

Article

Etat de fonctionnement de quelques stations d'épuration des eaux usées et qualité microbiologique des eaux de surface à Yaoundé (Région du Centre, Cameroun)

Noah Ewoti Olive Vivien¹, Leme Banock Lucie¹, Eheth Jean Samuel², Magne Soh Judith², Ladibé Pélégie¹, Zébazé Togouet Serge Hubert¹

¹ University of Yaoundé, Faculty of Sciences, Department of Animal Biology and Physiology, Yaoundé, Cameroon

² University of Yaoundé, Faculty of Sciences, Department of Microbiology, Yaoundé, Cameroon

Abstract

L'objectif du présent travail a été d'évaluer le rendement épuratoire de quelques stations d'épuration (STEP) en bon état de fonctionnement ou non afin de ressortir l'impact de leur rejet sur leurs cours d'eau récepteurs à partir des rabattements des densités microbiennes. A cet effet, les concentrations bactériennes isolées des eaux usées ont été collectées suivant une fréquence mensuel d'avril à septembre 2021 à l'entrée et à la sortie des stations d'épuration (STEP) de la Société des Boissons du Cameroun (SBC), de l'Hôpital Général de Yaoundé (HGY) et du Centre Hospitalier et Universitaire de Yaoundé (CHUY) ainsi qu'en amont et en aval de la confluence entre les STEP et les cours d'eau récepteurs (AKE, NTEM et OLEZOA respectivement). La Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) et quelques bactéries pathogènes à l'instar des genres *Vibrio* et *Escherichia* ont été considérées. Les paramètres ont été analysés suivant des méthodes standards. Les données ont été analysées à l'aide du test de corrélation de Spearman et des tests de comparaison de Kruskal-Wallis et Mann-Whitney au logiciel SPSS version 20.0. Dans l'ensemble, la STEP de l'HGY aurait rendement épuratoire meilleur que celui de la SBC, elle-même meilleur que celui du CHUY. Les eaux analysées hébergent en plus d'*Escherichia coli* et de la FMAT et quatre espèces de *Vibrio* pathogènes humains : *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio alginolyticus* et *Vibrio vulnificus* dont les concentrations subissent des variations spatio-temporelles. Les densités de ces bactéries peuvent atteindre 5,39 log UFC/100ml et 4,73 log UFC/100ml pour *Escherichia coli* et les bactéries du genre *Vibrio* respectivement. Ces germes ont été isolés des eaux à la sortie des STEP et dans les cours d'eau récepteurs avec augmentation de la densité des germes de l'amont à l'aval du cours d'eau. Ce résultat témoigne une contamination des cours d'eau par les eaux issues des STEP.

Article History

Received 26.12.2024

Accepted 19.03..2025

Keywords

Station d'épuration; rendement épuratoire; eaux usées; qualité microbiologique; eaux de surface

Introduction

L'épuration des eaux usées avant leur rejet dans la nature représente un problème majeur pour beaucoup de pays dans le monde. Cette difficulté se perçoit en grande partie dans les pays en émergence qui, non seulement souffrent d'un manque de capitaux mais font face à une

Corresponding Author Noah Ewoti Olive Vivien ✉ University of Yaoundé, Faculty of Sciences, Department of Animal Biology and Physiology, Yaoundé, Cameroon

croissance démographique et une urbanisation anarchique (Dessile et al. 2000). Bien que bon nombre d'études fasse ressortir les conséquences négatives du mauvais assainissement, tant sur le plan sanitaire, environnemental qu'économique, la plupart des réseaux d'évacuation d'eaux usées raccordés à des stations d'épurations mécanisées mis en place au lendemain des indépendances sont aujourd'hui non fonctionnels et les eaux usées brutes produites sont évacuées vers les bas-fonds (Kengne et al. 2008).

Selon Neveu et al. (2001), l'Homme a habituellement recours à l'eau pour ses besoins alimentaires, ses activités agropastorales et industrielles. L'OMS (2012), souligne le fait que les populations des pays en émergence n'ayant pas accès à de l'eau potable font recours à l'utilisation des eaux douces (lacs, puits, rivières et sources entre autres), qui sont le plus souvent polluées par le lessivage des terres agricoles et le débordement des eaux usées brutes (Ferguson et al. 2010). A cet effet, Chevalier (2002) mentionne que des centaines de millions de personnes dans le monde souffrent de la schistosomiase, du choléra, de la fièvre typhoïde, et de vers responsables de divers troubles de santé et d'autres maladies infectieuses. De plus, les maladies hydriques causées par la consommation d'eaux souillées par les micro-organismes sont responsables de plus de 502 000 cas de décès chaque année dans le monde, et ce principalement dans les pays en voie de développement (OMS, 2019). Selon Morel (2008) 51 % des pays d'Afrique connaissent une pollution sévère de l'environnement qui risque de porter atteinte aux ressources en eau. Ainsi, aux vues de l'impact négatif que peuvent avoir les eaux usées sur les trois compartiments environnementaux (eau, sol et air), la santé et le développement économique, il serait donc important d'accorder une très grande importance au traitement et à l'évacuation de ces eaux usées. Au Cameroun, rares sont les agglomérations, les hôpitaux et les structures industrielles qui détiennent en leur sein des stations d'épuration des eaux usées en bon état de fonctionnement.

