

ORIGINAL ARTICLE**Surveillance De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique De Quelques Points D'eau Alimentant Les Cités Universitaires À Yaoundé (Centre, Cameroun)****Lucie Leme Banock¹, Tamsa Antoine Arfao¹, Moungang Luciane Marlyse¹, Olive Vivien Noah Ewoti^{1*}, and Moïse Nola¹.****¹Laboratory of Hydobiology and Environment, Department of Animal Biology and Physiology, Faculty of Sciences, University of Yaounde 1, PO Box 812.****Corresponding Author: Olive Vivien Noah Ewoti****Résumé**

Une étude visant à évaluer l'abondance de la bactérie *Vibrio cholerae* dans quelques systèmes aquatiques de la ville de Yaoundé, a été effectuée de février à Aout 2020. Des échantillons ont été prélevés sur 10 points d'eau de surface et souterrain. Les paramètres physicochimiques et bactériologiques a été effectué par les méthodes standards. Ainsi, les paramètres tels que la température, et l'O₂dissous entre autres ont été considérés. Les bactéries hétérotrophes aérobies mésophiles (BHAM) et la bactérie *Vibrio cholerae* ont été isolées, dénombrées sur milieux Plate Count Agar et Thiosulfate Citrate Bile Saccharose respectivement, par les techniques d'étalement en surface. Les données ont été analysées à l'aide des logiciels appropriés . Dans l'ensemble, les variations de température (22.1 à 28.5 °C) observées au cours de notre étude seraient liées à celles de la température ambiante. Concernant les BHAM, leurs densités moyenne ont été de 4,42 et de 4,13 log UFC/100mL respectivement dans le cours d'eau Olézoa et les différents puits. Les concentrations moyennes de *Vibrio cholerae* obtenues pendant la période d'étude sont 1,97 log UFC/100mL et 1,17log UFC/100mL respectivement pour le cours d'eau d'Olézoa et les puits. Quelques paramètres physicochimiques ont influencé la distribution de ces germes. Les eaux étudiées seraient impropres à toute consommation humaine sans traitements préalables.

Mots clés : Eau superficielle, eau souterraine, *Vibrio cholerae*.**Introduction**

La Terre est la seule planète du système solaire à disposer, grâce à sa position privilégiée de l'eau liquide à sa surface (Jacques, 1996). Cette eau occupe une place importante dans l'environnement parce qu'elle constitue une ressource alimentaire indispensable pour les plantes, les animaux en général et l'Homme en particulier (Neveu *et al.*, 2001). Elle est utilisée par l'Homme tant pour ses besoins alimentaires que pour ses activités agricoles, industrielles et lui sert de loisir (Neveu *et al.*, 2001). Ce pendant ces activités humaines sont aujourd'hui la principale cause de la forte dégradation des ressources en eau avec pour conséquence la dissémination dans l'environnement de plusieurs agents pathogènes

tels que les protozoaires, les virus et les bactéries entre autres responsables de nombreuses maladies (OMS, 2004).

A travers le monde, de nombreuses maladies infectieuses dont souffrent les hommes et les animaux sont d'origine hydrique (OMS, 2004). Ces dernières sont plus fréquentes dans les pays pauvres et en voie de développement, à cause de la précarité des conditions d'hygiène généralement associés au pouvoir d'achat très faible des populations (Nguendo *et al.*, 2008). L'environnement aquatique constitue l'habitat naturel pour les bactéries du genre *Vibrio*, l'une des espèces la plus redoutable en santé publique étant le *Vibrio cholerae* (Fournier *et al.*, 1998,

2000). Le genre *Vibrio* compte plus de soixante-dix espèces dont douze sont considérées comme pathogènes entraînant ces derniers temps des épidémies partout dans les pays en émergence (Cohen *et al.*, 2007 ; Quilici, 2011). Il s'agit des bactéries à Gram négatif hôte naturel du milieu marin et fluvial et particulièrement tous estuaire (Fournier et Quilici, 2002, Tamsa Arfao *et al.*, 2021b). La présence dans les cours d'eaux classe ces dernières de non recommandable pour la boisson, bien qu'il faille tenir compte de l'association établie entre les caractéristiques physico-chimiques de cette eau, et les plaintes formulées par les populations utilisatrices (Ntsama *et al.*, 2011).

Au Cameroun en général et dans la ville de Yaoundé en particulier les besoins croissants en eau liés à la démographie galopante contrastent avec l'indisponibilité de cette ressource dans les agglomérations. Cette situation oblige les populations à recourir à l'eau des puits, des sources et des rivières qui ne sont pas toujours de bonne qualité microbiologique pour satisfaire leurs besoins quotidiens (Villagènes, 2003). Ce mode d'approvisionnement s'effectue dans l'ignorance totale de la qualité de cette ressource, ce qui pourrait exposer les populations à des contaminations puisque l'OMS, 2006 estime que les mauvaises conditions d'alimentation en eau, en assainissement et hygiène sont à l'origine de 13,4% des maladies au Cameroun) (OMS, 2014). Au cours de la dernière épidémie de choléra dans certaines régions du Cameroun entre novembre 2018 et Mai 2019, l'eau a été identifiée comme le principal vecteur de la dissémination des germes.

Pour limiter la multiplication de cette bactérie dans l'organisme on fait recours à des antibiotiques qui vont agir en détruisant leur paroi cellulaire. Cependant, ces bactéries peuvent présenter une forme de sensibilité ou de résistance à certains antibiotiques. Dans la région de Yaoundé, les diarrhées non élucidées à travers les analyses de routine sont régulièrement signalées. Les études antérieures sur la qualité de l'eau ont montré la présence des *Vibrio* spp pathogènes. De plus, elles ont révélé que les eaux des cours d'eaux hébergent des concentrations variables des vibrions pathogènes pouvant atteindre des milliers d'UFC/100ml (Dib *et al.*, 2014 ; Koji *et al.*, 2017). Ces concentrations fluctuent en fonction des paramètres physicochimiques de l'eau

(Tamatcho, 2016). Ces études ont également pris en compte les facteurs environnementaux liés aux changements climatiques pour expliquer cette recrudescence de *Vibrio* (Ntsama *et al.*, 2017). Parmi les facteurs les plus cités l'on note la température, le pH et le potentiel nutritionnel des bactéries (copin *et al.*, 2014).

Outre ces informations, les données sur la variation de la dynamique d'abondance des *Vibrio cholerae* dans les cours d'eaux de grandes métropoles des pays en émergence ce sont peu actualisées. L'on sait peu de choses sur les paramètres environnementaux susceptibles d'influencer la résistivité/sensibilité de ces bactéries aux antibiotiques. La présente étude vise à surveiller sur le plan microbiologique, la qualité des eaux du cours d'eau Olezoa et son bassin versant à travers l'évaluation de la dynamique d'abondance des bactéries hétérotrophes aérobies mésophiles et de *Vibrio cholerae* dans les points d'eau de surface et souterraine du bassin versant du cours d'eau Olezoa et les paramètres abiotiques susceptibles d'influencer cette dynamique.

Matériel et méthodes

Localisation géographique

La ville de Yaoundé est située à environ 250km à vol d'oiseau de la côte atlantique, à 3°52' de latitude Nord et 16°04' de longitude Est (Santoir, 1995). Son relief assez accidenté avec une altitude moyenne de 800m, est dominé par des collines de 25 à 50m de hauteur (Kuete *et al.*, 2004). Son climat est du type équatorial à quatre saisons. Le sol sur un complexe géologique d'âge précambrien. Il est acide avec le fer inclus dans le mica noir et les grenats (Santoir, 1995).

Description du bassin versant et choix du cours d'eau

Le cours d'eau Olezoa a été choisi parce qu'il parcourt l'ensemble des cités d'habitation du Campus de l'Université de Yaoundé 1. Sa source principale de type rhéocrène est utilisée pour l'alimentation et la boisson par les étudiants. Il est situé entre 700 et 745m d'altitude ; long d'environ 8,25km, son bassin versant à un périmètre d'environ 2,3km². Son bassin versant est composé de plusieurs habitants dans la zone comprise entre la station du Centre Hospitalier Universitaire et le pont situé sur l'avenue Tsoungui Akoa « rue

cradat ». Environ 2m après la source on note déjà la présence des maisons, des puits et des toilettes. Un peu plus loin de la source, elle reçoit un petit affluent qui charrie les eaux usées non traitées de la cité et du restaurant universitaires. Ce cours d'eau se jette dans l'étang d'Obili servant à des fins piscicoles et dont la rive droite est constituée d'autres petits étangs artificiels servant de site pour la multiplication des alevins avant leur transfert dans le grand étang. Il chemine sur environ 1,25km à travers les habitations avant de recevoir un important tributaire charriant des eaux usées des quartiers situés sur le bassin notamment les lieux dits CRADAT, Orly cité U. Il suit son cours à travers les champs de cultures maraichères et rivières dans une zone marécageuse avant de se jeter dans la rive droite du Mfoundi en passant par les infrastructures notamment le stade militaire, l'avenue de France vers la station Mobile d'Olézoa au niveau du carrefour dit des trois statuts. Sur la rive droite du cours d'eau les activités sont dominées par tâches domestiques,

les petits métiers (commerce, couture, cordonnerie, lavage des voiture...) les activités champêtres et hospitaliers.

Contrairement à la rive droite, la rive gauche est caractérisée par une population très diversifiée. En amont, s'étale les bâtiments du campus Universitaire de Yaoundé I, des constructions hors norme des mini cités à travers quartiers dits « Cradat », Bonamoussadi.

Choix des sites

Les sites d'étude ont été choisis en fonction de leur accessibilité, des sources de pollution et de l'utilisation de l'eau faite par les populations riveraines (étudiants). Sur la base de ces critères, cinq stations O1, O2, O3, O4 et O5 ont été choisis le long du cours d'eau Olézoa dans le but de mieux apprécier le flux de contaminant transporté par ledit cours d'eau. Pour les eaux souterraines, cinq points d'eau de puits nommés P1, P2, P3, P4 et P5 ont été choisis dans le bassin versant du cours d'eau Olezoa (figure 1).

