Toutefois, cette richesse taxonomique demeure inférieure à celle obtenue par (Mboye *et al.*, 2018) dans le bassin versant de la Mabounié au Gabon (90 familles). La répartition des taxons sur l'ensemble du cours d'eau montre la prédominance de la famille des Atyidae avec 23,52 %, celle des Thiaridae avec une abondance relative de 7,81 % et suivit des familles des Nepidae, des Belostomatidae et des Gyrinidae avec pour abondance relative de 6,68 %, 6,42 % et 6,25 % respectivement. Ces résultats sont contraires à ceux des travaux de (Kamb *et al.*, 2015 ; Gwos *et al.*, 2022).

La quasi-totalité des peuplements des macroinvertébrés du cours d'eau Mgbabadans le Département de la Lékié appartient à l'embranchement des arthropodes et à la classe des insectes. Cette structure faunique est semblable à celle dressée par certains auteurs (Tchakonté, 2016 ; Onana *et al.*, 2016 et Ngameni *et al.*, 2017). L'ordre des Odonates est dominant avec 10 familles et 22 taxons. Cette observation s'apparente à celle des autres auteurs où les Odonates ont été notés parmi les ordres les plus diversifiés (Tchakonté, 2016 ; Ngameni *et al.*, 2017). La faible représentativité des mollusques et des Annélides qui sont des taxons polluo-résistants résulterait de l'impact moindre des activités agricoles périurbaines sur la qualité des eaux, ce qui corrobore les résultats des analyses physicochimiques. (Foto *et al.*, 2011) ont notés l'émergence de ces deux taxons dans les milieux urbains fortement anthropisés. Le nombre d'individus récoltés (1152 individus) dans

le cours d'eau Mgbaba dans la Lékié-Ouest est largement inférieur à celui recensé (1833 individus) dans le ruisseau de la région agricole périurbaine de Dschang. Ceci s'expliquerait par la forte homogénéisation des sites en zone agricole due à des stress ou des aménagements anthropiques.

De plus, les travaux de (Hawkins *et al.*, 2014) ont montré que certaines perturbations environnementales augmentent l'hétérogénéité biologique et la diversité. La richesse spécifique est d'autant plus élevée que le biotope est hétérogène (Ben Moussa *et al.*, 2014). Selon (Onana *et al.*, 2016), les indices de diversités, la richesse taxonomique, l'abondance totale et relative des insectes augmentent dans les stations qui reçoivent les effluents domestiques.

