

Caractérisation physico-chimique et biologique des eaux en zone périurbaine en Afrique équatoriale : cas de Ngoumou au Centre du Cameroun

[Physico-chemical and biological characterization of water in peri-urban areas in Equatorial Africa : case of Ngoumou in the Center of Cameroon]

AJEAGAH GIDEON AGHAINDUM¹, MBAINAISSEM MBAIMOU SERGE², NJIAWOUO POUNTIGNIGNI³, and NGAKOMO ROSE ANANGA³

Département de Biologie et Physiologie Animales,
Université de Yaoundé I, BP : 812, Yaoundé, Cameroun

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Populations located in peri-urban areas are often resigned to using groundwater and surface water as sources of drinking water without, however, worrying about their quality. In order to assess the quality of these waters, a study was carried out in the peri-urban area of Ngoumou. For this study, three sampling stations in the Ebongo stream and three wells were selected. Several physico-chemical variables coupled with biological variables were used to determine the quality of these waters. The analysis of the physicochemical variables reveals that these waters are acid, weakly mineralized and relatively well oxygenated. For biological analyzes, three biological components were used: bacteria, ciliate protozoa and benthic macroinvertebrates. Bacteriological analyzes show that these waters contain bacteria of fecal origin. A total of 698 ciliate individuals belonging to 3 classes, 7 orders and 19 families were harvested. The calculated Shen and Jiang biotic index shows a degradation of water quality from upstream to downstream. Concerning benthic macrofauna, 968 individuals belonging to 3 branches, 4 classes, 7 orders and 25 families were recorded. The Hilsenhoff biotic index reveals that the watercourse is of average to good ecological quality and degrades from upstream to downstream as a result of inputs from runoff and agricultural inputs.

KEYWORDS: bacteria, ciliates, macroinvertebrates, degradation, fecal contamination, water quality.

RESUME: Les populations situées dans les zones périurbaines sont souvent résignées à recourir aux eaux souterraines et aux eaux de surfaces comme sources d'approvisionnement en eau de consommation sans toutefois se préoccuper de leur qualité. Dans l'objectif d'évaluer la qualité de ces eaux, une étude a été menée dans la zone périurbaine de la Commune de Ngoumou. Pour cette étude, trois stations d'échantillonnages dans le cours d'eau Ebongo et trois puits ont été retenus. Plusieurs variables physico-chimiques couplées aux variables biologiques ont été utilisées pour statuer sur la qualité de ces eaux. L'analyse des variables physico-chimiques révèle que ces eaux sont acides, faiblement minéralisées et relativement bien oxygénées. Pour les analyses biologiques, trois composantes biologiques ont été utilisées : bactéries, protozoaires ciliés et macroinvertébrés benthiques. Des analyses bactériologiques, il en ressort que ces eaux hébergent des bactéries d'origine fécale. Un total de 698 individus de ciliés appartenant à 3 classes, 7 ordres et 19 familles ont été récoltés. L'indice biotique de Shen et Jiang calculé montre une dégradation de la qualité de l'eau de l'amont en aval. Concernant la macrofaune benthique, 968 individus appartenant à 3 embranchements, 4 classes, 7 ordres et 25 familles ont été recensés. L'indice biotique de Hilsenhoff révèle que le cours d'eau est de qualité écologique moyenne à bonne et se dégrade de l'amont en aval suite aux apports par les eaux de ruissellements et intrants agricoles.

MOTS-CLEFS: bactéries, ciliés, macroinvertébrés, dégradation, contamination fécale, qualité de l'eau.

1 INTRODUCTION

Les ressources en eaux destinées aux usages domestiques sont souvent sujettes à diverses pollutions. En effet, les hydrosystèmes sont souvent les principaux réceptacles de tous les polluants déversés dans l'environnement. Dans les grandes métropoles, l'existence des réseaux d'adduction en eau de consommation permet aux populations d'éviter un grand nombre de maladies liées à la consommation d'eau. Par ailleurs, les populations des zones rurales et périurbaines sont souvent résignées à faire recours aux eaux souterraines et aux eaux de surfaces comme principales sources d'approvisionnement en eau de consommation [1]. Cependant, l'utilisation de ces différentes ressources en eaux de qualité souvent douteuse expose ces populations à des risques sanitaires à court, à moyen et à long terme [2]. C'est dans cet ordre d'idée que la présente étude a été menée dans la zone périurbaine de la commune de Ngoumou afin d'évaluer la qualité de ses eaux par quelques variables physico-chimiques et quelques indicateurs biologiques de la qualité des eaux (bactéries, ciliés et macroinvertébrés benthiques) qui intègrent parfaitement les variations de la qualité de l'eau sur des périodes plus ou moins longues [3]. Depuis la plus haute Antiquité, chercher l'eau est un acte essentiel des êtres humains et la trouver assure pour un temps la survie. C'est une ressource naturelle précieuse, vitale et indispensable à l'Homme pour ses besoins alimentaires, ses activités agropastorales et industrielles [4]. La plupart des ressources en eau destinées aux usages domestiques, principalement l'alimentation, proviennent des cours d'eau. Ces derniers ne représentent que 1% des 2,5% de la quantité totale d'eau douce continentale [5], d'où la nécessité de les protéger pour une exploitation durable. En effet, les maladies liées à la consommation de l'eau constituent un fardeau majeur pour la santé publique et le principal risque est l'ingestion d'eau contaminée par les matières fécales contenant des agents pathogènes responsables des maladies diarrhéiques et fièvres entériques [6]. 1,1 milliard de personnes dans le monde entier comptent sur l'approvisionnement en eau à risque élevé de contamination fécale [7]. L'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile tant en raison du développement accéléré des techniques industrielles modernes que de l'accroissement de la population et de l'amélioration de son niveau de vie [8]. Ainsi, la forte urbanisation et l'intensification de l'agriculture sont à l'origine d'une production considérable des déchets solides et liquides qui dégradent la qualité de l'eau [9]. Les eaux souterraines résultent d'un processus d'infiltration vertical et horizontal des eaux de précipitation et de surface à travers les couches de sol et les fissures des roches ; la nature physico-chimique de ces eaux dépendra de la nature des couches traversées [10].