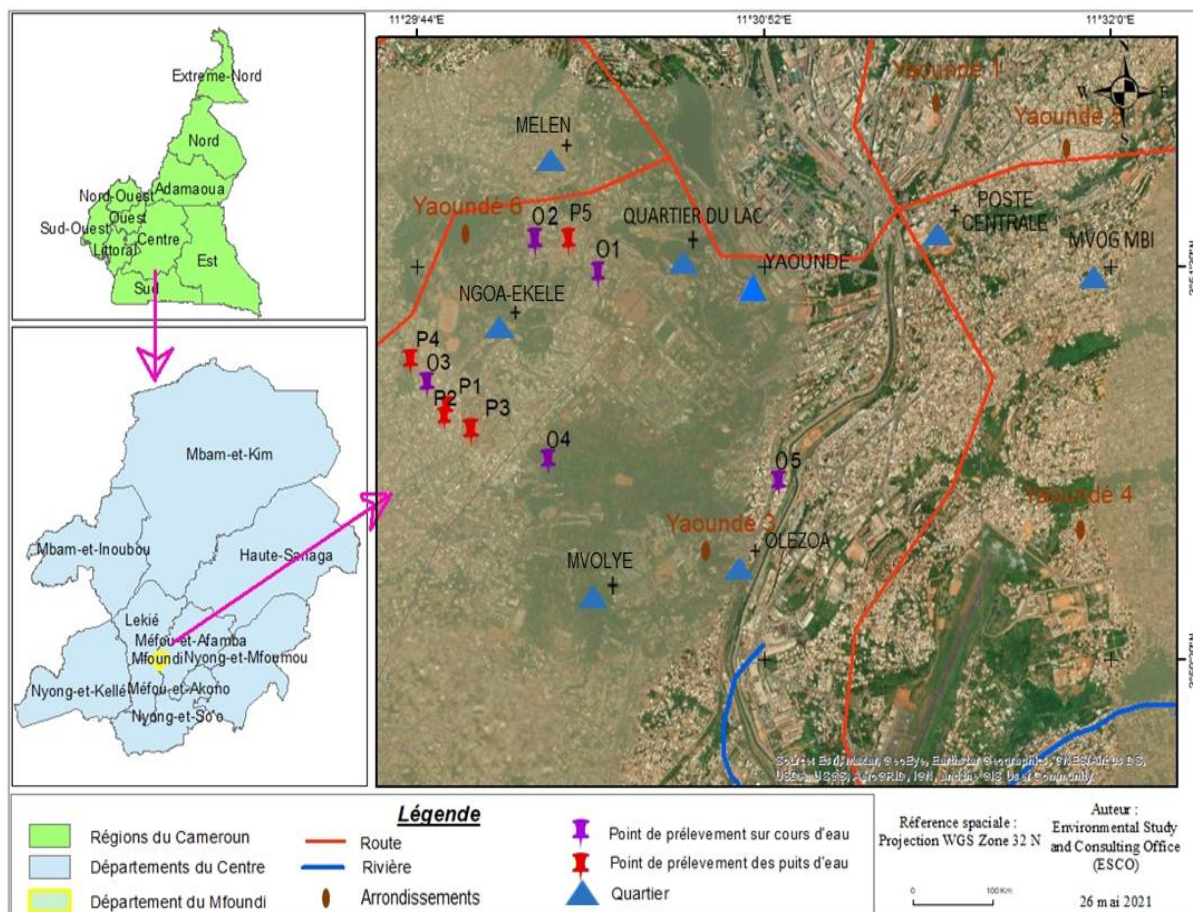


Figure 1: Emplacement des points d'eau de surface (O1, O2, O3, O4, O5) et d'eau de puit (P1, P2, P3, P4, P5) sur la carte hydrographique du Mfoundi (Environmental Study and consulting Office, Mai 2021)

Description des points d'échantillonnage

La station O1

De coordonnées géographiques N 3°51.40,418' et E 11°30.11,520', cette station est située sous un rocher est la source dudit cours d'eau (Olézoa) situé derrière l'amphi 700 du campus universitaire de Yaoundé I (Ngoa-Ekélé), cette source a un débit important et une certaine vitesse d'écoulement à sa sortie. Elle sert aussi de point de ravitaillement aux populations riveraines. Environ 2m après la station on note déjà la présence des maisons, des puits et des latrines et un champ herbacé (Figure 2A).

Station O2

De coordonnée géographique 03°51.44,52'N et 11°30.7,083'E, cette station est située à environ 500m de la source plus précisément au niveau du pont derrière les amphes 1001 et 1002 du campus Universitaire de Yaoundé I et qui mène à l'école normale supérieur polytechnique de Yaoundé. On note la présence des maisons, des boutiques sur la berge droite et des latrines ainsi que des tuyaux d'évacuation des déchets de ces toilettes sur la berge gauche. A environ 3m de la station on note une activité commerciale et un champ herbacés (Figure 2B).

Station O3

La station O3 de coordonnées géographiques N 3°51.7,794' et E 11°29.46,178', est située à environ 2km après la source au lieu-dit « le pont du parlement » et fortement peuplée. On note la présence des maisons, des toilettes et tuyaux d'évacuations de ces derniers sur la rive gauche ainsi qu'un garage et garderie de motos. Sur la rive droite on note la présence des boutiques, d'un garage de voiture, d'une laverie de moto, d'une menuiserie de bois et non loin un champ herbacé. L'eau de cette station n'est pas utilisable par les populations riveraines mais on note dans cette eau la présence des déchets ménagères (couches de

bébé, les ordures) (Figure 2C).

Station O4

Cette station de coordonnées géographiques N 3°50.54,038' et E 11°30.9,70', et d'altitude 5 mètres est située au lieu-dit « cité des nations » plus précisément au niveau du pont. On y rencontre sur la rive gauche de cette station un champ de culture de maïs. Sur la rive droite on note la présence d'un espace herbacé, d'une laverie de voitures, une cafeteria. Environ 50m après la station de prélèvement, elle reçoit un petit affluent qui charrie les eaux usées de la laverie. On y observe dans cette station des déchets ménagères (ordures, selles, couche de bébé...etc) (Figure 2D).

Station O5

De coordonnées géographiques N 3°50.50,202' et E 11°30.54,873' et d'altitude 5 mètres Cette station est situé au lieu-dit « trois statuts Olézoa » et dans une zone moins peuplé cas les habitations sont situées à environ 500m de la station. A 2m environ de la station on note la présence d'une structure automobile, et tout autour on y trouve des herbes qui envahissent la berge de part et d'autres ; tout près de la station elle reçoit un petit affluent qui charrie les eaux usées non traitées provenant des activités anthropiques. L'eau de cette station est utilisé par certains riverains pour le lavage des " sacs friperies " destinés à la vente et même le lavage des motos (Figure 2E).

Puits

Le tableau I montre la synoptique du résumé des caractéristiques et des coordonnées géographiques des puits d'eau analysés au cours de la période d'étude. Ces puits sont caractérisés par la présence ou l'absence d'une margelle, la présence (puits fermés, PF) ou l'absence (puits ouverts, PO) d'un couvercle et la présence d'une source ponctuelle de pollution.

Tableau I : Synoptique des caractéristiques et des coordonnées géographiques des différents puits.

Codes puits	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude	Distance source pollution	Types de pollution
PO1	3°51'3,82608''	11°29'49,76304''	715 mètres	5 mètres	Eaux vannes
PO2	3°51'1,68912''	11°29'49,41276''	714 mètres	7 mètre	Eaux vannes

PF1	3°50'3,82608''	11°29'57,73632''	714mètres	0 mètres	Eaux vannes
PO3	3°51'11,91276	11°29'42,8244	713 mètres	17 mètres	Eaux vannes
PF2	3°51'39,44988''	11°30'6,12144	739 mètres	10 mètres	Eaux vannes



Figure 2 : photographie des stations d'échantillonnages d'eaux étudiés A (Olézoa 1), B (Olézoa 2), C (Olézoa 3), D (Olézoa 4), E (Olézoa 5), F (Puits 1), G (Puits 2), H (Puits 3), I (Puits 4), J (Puits 5), (Photo auteurs).

Collecte des échantillons

Les échantillons d'eau pour les analyses physico-chimiques, ont été prélevés par des techniques appropriées dans deux lots de flacons en polyéthylène double bouchage par point et à

chaque campagne, un flacon de 250 mL et un autre flacon de 1000 ml, le tout transporté en enceinte réfrigéré (environ 4°C) au laboratoire et immédiatement analysés (Rodier *et al.*, 2009).

Tableau II: Parametres analysés, methodes d'analyse, appareil et unite de chaque paramètre (Rodier *et al.*, 2009).

Parametres	Technique	Site	Appareil	Unités
Temperature	Direct	In situ	Therrmomètre	°C
Ph	Direct	In situ	pH-mètre	C.U
Conductivity	Direct	In situ	Conductimètre	$\mu\text{S.cm}^{-1}$
Dissolved O ₂	Volumétrie avec le Na ₂ S ₂ O ₃	Laboratoire	Dispositif de titration	% saturation
Suspended Matter	Colorimétrie (810 nm)	Laboratoire	Spectrophotomètre	Mg.l ⁻¹
Color	Colorimétrie (455 nm)	Laboratoire	Spectrophotomètre	Pt.Co
Dissolved CO ₂	Volumétrie avec le HCl	Laboratoire	Dispositif de titration	Mg.l ⁻¹
PO ₄ ³⁻	Colorimétrie (880 nm)	Laboratoire	Spectrophotomètre	Mg.l ⁻¹
NO ₃ ⁻	Colorimétrie (570 nm)	Laboratoire	Spectrophotomètre	Mg.l ⁻¹
NH ₄ ⁺	Colorimétrie avec le réactif de Nessler (425 nm)	Laboratoire	Spectrophotomètre	Mg.l ⁻¹

Isolement, identification et dénombrement des BHAM et des *Vibrio cholerae*

Les échantillons d'eau destinés aux analyses

bactériologiques ont été recueillis dans des flacons en verre de 500 ml préalablement stérilisés puis transportés en enceinte réfrigérée au laboratoire (Rodier *et al.*, 2009).

