

Impacts des pratiques d'hygiène et d'assainissement sur les eaux de surface et souterraines dans la ville de Yaoundé, Cameroun

**Paul Fabrice NGUEMA^{1*}, Boniface EFON¹, Célestin DEFO¹, Zakari Mohamadou MOUNIR²
et Emilienne Kimakon OUM¹**

¹ *Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Laboratoire d'Analyse du Sol et Chimie de l'Environnement (LABASCE), BP 786 Ebolowa, Cameroun*

² *Institut Universitaire de Technologie, Département Hygiène Sécurité Environnement, Laboratoire Ville et Développement Territoriale au Sahel (VIDET-Sahel), BP 656 Zinder, Niger*

(Reçu le 22 Avril 2021 ; Accepté le 29 Juin 2021)

* Correspondance, courriel : nguema.fabrice@gmail.com

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts des pratiques d'hygiène et d'assainissement sur les eaux de surface et souterraines dans une zone à habitat spontanés en saison pluvieuse dans la ville de Yaoundé, Cameroun. La méthodologie a consisté à faire une géo- référenciation de potentielles sources de pollution, les enquêtes par questionnaires administrés aux résidents de la zone d'étude ainsi que les analyses physicochimiques et bactériologiques des échantillons d'eau par des techniques standards. Les dispositifs d'assainissement autonome constituent le principal mode de collecte des excréta avec les latrines à canon représentant le plus grand pourcentage (44 %). En outre 52 % des enquêtes pensent que les déchets ne sont pas collectés par la société en charge d'hygiène et salubrité d'où la présence de dépôt sauvage dans la plupart des quartiers de la ville de Yaoundé. Les paramètres physicochimiques des eaux de surface et souterraines analyses n'ont montré aucune dégradation de leurs qualités selon les normes de l'OMS. Les échantillons d'eaux souterraines ont révélé la présence de coliformes fécaux (63,5 UFC/100 mL) au-dessus des normes recommandées par l'OMS (0 UFC/100 mL) et une présence d'indicateurs de pollution fécale relevée dans les eaux de surface, bien qu'ayant des concentrations faibles. L'amélioration des pratiques d'hygiène et d'assainissement s'impose pour une sécurité environnementale et sanitaire

Mots-clés : *Bonamoussadi, assainissement, hygiène, eau souterraine, impact sanitaire.*

Abstract

Impacts of hygiene and sanitation practices on surface and groundwater in the city of Yaoundé, Cameroon

The objective of this study is to assess the impact of hygiene and sanitation practices on surface and groundwater in an area with spontaneous settlement in the rainy season in the city of Yaoundé, Cameroon. The methodology consisted of geo-referencing potential sources of pollution, survey by questionnaires administered to residents of the study area as well as physicochemical and bacteriological analysis of water

samples using standard techniques. On-site sanitation is the main method of collecting excreta, with cannon latrines accounting for the largest percentage (44 %). 52 % of surveys believe that waste is not collected by the company in charge of hygiene and sanitation, hence the presence of illegal dumps in most neighborhoods of the city of Yaoundé. The physicochemical parameters of surface and groundwater analyzes showed no degradation of their qualities according to WHO standards. The groundwater samples revealed the presence of fecal coliforms (63.5 CFU/100 mL) above the standards recommended by the WHO (0 CFU/ 100 mL) and the presence of an indicator of fecal pollution noted in the surface water, although having low concentration. Improving hygiene and sanitation practices is essential for environmental and health security.

Keywords : *Bonamoussadi, sanitation, hygiene, groundwater, health impact.*

1. Introduction

Les métropoles des pays en développement notamment Douala et Yaoundé connaissent une poussée démographique due à un fort exode rural et une immigration des populations venant des quatre coins du pays et de l'étranger. Dans ces villes principales, l'évacuation des excréta, des eaux usées et des déchets solides n'est pas fait normalement rendant ainsi difficile l'assainissement urbain et périurbain. Elles sont caractérisées par l'absence ou le non fonctionnement des systèmes d'assainissement collectif ; la collecte et l'évacuation d'une fraction seulement des déchets solides produits [1, 2]. La naissance des quartiers spontanés et anarchiques sans aucun plan d'aménagement préalable augmente le nombre d'installations d'assainissement autonome et de décharges d'ordures qui aggravent la situation [2, 3]. 98 % des ménages de la ville de Yaounde ont recourt aux ouvrages d'assainissement autonome pour la plupart mal conçus, avec un impact sur les nappes souterraines et les eaux de surface [4, 5]. Par ailleurs, la forte croissance démographique constatée dans la ville de Yaounde aujourd'hui est accompagnée d'une production importante de déchets solides (environ 1800 tonnes/jours) [2], avec seulement 1100 tonnes quotidiennement collectés [2]. La fraction non collectée se trouve la plupart du temps dans la nature (cours d'eau, champs et terrains vagues) sans traitement préalable. Cependant, l'évacuation incontrôlée de ces déchets, qu'ils soient solides ou liquides pose d'énormes risques pour la santé des populations et l'environnement [6]. Le quartier étudiant BONAMOISSADI, de la ville de Yaoundé est un cas typique des observations décrites plus haut. C'est un quartier densément peuplé, les constructions sont anarchiques, les systèmes de drainage sont presque inexistantes et aucune station de traitement des eaux usées n'est disponible. En effet ce site n'a jamais fait l'objet d'une étude d'impact sanitaire et environnemental. Pourtant, d'après [7, 8], le déversement anarchique des eaux usées et déchets solides ménagers dans la nature est à l'origine d'une recrudescence des maladies au sein des populations riveraines de même qu'elles sont responsables des dégradations environnementales. Il est donc légitime d'évaluer leurs impacts sur la qualité des eaux (de surface et souterraines) et la santé des populations du quartier BONAMOISSADI. L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts des pratiques d'hygiène et d'assainissement sur les eaux de surfaces et souterraines dans une zone à habitat spontanés en saison pluvieuse dans la ville de Yaoundé, Cameroun.