Conclusion

La présente étude a permis de déterminer la macrofaune benthique du cours d'eau Mgbaba du bassin versant de la Lékié-Ouest dans la région du Centre au Cameroun et d'évaluer sa qualité écologique. Les paramètres physicochimiques ont montré que les eaux sont proches de la neutralité, très oxygénées et renfermant de faibles teneurs en matières azotées et phosphorées. L'absence des indicateurs de pollution couplée à l'influence mineure des activités anthropiques traduisent le bon état de santé écologique des eaux de ce milieu lotique. L'analyse faunistique a permis d'inventorier 1152 individus de macroinvertébrés benthiques appartenant à 3 classes, 10 ordres et 37 familles donc l'ordre le plus dominant est celui des odonates avec 10 familles. Le test Spearman (r) a permis de déterminer qu'il existe des corrélations entre paramètres physicochimiques et biologiques d'une part et d'autre part, l'analyse structurelle de la faune benthique aux différentes stations et saisons révèle un peuplement riche, diversifié et équilibré en saison de pluies qu'en saison de sèche. Vue leur bonne qualité écologique et son importance, ce cours d'eau du bassin versant de la la Lékié-Ouest constituent le point imperant pour toute action de Biomonitoring des milieux lotiques de cette localité.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abdelghani T., Abdellah E., Hajar J & Habiba O. (2020). Calcul de l'indice de qualité de l'eau (IQE) pour l'évaluation de la qualité Physico-Chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (NE, Maroc). *European Scientific Journal*, 16(2) :1857 – 7881.
2. Ajeagah, G., Mbainaissem, M., Njiawouo, P. & Ngakomo, R. (2018). Caractérisation physicochimique et biologique des eaux en zone périurbaine en Afrique équatoriale : cas de Ngoumou au Centre du Cameroun. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 23 (1) : 33 – 43.
3. American Public Health Association (APHA) (1998). Standard method for examination of water and wastewater. American Public Health Association, 20th édition, Washington, DC, 1150 p.
4. Babou L. (2018). Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 89p.
5. Barbourt M., Gerritsen J., Snyder B & Stribling J. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers : periphyton, bentic macroinvertebrates and fish, 2e ed., U.S. Environmental protection Agency, Office of water, Washington, D.C., EPA 841-B-99-002.10 p.
6. Ben M., CHahlaoui A., Rour E. & Chahboune M. (2014). Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc. *J. Mater. Environ*, pp. 183-198.
7. Biram A. (2019). Thèse de Doctorat soutenue sous le thème Étude bioécologique des dictyoptères aquatiques dans le bassin versant de la Mefou Université de Yaoundé 1, 162 p.
8. Buhungu S., Montchowui E., Barankanira E., Sibomana C, Ntakimazi G. & Bonou C. (2018). Caractérisation spatio-temporelle de la qualité de l'eau de la rivière Kinyankonge, affluent du Lac Tanganyika, Burundi. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1) : 576-595.
9. El-Amine M. (2015). Diversité et structure du zooplancton : importance pour la conservation de la biodiversité aquatique en zone urbaine. Thèse de Doctorat/Ph.D en Sciences Biologiques, Université de Montréal, 218p.
10. Foto M. (2012). Recherche écologique sur le réseau hydrographique du Mfoundi (Yaoundé) : Essai de biotypologie. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, 179p.

11. Foto M., Zébazé T., Nyamsi T., Ajeegah G., Njiné T. (2011). Evolution spatiale de la diversité des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau anthropisé en milieu tropical (Cameroun). *European journal of Scientific Research*, 55 (2) : 291-300.
12. Foto M., Nyame M., Gwos N., Nwaha M., Tchouta U., Temgoua Z. & Biram A. (2023). Qualité écologique de quelques cours d'eau du Bassin Hydrographique de la Mefou par les Macroinvertébrés benthiques. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 17 : 76-88.
13. Hawkins C., Mykrä H., Oksanen J. & Vander Laan J. (2014). Environmental disturbance can increase beta diversity of stream macroinvertebrate assemblages. *Global Ecology and Biogeography* : 483-494.
14. Gwos S. Foto S., Nyame D., Tchouapi Y., Biram A., & Disso E. (2022). Biodiversité et état sanitaire de l'eau de quatre rivières de la région de l'Est Cameroun. *GSC Sciences biologiques et pharmaceutiques*, 18(03), 226–241.
15. Kamb T., Ndey I., Ntumbula M. & Kiamfu P. (2015). Influence du substrat sur la répartition des macroinvertébrés benthiques dans un système lotique : cas des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge. *International Journal of Biology and Chemical. Sciences*. 9(2) : 970-985.
16. Leclercq C. (2001). Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau. Station scientifique des Hautes-Fagnes, Belgique, 44 p.
17. Levêque C. & Balian E. (2005). Conservation of freshwater biodiversity: does the real world meet scientific dream. *Hydrobiologia*, 542 : 25-26.
18. Mbarga D. (2011). La gestion durable de la filière cacao dans la région du centre du Cameroun : le cas du bassin de production de la Lékié. Mémoire de Master, Institut des Relations Internationales du Cameroun-IRIC/Yaoundé (<https://www.google>).
19. Mbassi M. (2020). Qualité physicochimique et distribution des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Lékié, région du Centre Cameroun. Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, 52p.
20. Mbouombouo M. (2021). Caractérisation des formes matures de dissémination des Protozoaires et Helminthes intestinaux dans le réseau hydrographique de la Mezam (Région du Nord-Ouest, Cameroun) et influence des variables abiotiques. Thèse de Doctorat/Ph.D, Université de Yaoundé I, Cameroun, 215p.