Choix des germes

Les germes recherchés ont été les BHAM, les bactéries pathogènes *Vibrio cholerae*. Les BHAM ont été recherchées afin d'avoir une idée sur la flore totale mésophile revivifiables (Holt *et al.*, 2000). Les bactéries pathogènes *Vibrio cholerae* ont été choisies en raison de leur implication récurrente dans les maladies hydriques, les épidémies dans les pays en émergence et afin de conclure sur la qualité de l'eau (Minsanté, 2021).

Isolement des germes

L'isolement des germes a été effectué par la technique d'étalement en surface pour les BHAM et par la technique des membranes filtrantes pour *Vibrio cholerae*, avec des membranes en ester de cellulose - Millipore, Bedford, MA 01730 - de porosité 0,45 µm (Marchal *et al.*, 1991). Les milieux de culture utilisés ont été le PCA et le TCBS pour les BHAM et *Vibrio* respectivement (Holt *et al.*, 2000).

Dénombrement des germes viables

Le dénombrement des germes a été effectué par comptage direct des colonies aux caractères culturels variés pour les BHAM et aux caractères culturels satisfaisants pour les *Pseudomonas* et *Vibrio* jusqu'à épuisement de la gélose (Marchal *et al.*, 1991). Les caractères culturels de *Vibrio cholerae* sur le milieu TCBS sont de petite et grande taille, d'aspect lisse ou bombé, de couleur jaune et verte (Holt *et al.*, 2000). Pour chaque campagne d'échantillonnage, les bactéries isolées ont été dénombrées par comptage direct à l'aide d'un pointeur compteur de colonies (Diagnostic Pasteur, 1987). Les concentrations ont été exprimées en Unité Formant Colonie par 100mL (UFC/100mL).

Identification biochimique des germes

Pour l'identification des *Vibrio*, après la coloration de gram, des tests de base ont été réalisés à l'aide de la galerie classique. Cette identification a reposé sur la révélation de certains aspects particulièrement significatifs et stables du métabolisme des familles, des genres ou des espèces étudiées. Il s'agit d'un ensemble de réactions dont la somme des résultats équivaut au phénotype de la bactérie considérée classiques constituées de milieux contenus dans des tubes. Ils ont consisté en la recherche soit d'une enzyme, soit d'un produit rejeté après dégradation d'un

substrat, soit encore des potentialités de la bactérie à dégrader un substrat donné dans les conditions de l'expérience (Diagnostic Pasteur, 1987). Certains des métabolites produits ont été mis en évidence par des réactions colorées ou par addition de réactifs après 24 heures d'incubation à 37 °C. L'identification de la souche bactérienne a donc été obtenue par rapprochement et comparaison de son profil biochimique avec ceux préétablis de la galerie (Diagnostic Pasteur, 1987). Les identifications ont été réalisées sur les *Vibrio* dans le but de déterminer les espèces correspondantes aux colonies ainsi isolées sur boîtes de pétries et présentant les caractères culturels satisfaisants (Diagnostic Pasteur, 1987), mais aussi en raison de leur implication récurrente dans les maladies hydriques et les épidémies (Minsanté, 2021).

Analyse des données

Coefficient de corrélation « r » de rang de Spearman

Les corrélations entre les variables biologiques et abiotiques ont été calculées grâce au test de corrélation « r » de Spearman. Le logiciel SPSS version 16.0 a été utilisé.

Analyse comparative

Les tests H de Kruskal Wallis et U de Mann-Whitney ont permis d'effectuer les comparaisons entre les concentrations bactériennes d'une part et les paramètres physicochimiques grâce au logiciel SPSS version 20.0. La différence entre les paramètres étudiés était considérée comme significative lorsque P value était inférieure à 0,05 (P < 0,05), et non significative lorsque P value était supérieure à 0,05 (P > 0,05).

Analyse en Composantes Principales (ACP)

Une ACP a été effectuée pour caractériser les stations d'échantillonnage sur la base de l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés ainsi que les affinités biologiques à différentes stations tout au long de l'étude. Cette méthode de statistique factorielle descriptive a pour objectif de présenter sous forme graphique, le maximum des informations contenues dans un tableau de données de taille importante. Dans le cadre de cette étude, c'est la matrice de corrélation qui a été utilisée.

Résultats et discussion

Présentation de la qualité hydrologique et physico-chimique des points d'échantillonnages

Variables hydrologiques

Vitesse d'écoulement des eaux

La valeur la plus élevée de la vitesse d'écoulement des eaux est enregistrée à la station d'Olézoa 2 (0,21m/s) suivie respectivement de

Olézoa 3 (0,25m/s), Olézoa 1 (0,28m/s) Olézoa 4 (0,32 m/s) et Olézoa 5 (0,46 m/s) (Tableau III).

Débit découlement

Les débits ont été déterminés à partir du produit de la section mouillée et de la vitesse d'écoulement. La valeur maximale a été obtenue à la station Olézoa 5 (0,381 m³/s) et la valeur minimale est obtenue au niveau de la station olézoa 2 (0,017 m³/s) (Tableau III).

Tableau III : Paramètres hydrologiques des stations d'échantillonnage

	Stations				
	O1	O2	O3	O4	O5
Largeur du lit (m)	3,00	1,37	2,63	5,73	3,19
Section mouillée (m²)	0,28	0,08	0,83	1,11964	0,83
Vitesse (m/s)	0,28	0,21	0,25	0,32	0,46
Débit (m³/s)	0,078	0,017	0,206	0,358	0,381

Variables physiques

Les variations spatiotemporelles des paramètres physiques sont présentées par la figure 3.

Température

Les valeurs des températures des eaux de surface oscillent entre 22,1 et 28,5°C, la valeur maximale a été enregistrée à la station d'Olezoa 2 au mois de Juillet et la valeur minimale à la station d'Olezoa 4 au mois de juillet. Dans les eaux souterraines, les valeurs de la température varient entre 23,7 et 26,5°C la température la moins élevée a été enregistrée au mois de Juin dans le puits P2 et la plus élevée au mois de d'Août dans le puits 5 (figures 3).

Matières En Suspensions

Les teneurs de matières en suspensions fluctuent entre 0-109 mg/L dans les eaux de surface, la valeur maximale a été observée au mois de Juin à la station d'Olezoa 2 et la valeur minimale aux mois de Mars, juin, et Juillet à la station d'Olezoa 1. Dans les eaux souterraines, les teneurs des

matières en suspensions varient de 0-27 mg/L la valeur maximale a été enregistrée au mois de Juin dans le puits 5 et la valeur minimale aux mois d'Avril dans le puits 1, au mois de Mars et Juin dans le puits 2, au mois de mars dans le puits 3 et au mois de Juillet dans les puits 4 et 5 (figures 3).

Couleur

Les valeurs de la couleur varient entre 0-703 Pt.Co dans les eaux de surface. La valeur maximale a été observée au mois de Juin à la station Olezoa 2 et la valeur minimale aux mois de Mars, Juin et Juillet à la station Olezoa 1. Dans les eaux souterraines, les valeurs de la couleur fluctuent entre 0-71 Pt.Co La valeur maximale a été observée au mois d'Avril dans le puits 1 et la valeur la plus faible a été enregistrée à la fois dans les stations P2 et P4 respectivement aux mois de juin et juillet. Ce pendant on constate que les valeurs de la couleur sont plus élevées dans les eaux de l'Olézoa que dans celle des puits (figures 3).