2. Matériel et méthodes

2-1. Description de la zone d'étude

Le site retenu pour l'étude est le quartier BONAMOISSADI' environnant l'Université de Yaoundé I, au Cameroun. Ce quartier fait partie du bassin versant d'OLÉZOA qui se situe entre les méridiens 11°29'24" et 11°31'12" Est et les parallèles 3°50'24" et 3°51'36" Nord. Le bassin versant d'OLÉZOA est l'un des vingt-cinq

(25) sous-bassins que compte le bassin versant du Mfoundi [9]. Il est drainé par le cours d'eau ATEMENGUE long de 1,40 km et couvre une superficie de 4,92 km². Le quartier BONAMOISSADI, est limité au Nord par le quartier Général, au Sud par la cité des Nations, à l'Est par le cours d'eau OLÉZOA et à l'Ouest par l'Ecole Nationale des Postes et Télécommunications. Il est situé dans l'Arrondissement de Yaoundé III et occupe la partie Sud-ouest de la ville. Ce quartier est connu sous l'appellation de « quartier latin » car il regroupe outre l'Université de Yaoundé I (Université mère du Cameroun), l'Ecole Nationale des Postes et Télécommunications, l'Institut National de la Jeunesse et des Sports, et le Centre Régional pour l'Administration du Travail (CRADAT). Le climat qui y règne est de type guinéen caractérisé par l'existence de 4 saisons aux délimitations de moins en moins marquées.

- une petite saison sèche de juin à mi-août ;
- une petite saison de pluies de mi-mars à juin ;
- une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars ;
- une grande saison pluvieuse de mi-août à mi-novembre.

La moyenne des précipitations à Yaoundé est de 1650 mm³ d'eau par an [10]. Le caractère brutal des averses joue un rôle important sur les caractéristiques de l'habitat et des ouvrages d'évacuations des eaux pluviales et le ravinement des zones non protégées par la végétation. La température moyenne est de 23,5 °C, elle oscille entre 18 et 28 °C pendant les saisons humides et entre 19 et 35 °C pendant la saison sèche. L'hygrométrie est relativement élevée et est caractérisée par de grandes variations journalières donc la moyenne annuelle est de 83 % [10]. L'habitat retrouvé dans cette zone est essentiellement spontané, marqué par l'inexistence d'une voirie structurée, ce qui rend difficile l'adduction en eau potable au-delà de 40 m de la route principale. L'habitat est constitué de nombreuses mini-cités de taille variable abritant la population estudiantine. Ces maisons généralement construites en torchis revêtus d'un enduit de ciment, en planches mal équarries, quelquefois en parpaings de ciment et rarement en briques de terre. Les différentes habitations sont généralement desservies par les sentiers très étroits. Face aux effectifs toujours croissants d'étudiants, les zones de bas-fonds marécageux sont occupées par des constructions. Dans la revue de littérature, les travaux réalisés dans la région du Centre [11] soulignent la précarité de la disponibilité des ressources en eau dans cette zone. Auparavant, d'autres études dans la littérature [12] ont mis l'accent sur le caractère pollué des ressources en eaux superficielles et souterraines de cette zone. Le quartier NGOA—EKÉLLÉ 'BONAMOISSADI' abrite une population estimée à 3654 étudiants [13]. C'est l'un des quartiers les plus densément peuplé du pays avec plus de 500 à 600 habitants à l'hectare.

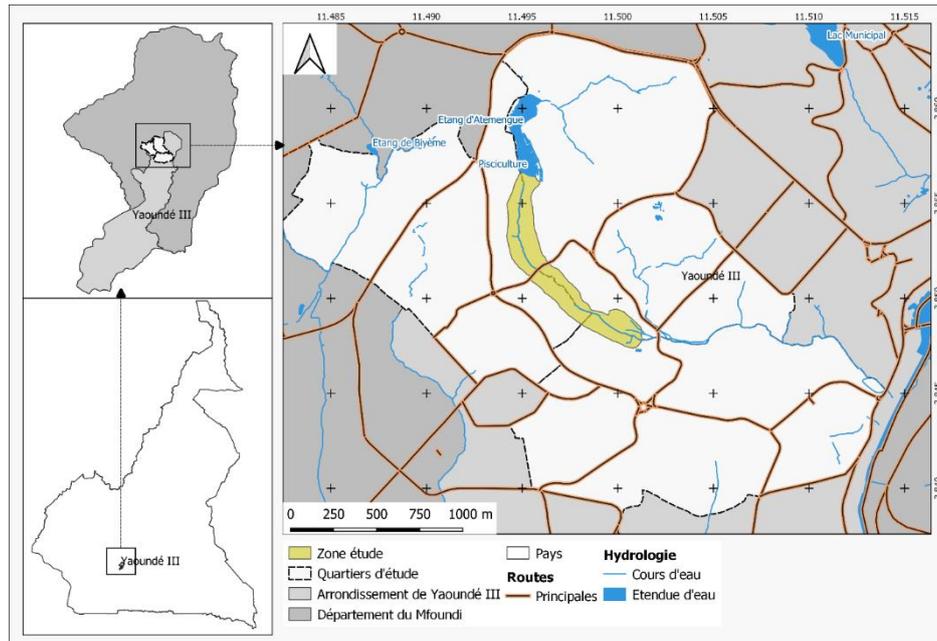


Figure 1 : Situation Géographique du quartier NGOA-EKÉLLÉ 'BONAMOUSSADI' dans l'Arrondissement de Yaoundé III

