



IMPACTS DE QUELQUES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES SUR LA DISTRIBUTION DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES DANS LE LAC CARRIERE DE NGOA-EKELE.

PATEUCK DJEUMO Derick¹, Gideon A. A

^{1,2} Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, Faculté des sciences, Université de Yaoundé I PO Box 812,
Yaoundé, Cameroun.

Correspondance, courriel : pateuckdjeumo.derick@gmail.com,

Résumé

Dans le but d'évaluer l'impact de quelques paramètres physicochimiques sur la distribution des macroinvertébrés benthiques du lacs carrière de Ngoa-ékélé, dans la Région du Centre, une analyse physicochimique, couplée à celle des organismes invertébrés y a été menée d'avril à septembre 2020. Les prélèvements ont été réalisés suivant une fréquence mensuelle. Les analyses physicochimiques révèlent que les eaux étudiées sont peu oxygénées ($34,88 \pm 7,96\%$), d'une faible dureté, pauvres en matières organiques oxydables ($5,79 \pm 2,68$ mg/L), très minéralisées ayant une forte valeur pour la conductivité ($921,90 \pm 82,74$ $\mu\text{s/cm}$) et de faible valeur d'orthophosphates ont été relevés ($0,45 \pm 0,39$ mg/L), montrant ainsi que les eaux du lac carrière de Ngoa-ékélé sont de qualités passables. Durant la période d'étude, un total de 8555 individus a été dénombré et réparti en 03 embranchements : les Mollusques (98,83%), les Arthropodes (1,04%) et les Annélides (0,13%). Ces organismes appartiennent à 04 classes, 09 ordres et 16 familles. Les faibles valeurs de l'indice de Shannon et Weaver et de l'équitabilité (J) de Pielou observées à la station à proximité du dépôt de poubelle (Car1) traduisent une faible diversité des macroinvertébrés benthique due à une forte abondance des Gastéropodes (Thiaridae) qui regroupent près de 98,78 % d'abondance relative dans cette station. Par ailleurs, cet indice est proche de 0 et s'éloigne de $\text{Log}_2 13$ (3,70) ainsi, la faible diversité correspond à des conditions non optimales ne permettent pas l'installation d'individus régulièrement repartis dans de nombreuses espèces. Indice Biotique Global Normalisé (IBGN) révèle des eaux de mauvaise qualité. L'Indice Biotique Global Normalisé (IBGN), montrent que les eaux du lac carrière de Ngoa-ékélé sont perturbées par les activités anthropiques et sont donc de mauvaise qualité écologique. Au vu des résultats et discussion il en ressort que les meilleurs indicateurs de la qualité de l'eau du lac carrière de Ngoa-ékélé sont les macroinvertébrés benthiques en grandes majorité l'espèce tanzania mbayemi de la famille des thiaridae.

Mots clés : Mots clés : Distribution, Paramètres physico-chimiques, Macroinvertébrés benthiques, Lac carrière, Ngoa-Ekéle.

Abstract

In order to evaluate the impact of some physicochemical parameters on the distribution of benthic macroinvertebrates in the Ngoa-ékélé quarry lakes, in the Center Region, a physicochemical analysis, coupled with that of invertebrate organisms, was carried out there from April to September 2020. The samples were taken on a monthly basis. The physicochemical analyzes reveal that the waters studied are poorly oxygenated ($34.88 \pm 7.96\%$), of low hardness, poor in oxidizable organic matter (5.79 ± 2.68 mg/L), very mineralized with a high value for conductivity (921.90 ± 82.74 $\mu\text{s/cm}$) and low value for orthophosphates were recorded (0.45 ± 0.39 mg/L),

thus showing that the waters of the Ngoa-ékélé quarry lake are of fair quality. During the study period, a total of 8555 individuals were counted and divided into 03 phyla: Molluscs (98.83%), Arthropods (1.04%) and Annelids (0.13%). These organisms belong to 04 classes, 09 orders and 16 families.

The low values of the Shannon and Weaver index and the Pielou equitability (J) observed at the station near the trash deposit (Car1) reflect a low diversity of benthic macroinvertebrates due to a high abundance of gastropods (Thiaridae) which bring together nearly 98.78% relative abundance in this station. Furthermore, this index is close to 0 and moves away from Log₂ 13 (3.70) thus, the low diversity corresponds to non-optimal conditions which do not allow the installation of regularly distributed individuals in many species.

. Standardized Global Biotic Index (IBGN) reveals poor quality water. The Standardized Global Biotic Index (IBGN) shows that the waters of the Ngoa-ékélé quarry lake are disturbed by anthropogenic activities and are therefore of poor ecological quality. In view of the results and discussion it appears that the best indicators of the water quality of the Ngoa-ékélé quarry lake are the benthic macroinvertebrates, the vast majority of which are the Tanzanian mbyemi species of the thiaridae family.

Keywords: Keywords: Distribution, Physico-chemical parameters, Benthic macroinvertebrae, Quarry lake, Ngoa-Ekélé.

I. Introduction

La biodiversité est le moteur majeur du fonctionnement des écosystèmes (Hopper *et al.*, 2005). C'est un puissant outil d'évaluation de l'état de trophie des milieux aquatiques pouvant permettre de développer des stratégies de gestion durable de ces milieux vulnérables (Alain Peeters *et al.*, 2004). Il s'avère nécessaire de protéger, conserver et gérer la diversité biologique qui est un patrimoine primordial (Johan Milian *et al.*, 2010). De plus, la numérisation de cette biodiversité ouvre de nouvelles opportunités d'analyses scientifiques des données et permet d'acquérir de nouvelles connaissances sur la conservation et la gestion des écosystèmes naturels (Johan Milian *et al.*, 2010). La forte urbanisation, l'intensification de l'agriculture et l'industrialisation croissante des villes sont à l'origine d'une production considérable de déchets solides et liquides (Oula Amroui *et al.*, 2020) entraînant une augmentation considérable des charges des eaux domestiques et industrielles en matières organiques et en substances dissoutes qui ruissellent vers les réceptacles terminaux que sont les milieux aquatiques.

La gestion des écosystèmes aquatiques est donc devenue un thème prioritaire tant pour les scientifiques que pour les usagers. Parmi les hydrosystèmes, les Lacs constituent une importante réserve en eau douce sur la planète. De plus, leurs eaux hébergent de nombreux organismes animaux et végétaux qui entretiennent des relations étroites avec leur milieu de vie (AMAIRD Jean-Claude *et al.*, 2008). Ces organismes animaux sont constitués entre autre du macroinvertebrés utilisés dans le diagnostic des eaux en effet ils regroupent tous les organismes aquatiques visibles à l'œil nu et dépourvus d'un squelette ossifié ou de cartilage (Moisan et pelletier 2006) ; Ils sont établis comme de bons indicateurs en raison de leur réaction rapide et différente selon les

espèces aux toxiques, leur sédentarité, leur cycle de vie varié, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat (Moisan et Pelletier, 2008 ; Boissonneault, 2006)

Au Cameroun et à Yaoundé en particulier les travaux qui visaient à étudier les macroinvertebrés ont été menés sur plusieurs lacs. Cependant il existe très peu de données sur le lac carrière de Yaoundé, bien qu'étant une ancienne zone volcanique et possédant un sol à l'image de cette qualification (riche en roche volcanique). D'où la nécessité de relever les paramètres physicochimiques et d'étudier la diversité des macroinvertebrés du lac carrière de Ngoa-ékélé.