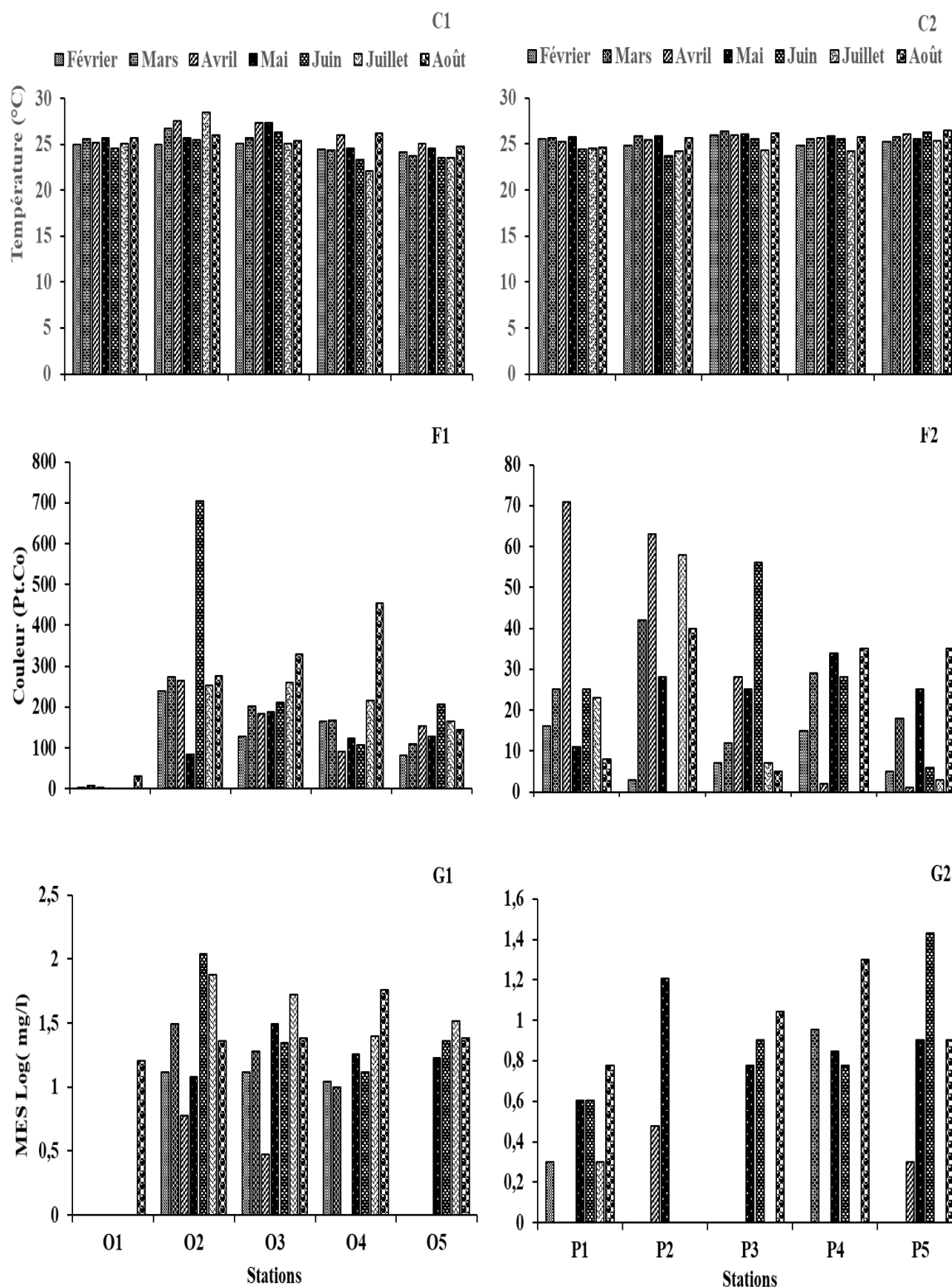


Figure 3 : Variations spatio-temporelles des paramètres physiques mesurés pendant la période d'étude au niveau du cours d'eau Olézoa et des Puits de Bonamoussadi (A1 et A2 : Température; F1 et F2 : Couleur; G1 et G2 : M.E.S).

Variables chimiques

pH

Les valeurs du pH ont fluctué entre 5,21-8,67 UC dans les eaux de surface ; la valeur maximale a été

observée au mois de Juillet à la station olezoa 2 et la valeur minimale au mois de Février à la station Olezoa 1(figures 4 A1). Dans les eaux souterraines ces valeurs ont varié entre 4,03 et 8,77 les valeurs maximale et minimale ont été

observées dans le puits 1 respectivement au mois de Juillet et Février (figures 4A2).

Conductivité électrique

Les valeurs de conductivité électrique ont oscillé entre 128-860 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux de surface. La valeur maximale a été enregistrée au mois de Mars à la station Olezoa 2 et la valeur minimale au mois d'Août à la station Olezoa 1 (figures 4 B1). Dans les eaux des puits, la conductivité électrique a oscillé entre 38-990 $\mu\text{s}/\text{cm}$ la valeur maximale ayant été observée au mois d'Avril dans le puits 1 et la valeur minimale au mois d'Août dans le puits 5 (figures 4B2).

Nitrates

Les teneurs en nitrate dans les eaux de surface varient entre 0,5-10,5 mg/L la valeur maximale a été notée à la station Olezoa 2 au mois de Mai et la valeur minimale à la station Olezoa 5 au mois de Février (figures 4 H1). Dans les eaux souterraines les valeurs de nitrate varient entre 0-14mg/L. la valeur maximale a été notée au mois de Mars dans le puits 1 et la valeur minimale au mois de Mai dans le puits 3 (figures 4H2).

Azote ammoniacal

Les valeurs de l'azote ammoniacal ont oscillé entre 0-9,6 mg/L dans les eaux de surface. La valeur maximale a été enregistrée au mois de Mai à la station Olezoa 2 et la valeur minimale aux mois de Mai et Juin à la station Olezoa 1 (figures 4'I1). Dans les eaux souterraines elles ont oscillé entre 0-7,08 mg/L ; la valeur maximale a été enregistrée au mois de Février dans le puits 1 et la valeur minimale au mois d'Août dans les puits 1 et 4 et au mois de Juin dans le puits 5

(figures 4'I2).

Phosphate

Les valeurs de phosphate varient entre 0-2534 mg/L dans les eaux de surface. La valeur maximale a été enregistré au mois de Février à la station Olezoa 2 et la valeur minimale au mois de Février à la station Olezoa 1 et au mois de Juillet aux stations Olezoa 1,3 et 5 (figures 4'J1). Elles ont varié entre 0-16,01 mg/L dans les eaux souterraine, la valeur maximale ayant été enregistrée au mois d'Avril dans le puits 1 et la valeur minimale aux mois de Février, Juillet et Août dans le puits 1, aux mois de Février, Mai et Juin dans les puits 2 et 3, au mois de Juillet dans le puits 2, aux mois de Février et Juin dans le Puits 4 et aux mois de Février et Juillet dans le puits 5 (figures 4'J2).

Oxygène dissous

Dans les eaux de surface les valeurs de l'oxygène dissous ont fluctué entre 0,6 et 38,72 mg/L. la valeur maximale a été enregistrée au mois de Juin à la station Olezoa 5 et la valeur minimale au mois de Mars aux stations Olezoa 1 et 5 (figures 4'K1). Dans les eaux souterraines les valeurs de l'oxygène dissous ont varié de 0,6-8,2 mg/L, la valeur maximale a été enregistrée au mois d'Avril dans le puits 4 et la valeur minimale aux mois de Février, Mars et Mai dans le puits 1 et au mois de Mars dans le puits 5 (figures 4'K2).

Dioxyde de carbone dissous

Les valeurs de CO_2 dissous des eaux de surface occillent entre 15,84-38,72 mg/L, la valeur maximale a été enregistrée au mois de Février à la station Olezoa 1 et la valeur minimale au mois d'Août à la station Olezoa 4 (figures 4'L1). Dans les eaux souterraines les valeurs du CO_2 dissous varient entre 1,76-52,8 mg/L, la valeur maximale a été enregistrée au mois d'Août dans le puits 4 et la valeur minimale au mois de Février dans les puits 1 et 4 (figures 4'L2).

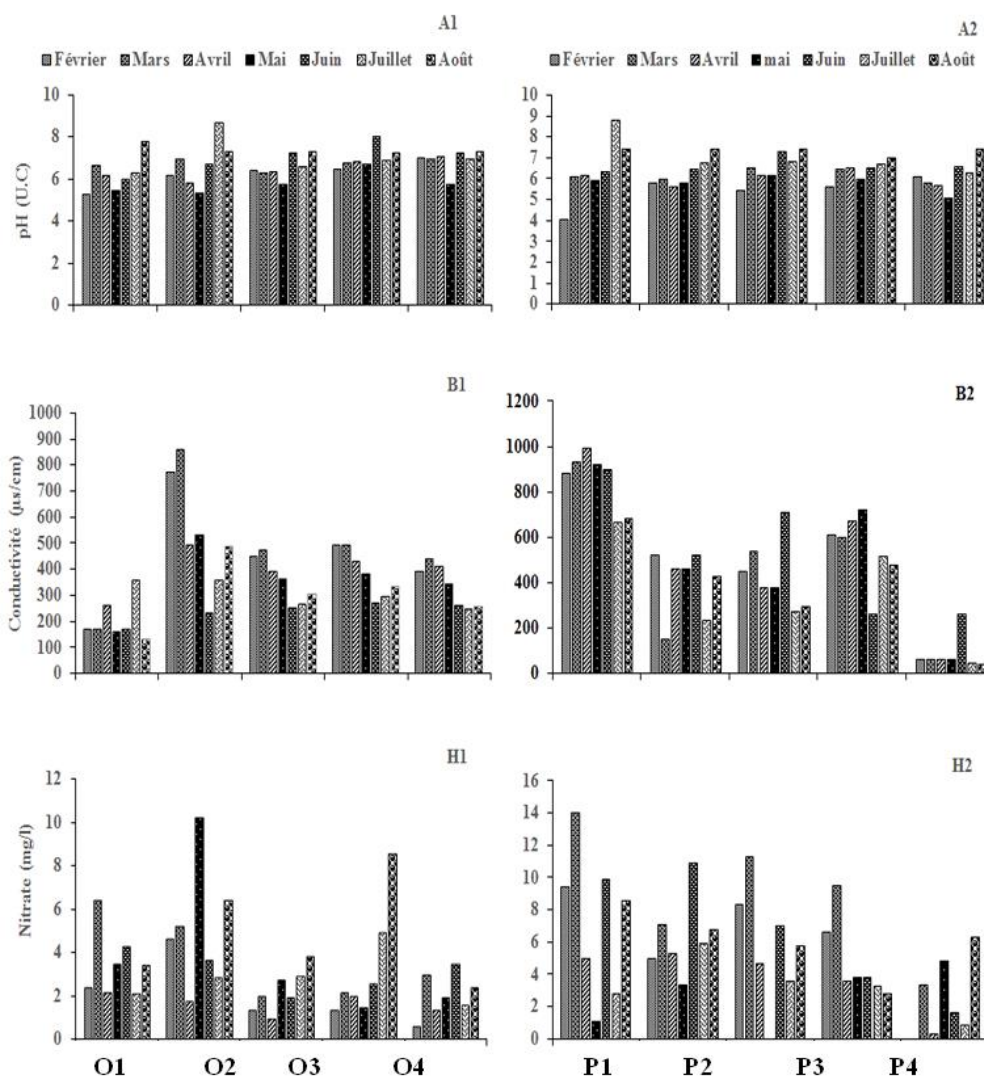


Figure 4 (A) : variation spatio-temporelle des paramètres chimiques mesurés pendant la période d'étude au niveau du cours d'eau Olézoa et des puits de Bonamoussadi (A1 et A2 : pH, B1 et B2 : Conductivité, H1 et H2: Nitrate).