2-2. Sol

Le sol de l'arrondissement de Yaoundé III est constitué de sols ferrallitiques rouges. Cette couleur s'atténue du rouge au jaune au fur et à mesure qu'on va du sommet vers les bas-fonds [4]. Ils sont issus d'une formation géologique appartenant au socle ancien dont le faciès dominant est un gneiss granifère à mica ou à biotite seule. Ils sont remplacés dans les vallées profondes par des sols hydromorphes formés de dépôts de déchets et d'alluvions. Le pH de ces sols à une valeur moyenne de 5,5.

2-3. Matériel de laboratoire

Les analyses en laboratoire ont nécessité l'usage des appareils suivants :

- un pH mètre HACH (HQ11d) a été utilisé pour mesurer le pH ;
- un Multimètre HACH (HQ11d) pour la mesure de la conductivité ;
- un Spectrophotomètre DR3900 pour la mesure des paramètres chimiques ;
- des colonnes de filtration et des incubateurs pour respectivement filtrer les échantillons d'eau, réguler la température et permettre le développement des colonies de coliformes.



Figure 2 : Matériel de laboratoire utilisé (a : GPS, b : Spectrophotomètre, c : Multimètre)

2-4. Méthodes

2-4-1. Détermination de la qualité des eaux de surface et souterraines

2-4-1-1. Critères de sélection des points d'eaux analysés

La sélection des points d'eaux s'est faite en tenant compte des caractéristiques d'urbanisation du quartier, des activités qui se déroulent autour de l'ouvrage, du degré d'aménagement dudit ouvrage, de la distance de l'ouvrage à la latrine la plus proche, du nombre de latrines autour de l'ouvrage, de l'existence d'autres sources de pollution autour du point d'approvisionnement, du taux de fréquentation du puits/source, de sa position dans la topographie (en bas fond, à mi- pente, en crête), de l'usage de l'eau et du consentement du propriétaire.

2-4-2. Prélèvement et Conditionnement des échantillons

Les échantillons d'eau de surface et souterraine ont été prélevé respectivement dans des bouteilles en polyéthylène de 1500 mL et des bouteilles en verre borosilicatés de 500 mL préalablement stérilisées en laboratoire, puis rincées trois fois à l'eau d'échantillonnage sur le site avant le prélèvement. En ce qui concerne les eaux du cours d'eau, les prélèvements ont été effectué à l'aide d'un gobelet gradué. Les prélèvements des eaux de surfaces et souterraines ont été fait selon les techniques recommandées par l'OMS. Les échantillons prélevés sont directement conservés dans une glacière contenant des carboglaces, du lieu de prélèvement pour un laboratoire agréé.

2-4-3. Échantillonnage des eaux de surface

Les échantillons d'eaux de surface ont été réalisés sur le cours d'eau qui traverse notre zone d'étude. Ce cours d'eau (ATEMENGUE) présente un centre d'intérêt pour la population riveraine (agriculture maraichère, breuvage des bovins et bétails) et reçoit une quantité importante de nutriments sous forme d'eaux usées mais éventuellement aussi d'eaux souterraines contaminées. Les points de prélèvement ont été faits suivant un raisonnement logique. A cet effet, les points de prélèvement retenus ont été :

- En amont pour apprécier l'état initial de l'eau
- Au milieu pour apprécier l'évolution des paramètres
- En aval pour apprécier la qualité finale de l'eau

A chacun de ces points, 03 échantillons de 1 L équidistance de 300 m ont été prélevé pour en faire un échantillon composite.

2-4-4. Échantillonnage des points d'eau souterraine

Les méthodes employées pour l'échantillonnage des eaux de la nappe phréatique ont dû respecter l'objectif primaire de l'analyse microbiologique et les problèmes d'hygiène qui lui sont relatifs aux points d'eau disponibles à la population. Ainsi, pour éviter toute contamination humaine de notre part, des échantillons ont été prélevés aux points d'eau, en utilisant l'équipement généralement présent sur place et en observant les procédures d'échantillonnage microbiennes standards [14].

2-4-5. Analyses physicochimiques et bactériologiques

Deux types d'analyses ont été effectués en laboratoire, une analyse physico-chimique et une analyse bactériologique. Les différents ouvrages d'approvisionnement en eau souterraine, l'usage des eaux de surface et les potentielles sources de pollution des différentes eaux de la zone d'étude ont été inventoriés à la suite des fiches d'enquête et des observations sur le terrain. La désignation des points d'approvisionnement

en eaux de surface et souterraines a été faite conformément à la nomenclature suivante : Y3, l'abréviation du nom de l'Arrondissement de Yaoundé 3 ; P pour puits, S pour source, F pour forage est l'initiale du type de l'ouvrage désigné suivi d'un numéro d'ordre inscrit à la fin de chaque type d'ouvrage afin de les différencier dans le cas où plusieurs échantillons sont prélevés ; enfin M pour mi-pente ou C pour crête ou B pour bas-fond pour désigner la position topographique de l'ouvrage. Les paramètres physicochimiques tels que : la température (°C), le pH, le potentiel Redox (Eh), la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), les solides totaux dissous (TDS en mg/L), les matières en suspension (MES en mg/L), les nitrates NO_3^- (mg/L), les ortho phosphates (PO_4^{3-} en mg/L), les ions ammoniums NH_4^+ (mg/L), la demande chimique en oxygène DCO (mg/L) et la salinité (en ‰), ont été déterminés à l'aide des protocoles standards [15]. Pour les analyses bactériologiques la détermination est faite par la méthode de filtration sur membrane décrite par [14].