La meilleure compréhension du fonctionnement d'un écosystème aquatique passe par la connaissance de sa qualité physico-chimique qui a une influence directe sur la biodiversité et la distribution des macroinvertebrés dans un milieu aquatique. C'est dans cet optique que s'inscrit notre étude avec pour objectif général d'évaluer la biodiversité et la distribution de la communauté d'invertebrés du lac carrières de Ngoa-ékélé en étroite relation avec la qualité physico-chimique de l'eau. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- D'évaluer les caractéristiques physico-chimiques du lac afin de statuer sur son état de trophie ;
- De déterminer la structure des peuplements du macroinvertebrés du lac ;
- D'établir les liens entre la qualité physico-chimique des eaux du lac et la distribution des macroinvertebrés benthique.

II. Matériels et méthodes

II.1. Site d'étude

II.1.1. Situation géographique

La région du Centre Cameroun est située entre 3°30' - 3°58' de latitude Nord et entre 11°20' -

11°40' de longitude Est (INC, 1980). L'altitude moyenne avoisinant les 750 m, son relief est globalement accidenté et la zone urbaine s'étend sur plusieurs collines hautes de 25 à 50 m au-dessus du plateau (Santoir, 1995). Le climat est de type équatorial à pluviométrie bimodale caractérisée par des précipitations modérées (1576 mm/an) oscillant entre 1500 et 1700 mm par an (Kodjo, 1988), avec des températures peu variables au cours du temps (Suchel, 1972). Il existe quatre saisons inégalement réparties et de durée variable d'une année à l'autre (Kuete, 1987). La végétation est de type forêt dense secondaire et le réseau hydrographique est dense. Sur le plan pétrographique, les sols se présentent comme dans tout le Sud-Cameroun sous trois types dont les sols ferralitiques, les sols hydromorphes et les sols peu évolués (Onguéné, 1993).

II.1.2. Historique

Le lac carrière de Ngoa-ékélé est situé en face de l'université de Yaoundé I à près de 300m de la barrière de la cité universitaire en suivant la route en pavée qui entre dans le quartier. Il est dans un ravin de roche d'où son nom ; à l'origine cette zone occupée par ce magnifique lac était une gigantesque colline de pierre. Avec les travaux de constructions des bâtiments de l'université de Yaoundé les pierres formant cette colline ont été fragmenter et transporter vers leur lieu d'utilisation laissant alors un énorme ravin qui avec des années étants donné que la nappe phréatique qui se trouvait en dessous a été légèrement perforer, il ces remplis d'eau et à former le lac carrières de Ngoa-ékélé; qui ne présente pas de véritable différenciation des compartiments classiques (émissaire, débarcadère et exutoire) car, il n'est pas alimenté par un cour d'eau mais plutôt par une nappe phréatique la carte suivante illustre la zone d'étude.

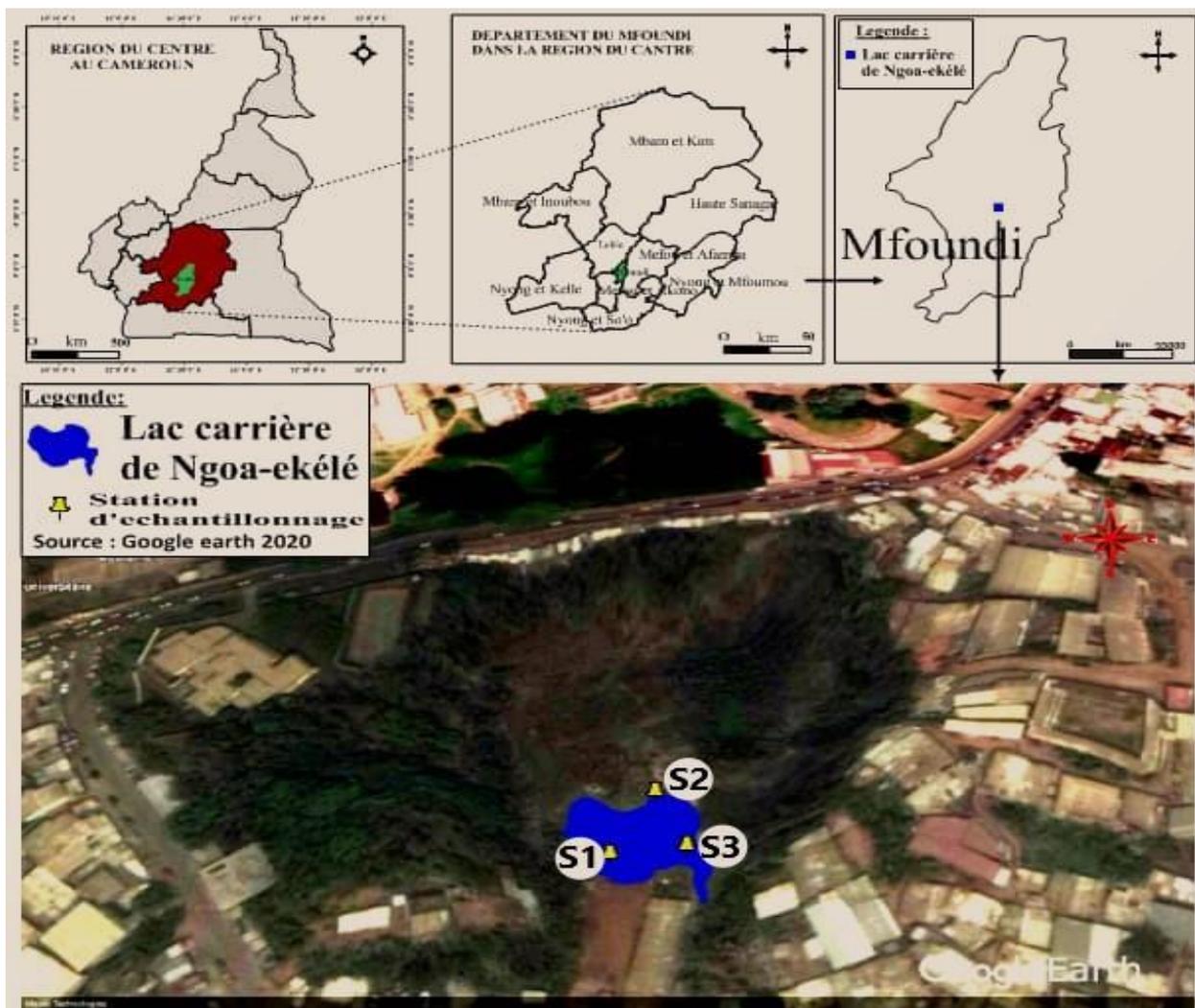


Figure 1 : Vue partielle du lac carrière

II.2.1. Physico-chimiques

Au cours de cette étude, les échantillonnages pour les analyses physico-chimiques et biologiques ont été effectués mensuellement conformément aux recommandations qui suggèrent que cette fréquence est suffisante pour rendre compte de 80% des espèces présentes dans le milieu et de leurs variations. Les analyses physico-chimiques ont été prélevés à l'aide des flacons en polyéthylène à double bouchage de 250 et 1000 cc sans faire de bulles, remplis à ras bord, puis conservés en vue des analyses au laboratoire. La procédure d'échantillonnages sur le terrain et le mode d'analyse de chaque paramètre au laboratoire est décrite dans le **Tableau 1** ci-après.