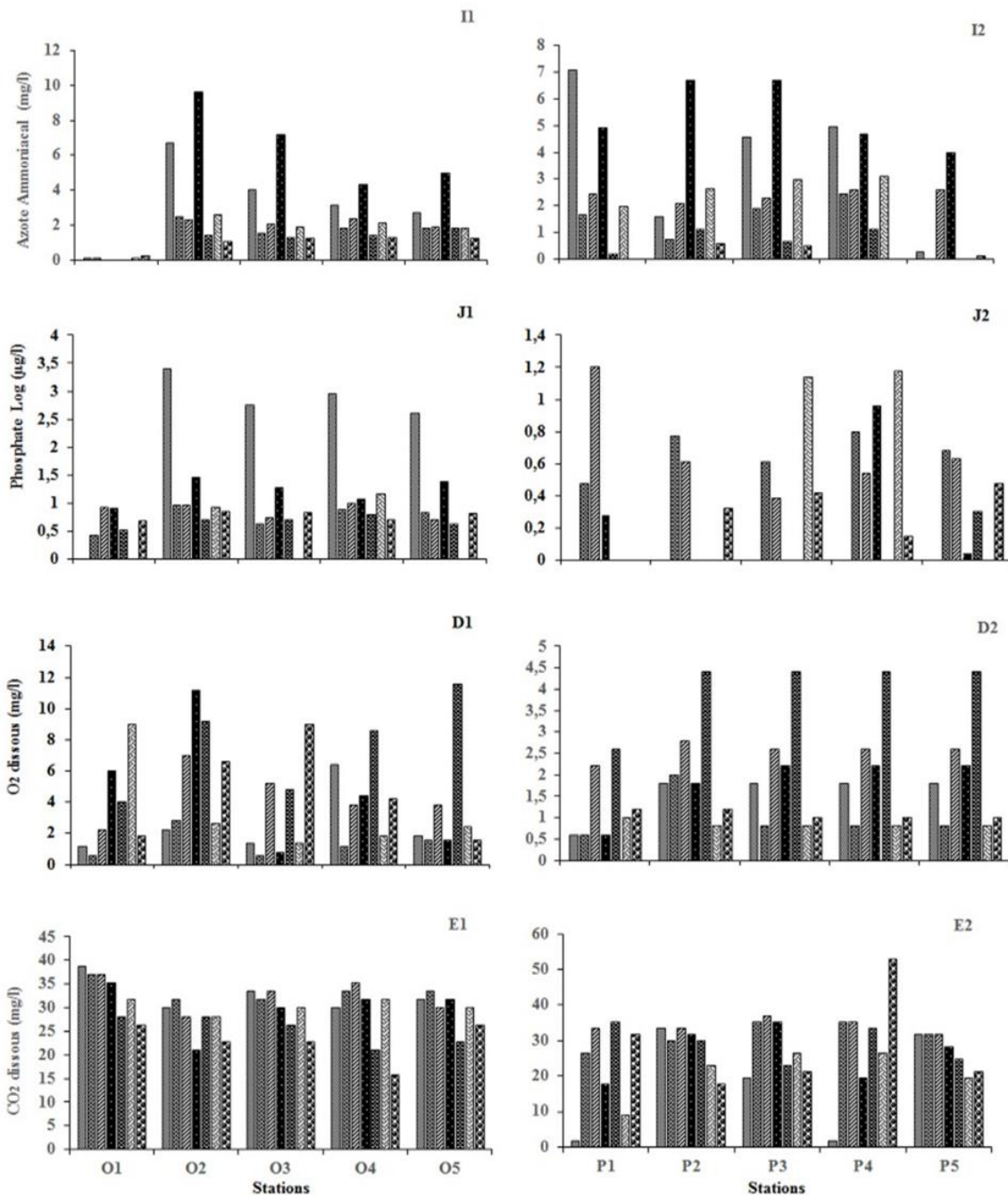


Figure 4 (B) : Variation spatio-temporelle des paramètres chimiques mesurés pendant la période d'étude au niveau du cours d'eau Olézoa et des puits de Bonamoussadi (I1 et I2 : Azote ammoniacal, J1 et J2 : Phosphore, D1 et D2 : O₂ dissous, E1 et E2 : CO₂ dissous).

Figure 4' : Variation spatio-temporelle des paramètres chimiques mesurés pendant la période d'étude au niveau du cours d'eau Olézoa et des puits de Bonamoussadi (I1 et I2 : Azote ammoniacal, J1 et J2 : Phosphore, D1 et D2 : O₂ dissous, E1 et E2 : CO₂ dissous).

Caractérisation bactériologique des eaux collectées

Aspect qualitative

Isolement des germes

Les cultures sur milieu gélose standard (PCA) ont permis d'isoler des colonies bactériennes de formes, couleurs tailles et aspect variables (figure 5). L'isolement sur la gélose TCBS, l'observation microscopique nous a permis de détecter la présence des colonies de *Vibrio cholerae* sur la base de leurs caractères cultureux. Ce sont des colonies jaunes et plates de 2 à 3 mm de diamètre (figure 5).

Identification des bactéries du genre *Vibrio* isolées et composition taxonomique

La colonie de *Vibrio cholerae* ci-dessous a été identifiée au moyen d'observation microscopique et des tests biochimiques. L'observation à l'état frais et la coloration de Gram des souche bactérienne isolée a montré respectivement des cellules incurvées en virgules, à Gram négatif et mobiles. Les tests réalisés à partir de cette colonie

nous a permis de confirmer l'espèce de *Vibrio cholerae* (figure 5). Le Tableau IV présente les différents tests d'identification réalisés sur la souche bactérienne isolée et leurs résultats. Il ressort que *V. cholerae* est un bacille incurvé de coloration Gram négative, qui fermente le glucose et le lactose et ne produit pas de gaz ni de sulfure d'hydrogène.



Figure 5 : Photographie des colonies de BHAM (A) et *Vibrio cholerae* sur les géloses PCA et TCBS respectivement (Source : Auteurs).

Tableau IV : Description des tests d'identification des colonies de *Vibrio* isolées.

Galerie classique	<i>V. cholerae</i>	Description du résultat	Interprétation
Coloration de Gram	-	Coloration de Gram négative	Paroi moins épaisse
Oxydase	+	Oxydase positive	Caractéristique de pathogénicité
Uréase	+	Uréase positive	
Indole	+	Indole positif	
Citrate de Simmons	+	Citrate positive	
Fermentation du lactose	+	Lactose positive	
Fermentation glucose	+	Glucose positive	
Gaz	-	Gaz négatif	-
H ₂ S	-	H ₂ S négatif	-
Mannitol mobilité	+	Mobilité positive	Présence de flagelle polaire

Analyse quantitative

Eau du cours d'eau Olézoa

En générale, les colonies de BHAM (figure 6) ont été présentes durant presque toute la période d'étude et ont dominé sur la communauté bactérienne identifiée. La valeur de BHAM la plus élevée 6,34 unités (log UFC/100 ml d'eau), a été enregistrée à la station O2 au mois de mai et la valeur la plus faible 0 unité (log UFC/100 ml d'eau), a été enregistrée à la station O1 aux mois de mars, mai et août. Toutefois, une valeur moyenne de $4,42 \pm 1,61$ unités (log UFC/100 ml

d'eau) a été enregistrée durant la période d'étude. La valeur la plus élevée des colonies de *Vibrio cholerae* 4,27 unités (log UFC/100ml d'eau), a été obtenue à la station O2 au mois d'août et la plus faible valeur 0 unité (log UFC/ 100ml d'eau), a été obtenue à la station O1, O2, et O5 au mois de Mars et Avril, et à la station O4 au mois de Février.

Eau des puits dans le bassin versant de l'Olezoa

Au niveau des puits la valeur maximale de BHAM 5,31 unités (log UFC/ 100ml d'eau) a été enregistrée en Mai dans le puits5 et la valeur minimale 3 unités (log UFC/ 100ml d'eau) a été enregistrée aux mois

de Juin et d'Août dans le puits 1. Pour les abondances de *Vibrio cholerae* on a enregistré une valeur maximale 3,35 unités (log UFC/ 100ml d'eau) dans le puits 5 au mois de Mai et une valeur minimale 0

unité (log UFC/ 100ml d'eau) au mois de Février dans les puits 1, 2, et 5 ; au mois de Mars dans les puits 2 et 3 ; au mois d'Avril dans les puits 1, 3 et 4 et au mois de Juin dans le puits 4. (Figure 6)