2-4-6. Impacts environnementaux et sanitaires liés à l'assainissement constaté dans le quartier BONAMOUSSADI

L'identification des risques environnementaux et sanitaires liés à l'assainissement de la zone d'étude a été réalisée à l'aide du questionnaire d'enquêtes et des observations faites sur le terrain.

2-4-6-1. Détermination de la taille de l'échantillon à enquêter

La taille de l'échantillon a été calculée sur la base d'un niveau de confiance de 95 % et d'une marge d'erreur acceptable de 3 % pour les ménages sur l'ensemble de la zone étudiée. La formule utilisée pour le calcul de la taille de l'échantillon est celle de Slovin's (*Équation 1*)

$$n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{e^2} \quad (1)$$

N = taille de l'échantillon ; t = valeur correspondante à un niveau de confiance donnée par la loi centrée réduite, avec niveau de confiance 95 % ; p = proportion de la variable principale recherchée ; e = erreur statistique acceptable sur le résultat final, exprimée en décimale (0,05 ou 0,1 en général)

Après tout calcul fait l'échantillon obtenu est 100 ménages. La zone d'étude a été divisée en trois (3) blocs de taille quasi-similaire séparés par un axe bitumé ou non suivant la technique décrite par [16]. Après un dénombrement systématique des ménages, un pas a été imposé, de sorte que l'enquête soit effectuée de façon stratifiée (crête, mi-pente, bas-fond) et randomisée. L'identification des risques environnementaux et sanitaires liés à l'assainissement de la zone d'étude a été réalisée à l'aide du questionnaire d'enquêtes et des observations faites sur le terrain.

2-4-7. Traitement des données

Toutes les données sont présentées sous forme de tableaux statistiques dressés à l'aide de l'outil informatique (Word-Excel). Quant au dépouillement des fiches d'enquête, il a été réalisé à l'aide de deux logiciels informatiques (Word-Excel).

3. Résultats

3-1. Qualité des eaux de surface et souterraines

3-1-1. Typologie des ouvrages d'approvisionnement en eau souterraine

L'approvisionnement se fait soit par les puits (63 %), soit par forage (17 %) ou autre sources (20 %).

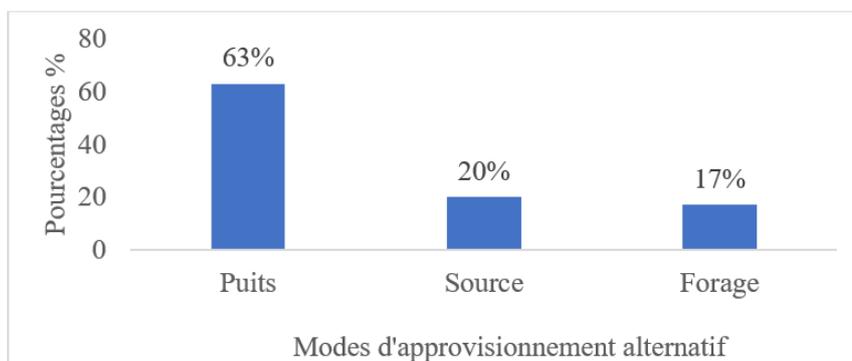


Figure 3 : Proportion des sources alternatives d'approvisionnement en eau

3-1-2. Caractéristiques Physicochimiques et bactériologiques des eaux de surface

Les résultats d'analyses des eaux de surface de la zone d'études ont permis d'avoir le **Tableau 1**. Les autres échantillons d'eau prélevés le long du cours d'eau principal de la zone d'étude n'ont révélé aucune concentration en polluants physicochimiques et microbiologiques (germes indicateurs de la pollution fécale) au-dessus des normes de qualité des milieux récepteurs.

Tableau 1 : Résultat d'analyse des eaux de surface

Paramètres	Echantillons					Normes MINEPDED (2008)
	Unités	Amont	Milieu	Aval		
Température	°C	25,1	24,6	24,7		30
Potentiel d'hydrogène (pH)	/	6,76	6,68	6,66		6-9
Potentiel redox (Eh)	mV	3,39	8,4	9,3		/
Salinité (Sal)	‰	0,48	0,85	0,91		/
Conductivité (Cnd)	µS/cm	970	1692	1806		/
Solide Totaux Dissous (TDS)	mg/l	479	847	906		/
Matières En Suspension (MES)	mg/l	23	19	20		50
Nitrates (NO ³⁻)	mg/l	7,3	10,4	12,5		30
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	2,98	5,62	5,6		
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	mg/l	60	49	52		200
Coliformes Fécaux (CF)	UFC/100 ml	306	177	60		2000

3-1-3. Caractéristiques physicochimiques et bactériologiques des eaux souterraines