Tableau 1 : Méthodes analytiques de quantification des variables physico-chimiques

Paramètres mesurés	Méthodes utilisées
Oxygène dissous	La teneur en oxygène dissous a été mesurée par la méthode volumétrique de Winkler sur le terrain, dans une bouteille de Winkler de 125 ml, 123 ml d'échantillon ont été mélangés à 1 ml de réactifs de Winkler et 1 ml de chlorure de manganèse. Il s'en est suivi la formation d'un précipité blanc dans la bouteille. De retour au laboratoire, le précipité a été dissous par ajout dans la solution d'1 ml d'acide sulfurique concentré (coloration jaune de la solution) puis 50 ml de solution ont ensuite été prélevés et titrés avec du thiosulfate de sodium N/80 en présence de 2 ou 3 gouttes l'amidon comme indicateur coloré. La solution, initialement bleue est devenue incolore à la fin de la titration. Enfin, les résultats obtenus en mg /L d'échantillon qui correspond à la descente de burette ont été convertis en pourcentages de saturation à l'aide de l'abaque de Mortimer.
Orthophosphates	Les concentrations en orthophosphates ont été mesurées sur 10 mL d'échantillon avec comme réactif le Phosver III et la lecture s'est faite à la longueur d'onde $\lambda = 880$ nm. Les résultats sont exprimés en mg/L de PO_4^{3-} .
Alcalinité totale	Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) ou alcalinité a été déterminé au laboratoire par volumétrie. Pour ce faire 50 mL d'échantillon d'eau ont été introduits dans un bécher, puis quelques gouttes de rouge vert de méthyl bromocrésol ont été ajoutées. La solution obtenue de coloration bleue a été ensuite titrée à l'acide sulfurique (H_2SO_4) N/50 jusqu'à la coloration grise. Les résultats exprimés en mg/L ont été obtenus par la formule : Alcalinité (en mg/L de HCO_3^-) = descente de burette x 20
L'Oxydabilité	L'oxydabilité a été mesurée par volumétrie. Dans un erlenmeyer, 2 mL de carbonate monosodique ont été ajoutés à 200 mL de l'échantillon puis porté à ébullition sur une plaque chauffante. Dès le début de l'ébullition, 20 mL de permanganate de potassium (KMnO_4) N/80 ont été ajoutés. Quelques minutes après, l'ensemble a été refroidi à l'eau du robinet. Après refroidissement, 5 mL d'acide sulfurique 25 % et 20 mL de sel de Mohr ont été ajoutés à la préparation. La solution incolore ainsi obtenue a été titrée avec du permanganate de potassium (KMnO_4) N/80 jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persistante. Le témoin est obtenu suivant le même principe en utilisant de l'eau distillée à la place de l'échantillon. Les résultats exprimés en mg/L de O_2 ont été calculés par la formule : Oxydabilité (mg/L d'O_2) = [(descente de burette échantillon – descente de burette témoin)/2] × 3,95
Conductivité	La conductivité électrique a été mesurée « <i>in situ</i> » à l'aide d'un TDS-conductimètre de marque HANNA Hi 99300. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

II.2.2 Echantillonnage et identification des macroinvertébrés

L'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques a été faite suivant une fréquence mensuelle, à l'aide d'un troubleau de forme carrée de 30 cm de côté, muni d'un filet conique de 400 µm d'ouverture de maille et 50 cm de profondeur. L'échantillonnage a été fait suivant l'approche multihabitat proposée par Stark *et al.* (2001). A chaque station d'étude et à chaque campagne d'échantillonnage, une vingtaine de coups de troubleau ont été effectués pour une surface d'environ 3 m² le long d'une station de longueur égale à dix fois la largeur du lit. Les coups de troubleau ont été effectués dans différents microhabitats.

Chaque fois, les organismes retenus par les mailles du filet ont été collectés à l'aide d'une paire de pince fine, fixés dans du formol à 10 % et conservés dans un pilulier. De retour au laboratoire, les échantillons de macroinvertébrés ont été rincés abondamment à l'eau courante pour éliminer le formol. Les échantillons ont été conservés dans des piluliers contenant de l'alcool à 70° et identifiés à l'aide des clés d'identification de Durand et Levêque (1980), Day *et al.* (2001), Tachet *et al.* (2006), Stals et de Moor (2007)

II.2.3. Analyse des données et tests statistiques

II.2.3.1. Test H de Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney

Le test de Kruskal-Wallis a permis de voir si les données obtenues varient significativement

Tableau 2 : Tableau de classification en fonction de la valeur de l'IBGN

IBGN	17 à 20	13 à 16	9 à 12	5 à 8	< 4
Classe	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise

d'une station d'échantillonnage à l'autre et d'un mois à l'autre et celui de Mann Whitney nous a permis de comparer ces densités deux à deux. Ces deux tests ont été réalisés à partir du logiciel PAST

II.2.3.2. Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) (AFNOR, 2004)

La méthode de l'IBGN est fondée sur l'étude simplifiée de la faune de macroinvertébrés benthiques. L'indice est donné par un tableau faisant intervenir la nature de la faune récoltée (groupes indicateurs de sensibilité différente aux perturbations) et sa variété. Le calcul de l'IBGN consiste à déterminer : La variété taxonomique (VT), c'est-à-dire le nombre total de taxons identifiés, quel que soit le nombre d'individus trouvés par taxon et le groupe indicateur (GI) ou groupe repère (GR) le plus "polluosensible", c'est-à-dire le taxon indicateur ayant une présence significative dans la station (au moins 3 ou 10 individus selon les taxons) et possédant l'indice le plus élevé possible. L'IBGN est calculé à partir d'un tableau d'analyse à double-entrée, comportant en abscisses des classes de variété taxonomique (classe 1 à 14) et en ordonnées des groupes faunistiques indicateurs, classés par ordre décroissant (indice 9 à 1) de sensibilité aux pollutions. L'indice Biologique Global Normalisé (IBGN) peut aussi être calculé suivant la relation : $IBGN = GI + VT - 1$, avec $IBGN \leq 21$. GI = groupe faunistique indicateur ; VT = variété taxonomique de l'échantillon. Les résultats obtenus seront comparés aux valeurs du **Tableau 2** ci-dessous :

III. Résultats et Discussion

Tableau 3 : Récapitulatif des relevés des valeurs maximales, des valeurs minimales, des valeurs moyennes et des écart-types des paramètres physicochimiques du lac carrière de ngoa-ékélé pendant la période d'étude

Station	MOIS	Conductivités (µs/cm)	O ₂ (% de saturation)	Ortho-phosphate (mg/l)	Alcalinité (mg/l)	Oxydabilité (mg/l)
CAR 1	Avril	369	9	1,05	10	1,44
	Mai	907	95	0,0746	54	4,35
	Juin	300	28	0,028	17	0,39
	Juillet	376	38	0,0513	6	1,18
	Aout	2457	16	0,1226	8	5,53
	Septembre	881,8	33	2,8	6	13,03
	Minimum	300	9	0,028	6	0,39
	Moyenne	881,8	36,5	0,68	16,83	4,32
	Ecart-type	817,21	30,61	1,10	18,65	4,71
	Maximum	2457	95	2,8	54	13,03

CAR 2	Avril	396	20	0,585	2	2,2
	Mai	899	52	0,0808	32	10,27
	Juin	301	27,6	0,021	12	0
	Juillet	369	36,3	0,0509	20	1,97
	Aout	2882	12	0,1182	12	4,74
	Septembre	969,4	44	1,74	14	18,96
	Minimum	301	12	0,021	2	0
	Moyenne	969,4	31,98	0,43	15,33	6,35
	Ecart-type	979,69	15,005	0,67	10,01	7,12
	Maximum	2882	52	1,74	32	18,96
CAR 3	Avril	374	10	0,878	4	2,2
	Mai	904	70	0,0856	54	3,95
	Juin	316	42	0,016	24	0,79
	Juillet	375	35	0,0508	12	0,79
	Aout	2604	24	0,1155	10	5,53
	Septembre	914,6	36	0,04	12	26,86
	Minimum	316	10	0,016	4	0,79
	Moyenne	914,6	36,16	0,19	19,33	6,68
	Ecart-type	871,31	20,06	0,33	18,18	10,05
	Maximum	2604	70	0,878	54	26,86