L'évaluation de la qualité de l'eau généralement utilisée repose essentiellement sur des méthodes physico-chimiques et bactériologiques. Dans le but de compléter le diagnostic sur la qualité de l'eau, des méthodes biologiques ont été introduites. En effet, certains organismes aquatiques intègrent parfaitement les variations de la qualité de l'eau sur des périodes plus ou moins longues [3]. A ce titre, ils se révèlent d'excellents bio-indicateurs et permettent de connaître l'impact de la pollution sur le milieu. Pour une gestion durable des milieux aquatiques face aux perturbations, des systèmes de surveillance de l'état d'intégrité ont été élaborés à l'aide des organismes aquatiques [11]. Au Cameroun, les études réalisées en zone périurbaine sur la communauté des macroinvertébrés benthique montre que la qualité de l'eau est légèrement acide et bien oxygéné avec une abondance d'Arthropodes témoignant une faible action anthropique [12]. De même, les travaux réalisés sur les eaux souterraines de Yaoundé révèlent que ces eaux hébergent une microflore bactérienne composée de bactéries d'origine fécale et des pathogènes opportunistes dont la dynamique et l'abondance subissent des variations spatio-temporelles [13]. Dans la commune de Ngoumou, aucune étude n'a encore été menée pour le suivi de la qualité des eaux aussi bien sur le plan physico-chimique que biologique. C'est dans cette optique que la présente étude est de caractériser la qualité des plans d'eaux situées en zone périurbaine de la commune de Ngoumou par des paramètres physiques, chimiques et biologiques. Plus spécifiquement, il s'est agi : de mesurer les principaux paramètres physico-chimiques afin de déterminer la qualité des eaux ; de dénombrer et d'identifier les macroinvertébrés benthiques et de protozoaires ciliés dans le cours d'eau ; d'isoler, de dénombrer et d'identifier les bactéries indicatrices de pollution organique d'origine fécale dans les puits et le cours d'eau ; de recourir aux indices biocénologiques pour statuer sur la qualité de ces eaux.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

Le bassin versant d'Ebongo est situé dans la commune de Ngoumou limité au Nord par l'arrondissement de Mbankomo, au sud par celui d'Akono, à l'Est par les arrondissements de Makak et Bandjock. Le réseau hydrographique est constitué de tronçons, cette morphologie du réseau hydrographique souligne les facteurs empruntés de préférence par les rivières (Figure 1). Le bassin versant d'Ebongo est essentiellement occupé par une végétation de type forêt dense secondaire présentant par endroits des arbustes, des hautes herbes constituant le sous-bois, et alternant avec des espaces défrichés pour exploitation agricole de type traditionnel.

2.2 METHODES

2.2.1 VARIABLES PHYSICO-CHIMIQUES

La température a été mesurée in situ à l'aide d'un thermomètre électrique. Le pH, la conductivité électrique, les TDS, la salinité, le pourcentage de saturation en oxygène ont été mesurés à l'aide d'un multi paramètre de marque HANNA HI 9829 [14]. Le CO₂ a été fixé sur le terrain à l'aide de la phénolphtaléine et titré au laboratoire avec l'acide chlorhydrique. L'oxydabilité a été faite par volumétrie et titré au permanganate de potassium utilisant ainsi les matières organiques présentes dans l'eau. La teneur en nitrates, en orthophosphates, les MES et la turbidité ont été évalués par un spectrophotomètre de marque HACH DR / 3900.

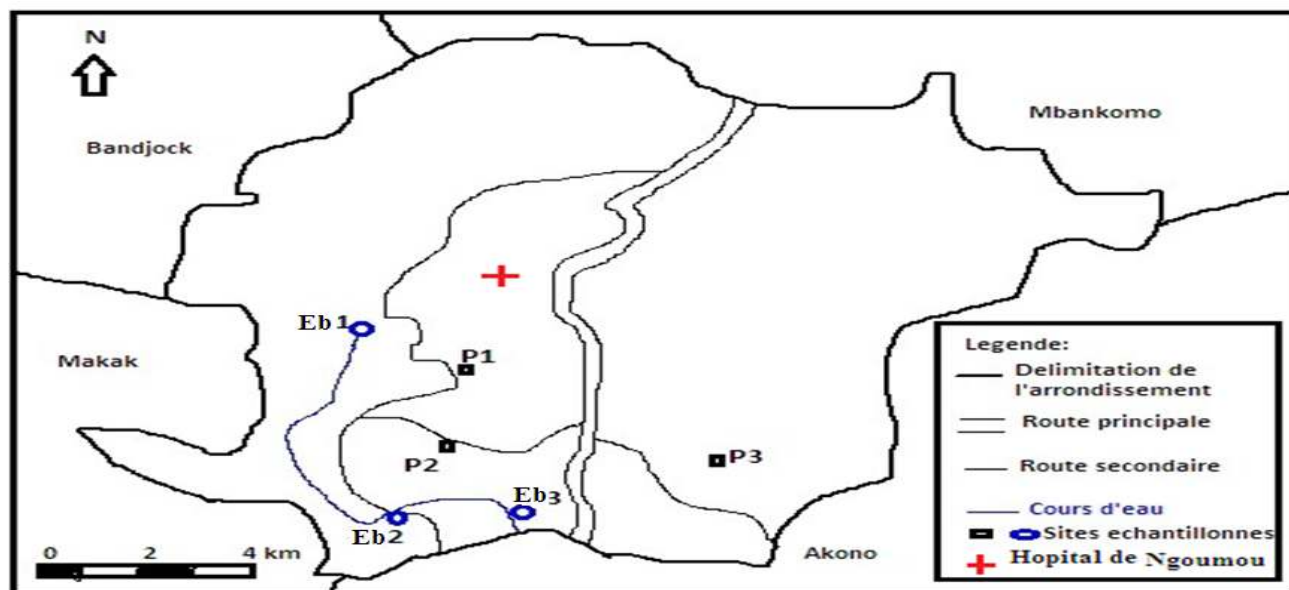


Figure 1 : Localisation des sites d'étude (source : carte topographique de l'INC, Yaoundé, Cameroun).