Les deux échantillons d'eaux souterraines analysées ont en général un pH acide (4,82), et donc inférieur à la norme de l'OMS qui est de 6,5-9 pour les eaux de boisson. Ces eaux ont un degré de minéralisation moyen (946 µS/cm) pour le puits et très élevé pour la source (2390 µS/cm). Par ailleurs on observe une faible concentration en ions nitrate (28,2 mg/l) par rapport à la norme recommandée par l'OMS qui est de l'ordre de 44 mg/l. Sur le plan

microbiologique, une présence des germes indicateurs de la pollution fécale, notamment les coliformes fécaux ont été relevée, les concentrations étant plus ou moins élevées mais dans l'ensemble au-dessus des valeurs guides de l'OMS (0 UFC/ml) recommandées pour les eaux de boisson. Ces concentrations en coliformes fécaux sont de l'ordre de 51 UFC/100ml dans les puits et de 76 UFC/100ml dans les sources. Ce résultat met en exergue la contamination de la nappe phréatique par les excréta.

Tableau 2 : Résultat d'analyse des eaux souterraines

Echantillons	Unité	Puit	Source	Normes OMS/UE
Température	°C	25,8	26	/
Potentiel d'hydrogène(pH)	/	5,18	4,46	6,5-8,5
Potentiel redox	mV	94,4	135,9	/
Salinité (Sal)	‰	0,46	1,22	/
Résistivité	Ω/cm	1057	419	/
Conductivité (Cnd)	μS/cm	946	2390	400
Solides Totaux Dissous (TDS)	mg/l	465	1211	1000
Matières En Suspension (MES)	mg/l	3	5	/
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	22,4	34	44
Phosphates (PO ₄ ³⁻)	mg/l	0,42	1,69	/
Coliformes Fécaux (CF)	UFC/100 ml	51	76	0

3-2. Impacts environnementaux et sanitaires des pratiques d'hygiène et d'assainissement du quartier BONAMOISSADI

3-2-1. Impacts environnementaux des pratiques d'hygiène et d'assainissement

3-2-1-1. Eutrophisation des eaux de surface

Lors de la descente sur la zone d'étude nous avons remarqué la prolifération des micros algues vertes dans les eaux stagnantes ainsi que la libération d'odeur nauséabondes de ces espaces. Le déversement (apport) exagéré des matières fécales par les latrines à canon, le rejet des eaux usées dans la nature, la défécation à l'air libre et l'introduction du lixiviat issue des décharges sauvages d'ordures ménagères sont à l'origine de l'eutrophisation du cours d'eau ATEMENGUE de la zone d'étude.

3-2-1-2. Dégradation du cadre de vie des populations et pollution visuelle

Les observations de terrain ont permis de relever des zones de stagnation permanentes des eaux dans les rigoles et caniveaux, ces eaux sont de couleur noirâtre. Cette stagnation des eaux usées contribue à la dégradation du cadre de vie des populations par enlaidissement du milieu et émission d'odeurs.

3-2-1-3. Nuisances environnementales régulières

La majorité des enquêtées de BONAMOISSADI (49 %) a déclaré faire généralement face à des nuisances olfactives. Tout de même 31 % des résidents disent faire face à la prolifération des moustiques et 20 % des ménages affirment plutôt faire face à la prolifération des cafards et rongeurs.

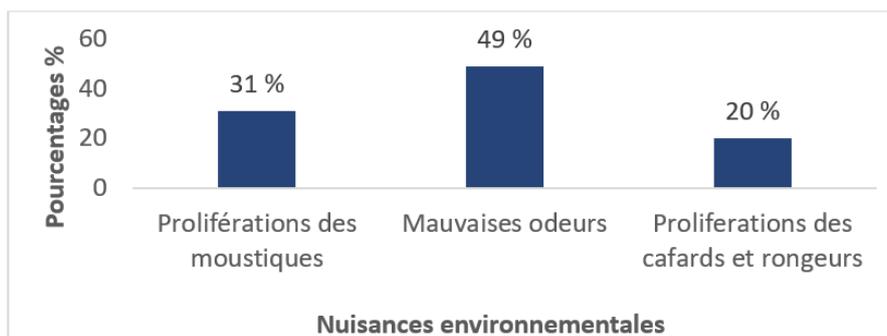


Figure 4 : Nuisances environnementales régulières

3-2-1-4. Impacts sanitaires des pratiques d'hygiène et d'assainissement sur la population de la zone d'études

Les résultats obtenus révèlent une recrudescence des maladies liés à l'eau ou des maladies hydriques dans ce quartier. Plus 96 % des personnes interrogées ont déclaré avoir contracté au moins une maladie potentiellement ou directement liée à l'eau au cours des six (06) derniers mois qui précédaient notre enquête. Ces maladies étaient notamment de paludisme 47 %, la diarrhée 18 %, la fièvre typhoïde 26 %, les maladies de la peau (mycose) 5 %, de l'amibiase 3 % et de bilharziose 1 % (Figure 5).