III.1. Résultats

III.1.1 Conductivité électrique, Oxygène (O₂)

Concernant la conductivité électrique, la plus grande valeur a été obtenue au mois d'août (2882 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la plus petite valeur obtenue mois de juin avec une moyenne de (921,90 \pm 82,74 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il n'existe pas de différence significative sur le plan spatial ($p > 0,05$) ; par contre sur le plan temporel il existe une différence significative entre les mois ($p < 0,05$) mais le test de Man-Whitney nous montre que les mois sont similaires deux à deux (Figure 2A). Le taux de saturation maximal en oxygène dissous a été obtenu au mois de mai (95%) à et les taux de saturation minimale au mois d'avril (9%) (Figure 2B). Ces valeurs oscillent autour d'une moyenne de 34,88 \pm 7,96 % témoignant de la mauvaise oxygénation du lac carrière de Ngoa-ékélé. Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il n'existe pas de différence significative sur le plan spatial ($p > 0,05$) ; par contre sur le plan temporel il existe une différence significative entre les mois ($p < 0,05$) mais le test de Man-Whitney nous montre que les mois sont similaires deux à deux.

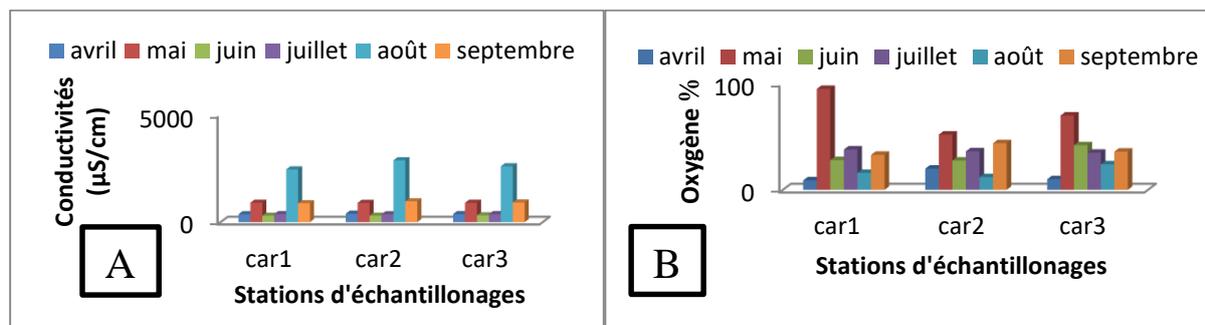


Figure 2 : Variation spatio-temporelle de la conductivité (A) et de l'oxygène (B) obtenues pendant la période d'étude dans le Lac carrière de Ngoa-ékélé.

III.1.2. Alcalinités, oxydabilités

Les valeurs de l'alcalinité ont varié entre 2 mg/L à la station avec les berges bornées par un champ (Car2) (mois d'avril) et 54 mg/L aux stations proche d'une porcherie (Car3) et celle à proximité du dépôt de poubelle (Car1) (mois de mai) avec une moyenne de (17,17 \pm 4,86 mg/L). Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il n'existe pas de différence significative sur le plan spatial ($p > 0,05$) ; par contre sur le plan temporel il existe une différence significative entre les mois ($p < 0,05$) mais le test de Man-Whitney nous montre que les mois sont similaires deux à deux (Figure 3A). Au cours de la période d'étude, la valeur de l'oxydabilité la plus élevée est 26,86 mg/L obtenue à la station proche de la porcherie (Car3) au mois de septembre (Figure 3B) et la plus faible valeur 0 mg/L a été obtenue à la station avec des berges bornées par un champ (Car2) au mois juin. Avec une moyenne de 5,79 \pm 2,68. Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il n'existe pas de différence significative sur le plan spatial ($p > 0,05$) ; par contre sur le plan temporel il existe une différence significative entre les mois ($p < 0,05$) mais le test de Man-Whitney nous montre que les mois sont similaires deux à deux.

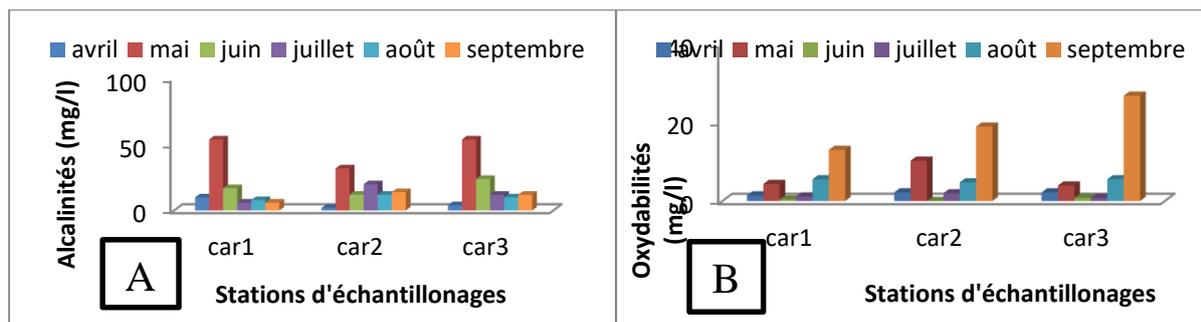


Figure 3 : Variation spatio-temporelle de l'alcalinités (A) et de l'oxydabilités (B) obtenues pendant la période d'étude dans le Lac carrière de Ngoa-ékélé.

III.1.3. Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les teneurs de l'eau en orthophosphates présentent des valeurs comprises entre 0,016 mg/L (juin) et 2,8 mg/L (septembre) pour une valeur moyenne gravitant autour de $0,45 \pm 0,39$ mg/L (Figure 4A). Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il n'existe pas de différence significative sur le plan spatial ($p > 0,05$) ; par contre sur le plan temporel il existe une différence significative entre les mois ($p < 0,05$) mais le test de Man-Whitney nous montre que les mois sont similaires deux à deux.

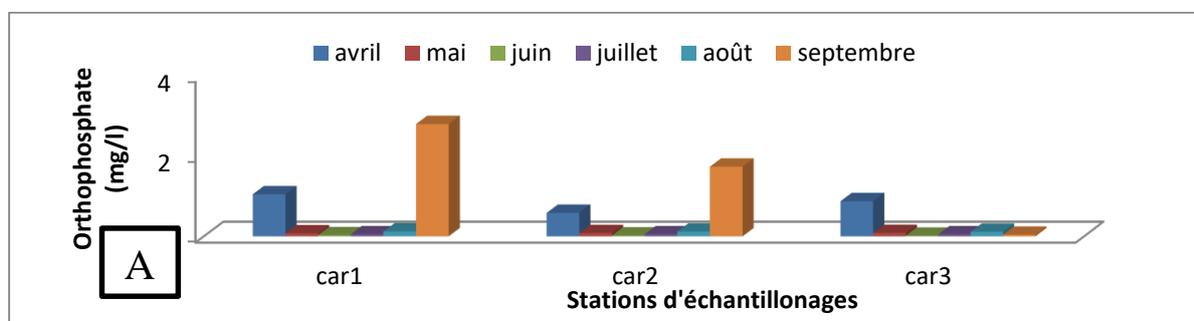


Figure 4 : Variation spatio-temporelle des valeurs des teneurs en orthophosphates (A) obtenues dans le Lac carrière de Ngoa-ékélé pendant la période d'étude.