2.2.2 VARIABLES BIOLOGIQUES

2.2.2.1 BACTÉRIES

L'échantillonnage des microorganismes au niveau de chaque station s'est fait à l'aide des flacons en verre de 100ml préalablement stérilisés à 121°C pendant 15 minutes à l'autoclave. La recherche des germes s'est faite dans les 2 à 4 heures qui ont suivi les prélèvements [14].

2.2.2.2 CILIÉS

La récolte des protozoaires ciliés s'est effectuée au niveau des substrats morts des végétaux et au niveau des berges à l'aide d'un filet à plancton par la méthode de concentration de [15]. Les échantillons sont dénombrés au laboratoire sous une loupe binoculaire de marque WILD M5 et identifiés à l'aide des ouvrages [16],[17]et [18]. La technique d'imprégnation argentique [19] a été appliquée pour observer certaines structures cellulaires (cils, vacuole, noyaux...). L'indice de diversité [20] et l'indice de pollution de Shen et Jiang CPV (Community Pollution Value) ont été appliqués.

2.2.2.3 MACROINVERTÉBRÉS

L'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques s'est fait suivant l'approche multihabitat proposée[21] et adapté [22]. Les échantillons sont triés à l'aide des pinces entomologiques et fixés au formol 10% dans les piluliers et conservés à l'alcool 95% [23], [24], [25]. L'identification des taxons s'est faite sous une loupe binoculaire de marque WILD M5 et identifiés à l'aide des clés et ouvrages proposés [26] et [27]. L'indice de diversité de Shannon et Weaver et l'indice biotique de Hilsenhoff ont également été appliqués.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 VARIABLES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats obtenus par les analyses physico-chimiques sont présentés en Tableau I. Les variations temporelles de la température sont de 23°C en grande saison des pluies et 29,85°C en petite saison des pluies dans le cours d'eau Ebongo. Ces résultats révèlent ainsi l'amplitude thermique entre les différentes saisons. Par contre, au niveau des puits, l'absence de couvercle rencontré au niveau du puits P2 et le faible niveau piézométrique à entrainer une forte élévation de température en petite saison des pluies (27,8°C) par rapport aux autres puits. Les valeurs moyennes des MES (9,16 mg/L), de la couleur (20,16 Pt. Co) et de la turbidité (1,42 FTU) rencontrées en amont (Eb1) sont relativement faibles dans le cours d'eau. Les valeurs moyennes du pH enregistrées tout au long de la période d'étude montrent que les eaux de la localité ont une tendance acide (6,00 UC pour le cours d'eau et 5,47 pour les puits). La conductivité électrique présente des faibles valeurs oscillant entre (40-132,5 µS/cm) dans le cours d'eau et (79- 171 µS/cm) dans les puits. Les analyses du pourcentage de saturation révèlent que les eaux de la localité sont relativement bien oxygénées avec des valeurs moyennes allant de 78,73% dans les puits et 77,10% dans le cours d'eau. Les teneurs en nitrates sont moins élevées à la station Eb1 (2,01 mg/L) et plus élevées à la station Eb3 (3,98 mg/L) tandis que les teneurs en orthophosphates sont fonction des saisons avec des teneurs plus élevées en grande saison des pluies tant au niveau des puits qu'au niveau du cours d'eau.

Tableau I : Valeurs saisonnières des variables physico-chimiques mesurées dans le cours d'eau Ebongo et les puits

Stations	Saison	T°C	pH	Conductivité	TDS	MES	Couleur	Turbidité	O2 %	Alcalinité	O ₂ mg/L	Co2	Nitrate	PO ₄ ³⁻	Oxydabilité	Salinité
Eb ₁	GSP	28	5,61	79,5	40	18	18	1,4	77,95	22	5,69	6,16	1,15	2,65	12,4	0,04
	GSS	25,45	5,88	132,5	69	5,5	25	1,88	75	43	4,79	23,76	1,95	0,23	2,7	0,05
	PSP	29,75	5,60	70	35	5	17,5	1	77,5	87	4,89	29,04	2,95	3,5	2,3	0,03
	Moyenne	27,73	5,69	93,66	48	9,5	20,16	1,42	76,81	50,66	5,12	19,65	2,01	2,12	5,8	0,04
	Ecart-type	2,49	0,52	33,67	18,35	7,36	4,19	0,44	1,58	33,17	0,49	11,98	0,90	1,69	5,71	0,01
Eb ₂	GSP	23	6,34	42	20,5	12,5	131	1,75	78,7	7	5,75	3,52	2,15	1,92	11,4	0,025
	GSS	24,3	6,33	91	45,5	22,5	163	6,67	76,8	32	4,64	44,88	5,05	0,87	5,55	0,04
	PSP	25,8	5,83	44	22,5	16,5	144,5	6,06	79,06	40	4,95	36,96	4,05	3,15	3,9	0,02
	Moyenne	24,36	6,16	59	35,08	17,16	146,16	4,82	78,18	26,33	5,11	28,45	5,62	1,98	6,95	0,028
	Ecart-type	1,40	0,29	27,73	13,89	5,03	16,06	2,68	1,21	17,21	0,57	21,95	1,47	1,14	3,94	0,01
Eb ₃	GSP	24,4	6,33	40	19,5	256	551,5	131,9	76,1	30	5,65	8,8	4	8,55	6,15	0,015
	GSS	24,15	6,39	63	31,5	54	270,5	27,36	75,54	47	4,5	44	11,65	0,44	3,75	0,03
	PSP	26,1	5,76	68,5	34	10,5	99	3,26	77,3	39	4,75	34,32	4	2,95	3,3	0,03
	Moyenne	24,88	6,16	57,16	28,33	106,8	307	54,17	76,31	38,66	4,96	29,04	6,55	3,98	4,4	0,035
	Ecart-type	1,06	0,34	15,11	7,75	131	228,4	68,38	0,89	8,50	0,60	18,18	4,41	4,15	1,53	0,01
P ₁	GSP	25,5	6,11	110	54,5	4	6	2,56	80,3	28	5,85	35,2	1,35	4,55	11,75	0,03
	GSS	25,85	6,15	179	89,5	2	18	2,42	78,71	29	5,28	31,68	2,6	0,44	4,4	0,085
	PSP	26,05	5,56	102,5	51	2,5	8	1,5	78	43	5,72	19,36	3,05	1,5	3,25	0,05
	Moyenne	25,8	5,94	130,5	65	2,83	10,66	2,16	79	33,33	5,61	28,74	2,33	2,16	6,46	0,055
	Ecart-type	1,20	0,32	42,16	21,28	1,04	6,42	0,57	1,17	8,38	0,29	8,31	0,88	2,15	4,61	0,02
P ₂	GSP	26	5,53	103,5	52	5	12	1	78,3	19	5,15	52,8	0,5	2,6	9,05	0,05
	GSS	25,5	5,49	171	85,5	4,5	20,5	1	78,76	25	5,08	34,32	1,85	0,17	5,35	0,08
	PSP	27,8	5,37	79	39,5	2	10	1	76,4	44	5,15	28,16	3,4	5,55	2,2	0,04
	Moyenne	26,43	5,46	117,83	59	3,83	14,16	1	77,82	29,33	5,12	38,42	1,91	2,77	5,53	0,05
	Ecart-type	1,20	0,08	47,64	23,78	1,60	5,57	0	1,25	13,05	0,04	12,82	1,45	2,69	3,42	0,02
P ₃	GSP	24	5,07	93,5	47	2,5	6	1	81,59	10	5,95	51,25	1,3	0,75	3,65	0,04
	GSS	24,2	5,15	141	70,5	3	12,5	2,8	79,32	25	5,42	39,6	1,9	0,21	3,05	0,065
	PSP	25,7	4,91	101,5	44,5	4,5	3,5	1	77,21	42	5,25	22	3,03	0,5	2,55	0,04
	Moyenne	24,63	5,04	112	54	3,33	7,33	1,6	79,37	25,66	5,54	37,61	2,07	0,48	3,08	0,048
	Ecart-type	0,9	0,12	25,43	14,34	1,04	3,43	1,03	2,19	16,01	0,36	14,72	0,87	0,27	0,55	0,01