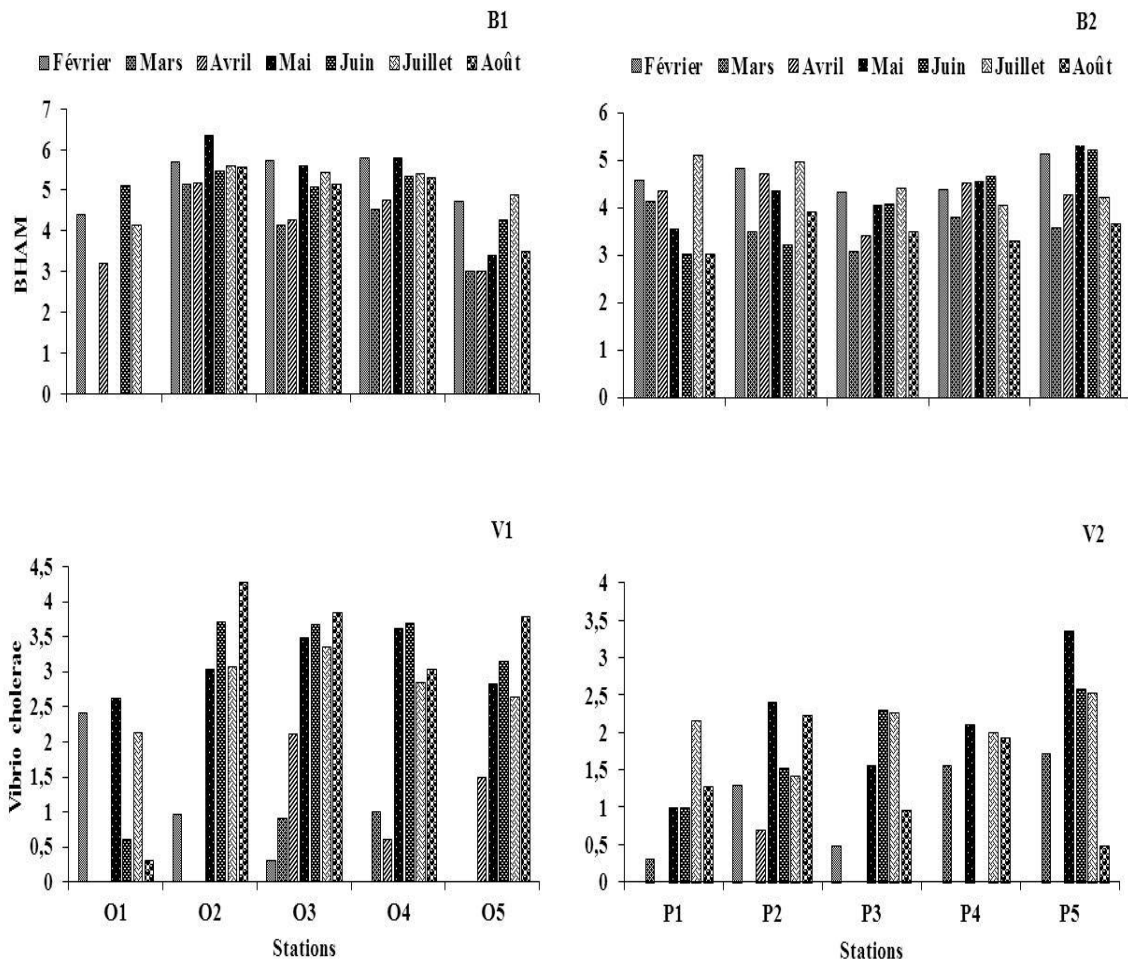


Figure 6 : variations spatio-temporelles des abondances des bactéries isolées pendant la période d'étude au niveau de l'Olézoa et des puits de Bonamoussadi.

Relations entre les paramètres étudiés

Corrélation entre les variables bactériologiques, physicochimiques et hydrologique du cours d'eau d'Olézoa

Les corrélations entre les paramètres physico-chimiques et les densités bactériennes ont été effectués à l'aide du test de corrélation « r » de spearman. Il en ressort qu'une corrélation très significative ($P < 0,01$) et positive existe entre les abondances de *Vibrio cholerae* et les MES ($r = 0,607$). Une même observation a été faite entre les BHAM et les paramètres tels que la couleur ($r = 0,465$), les MES ($r = 0,464$), teneur en PO_4^{3-} ($r = 0,478$) et en NH_4 ($r = 0,572$). Les corrélations

significatives ($P < 0,05$) et positives ont été enregistrées d'une part entre *Vibrio cholerae* et la couleur ($r = 0,388$) et d'autre part entre les BHAM et la conductivité électrique ($r = 0,427$) (Tableau V).

Une corrélation très significative ($P < 0,01$) et négative existe entre les densités de *Vibrio cholerae* et le dioxyde de carbone ($r = -0,567$). Une corrélation significative ($P < 0,05$) et négative existe entre les BHAM et le dioxyde de carbone ($r = -0,386$) (Tableau V). Il est à noter qu'aucun paramètre hydrologique (la largeur et la vitesse) du cours d'eau d'Olézoa n'a influencé significativement les densités bactériennes.

Tableau V : corrélation entre les bactéries isolées, les paramètres physicochimiques et hydrologiques mesurés de l'Olézoa.

Variables physicochimiques	Variables bactériologiques		Variables hydrologique	
	<i>Vibrio cholerae</i>	BHAM	Largeur	Vitesse
pH	0,302	-0,041	0,145	0 ;219
Conductivité électrique	-0,268	0,427*	-0,179	-0,103
Température	0,015	0,076	-0,494**	-0,441**
O ₂ dissous	0,329	0,266	-0,082	0,146
CO ₂ dissous	-0,567**	-0,386*	0,082	-0,016
Couleur	0,388*	0,465**	-0,242	-0,216
MES	0,607**	0,464**	-0,110	-0,071
NO ₃ ⁻	0,250	0,125	-0,287	-0,190
PO ₄ ³⁻	-0,165	0,478**	-0,103	0,038
NH ₄ ⁺	-0,065	0,572**	-0,083	0,074
Vitesse	-0,137	-0,190	1,000	0,582**
Largeur de la station	-0,040	-0,076	0,582**	1,000

* : P<0,05 ** : P<0,01 ddl = 34

Corrélations entre les variables bactériologiques, physicochimique et morphométriques des puits

Une corrélation très significative (P<0,01) et positive a été enregistrée entre la colonne d'eau et la conductivité électrique (r=0,520) (Tableau VI). De même, une corrélation significative (P<0,05) et négative a été observée entre les densités des

BHAM et la teneur en NO₃⁻ (r=-0,364). Il est à noter par ailleurs qu'aucun des paramètres physicochimiques mesurés n'a influencé significativement les densités de *Vibrio cholerae* de même aucun des paramètres morphométriques tels que le niveau piézométrique et la colonne d'eau n'ont influencés significativement les abondances bactériennes (tableau VI).

Tableau VI : corrélation entre les bactéries isolées, les paramètres physicochimiques et morphométriques des puits.

Variables physicochimiques	Variables bactériologiques		Variables morphométrique	
	<i>Vibrio cholerae</i>	BHAM	Niveau piézométrique	Colonne d'eau
PH	0,259	-0,271	-0,165	-0,221
Conductivité électrique	-0,138	-0,167	0,520**	-0,779**
Température	-0,148	-0,196	0,102	0,326
O ₂ dissous	-0,040	0,070	-0,009	0,181
CO ₂ dissous	-0,228	-0,270	0,111	-0,146
Couleur	0,020	-0,006	-0,004	-0,220
MES	0,301	0,084	-0,132	-0,056
NO ₃ ⁻	-0,272	-0,364*	0,131	0,254
PO ₄ ³⁻	-0,107	-0,165	0,168	-0,065
NH ₄ ⁺	-0,106	0,332	0,235	-0,196
Colonne d'eau	-0,111	-0,108	1,000	-0,620**
Niveau piézométrique	0,096	0,197	-0,620**	1,000

* : P<0,05 ** : P<0,01 ddl = 34

Corrélations entre les variables bactériologiques du cours d'eau Olézoa et des puits étudiés

Les relations entre les différentes variables bactériologiques ont été effectuées. Il a été

constaté que les abondances de *Vibrio cholerae* augmentent très significativement ($p < 0,01$) avec celles des BHAM respectivement au niveau des puits ($r = 0,146$) et au niveau du cours d'eau ($r = 0,320$). (Tableau VII).

Tableau VII : corrélation entre les différentes variables bactériologiques du cours d'eau d Olézoa et des puits étudiés.

Stations	Variables bactériologiques	<i>Vibrio cholerae</i>	BHAM
Olézoa	<i>Vibrio cholerae</i>	1	0,320**
	BHAM	-	1
Puits	<i>Vibrio cholerae</i>	1	0,146**
	BHAM	-	1

Comparaison entre les différentes variables

La comparaison entre les variables physico-chimiques et microbiologiques pendant la période d'étude a été effectuée à l'aide du test H de Kruskal-Wallis. De ce test, il en ressort que la conductivité électrique présente une différence significative ($p < 0,05$) entre les stations. Le test de comparaison de Mann-Whitney a été effectué afin de savoir entre quelles stations a varié ce paramètre ; il ressort que des différences significatives ($p < 0,05$) existent d'une part entre la station O1 et les autres stations O2 ($s = 0,005$), O3 ($s = 0,010$), O4 ($s = 0,006$), et O5 ($s = 0,024$); et d'autre part entre la station P5 et les autres stations P1 ($e = 0,001$), P2 ($e = 0,004$), P3 ($e = 0,001$) et P4 ($e = 0,002$). Aucune différence significative n'a été enregistrée en ce qui concerne les variables biologiques.

Analyse en composantes principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) appliquée aux différentes variables biologiques et physicochimiques montre un regroupement des paramètres autour des points d'échantillonnage en 3 noyaux. (Figure 7). Dans le premier noyau (N1) qui englobe les stations O2 et O3, les paramètres tels que la couleur, les orthophosphates, l'ammonium, les Matières En Suspension (MES), le pH, et l'oxygène dissous sont positivement associés à l'augmentation des abondances de *Vibrio cholerae* et des BHAM.

Dans le noyau N2 englobant les stations P1, P2, P3, P4 et P5 une forte affinité a été observée entre la conductivité, la température, le nitrate, la colonne d'eau et le niveau piézométrique. On note cependant une absence des espèces bactériennes. En ce qui concerne le noyau N3, englobant les stations O1, O4 et O5, on note une affinité entre la section mouillée, la vitesse, le débit, la largeur et le CO_2 dissous.

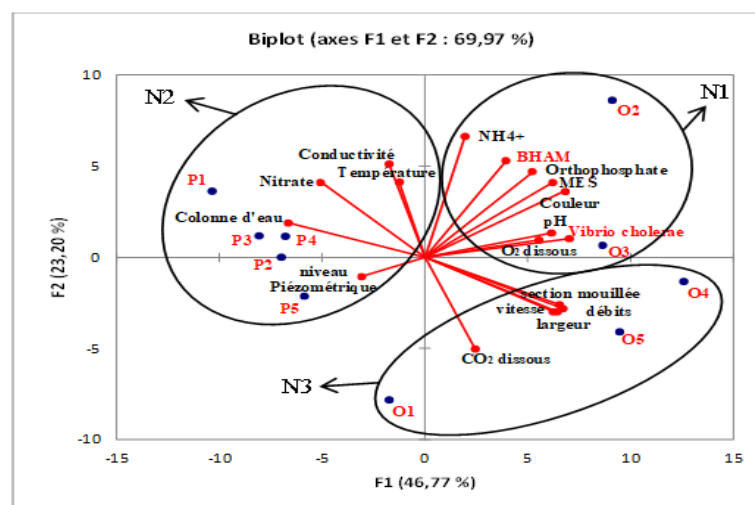


Figure 7 : Analyse en Composantes Principales des paramètres physico-chimiques et biologiques pendant la période d'étude.