III.1.4. Macro invertébrés benthiques

Tableau 4 : Abondance des différents taxa des macroinvertébrés benthiques récoltés dans chaque station pendant la période d'étude

EMBRANCHEMENTS	CLASSES	ORDRES	FAMILLES	GENRES	ESPECES	CAR 1	CAR 2	CAR 3	
ARTHROPODES	Hexapodes	Odonates	lestidae		chalcoestes viridis	5	0	0	
			Libelludae	libellulinae	sympetrum pro parte	0	1	0	
					brachythemi s leucosticta	1	0	0	
					libellula	0	0	13	
		dipteres	tabanidae			1	0	0	
			chironomidae			5	42	13	
		coleopteres	dysticidae	ilibius			1	0	0
				cybister			1	2	0
				laccophilus			0	0	0
			elmidae	limnius			0	0	1
	notonectidae				1	0	0		

		heteropteres	belostomatidae	lothocerus	lethocerus sp plea leachi	0	1	0
			pleidae			0	0	1
MOLLUSQUES	Gasteropoda	caenogastropoda	thiaridae	melanoides	tanzania mbayemi	2120	3561	2659
					e. transsal	2	0	0
	basommatophora	physidae	plonorbis	lymnaea	physa acuta	6	28	12
					planorbidae	0	28	6
lymnaeidae					1	20	12	
ANNELIDES	Oligochetes	haplotaxida	haplotaxidae			2	0	1
	Achètes	rhynchobdellida	glossiphoniidae	haementeria	haementeria costata	0	2	1
					gnathobdellida	hirudidae		0
Abondance totale des taxa par famille						2146	3685	2724
Abondance totale des taxa						8555		

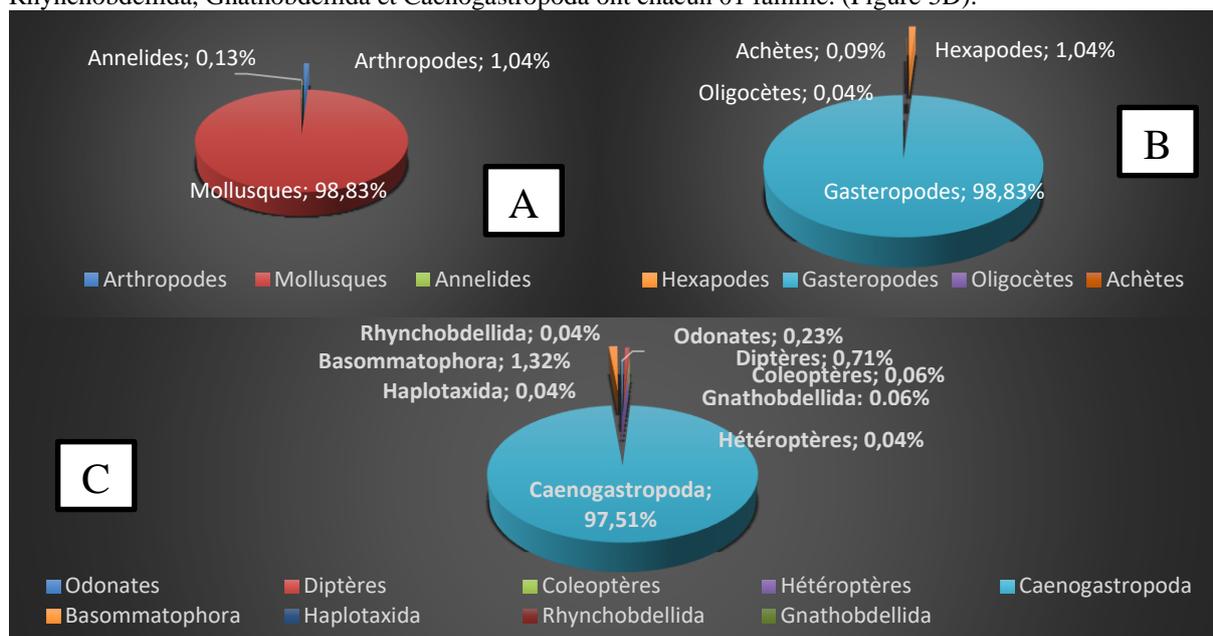
III.1.4.1. Richesse taxonomique et abondance relative

Durant la période d'étude, un total de 8555 individus a été dénombré et réparti en 03 embranchements : les Mollusques (98,83%), les Arthropodes (1,04%) et les Annélides (0,13%). Ces organismes appartiennent à 04 classes, 09 ordres et 16 familles (Figure 5A).

La classe des gastéropodes est la plus représentée 98,83%, elle compte 02 ordres, 04 familles et 04 genres. Elle est suivie par la classe des hexapodes 1,04 %, comprenant : 04 ordre, 09 famille et 11 genres, la classe des achètes avec 0,09% comprenant 02 ordres, 02 famille et 02 genres et en fin la classe des oligochètes ne représente que 0,04% avec : 01 ordre, 01famille et 01genre (Figure 5B).

Des 09 ordres échantillonnés, les Caenogastropoda dominent avec 97,51%, suivis des Basommatophora, des Diptères, des Odonates, simultanément des Coléoptères et Gnathobdellida et en fin simultanément des Haplotaxida, des hétéroptères, et des Rhynchobdellida avec des abondances relatives respectives de 1,328%, 0,71%, 0,23%, 0,06%, 0,04%,0,04%,0,04% (Figure 5C)

Parmi les 16 familles recensées, 03 appartiennent à l'ordre des Hétéroptères, 03 à l'ordre des Basommatophora, 02 à l'ordre des Odonates, Diptères et Coléoptères. Les ordres des Haplotaxida, Rhynchobdellida, Gnathobdellida et Caenogastropoda ont chacun 01 famille. (Figure 5D).



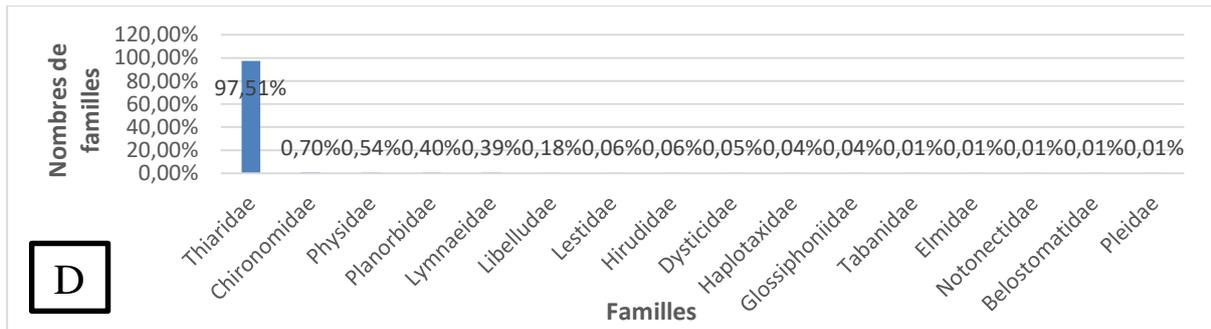


Figure 5 : Abondance relative des Ordres (C), des classes (B), et des familles par ordre (D) des embranchements (A) des macroinvertébrés benthiques dans le Lac carrière de Ngoa-ékélé pendant la période d'étude.

III.1.4.2. Variation spatio-temporelle de l'abondance totale des macroinvertébrés benthiques.