3.1.2 VARIABLES BIOLOGIQUES

3.1.2.1 BACTÉRIES

Les abondances moyennes des Coliformes Totaux sont observés à la station Eb3 soit 1047×10^3 UFC/ 100 ml d'eau en grande saison des pluies alors que les Coliformes Fécaux sont plus abondants à la station Eb2 en grande saison sèche soit 6490×10^3 UFC/100 ml d'eau. De même, les abondances moyennes d'*Escherichia coli* ont été obtenues en grande saison sèche soit 457×10^3 UFC/100 ml d'eau dans le cours d'eau tandis que dans les puits *Escherichia coli* présente une abondance moyenne maximale au puits P2 soit 33×10^3 UFC/100 ml d'eau durant la même saison.

Tableau II: Abondances moyennes des bactéries par saison durant la période d'étude (Grande saison des pluies)

UFC / 100 mL Eaux Souterraines (Puits)				Eau de Surface (Cours d'eau)		
Stations	Puits 1	Puits 2	Puits 3	Station Eb1	Station Eb 2	Station Eb 3
Coliformes Totaux	$3,6 \times 10^3$	301×10^3	20×10^3	$157,5 \times 10^3$	$1660,5 \times 10^3$	93×10^3
Coliformes Fécaux	$13,5 \times 10^3$	19×10^3	$151,5 \times 10^3$	2003×10^3	$105,5 \times 10^3$	665×10^3
<i>Escherichia Coli</i>	$5,5 \times 10^3$	$1,45 \times 10^3$	$1,05 \times 10^3$	$1000,5 \times 10^3$	$1451,5 \times 10^3$	$151,5 \times 10^3$

(Grande saison sèche)

UFC / 100 mL Eaux Souterraines (Puits)				Eau de Surface (Cours d'eau)		
Stations	Puits 1	Puits 2	Puits 3	Station Eb1	Station Eb2	Station Eb3
Coliformes Totaux	67×10^3	$14,5 \times 10^3$	$4,5 \times 10^3$	24×10^3	$127,5 \times 10^3$	346×10^3
Coliformes Fécaux	$9,5 \times 10^3$	41×10^3	76×10^3	$18,5 \times 10^3$	3245×10^3	$215,5 \times 10^3$
<i>Escherichia Coli</i>	1×10^3	$16,5 \times 10^3$	$5,5 \times 10^3$	$5,5 \times 10^3$	$228,5 \times 10^3$	$50,5 \times 10^3$

(Petite saison des pluies)

UFC / 100 mL Eaux Souterraines (Puits)				Eau de Surface (Cours d'eau)		
Stations	Puits 1	Puits 2	Puits 3	Station Eb1	Station Eb 2	Station Eb3
Coliformes Totaux	145×10^3	$64,5 \times 10^3$	28×10^3	45×10^3	$202,5 \times 10^3$	$523,5 \times 10^3$
Coliformes Fécaux	5×10^3	$3,5 \times 10^3$	$65,5 \times 10^3$	$49,5 \times 10^3$	$29,5 \times 10^3$	27×10^3
<i>Escherichia Coli</i>	0×10^3	2×10^3	2×10^3	$16,5 \times 10^3$	$14,5 \times 10^3$	22×10^3

3.1.2.2 CILIÉS

Un total de 698 individus de ciliés appartenant à 3 classes, 7 ordres, 19 familles ont été récoltés. La classe des Oligohymenophora a été la plus représentée avec 8 familles suivi par la classe des Polyhymenophora avec 6 familles et enfin

la classe des Kinetofragminophora avec 5 familles. Les espèces telles que *Loxodes kahli* et *Strombidium megannucleatum* n'apparaissent qu'en petite saison des pluies alors que *Spirostomum ambiguum* et *Trachehius ovum* sont présentes qu'en grande saison des pluies.