Discussion

Paramètres hydrologiques et morphométriques

La vitesse d'écoulement des eaux de l'amont vers l'aval présente une irrégularité qui serait due aux différents degrés d'inclinaison de la pente du lit du cours d'eau mais aussi aux apports d'eau latéraux des différents affluents et des eaux de pluies. En effet Hebert *et al.*, (2001) soulignent que lorsque la pente d'un cours d'eau s'adoucit, l'eau ralentit sa course.

La mesure du niveau piézométrique permet de suivre la hauteur de la colonne d'eau. Il fluctue entre 38 et 243 cm. Ces fluctuations pourraient être dues à la fréquence d'utilisation de ces eaux par les populations locales, et à la saisonnalité. L'augmentation du niveau piézométrique entraîne la diminution de la hauteur de la colonne d'eau qui est restaurée avec un certain retard dans le temps, par infiltration des eaux de la nappe (Nola, 2005).

Paramètres physico-chimiques

Au cours de la période d'étude la température des eaux étudiées au niveau du cours d'eau d'Olezoa fluctue entre 22,1 °C et 28,5 °C. Cette faible variation enregistrée peut être due aux différentes saisons traversées (sèche et pluvieuse) ou à l'influence de l'ensoleillement, car les rayons solaires parviennent directement à la surface du cours d'eau. Au niveau des puits la température a également peu varié (23,7 °C et 26,5 °C). Ces faibles valeurs s'expliqueraient par le fait que ces eaux ne sont pas en contact direct avec le soleil. Ces données de température obtenues au cours de la période d'étude sont proches de celles obtenues par Ntsama Mballa *et al.*, (2017) et Noah Ewoti *et al.*, (2021), qui ont étudié la qualité physico-chimique et microbiologique du cours d'eau Nyong et quelques cours d'eau de l'arrondissement de Nkolafamba respectivement. Cette différence serait due au changement de zone agro-écologique et à la variation de la température ambiante. En effet, la température de l'eau est directement tributaire de la température de l'air et de la période d'échantillonnage (Rodier *et al.*, 2009). Il est important de noter qu'une forte température pourrait impacter sur l'activité métabolique et enzymatique des bactéries (Capello et Guglielmino, 2006).

Les teneurs en MES et de la couleur sont plus

élevées dans les eaux superficielles que dans les eaux souterraines. Ces résultats obtenus seraient dus aux eaux usées riches en matières organiques qui s'y déversent. D'après Rodier *et al.*, (2009), les eaux sont d'autant plus turbides et colorées que la densité des particules en suspension est forte. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie et des rejets. Au niveau des puits, la présence de MES seraient dues à la pollution organique associée au mauvais entretien et à la mauvaise protection caractérisée par l'absence de couvercle. En effet, Boutin (1993) souligne que le mauvais état de protection des puits favorise la pénétration des eaux de ruissellement le plus souvent chargées de débris animaux et végétaux.

Les valeurs de pH relevées au cours de l'étude fluctuent entre 5,21 U.C et 8,67 U.C pour l'Olézoa et entre 4,03 U.C et 8,77 U.C pour les puits. Sachant que le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, les pH acides enregistrés sont liés à la nature des terrains ferrallitiques traversés dans la ville de Yaoundé (Temgoua *et al.*, 2003 ; Rodier *et al.*, 2009). Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Nola *et al.*, (2001). Toutefois, la tendance de glissement de l'acidité vers la basicité des eaux analysées s'expliquerait par la charge élevée en matière organique liée au déversement dans le cours d'eau, sans traitement préalable des effluents domestiques constitués d'eaux vannes (Njiné *et al.*, 2001).

Les valeurs de l'O₂ enregistrée au cours de la période d'étude oscillent entre 0,6 mg/l et 11,6 mg/l. Santosh *et al.*, (2008) suggèrent que la valeur optimale en oxygène dissous pour une eau de bonne qualité se situerait entre 4 et 6 mg/l, en deçà l'eau est de qualité médiocre, voire fortement polluée. L'étude montre ainsi qu'à certaines périodes de l'année, les eaux du bassin versant de l'Olézoa.

Les valeurs des teneurs en CO₂ oscillent entre 1,72 et 52,8 mg/L. Selon Rodier *et al.*, (2009), ces teneurs sont influencées par le climat et les saisons, ainsi que par la nature du sol et de la végétation. Les processus métaboliques, principalement la respiration dans le cours d'eau d'Olézoa et la photosynthèse auraient aussi une influence.

Les teneurs en nitrate sont comprises entre 0 et 14

mg/L et restent très faibles par rapport aux normes de l'OMS (2011) qui recommandent 50 mg/l d'ions nitrates pour les eaux de consommation. De plus, les teneurs en phosphates sont très élevées avec une moyenne de 67,6 mg/L. D'après Zébazé Togouet *et al.*, (2011), ce phosphate proviendrait des détergents de point de nettoyage identifiés sur le cours d'eau, voire des pollutions fécales qui arrivent dans le milieu souterrain par infiltration. Les valeurs de conductivité électrique enregistrées pendant la période d'étude sont comprises entre 38 et 990 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ce qui traduirait une forte minéralisation des eaux étudiées. En effet, la minéralisation des eaux souterraines dépend de plusieurs paramètres dont la nature minéralogique des roches traversées, le temps de contact avec les minéraux, la vitesse de circulation de l'eau, le temps de renouvellement de l'eau de l'aquifère (Lagnika *et al.*, 2014).

Paramètres biologiques

En générale, les BHAM ont été presque présentes dans toutes les stations durant toute la période d'étude et dominant sur la communauté bactérienne identifiée. En effet, d'après Levallois et Levesque (2003), le dénombrement de la flore bactérienne aérobie, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale. La forte abondance, pourrait être due au fait que l'environnement de ces stations est propice à leurs développements. En outre, La charge bactérienne élevée des BHAM enregistrée pourrait également être due aux eaux de ruissellement contaminées. Selon Foster et Salas (1991) ce facteur favorise la contamination des eaux superficielles et souterraines, entraînant dans leur mouvement les bactéries. Cette contamination dépend cependant de la charge polluante du contaminant et de la perméabilité du sol sus-jacent.

Les concentrations moyennes de *Vibrio cholerae* obtenues pendant la période d'étude sont de 1,97 log d'unité (UFC/100ml) pour le cours d'eau d'Olézoa et de 1,17 log d'unités (UFC/100ml) pour les puits. Ce qui explique que cette espèce a été plus observée dans les eaux de surfaces que dans les eaux souterraines. La présence de cette espèce dans les eaux analysées pourrait s'expliquer par la présence des sources de contamination ponctuelles et continues suite à l'utilisation du cours d'eau Olezoa par les

populations riveraines comme exutoire des eaux issues des latrines sans aucun traitement préalable. Ce cours d'eau déjà pollué est susceptible par la suite de contaminer les eaux de puits dans son bassin versant au moment de la recharge de ces derniers par infiltration ou percolation (Nola *et al.*, 2006a ; 2006b ; Noah Ewoti., 2012).

Liaisons entre les paramètres évalués

Les résultats de l'analyse en composantes principales montrent qu'à certains points de l'échantillonnage sur le cours d'eau Olezoa (O2, O3), la dynamique d'abondances des BHAM et de *V. cholerae*, est liée à certains paramètres physicochimiques à l'instar de couleur, du pH, et des teneurs en MES, NH_4^+ , PO_4^{3-} , et O_2 dissous (figure 10). En effet, la MES présente peut constituer la matière organique utilisée par les microorganismes comme nutriments (Rodier *et al.*, 2009). Face à la matière organique, les bactéries réagissent différemment en fonction de la composition de celle-ci. En effet, la matière organique influence la disponibilité des nutriments en servant en même temps comme source d'énergie et de carbone pour certains microorganismes (Nola *et al.*, 2004). La présence de cette matière organique dans le cours d'eau s'explique par les teneurs en NH_4^+ et PO_4^{3-} obtenus au cours de l'étude et pourrait être déterminée si l'on considère le calcul de l'Indice de Pollution Organique (IPO) de l'eau (Rodier *et al.*, 2009). L'utilisation de cette matière organique par les bactéries dans l'eau s'effectue la plupart du temps en présence d' O_2 dissous (condition aérobie) et se matérialise par la multiplication des microorganismes (Holt *et al.*, 2000). Parallèlement, l'action du pH du milieu environnant sur les bactéries peut être directe et se fait notamment par la modification de la charge de surface des microorganismes suite au déplacement des équilibres d'ionisation des groupements fonctionnels exposés selon leur pKa (Hamadi *et al.*, 2004 ; Gaboriaud *et al.*, 2006). Elle peut également être indirecte en agissant sur le coefficient d'assimilation des différents composés nutritifs minéraux ou organiques, dont l'importance va dépendre de la tolérance des bactéries vis-à-vis de l'acidité du milieu (Lacasse, 2004). En effet, l'activité des protéines membranaires et des enzymes impliquées dans les mécanismes d'assimilation et de synthèse cellulaire est influencée par le pH du milieu. La

plupart des protéines ne sont actives que pour une zone de pH étroite, généralement comprise entre 5 et 9 (Greenman *et al.*, 1983).