Le profil des abondances des macroinvertébrés benthiques échantillonnés dans le Lac carrière de Ngoa-ékélé présente sur le plan spatial, les valeurs de 2146 individus à la station 1 (Car1), 3685 individus à la station 2 (Car2) et 2724 individus à la station 3 (Car3) (Figure 6A). Sur le plan temporel, les abondances des macroinvertébrés benthiques présentent une évolution irrégulière avec un maximum de 4648 individus au mois de septembre et un minimum de 336 individus au mois d'août, avec une moyenne de $1425,83 \pm 1648,25$ individus par mois (Figure 6B). Toutefois, aucune différence significative n'a été observée au niveau des stations et d'un mois à l'autre ($p > 0,05$).

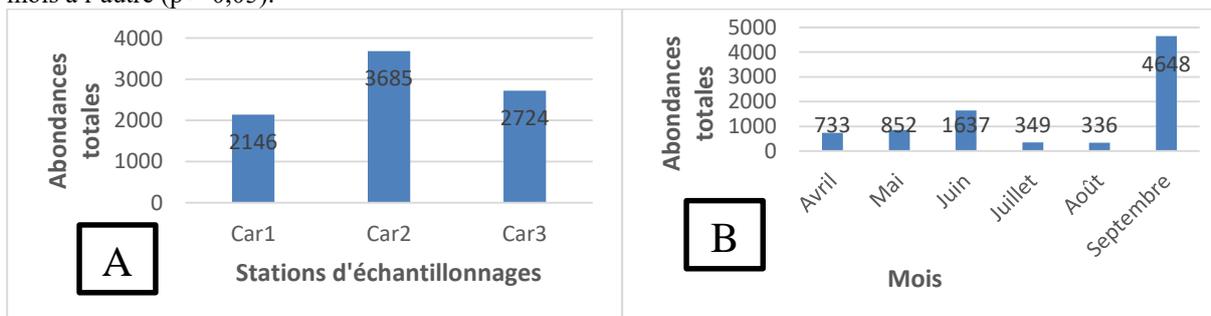


Figure 6 : Variation spatiale (A) et temporelle (B) de l'abondance totale des MIB dans le Lac carrière de Ngoa-ékélé pendant la période d'étude.

III.1.4.3. Variation spatio-temporelle de l'abondance taxonomique

Le nombre total de familles des macroinvertébrés dénombré est de 16. Il varie de 10 à la station Car1, à 9 et 11 respectivement aux stations Car2 et Car3 pour les abondances relatives respectives de 25,08 %, 43,07 % et 31,85 % (Figure 7A). La famille des Thiaridae prédomine avec une abondance relative de 97,51 %, suivie des Chironomidae (0,70 %) et des Physidae (0,54 %). Viennent ensuite 13 autres familles réduites à une abondance relative inférieure ou égale à 0,40 %.

Sur le plan temporel, le nombre de familles le plus élevée est de 13 obtenu au mois d'avril et le moins élevé est de 4 familles obtenu au mois d'août et de juillet (Figure 7B). Toutefois, on n'observe aucune différence significative le long du cours d'eau et entre les différents mois ($p > 0,05$).

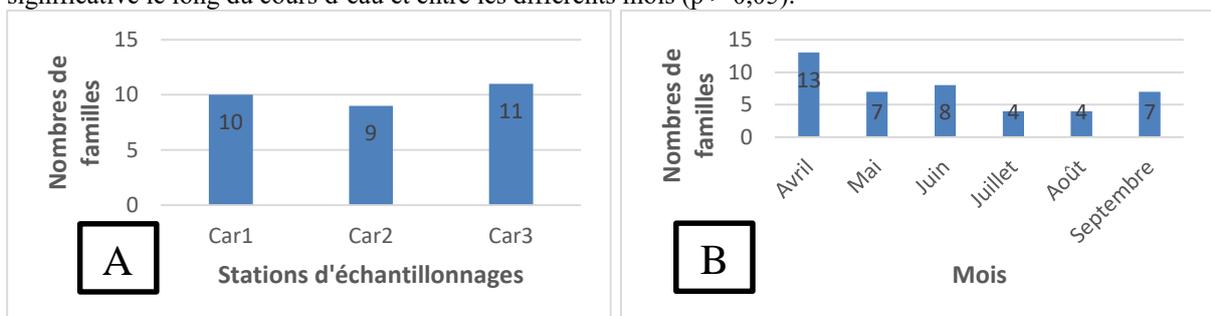


Figure 7 : Variation spatiale (A) et temporelle (B) du nombre de familles échantillonnées dans le Lac carrière de Ngoa-ékélé obtenu durant la période d'étude.

Tableau 5 : Valeurs de l'IBGN et interprétation

Le calcul de l'Indice Biologique Global Normalisé aux stations Car1, Car3 a donné une même valeur de 5 révélant des eaux de qualité mauvaise et celle de la station Car2 a donné une valeur de 4 relevant des eaux de qualité très mauvaise.

Stations	Car1	Car2	Car3
Variété Taxonomique (VT)	5 à 8	< 4	5 à 8
Classe de Variété	4	3	4
Groupe indicateur (GI)	2	2	2
Valeur IBGN	5	4	5
Couleur	Orange	Rouge	Orange
Qualités	Mauvaise	Très mauvaise	Mauvaise

Tableau 6 : Récapitulatif des corrélations entre les paramètres biologique (macroinvertébrés) et physicochimique

	LESTIDAE	LIBELLUDAE	TABANIDAE	CHIRONOMIDAE
CONDUCTIVITE	0,056	-0,035	0,067	-0,234
O2	-0,410	0,032	0,053	-0,397
PO4	0,098	0,155	-0,204	0,304
ALCALINITE	-0,252	0,192	-0,057	-0,141
OXYDABILITE	0,058	-0,059	0,234	-0,164
	PLEIDAE	THIARIDAE	PHYSIDAE	PLANORBIDAE
CONDUCTIVITE	-0,35	-0,304	-0,141	-0,051
O2	-0,11	0,210	0,375	-0,103
PO4	-0,35	-0,397	0,009	0,012
ALCALINITE	0,000	0,259	0,174	-0,011
OXYDABILITE	-0,39	-0,281	0,217	0,053
	DYSTICIDAE	ELMIDAE	NOTONECTIDAE	BELOSTOMATIDAE
CONDUCTIVITE	-0,123	-0,248	-0,164	-0,234
O2	0,321	-0,57*	-0,351	-0,397
PO4	-0,395	0,468	0,257	0,304
ALCALINITE	0,434	-0,56*	-0,353	-0,141
OXYDABILITE	0,069	-0,150	-0,047	-0,164
	LYMNAEIDAE	HAPLOTAXIDAE	GLOSSIPHONIIDAE	HIRUDIDAE
CONDUCTIVITE	0,287	0,442	-0,292	0,273
O2	0,124	0,354	-0,546*	0,072
PO4	0,020	-0,172	0,410	0,187
ALCALINITE	-0,054	0,342	-0,351	-0,174
OXYDABILITE	0,377	0,404	-0,158	0,432

III.2. Discussion

III.2.1. Paramètres physicochimiques

Le pourcentage de saturation en oxygène dissous ($34,88 \pm 7,96$ %) montre que le lac a une classe d'aptitude passable (jaune) ce qui montre une faible oxygénation du lac ; ce caractère d'hypoxie des eaux urbaines avait déjà été relevé par Foto Menbohan (2012) et Dhillon *et al.* (2013). Ceci traduirait une mauvaise activité photosynthétique et une absence du phénomène de dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique dans ce lac. A ce propos, CRE (2009) souligne qu'à l'interface air/eau, les molécules d'oxygène diffusent de l'air vers l'eau ou de l'eau vers l'air, selon le degré de saturation de l'eau en oxygène. Selon le même auteur durant le jour, les plantes, les algues et certaines bactéries utilisent les

rayons solaires et le gaz carbonique (CO₂) afin de fabriquer leur nourriture et libérer de l'oxygène dans l'eau par le phénomène de photosynthèse. Les valeurs de l'alcalinité varient très peu sur le plan spatio-temporel et les faibles valeurs moyennes obtenues ($17,17 \pm 4,86$ mg/L) ceci serait dû à l'augmentation de la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogénéocarbonates par les résidus de provende et les déchets de la poubelle transportés par les pluies dans les eaux des lacs. Les eaux de surface, généralement moins riches en acide carbonique et en oxygène dissous que les eaux souterraines, ont une dureté moins élevée que ces dernières, comme le souligne Rodier *et al.* (2009) explique la corrélation positive et significative entre l'alcalinité et l'oxygène ($r = 0,731$; $p = 0,001$).