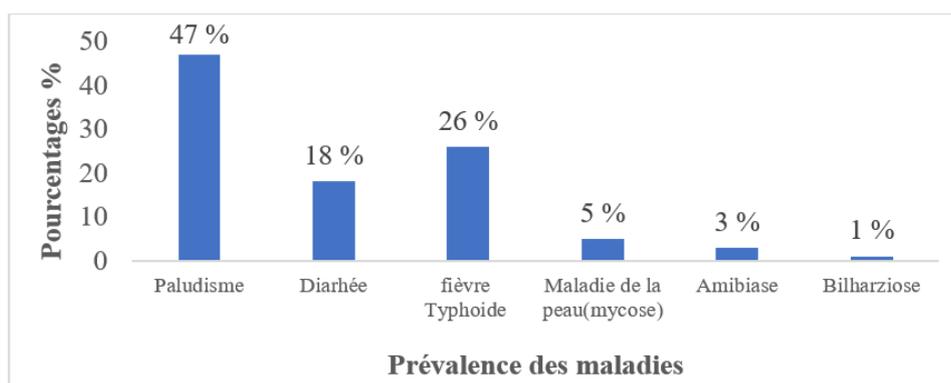


Figure 5 : Prévalence des maladies hydriques ou liées à l'eau des trois derniers mois

La fréquence de survenue des maladies hydriques ou celles liées à l'eau sont respectivement une fois par an pour 52 % des répondants, une fois par mois pour 27 % d'entre eux et enfin de deux fois par mois pour 21 % de ceux-ci (Figure 6).

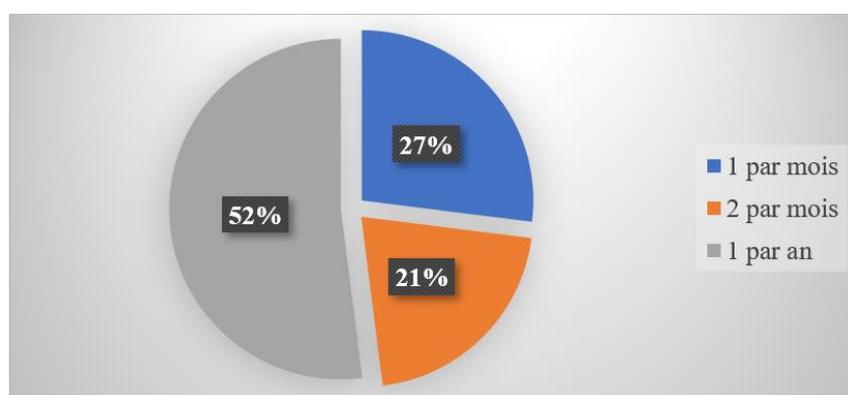


Figure 6 : Fréquence de maladie hydrique ou liée à l'eau dans la zone d'études

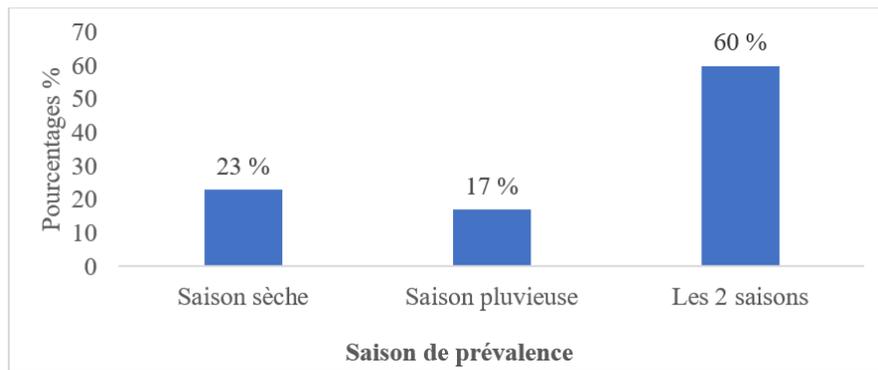


Figure 7 : Saison de prévalence des maladies hydriques ou liées à l'eau

La plupart des personnes interrogées ont été touchées par les maladies hydriques ou celles liées à l'eau pendant les deux saisons (60 %) tandis que pour 23 % d'entre eux c'est en saison sèche, contre 17 % d'avis favorables pour la saison pluvieuse (**Figure 7**). La plupart des enquêtés pensent que ces maladies sont liées à l'insalubrité (35 %), à la mauvaise qualité de l'eau de boisson (30 %), aux mauvaises pratiques d'hygiène (19 %) et d'autres (16 %) ont répondu ne pas avoir d'élément de réponse sur cette question (**Figure 8**).

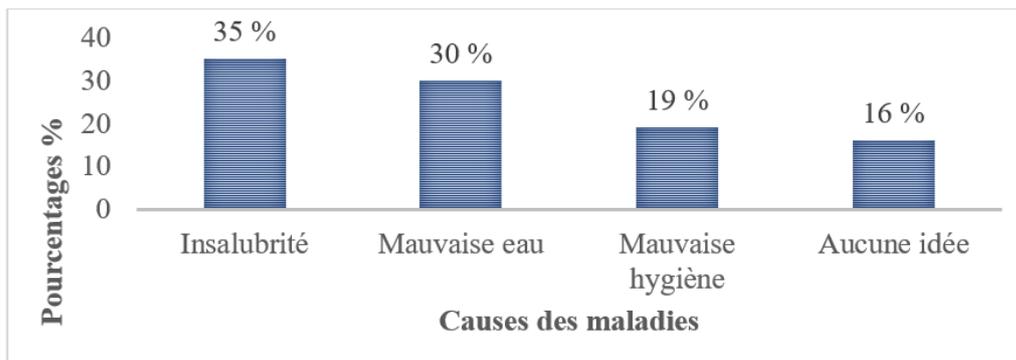


Figure 8 : Causes des maladies hydriques et liées à l'eau

4. Discussion

4-1. Composition physicochimique et bactériologique des eaux de surface et souterraines de la zone d'étude