Conclusion

La présente étude avait pour objectif de faire une surveillance microbiologique de la qualité des eaux du cours d'eau Olezoa et son bassin versant à travers l'évaluation de la dynamique d'abondance des bactéries hétérotrophes aérobies mésophiles et de *Vibrio cholerae* dans les points d'eau de surface et souterraine du bassin versant du cours d'eau Olezoa et les paramètres abiotiques susceptibles d'influencer cette dynamique.

Il a été observé la présence des Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles (BHAM) et *Vibrio cholerae* dans les tous différents points d'eaux échantillonnées. Leur dynamique d'abondance subit des variations spatiotemporelles pendant toute la période de l'étude. La présence de cette espèce pathogène stricte pour l'Homme, montre que les eaux étudiées sont impropres à toute consommation humaine sans traitement préalable. Les paramètres physico-chimiques de l'eau sur la dynamique d'abondance de ces bactéries tels que le pH, les MES, NH_4^+ , PO_4^{3-} , et O_2 dissous influencent significativement la survie de la flore totale et *Vibrio cholerae* dans l'eau. Cependant, la présence de *V. cholerae* aussi bien dans les eaux de surface que dans les eaux souterraines analysées pourrait aussi s'expliquer par l'utilisation du cours d'eau Olezoa comme exutoire des toilettes canons par les populations riveraines. Il peut être recommandé aux propriétaires des cités universitaires de construire des toilettes en respectant la réglementation en vigueur au Cameroun, de respecter les règles d'hygiène et traiter l'eau avant toute consommation. Aux pouvoirs publics, il peut être recommandé de faire appliquer les textes en matière de protection des plans d'eau, sensibiliser et éduquer la population l'importance de ces plans d'eau pour la planète Terre.

Remerciements

Les remerciements sont adressés au laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, et au laboratoire de Microbiologie de l'Université de Yaoundé 1.

Contribution des auteurs

Ce travail est une conception de Noah Ewoti Olive Vivien. Il a été réalisé par Leme Banock Lucie et a suivi une contribution sur la paillasse et dans la rédaction de Tamsa Arfao Antoine, Mougang Luciane Marlyse et Moïse Nola.

Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt.

References Bibliographiques

1. Boutin C., 1993. L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle vitale mais vulnérable. L'exemple des zones rurales du Maroc. *Revue des Sciences de l'Eau*, 6 (3): 357-365.
2. Cappello S. and Guglielmino P., 2006. Effects of growth temperature on polystyrene adhesion of *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37: 205-207.
3. Cohen N., Karib H., Ait saïd J., Lemee L., Guenole A., Quilici M.L., 2007. Prévalence des vibrions potentiellement pathogènes dans les produits de la pêche commercialisés à Casablanca (Maroc). *Revue Méd. Vét.*, 158, 11, 562-568.
4. Dib A.L., Boukerrou A., Kabouia R., Bouaziz O., Koutchoukali H., Salem S. et Espigares Garcia M., 2014. Évaluation épidémiologique de la contamination microbienne des produits de la mer dans les côtes est algérienne. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 139 (1- 4): 61-70.
5. Foster S. S. et Salas H. J., 1991. Identification et classement des risques de pollution des eaux superficielles et souterraines. La gestion qualitative des eaux dans les pays en développement: critères et approches. *Ressources naturelles, Série Eau* N° 26 105-111.
6. Fournier J.M. et Quilici M. L., 2002. Infections à vibrions non cholériques. *Encycl.Méd. Chir.* (éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), *Maladies infectieuses*, 8-026-F15. Fr. 7p.
7. Hebert S., Legare S. 2001. Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Québec ; Envirodoc. N° 2001-0141, rapport n° QE-123. 65p.

8. Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T. & Williams, S. T. (2000). *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Lippincott Williams & Wilkins, 9th ed. Philadelphia. Jacques, G. (1996). Le cycle de l'eau. *Ed. Hachette*, 157p
9. Koji E., Noah Ewoti. O.V., Onana F.M., Tchakonté S., Lontsi Djimeli C., Tamsa Arfao A., Bricheux G., Sime-Ngando T., Nola M., 2017. Influence of Anthropogenic Pollution on the Abundance Dynamics of Some Freshwater Invertebrates in the Coastal Area of Cameroon. *Journal of Environmental Protection*, 8 : 810-829.
10. Marchal, N., Bourdon, J. L & Richard, Cl. (1991). Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. *Dion éd ; Paris*, 505p.
11. Neveu A., Riou C., Bonhomme R. Chassin et Papy F. (2001). L'eau dans l'espace rural, vie et milieux aquatiques. *INRA, Paris*. 83 pages.
12. Nguendo, Y. H., Salem, G., & Thouez, J. P. (2008). Risques sanitaires liés aux modes d'assainissement des excréta à Yaoundé, Cameroun. *Natures Sciences Sociétés*, 16(1), 3-12.
13. Njiné, T., Monkiédjé, A., Nola, M., & Foko, V. S. (2001). Evaluation de la charge polluante et de la charge bactérienne des rejets des stations d'épuration à boues activées à Yaoundé (Cameroun). *Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé*, 11(2), 79-84.
14. Noah Ewoti O.V., Mounsang L.M., Djiala R.M., Tamsa Arfao A., Tuekam Kayo R.P., Nounsang M. E., Metsopkeng C.S., Yogne Poutoum Y., Nola M., (2021a). An evaluation of the abundance dynamics of some sporulating bacteria in the rainwater of the city of Yaounde (Central Africa). *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*. 29: 1-15.
15. Nola M., 2005. Qualité bactériologique des eaux souterraines de Yaoundé : Rôle du sol dans le transfert à la nappe phréatique des bactério-contaminants de l'eau d'infiltration. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, 147 pages.
16. Nola M., Njine T., Sikati V. F., Djuikom E., 2001. Distribution de *Pseudomonas aeruginosa* et *Aeromonas hydrophila* dans les eaux de la nappe phréatique superficielle en zone équatoriale au Cameroun et relations avec quelques paramètres chimiques du milieu. *Revue des Sciences de l'Eau*, 14 (1) : 35-53.
17. Nola, M.; Njine, T.; Kemka, N.; Zébazé Togouet, S.H.; Foto Menbohan, S.; Monkiedje, A.; Servais, P.; Messouli, M.; Boutin, C., 2006a. Retention of staphylococci and total coliforms during wastewater percolation through equatorial soil in Central Africa: The role of the soil column near soil surface and that closely above groundwater table. *Water, Air and Soil Pollution*, 171, 253-271.
18. Nola, M.; Njine, T.; Kemka, N.; Zébazé Togouet, S.H.; Servais, P.; Messouli, M.; Boutin, C.; Monkiedje, A.; Foto Menbohan., S., 2006b. Transfert des bactéries fécales vers une nappe phréatique à travers une colonne de sol en région équatoriale: Influence de la charge en eau appliquée en surface. *Rev Sci Eau*, 19, 101-112.
19. Ntsama E. C., Tombedi M. C., Abologo A. L., Leme Banock L.& Bilong Bilong C. F. (2017). Impact of the Physicochemical Characteristics of the River Nyong Waters at Mbalmayo on the Health of Riverside Population. *Health Science Diseases*. 19 (1): 3-7. www.hsd-fmsb.org.
20. OMS (2014). Premier rapport de l'OMS sur la résistance aux antibiotiques : une menace grave d'ampleur mondiale 2014. Disponible sur : (<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/amr-report/fr/>).
21. OMS, 2004. *Directive pour qualité de l'eau de boisson, critères d'hygiène et documentation à l'appui*. Organisation Mondiale de la Santé. Vol. 2, 2^e édition, 1050 pp.
22. Palmer, R.J & White, D.C. (1997) Developmental biology of bilfilms : implication for treatment and control. *Trends Microbiol.*, 5: 435-440.
23. Quilici M. L., 2011. Le diagnostic bactériologique du choléra. Les maladies tropicales (2) *Revue Francophone des Laboratoires* (431) : 29-43.
24. Quilici M.L. et Robert-Pillot A., 2011. Infections à vibrions non cholériques. *Encycl. Méd. Chir. (éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, Paris). Maladies Infectieuses*. 8026-F15.

25. Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll, 2009. L'analyse de l'eau. **9e édition, DUNOD, Paris**, 1579 p.
26. Santoir, C., & Bopda, A. (Eds.). (1995). *Atlas régional sud-Cameroun*. Éditions de l'Orstom.
27. Santosh M., Avvannavar S. M., Shrihari S., 2008. Evaluation of water quality index for drinking purposes for river Netravathi, Mangalore, South India. ***Environmental Monitoring and assessment***, 143: 279-290.
28. Tamatcho K.B., 2016. Bactéries du genre *Vibrio* dans l'environnement aquatique de Yaoundé: fréquence, antibiorésistance et implication de certains facteurs du milieu. ***Thèse de Doctorat en Hydrobiologie et Environnement, Université de Yaoundé I***, 144p.
29. Tamsa A.A., Onana M.F., MOUNGANG L.M., Tchuimaleu E.J.B., Kweyang T.B., Noah E.O.V., Tchakonté S., Nola M., (2021b). Distribution patterns of Vibrionaceae abundance on the landing stages in coastal area: Understanding the influence of physicochemical variables by using multiple linear regression models and corrgram for matrix correlation. ***African Journal of Microbiology Research***. 15 : 304-317.
30. Temgoua E., Bitom B., Djeuda T., and Yongue R., 2003. Habitation, agricultural practices and degradation of the soil in urban area: The case of Ngoa-Ekélé and Oyomabang district of Yaoundé Cameroon. ***Research report***, University of Yaoundé I. Université de Yaoundé I. 51pages.
31. Vilaginès R., 2003. *Eaux, environnement et santé publique*. **Edition Lavoisier, paris**.
32. Zébazé Togouet S. H., Tuékam Kayo R. P., Boutin C., Nola M. et Foto Menbohan S., 2011. Impact de la pression anthropique sur l'eau et la faune aquatique des puits et sources de la région de Yaoundé (Cameroun, Afrique Centrale). ***Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse***, 147 : 27-41.