Les teneurs en orthophosphates relevées dans le lac sont inférieures au 0,5 mg/L préconisés par Rodier *et al.* (2009). Ceci résulterait d'un très faible rejet de déchet urbain, industriel et agricole dans le lac. Rodier *et al.* (2009) affirment à cet effet que la teneur en orthophosphates dans un plan d'eau dépend des apports exogènes.

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées pendant la période d'étude traduiraient selon la classification de Rodier *et al.* (2009) une forte minéralisation du plan d'eau. La valeur la plus forte obtenue au mois d'avril (2882 $\mu\text{S}/\text{cm}$) traduirait une forte minéralisation. Ceci s'expliquerait par la déminéralisation des roches qui sont sous le lac.

Les faibles valeurs de l'oxydabilité présentant une valeur moyenne ($5,79 \pm 2,68$ mg/L) pourraient être dues à une forte résilience du lac bien que sujet aux apports exogènes comme les déchets momentanés d'excréments de porc et des déchets ménagères.

Les résultats issus des analyses physicochimiques, traduisent en général une qualité écologique passable des eaux du lac carrière de Ngoa-ékélé.

III.2.2. Paramètres biologiques

La richesse taxonomique des macroinvertébrés benthiques du lac carrière de Ngoa-ékélé est constituée de 8555 individus. La prédominance des gastéropodes (98,83%) semble traduire le caractère très anthropisé de ce bassin versant et la mauvaise qualité écologique des eaux, car d'après Charvet (1995), Tachet *et al.*, (2006), Moisan et Pelletier (2008), la majeure partie des gastéropodes aquatiques sont très peu sensibles à la pollution sont de ce fait parmi les derniers à disparaître dans un environnement perturbé. Cependant les Caenogastropoda (97,51%) qui sont des gastéropodes sont constitués en grandes parties des Thiaridae qui possède une respiration branchiale leur permettant de vivre sous l'eau même si le milieu est pollué grâce à leurs capillaires branchiaux qui possède de l'hémoglobine. Par ailleurs, les Basomatophora (1,32%), possèdent une côte de tolérance moyenne, puisqu'étant de bons nageurs ils peuvent éviter les zones les plus dégradées et ils pratiquent aussi une respiration aérienne. Les limnées par exemple ont des poumons et doivent se rapprocher de la surface, fixée à un végétal aquatique, sur son flanc, un siphon s'ouvre et permet ainsi le renouvellement de l'aire dans son poumon (Dedieu, 2011). Ainsi, dans le lac carrière de Ngoa-ékélé, les Gastéropodes sont en majeure partie constitués des Caenogastropoda et Basomatophora.

Les Arthropodes (1,04%) constitués en totalité des Hexapodes avec leur faible pourcentage montre effectivement que les eaux du lac ne sont pas de bonne qualité, car d'après Charvet (1995), Tachet *et al.*, (2006), Moisan et Pelletier (2008), la majeure

partie des Hexapodes aquatiques sont très sensibles à la pollution et/ou à la modification de l'habitat et sont de ce fait les premiers à disparaître dans un environnement perturbé. Cependant, les Diptères (0,71%) qui sont des Hexapodes sont constitués en grande partie des Chironomidae possédant une hémoglobine qui leur permet de vivre dans les milieux très pollués. Par ailleurs, les Hémiptères (0,04%), possèdent une côte de tolérance moyenne, puisqu'étant de bons nageurs ils peuvent éviter les zones les plus dégradées et ils pratiquent également une respiration aérienne (Dedieu, 2011). Ainsi, dans le lac carrière de Ngoa-ékélé, les Hexapodes sont en majeure partie constitués des Diptères, des Odonates, des Coléoptères et des Hétéroptères. D'après Dedieu (2011), les Hémiptères et les Diptères sont des taxons tolérants à une perturbation. Un stress environnemental pourrait donc favoriser la réduction de certaines niches écologiques occupées par ces types d'organismes. Les Annélides (0,13%) présentes dans ce lac apportent d'avantages, des arguments selon lesquelles notre milieu est véritablement pollué car la matière organique est un facteur favorable à leur prolifération (Karim Arifi *et al.*, 2018).

III.2.3. Indices biocénétiques

Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normaliser (IBGN) obtenues traduisent aux stations à proximité d'un dépôt de poubelle (Car1) et celle proche de la porcherie (Car 3) une qualité écologique médiocre (Mauvaise) et à la station donc la berge est bornée par un champ (Car 2) une très mauvaise qualité écologique des eaux du lac carrière et un habitat moins biogène, dominé par les espèces polluorésistantes due aux apports latéraux des effluents (MDDEFD, 2013).

IV. Conclusion

Au terme de cette étude qui avait pour objectif général d'évaluer l'impact de quelques paramètres physicochimiques sur la distribution des macroinvertébrés benthiques du lac carrière de Ngoa-ékélé, il ressort que ces eaux sont mal oxygénées, avec une dureté faible, des faibles valeurs d'orthophosphates et de l'alcalinité et très minéraliser. Ce qui montre que les eaux du lac carrière de Ngoa-ékélé semblent être très peu perturbées par les activités anthropiques. Le peuplement de macroinvertébrés benthiques est plus riche et moins diversifié avec un total de 8555 individus échantillonnés répartis en 3 embranchements, 4 classes, 9 ordres, 16 familles et plus de 18 genres. La diversité taxonomique, couplée à l'Indice Biologique Global Normaliser (IBGN), révèle un milieu affecté par les activités anthropiques et par conséquent, une mauvaise qualité des eaux qu'il convient de restaurer.

Références

Alain Peeters, Jean François Maljean, Katarzyna Biola, V Bouckaert. (2004) : Les

Indicateurs de biodiversité pour les prairies : un outil d'évaluation de la durabilité des systèmes d'élevage, *Fourrages* 178, 217-232.

AMIARD Jean-Claude, AMIARD-TRIQUET Claude. (2008) : Les biomarqueurs dans

L'évolution de l'état écologique des milieux aquatiques, *Lavoisier* 270-281

Bazin C. (1996) : Détermination de la qualité biologique des eaux douces. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 8^{ème} édition, *Paris Dunod*, 1384 p.

Boissonneault Y. (2006) : Le suivi écologique des rivières au Québec: comparaison des

bioindicateurs basée sur les invertébrés et les diatomées benthiques. Mémoire de Maîtrise, Université de Trois- rivières, 137 p.