Tableau III : Densité des ciliés (ind/L) récolté pendant la période d'étude

Classes	Ordres	Familles	Taxons	Eb 1	Eb 2	Eb 3	Totaux
Kinetofragminophora	Prostomonadina	Prorodontidae	<i>Prorodon ovalis</i>	63	26	33	122
	Karyorelictida	Trachelidae	<i>Trachehius ovum</i>	3			3
		Amphileptidae	<i>Amphileptus quadrinucleatus</i>	6	3	1	10
		Loxodidae	<i>Loxodes rex</i>	1	5	1	7
			<i>Loxodes kahli</i>	1		1	2
	Trichostomatida	Colpidae	<i>Colpoda cucullus</i>	4	12	11	27
Oligohymenophora	Hymenostomatina	Tetrahymenidae	<i>Colpidium campylum</i>	13	13	23	49
		Parameciidae	<i>Paramecium africanum</i>	49	34	54	137
		Frontoniidae	<i>Frontonia leucas</i>	9	4		13
		Urocentridae	<i>Urocentrum turbo</i>	13	2	3	18
		Neobursaridiidae	<i>Neobursaridium gigas</i>	1	1		2
		Lembadionidae	<i>Lembadion lucens</i>	5		1	6
		Vorticellidae	<i>Vorticella campanula</i>	15	12	10	37
	Scuticociliatida	Uronemetidae	<i>Uronema acatum</i>	1	7	8	16
Polyhymenophora	Heterotrichida	Metopidae	<i>Metopus ovatus</i>	20	31	9	60
	Hypotrichida	Stentoridae	<i>Stentor magnum</i>	6	7	7	20
		Spirostomidae	<i>Spirostomum ambiguum</i>	6		2	8
		Caenomorphidae	<i>Caenomorpha nedusula</i>	6	0	5	11
		Strombididae	<i>Strombidium megannucleatum</i>	1		12	13
			<i>Hypotrichidium sp</i>		2	2	4
		Oxytrichidae	<i>Oxytricha chlorelligera</i>	33	11	5	49
			<i>Pleurotricha lanceolata</i>	7	3	18	28
			<i>Histiculus Histiculus</i>	14	10	15	39
		Totaux	278	186	234	698	

3.1.2.3 MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES

Au total, 968 individus repartis en 3 embranchements, 4 classes, 7 ordres et 25 familles ont été récoltés. L'embranchement des Arthropodes a été le plus représenté avec 96,80% de la macrofaune suivi de l'embranchement des Mollusques avec 2,79% et enfin l'embranchement des Annélides avec 0,41%. L'ordre des Hémiptères est représenté par 12 familles dont les plus représentées sont les Naucoridae (11,88%), les Nepidae (4,13%), les Belostomatidae (2,58%) et les Notonectidae (2,55%). Tableau IV : Abondance des familles des Macroinvertébrés benthiques aux différentes stations pendant la période d'étude. L'ordre des Coléoptères suit avec un total de 5 familles avec une dominance des Hydrophilidae (17,15%), et des Dystiscidae (16,63%). Les familles des Libellulidae (19,93%) et des Corduliidae (9,19%) dominent l'ordre des Odonates. L'embranchement des Mollusques est représenté que par les familles des Ampullariidae, des Sphaeriidae et des Thiaridae soit 2,79%. Les Lumbriculidae (0,41%) sont les seuls représentants de l'embranchement des Annélides.

Tableau IV : Abondance des différents taxa des macroinvertébrés récoltés dans les stations durant la période d'étude.

Embranchements	Classes	Ordres	S/orders	Familles	Genres ou especes	Eb1	Eb2	Eb3				
Arthropodes	Insectes	Coleopteres		Haliplidae	<i>Peltodytes</i> sp	0	14	1				
					<i>Haliplus</i> sp	4	3	2				
				Dystiscidae	<i>Laccophilus</i> sp	21	34	49				
					<i>Hydrovatus</i> sp	14	6	20				
					<i>Laccobius</i> sp	0	0	3				
					<i>Philodites</i> sp	0	4	0				
					<i>Methles</i> sp	0	0	3				
					<i>Graphoderus</i> sp	4	0	0				
					<i>Colembetes</i> sp	1	0	0				
					<i>Hydaticus</i> sp	0	2	0				
					<i>Hydroporus</i> sp	0	0	1				
					<i>Eretes</i> sp	1	0	0				
					<i>Maledema</i> sp	0	0	1				
				Noteridae	<i>Neohydrocoptus</i> sp	1	0	0				
					<i>Hydrocanthus</i> sp	8	24	2				
				Gyrinidae	<i>Gyrinus</i> sp	0	1	0				
				Hydrophilidae	<i>Helochaeres</i> sp	9	3	57				
					<i>Amphiops</i> sp	27	28	35				
					<i>Hydrobius</i> sp	0	0	3				
					<i>Hydrochara</i> sp	0	4	0				
					<i>Crenetis</i> sp	0	0	3				
					<i>Laccobius</i> sp	0	0	4				
					<i>Enochrus</i> sp	0	0	9				
					<i>Berosus</i> sp	1	0	0				
					Hemipteres	Heteropteres	Nepidae	<i>Nepa</i> sp	19	1	4	
							<i>Laccotrephes</i> sp	2	2	0		
							<i>Nychia</i> sp	4	0	9		
							<i>Ranatra linearis</i>	9	2	1		
							Naucoridae	<i>Macrocoris</i> sp	5	1	2	
								<i>Naucoris</i> sp	45	5	16	
								<i>Naucoris obscuratus</i>	1	0	2	
								<i>Ctenipocoris</i> sp	38	0	0	
							Aphelocheiridae	<i>Aphelocheirus</i> sp	0	0	1	
							Notonectidae	<i>Notonecta</i> sp	9	1	2	
							Belostomatidae	<i>Diplonychus</i> sp	23	2	0	
							Veliidae	<i>Rhagovelia</i> sp	5	0	0	
								<i>Angilia</i> sp	0	1	5	
								<i>Microvelia</i> sp	0	0	1	
							Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i> sp	0	0	1	
								<i>Gerris</i> sp	1	2	2	
							Gerridae	<i>Auquius</i> sp	0	0	2	
							Coroxidae	<i>Cymatia</i> sp	0	1	0	
							Pleidae	<i>Plea</i> sp	1	0	0	
							Hydrometridae	<i>Hydrometra</i> sp	0	8	0	
							Aphelocheiridae	<i>Aphelocheirus</i> sp	0	0	1	
							Ephemeropteres	Baetidae	<i>Baetis</i> sp	4	0	3
							Odonates	Anisopteres	Corduliidae	<i>Hemicordulia</i> sp	23	1
				<i>Phyllomacronia bifasciata</i>	13		0	1				
				<i>Phyllomacronia</i> sp	13		0	1				
				<i>Oxygastra curtisii</i>	0		0	2				
				<i>Somatochlora proparte</i>	2		0	0				
			Libellulidae	<i>Tetrathemis</i> sp	10	0	6					
				<i>Libellula</i> sp	13	0	8					
				<i>Orthetrum</i> sp	21	0	16					