Les eaux de surface de la zone d'étude n'ont montré aucune dégradation sur le plan physicochimique et microbiologique. L'ensemble des paramètres testés ont été conformes aux normes de qualité des eaux des milieux récepteurs édictés par le MINEPDED. Malgré cette bonne santé apparente des eaux, la présence des déchets solides et des indices de pollution comme l'eutrophisation du cours d'eau ATEMENGUE ont été observés, ce qui laisse douter de cette bonne qualité des eaux. Ce résultat pourrait s'expliquer par la périodicité des prélèvements et de l'analyse de ces eaux qui ont été examinées pendant la saison pluvieuse et tout aussi quelques jours après une pluie diluvienne. Par ailleurs, les débits ou bien les forts courants d'eau constatés serait tributaire de la bonne qualité des eaux observées [17]. Au niveau de tous les sites, les concentrations en coliformes fécaux ne dépassent le seuil fixé par l'OMS pour un rejet direct des eaux usées dans l'environnement (10^3 UFC/100 mL) et le niveau recommandé par l'OMS pour une utilisation d'eau destinée à l'irrigation des cultures [17]. Toutefois la présence des Coliformes fécaux dans ces différents échantillons

d'eau analysés, témoigne d'une contamination fécale de ces eaux. La pollution de l'eau dans les pays en voie de développement est souvent liée aux activités anthropiques dues à une urbanisation incontrôlable avec souvent l'absence de traitements adaptés des eaux usées générées et leur rejet direct dans le milieu naturel [18, 19]. Des coliformes fécaux ont également été relevés dans les eaux souterraines analysées de la zone d'étude, avec des concentrations au-dessus des valeurs recommandées par l'OMS pour les eaux de boisson. Des résultats similaires ont été obtenues par [20] travaillant sur les facteurs influençant la qualité de l'eau souterraine ont montré que la majorité des eaux usées des ménages sont déversées sur les terrains vagues sans traitement préalable. Ces eaux usées joueraient un rôle important dans la contamination chimique et bactériologique des eaux souterraines et de surface, faisant des quartiers à habitats spontanés des zones précaires concernant la qualité des ressources en eau [11]. [19] travaillant sur l'assainissement et l'impact sur la qualité des eaux souterraines ont mentionné que la forte croissance démographique s'accompagne d'un développement spatial anarchique des populations qui échappent à tout contrôle des pouvoirs publics. En effet, la disponibilité des ressources en eau est intrinsèquement liée à la qualité de l'eau. Les premières conclusions du programme mondial de surveillance de la qualité de l'eau montrent qu'une pollution grave par des agents pathogènes affecte environ un tiers de tous les cours d'eau en Amérique latine, ce qui met en péril la santé de millions de personnes [21, 22].

4-2. Impacts sanitaires des pratiques d'assainissement dans la zone d'étude

Les populations enquêtées ont été victime durant les six derniers mois des maladies hydriques ou des maladies liées à l'eau. L'origine de ces maladies pourrait être liée à la qualité de récipients utilisés pour conserver de l'eau de consommation, à la durée de conservation des eaux, à la pollution de la nappe par les activités anthropiques autour de l'ouvrage d'approvisionnement et au non-respect des pratiques d'hygiène par la population (activités commerciales proches des sources de pollution). La proximité avec les eaux usées peut engendrer des maladies à transmission féco-orale. Les eaux usées véhiculent un grand nombre de micro-organismes (virus, bactéries, protozoaires, helminthes). Ces germes plus ou moins pathogènes constituent un réel danger pour la santé des populations [22, 23]. En 2012, environ 842 000 décès dans les pays à revenu moyen et faible ont été provoqués par de l'eau potable contaminée, des installations de lavage des mains inadéquates et des services d'assainissement inappropriés ou inadéquats [24, 25].

5. Conclusion

L'objectif général de ce travail est de montrer l'impact des pratiques d'hygiène et d'assainissement sur la qualité des eaux de surface et souterraines dans une zone à habitat spontanés de la ville de Yaoundé. Au terme cette étude, il ressort que l'assainissement et la gestion des déchets solides présentent des défaillances, ce qui implique un rejet des déchets solides et liquides dans la nature sans traitement avec un impact notable sur les ressources en eau et l'environnement du quartier. Ces mauvaises pratiques portent atteintes à la santé des populations environnantes d'une part avec de nombreuses maladies hydriques observées. D'autre part la santé de l'environnement prend aussi un coup à travers ces mauvaises pratiques. Ainsi, ces résultats mettent en exergue la pollution d'origine anthropique dans les eaux de surface et les eaux souterraines et donnent l'alerte à la communauté en générale et celle de la ville de Yaoundé en particulier.