Camille Jourdan. (2020) : approche mixte instrumentation-modélisation hydrologique multi-

échelle d'un bassin tropical peu jauge soumis à des changements d'occupation des sols : cas du bassin de la Méfou (Yaoundé, Cameroun), *Archives ouvert* ,292-294 p

Charvet. (1995) : *Les méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux basées sur les macroinvertébrés benthiques.* Mémoire DEA, Université de Claude Bernard -Lyon 1 France, 39 p.

CRE : Conseil Régional de l'Environnement. (2009) : Trousse des lacs. *Manuel technique*,

2^{ème} édition, 367 p.

Cubaka Kabagole Alfred, Cirimwami Bahimirwe Légrand, Bora Uzima Henri, L Wambo Kabolo Jospin et Baguma Balagizi Gabriel. (2019) : Premiers inventaires de la

diversité des macroinvertébrés aquatiques du lac vert, Goma / Nord-kivu, république démocratique du Congo, *Journal of applied bioscience* 140, 14268 – 14280.

Day J. A., Harrison A. D. et De Moor I. J. (2002) : Guides to the freshwater invertebrates of

Southern Africa, Vol. 9: Diptera. *Water Research Commission Report*, No. TT 201/02, Pretoria, 200 p.

Dedieu Nicolas. (2011) : études de la biodiversité en macroinvertébrés des étangs urbains de

l'île de Montréal, université de Montréal. Canada,13p.

Dhillon SS,Doro,E.,Magyary,I., Egginton, S., Sik,A. et Muller,F. (2013): optimisation de la

mesure ECG embryonnaire et larvaire chez le poisson zebre pour quantifier l'effet des médicaments prolongeant l'intervalle QT,ZDB-PUB-130422-2.

Foto Menbohan S. (2012) : Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du

Mfoundi (Yaoundé) : Essai de biotypologie. Thèse de Doctorat d'État en Biologie des Organismes Animaux, Université de Yaoundé I. Cameroun, 175 p.

Foto Menbohan S. (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, 192 p.

Foto Menbohan.S., Njiné T., Zebaze T. S. H., Kemka N., Nola M., Monkiedjeu et Boutin

Franciscolo M. E. (1979) : Coleoptera Halipidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae in

Fauna d'Italia 14. Ed. Calderini, Bologna, 804p.

Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid., Setala H., Symstad A. J., Vandermeer J. &Wardle D. A. (2005) : Effects of biodiversity on ecosystem functioning a consensus of

current knowledge. *Ecology and Monograph* 75: 3-35.

INC. (1980) : Carte topographique de Yaoundé et ses environs au 1/50000, Yaoundé : Institut

Nationale de Cartographie, 4 feuilles.

Johan Milian, Estienne Rodary. (2010) : la conservation de la biodiversité par les outils de

priorisation, *Revue tiers Monde*, 33-56.

Karim Arafî, Latifa Tahari, Fatima Zahra Hafiane, Souad Elblidi, Ahmed Yahyaoui et Mohammed Fekhaoui. (2018) : diversité des macroinvertébrés aquatiques de la retenue du

barrage Sidi Mohammed Ben Abdellah a la confluence avec les eaux de l'oued Grou et bio-évaluation de la qualité de ses eaux (région de Rabat, Maroc), 16 p.

Kodjo. (1998) : Recherche pour la maîtrise du ruissellement pluvial à Yaoundé. Thèse de

Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Yaoundé I, la connaissance de l'étude des ciliés. *ORSTOM, Faune Tropical XXVI, Paris*, 559p.

Kuete M. (1977) : Etude géomorphologique du massif de Yaoundé. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Bordeaux, 279p. l'eau. 11 p.

M Claude Truchot, B chocat , M Cathelain, A Mares, JM Mauchel, (1994) : La pollution

due aux rejets urbains par temps de pluie : Impacts sur les milieux récepteurs, *La houille blanche*, 97-105.

MDDEFP, (2013) : 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, 2e édition, 88 p.

MDDEP. (2008) : Guide de surveillance basé sur les macroinvertébrés d'eau douce du

Québec cours d'eau peu profonds à substrats grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, MDDEP, 86 p.

MDDEP. (2011) : Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce

du Québec, cours d'eau peu profonds à substrat meuble, Direction du suivi de l'état de l'environnement, MDDEP, 39 p.

Moisan J. et L. Pelletier. (2008) : Guide de surveillance biologique basée sur les

macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction de suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-53591-1 (version imprimée), 86 p.

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 de suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 168 p.

Onguene M. (1993) : Différenciation pédologique dans la région de Yaoundé (Cameroun) :

Transformation d'un sol rouge ferrallitique en sol à horizon jaune en relation avec l'évolution du modèle. Thèse de Doctorat d'état, Université de Paris VI, 254 p.

Oula Amroui, Amel Zaafouri, Amjed Kallel. (2020) : Impact de l'urbanisation sur la zone

humide de sebkha Ariana et Dynamique sédimentaire du littoral (golf tunisie), INSTM, ENIS 4-7.

Pielou E. C. (1969) : An introduction to mathematical ecology. Wiley - Interscience New-

York, 286 p.

Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009) : L'analyse de l'eau, 9e édition, Dunod (Ed), Paris

(France), 1526 p.

Rodier, J. (1996) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer Chimie, physicochimie, interprétation des résultats. 8e édition, *Dunod, Paris*, 1384 p.

SANDRE (Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau). (2006) : Description des données relatives aux mesures macroinvertébrés, phyto et

zooplancton. *Paris, Dunod*, 43 p.

Santoir C. (1995) : La pédologie. Inc. C. Santoir & A. Bopda (Eds), Atlas régional Sud

Cameroun. Cameroun: ORSTOM et MINREST. 53 p.

Stals R. et De Moor I. J. (2007) : Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa,

Volume 10: Coleoptera. Water Research Commission Report, No. TT 320/07, Pretoria, 263 p.

Stals R. et De Moor I. J. (2007) : Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa,

Volume 10: Coleoptera. Water Research Commission Report, No. TT 320/07, Pretoria, 263 p.

Stark J. D., Boothroyd K. G., Harding J. S., Maxted J. R. et Scarsbrook M. R. (2001) :

Protocols for Sampling Macroinvertebrates in Wadeable Streams. New Zealand Macroinvertebrates working group, report No 1, rédigé par le Ministry for the Environment, Sustainable Management fund project No. 5103, 57 p.

Suchel J. B. (1972) : Le climat du Cameroun. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de

Bordeaux III, 186 p.

T. Barbour, J. Gerritsen, B. Snyder and J. Stribling. (1999): Rapid bioassessment

protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 17p.

Tabrizi, Angelisa. (2009) : Biodiversité des communautés d'invertébrés benthiques et réponse

aux perturbations anthropiques, université de toulouse , *Université de Toulouse III- Paul Sabatier*, 38 -63p

Tachet H., Richoux P., Bournaud M. et Usseglio-Polatera P. (2000) : Invertébrés d'eau

douce. Systématique, Biologie, écologie. CNRS EDITIONS, Paris, France. 588 p.

Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P., (2006) : Invertébrés d'eau

douce: systématique, biologie, écologie. CNRS 2^{ème} Editions, Paris, 588 p.

Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P. (2006) : Invertébrés d'eau

douce: systématique, biologie, écologie. CNRS 2^{ème} Editions, Paris, 588 p.

Tachet, H, Bournaud, M. et Richoux, P. (1960) : Introduction à l'étude des

macroinvertébrés des eaux douces (systématiques élémentaires et aperçu écologique), CRDP/AFL, Paris, 150p.

Touchart L. (2000) : « Qu'est-ce qu'un Lac ? ». CNRS, vol. 4, décembre 2000, 320 p.