				<i>Nothiothenis sp</i>	6	0	3	
			Zygopteres	Coenagrinoïdae	<i>Coenagrion proparte</i>	5	0	1
		Dipteres		Chironomidae	<i>Chironomus sp</i>	23	2	4
Mollusques	Bivalves	Eulamellibranches		Sphaeriidae	<i>Sphaerum sp</i>	0	4	5
	Gasteropodes	Mesogasteropodes		Ampullariidae	<i>Lanistes ovum</i>	0	5	4
				Thiaridae	<i>Melanoides tuberculata</i>	0	0	1
Annelides	Oligochetes			Lumbriculidae	<i>Lumbriculus sp</i>	0	1	2
Abondance total des taxa par station					486	220	262	

3.1.3 RELATIONS STATISTIQUES ENTRE LES DIFFÉRENTES COMPOSANTES BIOLOGIQUES

Le test de Kruskal-Wallis réalisé à partir des différentes composantes biologiques montre qu'il existe des différences significatives entre l'abondance des ciliés et l'abondance des macro-invertébrés benthiques ($p < 0,01$), entre l'abondance des ciliés et l'abondance des bactéries ($p < 0,01$) et entre l'abondance des macroinvertébrés benthiques et l'abondance des bactéries ($p < 0,01$) au seuil de sécurité de 1% durant la période d'étude.

Tableau V: Cote d'appréciation de l'indice de Shen et Jiang

Stations d'échantillonnages	Indice de Shen et Jiang	Appréciations
Eb1	2,53	Eau non polluée consommable après traitement
Eb2	2,62	
Eb3	2,71	Eau légèrement polluée

Tableau VI : Cote d'appréciation de l'indice de Hilsenhoff

Stations d'échantillonnages	Indice de Hilsenhoff	Appréciations
Eb1	3,98	Très bonne : pollution organique possible
Eb2	5,93	Plutôt mauvaise : pollution organique substantielle
Eb3	4,76	Bonne : pollution organique probable

3.2 DISCUSSION

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés sur le tableau I. La température de l'eau de surface est proche de la température ambiante (24°C). La forte valeur de la température rencontrée dans le puits P2 comparé aux autres puits pourrait s'expliquer par l'absence de couvercle et le faible niveau piézométrique exposant ainsi la masse d'eau aux rayonnements solaires. Les faibles valeurs de MES (9,16 mg/L), de la couleur (20,16Pt. Co) et de la turbidité (1,42 FTU) rencontrées en amont (Eb1) peuvent se traduire par l'absence d'affluent au niveau de cette station et la faible charge de l'eau en matière organique et inorganique. Ces valeurs augmentent de l'amont en aval et indiquent un gradient continu d'apport de la litière par les tributaires et les eaux de ruissellements corrélés à l'érosion fluviale et aux forts débits [28]. Les valeurs moyennes du pH rencontrées tout au long de la période d'étude tant au niveau du cours d'eau (6,00 UC) qu'au niveau des puits (5,47 UC) révèlent que les eaux de la localité sont acides. Ces résultats pourraient s'expliquer par la nature ferrallitique et latéritique de la localité. A ce titre, le pH d'une eau dépend de la nature du substrat [10]; [29]. Les faibles valeurs de la conductivité électrique rencontrées oscillant entre (40- 132 $\mu\text{S/cm}$) dans le cours d'eau Ebongo et entre (79- 171 $\mu\text{S/cm}$) dans les puits pourraient s'expliquer par la faible dégradation de la matière organique présente dans le milieu et traduirait le caractère peu pollué de ces eaux. Par ailleurs, les faibles valeurs de la conductivité électrique sont caractéristiques des ruisseaux et rivières coulant dans les vallées des régions montagneuses [30]. Les teneurs élevées en orthophosphates rencontrées en grande saison des pluies et en petite saison des pluies dans le cours d'eau seraient dues aux apports par les eaux des tributaires. Le taux élevé en orthophosphates est attribué aux apports des nutriments par les eaux de ruissellements associés aux précipitations et au relargage du phosphore à partir des sédiments du fond lors des opérations de faucardage [31]. La présence des orthophosphates dans les puits serait due à la proximité de ces puits avec les fosses septiques et à l'absence de protection cas du puits P2. Les orthophosphates dans le milieu souterrain proviendraient des détergents voire des pollutions fécales qui arrivent dans le milieu souterrain par infiltration [32]. Les résultats des analyses bactériologiques

révèlent que les eaux de la localité hébergent des bactéries indicatrices de pollution organique d'origine fécale (CT, CF, E. coli). Par ailleurs, la présence d'*E. coli* durant toute la période d'étude dans le cours d'eau et dans les puits témoigne d'une contamination permanente et récente de ces eaux et sa densité est proportionnelle au degré de pollution par les matières fécales [33]. La contamination des eaux varie entre les types de sources, entre les pays et entre les zones rurales et urbaines [34].