Références

- [1] - N. I. M. KENGNE, A. AMOUGOU, S. E. KENGNE, V. TSAMA, P. M. N. NGOUTANE, P. H. DODANE, D. KONÉ, Effects of faecal sludge application on growth characteristics and chemical composition of *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc. and Chase and *Cyperus Papyrus L.* *Ecological Engineering*, 34 (3) (2008) 233 - 242
- [2] - E. NGNIKAM, P. NAQUIN, R. OUMBE, B. DJIETCHEU, Evolution des caractéristiques des déchets solides ménagers dans la ville de Yaounde au Cameroun (1995-2015). *Déchets Sciences et Techniques*, 74 (2017) 1 - 16
- [3] - L. B. TCHUIKOUA, Gestion des déchets solides ménagers à Douala au Cameroun : opportunité ou menace pour l'environnement et la population. *Carnet de Géographie*, (2010) <https://doi.org/10.4000/cdg.2325>
- [4] - N. LETAH, S. KENGNE, D. WAFO, C. WANDA, A. RECHENBURG, N. KENGNE, Assessment of the faecal sludge management practices in households of a sub-Saharan Africa area and the health risks associated : the case study of Yaoundé, Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (5) (2019) 1 - 23
- [5] - D. P. MAFFO, S. KENGNE, D. WAFO, N. LETAH, M. ZUITCHOU, S. LIEGUI, C. WANDA, FOTSO, N. KENGNE, Quantification and characterization of faecal sludge from a tropical urban area : the case study of Douala. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (3) (2019) 105 - 113
- [6] - D. KONE, O. COFIE, C. ZURBRUGG, K. GALLIZZI, D. MOSER, S. DRESCHER, M. STRAUSS, Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. *Water Research*, 41 (19) (2007) 4397 - 4402
- [7] - C. DEFO, T. FONKOU, P. B. MABOU, P. NANA, Y. MANJELI, Collecte et évacuation de boues de vidange dans la ville de Bafoussam, Cameroun (Afrique Centrale). *La revue électronique en science de l'environnement*, (2015)
- [8] - J. NGAMBI, Déchets solides ménagers dans la ville de Yaoundé (Cameroun). De la gestion linéaire vers une économie circulaire. *Thèse de doctorat Université de Maine*, (2015) 492 p.
- [9] - J. SOTAMENOU, Proposition d'un outil d'évaluation du service public de gestion des déchets solides municipaux en Afrique. *Déchets sciences et techniques*, 76 (2018) 33 - 42, <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.3775>
- [10] - B. TCHUIKOUA et E. ELONG, La gestion des déchets solides ménagers à l'épreuve des pratiques urbaines à Douala (Cameroun) ». *Revue canadienne de géographie tropicale*, (2) 1 (2015) 38 - 46
- [11] - E. NGNIKAM, R. OUMBE, T. M. et S. HILIGSMANN, Mesure des tassements primaires et secondaires des déchets en décharge de classe II sous climat tropical humide. *Déchets Sciences et Techniques*, 77 (2018) 23 - 34. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.3834>
- [12] - H. C. LALANDER, G. B. HILL, B. VINNERAS, Hygienic quality of faeces treated in urine diverting vermicomposting toilets. *Waste Management*, 33 (11) (2013) 2204 - 2210
- [13] - A. BONOLI, S. ZANNI, E. AWERE, Organic waste composting and sustainability in low-income communities in Palestine : leçon from a pilot project in the village of Al jalameh, Jenin. *International Journal of recycling of organic waste in Agriculture*, 8 (2019) 253 - 262, <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0264-8>
- [14] - J. RODIER, B. LEGUBE, N. MERLET, L'analyse de l'eau, contrôle et interprétation. Dunod, (2009) 10^{ème} édition
- [15] - A. D. EATON, M. A. H. FRANSON & AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, *Standard methods for the examination public health and wastewater*. American public health association, Washington DC, (2005) 12 - 17

- [16] - A. D. TCHOUPOU et E. NGNIKAM, Contribution à l'amélioration de la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers au Cameroun : cas de la ville de Douala. *Déchets Sciences et Techniques*, 73 (2017) 1 - 8. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.3572>
- [17] - J. WETHE, M. RADOUX, E. TANAWA, Assainissement des eaux usées et risques socio-sanitaires et environnementaux en zones d'habitats planifiés de Yaounde (Cameroun). *VertigO. La Revue en science de l'environnement*, 4 (1) (2003) 12 p.
- [18] - A. NONO, J. D. H. LIKENG, J. G. WABO, T. YOUNBI, S. BIAYA, Influence de la nature lithologique et des structures géologiques sur la qualité et la dynamique des eaux souterraines dans les hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun. *Journal of Biological Chemistry and Sciences*, 3 (2) (2009) 218 - 239
- [19] - T. YOUNBI, R. FEUMBA, T. NJITAT, G. MARSILY, E. EKODECK, Pollution de l'eau souterraine et risques sanitaires à Yaounde Cameroun. *Comptes Rendus Biologies*, 336 (5-6) (2013) 310 - 316
- [20] - M. G. MPAKAM, K. B. V. KAMGANG, K. G. R. KOUM, T. TAMO & E. GEORGES, L'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les villes des pays en développement : Cas de Bafoussam (Cameroun). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 7 (2) (2006) 1 - 17
- [21] - PNUE, Vers une économie verte pour un développement durable et une éradication de la pauvreté. Rapport, (2011) 627 p.
- [22] - A. AKIL, T. HASSAN, E. H. FATIMA, B. LAHCEN, L. ABDERRAHIM, Etude de la qualité physicochimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. *European Scientific Journal*, 10 (23) (2014) 84 - 94
- [23] - S. O. DJOUSSI, N. GEORGES, E. NKENG, A. B. YOUSOUFA et C. D. MATCHINDA, Le secteur informel, un acteur majeur pour une collecte sélective des déchets dans les pays en développement : cas des déchets métalliques à Yaoundé (Cameroun). *Déchets Sciences et Techniques*, 78 (2018) 13 - 20. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.3849>
- [24] - J. R. NGAMBI, Les pratiques populaires à la rescousse de la salubrité urbaine : la précollecte, un service alternatif aux insuffisances du système formel de gestion des déchets à Yaoundé. *European Journal of Geography*, (2016), Espace, Société, Territoire, document 789. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.27782>
- [25] - OMS, Rapport sur le paludisme dans le monde. Année de progrès et de défis mondiaux, (2020)