21. Mboye B. (2019). Diversité des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau du bassin de la Mabounié (Gabon) : essai de biotypologie. Thèse de doctorat, Université de Yaoundé I, 176p.
22. Messoé William Aurélien, Acha Yannick Acha et Ajeegah Gidéon Aghaindum. (2023). Spatial evolution of the diversity of macroinvertebrate-Odonate larva population dynamics in relation to the environmental variables of the Niète hydrosystem (South Cameroon). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 11(3) : 49-57.
23. Ministère de l'Environnement du Canada (MEC). (2003). Avis concernant l'aération ou la circulation artificielle de l'eau des lacs comme mesures de restauration de la qualité de l'eau. MINADER. Plan de Gestion des Pesticides. Projet d'Investissement et de Développement des Marchés Agricoles (PIDMA), 12.
24. Mboye, R., Foto Menbohan, S., Mbega, J. & Biram A. (2018). Influence of the Granulometric parameters on the Diversity and Distribution of Benthic Macroinvertebrates in the Mabounié Watershed (Central West Gabon). *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 5(7) : 252-270.
25. Mogue K. (2021). Etude comparée des communautés zooplanctoniques et des niveaux trophiques de quelques étangs à Bertoua (Est-Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph.D, Université de Yaoundé I, Cameroun, 219p.
26. Ngameni T., Patricia B., Mpoame M. & Kenko N. (2017). Bioévaluation de La qualité des eaux du Cours d'eau Menoua en zone périurbaine de Dschang, Ouest Cameroun. *European Scientific Journal* .13 (17) : 368-389.
27. Nyamsi T. (2018). Macroinvertébrés Benthiques du réseau hydrographique de la Méfou : habitat, diversité et dynamique des peuplements, évaluation de l'intégrité biologique des cours d'eau. Thèse de Doctorat/Ph. D, Université de Yaoundé I, Cameroun 251p.
28. Onana F., Zebaze T., Koji E., Nyamsi T. & Tchakonte S. (2016). Influence of municipal and industrial pollution on the diversity and the structure of benthic macro invertebrates community of an urban river in Douala, Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* : 120-133.
29. Rodier J., Merlet N. & Lugube B. (2009) Rodier J., Merlet N. et Lugube B., 2009.L'analyse de l'eau. 9e édition, DUNOD, Paris, 1526 p. L'analyse de l'eau. 9e édition, DUNOD, Paris, 1526 p.
30. Sawadogo B. (2018). Structuration des macroinvertébrés dans un continuum site protégé-site anthropisé et leur application dans la

- bioindication de la qualité biologique de l'eau : Cas de la rivière Kou en période d'étiage. Mémoire de Master, Université Nazi Boni, 80p.
31. Système d'Evacuation de la Qualité des Eaux Souterraines (SEQ-2023).
 32. Tampo L., Gnazou M., Akpataku, V., Bawa L. & Djaneyé-Boundjou G. (2015). Application des méthodes statistiques à l'étude hydrochimique des eaux d'un hydrosystème tropical : Cas du bassin versant de la rivière Zio (Togo). *European Scientific Journal*, 11(14) : 204-225.
 33. Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. (2006). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie et écologie. CNRS édition, Paris, 588p.
 34. Tchakonté S. (2016). Diversité et structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques des cours d'eau urbains et périurbains de Douala (Cameroun). Thèse de Doctorat Ph.D. Université de Yaoundé I, 233 p.
 35. Yogback, G., Ajeegah G., Djieto L., Cheruiyo S., Enah D., Mbouoombouo M. & Kowenje C. (2018). Biodiversity of Freshwater Shrimp of the Genus *Macrobrachium* (Decapoda Palaemonidae) in the Nyong Basin of Cameroon. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* 3(6) : 1-15.
 36. Yogback G., Ajeegah G., Foto M., Tchakonté S., & Djieto L. (2017). Facteurs environnementaux et répartition spatiale des crustacés dans un cours d'eau peu anthropisé à Makak (Région du Centre Cameroun). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, 181-196.
 37. Zébazé T. (2000). Biodiversité et dynamique des populations zooplanctoniques (ciliés, rotifères, cladocères et copépodes) du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun). Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Yaoundé I, 175 + Annexes.