Le calcul de l'indice biotique de Shen et Jiang réalisé au niveau de chaque station du cours d'eau traduit une dégradation de la qualité de l'eau lorsqu'on quitte de l'amont en aval. Ceci pourrait s'expliquer par les apports de la matière organique par les eaux de ruissellements au niveau des stations Eb2 et Eb3 rendant ainsi le milieu riche en matières organiques favorable au développement des ciliés. La prédominance des Arthropodes représentés exclusivement par la classe des insectes (98, 80% de la macrofaune récoltée) traduirait le caractère peu pollué du cours d'eau Ebongo. Les insectes 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 [21]. La présence sporadique des Mollusques et Annélides dans les stations Eb2 et Eb3 témoigne d'un moindre indice de pollution du support aqueux. Les taxons les plus abondants des milieux pollués sont les Oligochètes, les Hirudinées et les Chironomidés [35]. Cependant, les variations saisonnières peuvent invalider la comparaison des résultats d'échantillonnage d'une station à l'autre. En effet, la structure des assemblages benthiques change lorsque leur environnement subit une perturbation, ce qui permet une meilleure caractérisation de la distribution spatio-temporelle de la pollution [36], [24]. A l'échelle spatiale, l'action anthropique menée au niveau de la station Eb2 (lessive, lavage d'engins) a eu une influence considérable sur la richesse taxonomique et sur la structure du peuplement des macroinvertébrés benthiques. Sur le plan temporel, la baisse des taxons pendant la petite saison des pluies peut s'expliquer par les changements hydrologiques résultant de la transition entre cette saison et la grande saison sèche. Le facteur saisonnier est favorable à l'alternance des groupes taxonomiques présents dans le milieu aquatique [37]. De toutes les saisons pris en compte, la grande saison sèche s'est montré la plus abondante et la plus diversifiée en taxons ceci pourrait s'expliquer par l'absence de crues en cette saison favorisant ainsi la multiplication et la stabilité des micro-habitats.

Sur le plan écologique, les différentes composantes biologiques étudiées permettent de nous renseigner sur l'état de santé des milieux aquatiques et se révèlent par conséquent comme de bons bio-indicateurs de la qualité des eaux [38]. Ces organismes permettent de façon sûre et pratique de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées [36]. Sur le plan trophique, ces organismes permettent le transfert de matière et d'énergie d'un niveau trophique à un autre. En effet, dans le milieu aquatique, les bactéries constituent une ressource importante pour les ciliés (zooplancton) qui sont les consommateurs primaires et qui assurent la régulation des populations d'algues par le phénomène de broutage [39]. De même, le zooplancton constitue une ressource importante pour les macroinvertébrés benthiques, maillon important dans la chaîne alimentaire aquatique puisqu'ils constituent la plus importante source d'alimentation de plusieurs espèces d'amphibiens, d'oiseaux et de poissons et de ce fait jouent un rôle clé dans les hydrosystèmes [40], [25].

4 CONCLUSION

Les hydro systèmes situés dans la zone périurbaine de la commune de Ngoumou sont sujets à diverses pollutions. Les puits, du fait de leur proximité avec les fosses septiques sont exposés à une pollution microbienne rendant ainsi l'eau impropre à la consommation nécessitant ainsi un traitement préalable avant consommation. La qualité de l'eau est un enjeu très important sur le plan environnemental, économique et socioculturel. Aussi, la gestion des écosystèmes aquatiques doit être efficace afin d'assurer un suivi rigoureux de la qualité de l'eau, de mettre en œuvre les actions favorisant la protection, le cas échéant la restauration de ces milieux. La pollution dans le cours Ebongo est beaucoup plus organique avec une augmentation des indices de minéralisation comme la conductivité électrique et l'alcalinité de l'amont en aval. Le calcul de l'indice biotique de Shen et Jiang réalisé à partir de la communauté des ciliés et de l'indice biotique de Hilsenhoff réalisé à partir de la communauté des macroinvertébrés benthiques montrent que le cours d'eau forestière est de bonne qualité écologique avec une diversité des composantes biologiques.

RÉFÉRENCES

- [1] Nola M., Njine T., Servais P., Messouli M., Boutin C., FotoMenbohan S., Kemka N et ZebazeTogouet S.H. 2003. Evaluation de l'adsorption de deux bactéries fécales par l'horizon argilo-sableux et quartzo-felspathique d'un sol ferrallitique au Cameroun (Afrique Centrale). *Journal Environnement Science*, 2 :383-393.
- [2] Traore A., Mulaudzi K., Chari G., Foord S., Mudau L., Bamard T et Potgieter N. 2016. The Impact of Human Activities on Microbial Quality of Rivers in the Vhembe District, South Africa. *International Journal of Environment Research and Public Health*, 8: 12-13.
- [3] Friedrich G., Chapman D. et A. Beim. 2001. The use of biological material. In D. Chapman, water quality assessment: a guide to the use of biota, sediment and water in environmental monitoring, *édition Chapman et Hall*, 171-238.
- [4] Neveu A., Riou C., Bonhomme R., 2001, L'eau dans l'espace rural vie et milieux aquatiques Édition Paris Institut national de la recherche agronomique DL 2001, cop. 2001 Collection Mieux comprendre 1144-7605
- [5] Saeijs H. L et Van Berkel M. S. 1995. Global water crisis: the major issue of the 21st century. A growing and explosive problem. *European Water Pollut Control*, 5: 26-40.
- [6] OMS, 2017, Maladies diarrhéiques, Aide-mémoire n°330
- [7] Bain R, Cronk R, Wright J, Yang H, Bartram J. 2014. Fecal contamination of drinking water in developing countries: a systematic review and meta-analysis. *PLoS Medicine*.
- [8] Mohamed OUKHOUYA, Etude de la valorisation agricole de deux composts d'ordures ménagères. Mémoire de troisième cycle, option sciences du sol, I.A.V HASSANII, (1999) p 26B.T.
- [9] Xiang Chen, Weiqi Zhou, Steward T. A. Pickett, Weifeng Li, Lijian Han, Yu-Pin Lin, 2016, Spatial-Temporal Variations of Water Quality and Its Relationship to Land Use and Land Cover in Beijing, China, *Int J Environ Res Public Health*. 2016 May; 13(5): 449.
- [10] Nola M., Njine T., Monkiedje A., et Taillez R. 1999. Approche calorimétrique des eaux de la nappe phréatique superficielle de la ville de Yaoundé (Cameroun). *Microbiologie Hygiène Alimentaire*, 31: 9-13.
- [11] Hart, B. Maher & I. Lawrence, "New generation water quality guidelines for ecosystem protection", *Freshwater Biology*, 41, 347-359, 1999.
- [12] FotoMenbohan 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 + annexes.
- [13] Nougang ME, Nola M, AtebaBessa H, TamatchoKweyang BP, Noah Ewoti OV, MOUNGANG LM, 2011.. Prevalence of pathogenic strains of E.coli of urban streams in Cameroon. *Journal Applied Bioscience* 48: 3293-3305.
- [14] Rodier J. 2009. L'analyse de l'eau eaux résiduaires, eau de mer, 9^eed, DUNOD, Paris, 1579 p.
- [15] Fauré-Fremiet. E. 1958. Matériel pour la récolte du microplancton dans les mares et les étangs. *Hydrobiologia*, 12 (2/3) : 142-148.
- [16] Kahl A. 1933. Ciliata libera et ectocommensalia. In: GRIMP(GE.) et WAGLER(E.) ed. *Der Nord-und Ostsee*. Lief, 23 : 29-146.
- [17] Dragesco J. 1970. Ciliés libres du Cameroun, *Annales. Faculté. Sciences. Yaoundé (Hors-série)*, 141 p.
- [18] Dragesco J., Dragesco-kerneis A. 1986. Ciliés libres de l'Afrique Intertropicale. Introduction à la connaissance et à l'étude des ciliés. Paris : Edition *OSTROM*, 559 p.
- [19] Fernandez- Galiano D. 1976. Silver impregnation of ciliated Protozoa: Procedure yielding good results with the pyridinated silver carbonate method. *Trans. Amer Microsc.* 95: 557-560.
- [20] Shannon C. E et W Weaver. 1984. The mathematical theory of communication. *University of Illinois press*, Urbana, 117 p.
- [21] 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*, 86 p.
- [22] Barbour M. T., Gerritsen J., Snyder B. D. et J. B. Stribling, 1999. Rapid bioassessment protocols for use in stream and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2nd edition, U. S. Environmental Protection Agency, office of water, Washington, D. C., EPA 841 – B – 99-002.
- [23] MDDEP. 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – cours d'eau peu profonds à substrat grossier, direction du suivi de l'état de l'environnement, MDDEP, 86 p.
- [24] Environnement Canada. 2013a. Macroinvertébrés benthiques. In *Environnement Canada*, Réseau canadien de biosurveillance aquatique : Manuel de terrain cours d'eau, 29 p.

- [25] Goaziou Y. 2004. Méthodes d'évaluation de l'intégrité biotique du milieu aquatique basée sur les Macroinvertébrés benthiques – Rapport de stage – *Environnement Québec*, Direction de suivi de l'état de l'environnement, 37 p.
- [26] Tachet H., Richoux P., Bournaud M. et P. Usseglio-Polatera. 2006. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie et écologie. *CNRS édition, Paris*, 588 p.
- [27] Moisan J. 2010. Guide d'identification des principaux Macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, *Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des parcs*, 82 p.
- [28] Lecerf A. 2005. Perturbations anthropiques et fonctionnement écologique des cours d'eau de tête de bassin : Etude du processus de décomposition des litières. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse III, 159 p.
- [29] ZébazéTogouet S. H. 2000. Biodiversité et dynamique des populations zooplanctoniques (ciliés, rotifères, cladocères, copépodes) du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun), *Thèse de Doctorat de Troisième Cycle, Université de Yaoundé I Cameroun*, 175 p.
- [30] Verneaux J. 1973. Cours d'eau de Franche – Comté (massif du Jura): Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs – essai de biotypologie. *Thèse de Doctorat d'état, Faculté de Sciences, Université de Besançon*, 260 p.
- [31] Ajeagah G., Bikitbe J et Longo F. 2013. Qualité bioécologique d'un milieu lacustre hyper-eutrophisé en zone équatoriale (Afrique Centrale): peuplement de protozoaires ciliés et macroinvertébrés benthos aquatiques. *Afrique Science*, 09 (2) :50-66.
- [32] ZébazéTogouet S. H., TuekamKayo R. P., Boutin C., Nola M., et FotoMenbohan S. 2011: Impact de la pression anthropique sur l'eau et la faune aquatique des puits et sources de Yaoundé (Cameroun, Afrique Centrale). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 147: 27-41.
- [33] CEAEQ. 2000. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux; méthode par filtration sur membrane. *Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec*, 24 p.
- [34] Robert B., Ryan C., Jim W., Hong Y., Tom S et Jamie B. 2014. Fecal contamination of drinking-water In low-and Middle Income countries. A systematic Review and Meta- Analysis. The water institute, University of North Carolina at Chapel Hill, North Carolina, United States of America, 4-14.
- [35] Sambra .2008. Eau et écosystème aquatique, des indicateurs. In CRE. Mauricie, L'agroenvironnement en Mauricie: les indicateurs de nos action, 14 p
- [36] Banaru D et Perez T. 2010. Bio-indicateurs - Biomarqueurs, notes de cours. Marseille, Université de Marseille, 15 p.
- [37] Sophie C., Claude C., Bernadette P., Genevieve P et Bontoux J. 1990. Evolution annuelle du peuplement zooplanctonique dans un lagunage a haut rendement et incidence du temps de séjour. *Revue des sciences de l'Eau*, 4 : 269-289.
- [38] Edberg S., Ew., Rice R.J., Karlin et Allen M .2000. *Escherchiacoli*: the best Biological drinking water, indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 106-116.
- [39] Bouzidi M., Youcef A., Ilhem A., Latreche A., Benyahia M., Bouguenaya N et Meliani H. 2010. Copépodes, Cladocères et Rotifères du lac Sidi M'hamed Benali (Algérie nord-occidentale). *Physio-Géographie*, 4 :69-85
- [40] Caquet T. 2012. Des invertébrés pour la bio-indication de la qualité des cours d'eau bilan et perspectives In Feixi, L, Bispo, A et Grand, C. Bio - indicateurs pour la caractérisation des sols, journée technique nationale, Paris, 7 : 30-39.