D'après Mbog (2012), la quasi-totalité des stations d'épuration est depuis plus d'une décennie en panne, surchargée ou abandonnée. Beaucoup d'études ont été menées sur le fonctionnement des STEP et la réduction de la charge polluante des eaux usées ainsi que sur la qualité microbiologique des eaux de surface de la ville de Yaoundé. En effet, les travaux de Fonkou et al. (2010) ont montré que l'utilisation d'un filtre à écoulement horizontal permettrait de réduire la charge polluante de la vinasse, et de la rendre compatible avec le potentiel auto-épuration de la rivière réceptrice voisine. De même, les travaux de Chidozie (2013), quant à eux ont montré que l'utilisation des réacteurs « Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor » (UASB) d'une part a un succès sur un large éventail d'eaux usées à l'échelle domestique et industrielle et d'autre part garanti que les qualités des effluents répondent aux normes stipulées pour le rejet des effluents. Par ailleurs, les études réalisées dans la ville de Yaoundé sur les eaux de surfaces révèlent que ces eaux sont acides, faiblement minéralisées et hébergent une microflore bactérienne variée constituée de bactéries fécales, de bactéries commensales, des bactéries pathogènes opportunistes, dont les concentrations subissent des variations spatio-temporelles. Ces eaux hébergent une microflore bactérienne variée constituée de bactéries fécales, de bactéries commensales, des bactéries pathogènes opportunistes, dont la dynamique d'abondance subit de variations spatio-temporelles (Nola et al. 2002).

Malgré ces informations, l'on dispose de peu de données actualisées sur l'impact du fonctionnement des STEP sur la santé des cours d'eau récepteurs de rejets de ces STEP et sur la qualité microbiologique de ces cours d'eau. Le présent travail vise à évaluer le rendement épuration de quelques stations d'épuration en bon état de fonctionnement ou non sur la base du rabattement des densités des microorganismes.

Matériel et Méthodes

Présentation des Points de Collecte des Données

Le tableau I est une synoptique qui résume l'ensemble des points d'échantillonnage considérés et où les eaux ont été collectées suivant les techniques proposées par Rodier et al. (2009), leur position géographique, leur altitude et la caractérisation principale qui a orienté le choix des sites. Il s'agit globalement de trois sites dont chaque site comprenant une station d'épuration (entrée d'eau (int) usée et sortie d'eau potentiellement épurée (ext)) et son cours d'eau récepteur prélevé à l'amont (amt) et à l'aval (av) de la confluence avec l'effluent ici de la STEP. Les germes considérés ont été la FMAT, *Escherichia* et *Vibrio*.

Tableau 1. Synoptique des caractéristiques des points d'eau considérés

Points d'échantillonnages	Code	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Caractéristiques principales des points
SABC _{int}	S ₁	3°50'25,2672''	11°30'48,05748''	700	STEP à boue anaérobie et fonctionnelle
SABC _{ext}		3°50'25,13012''	11°30'49,24656''	705	Rejet direct dans le cours d'eau récepteur
Aké _{amt}		3°50'24,47052''	11°30'50,36256''	707	Usine de production de la SABC et la STEP situé de part et d'autre du cours d'eau
Aké _{av}		3°50'23,40832''	11°30'48,04524''	706	Usine de production de la SABC et la STEP situé de part et d'autre du cours d'eau
HGY _{int}	S ₂	3°54'22,83012''	11°32'26,89308''	797	STEP à épandage souterrain et fonctionnelle
HGY _{ext}		3°54'21,59316''	11°32'24,855''	738	Champ proche de la canalisation du rejet
Ntem _{amt}		3°54'19,27224''	11°32'16,79856''	707	Laveries des voitures et des motos Maisons à proximité du cours d'eau
Ntem _{av}		3°54'18,33444''	11°32'18,32316''	706	Laveries des voitures et des motos Maisons à proximité du cours d'eau
CHUY _{réa}	S ₃	3°51'45,03096''	11°29'50,99388''	725	Dépotoir d'ordures à quelques mètres du point
CHUY _{STEP}		3°51'39,76956''	11°29'46,04684''	724	STEP à boue activée et non fonctionnelle
OLZ _{amt}		3°51'37,63944''	11°29'45,3012''	711	Maisons à proximité du cours d'eau Champs autour du cours d'eau
OLZ _{av}		3°51'37,64124''	11°29'46,96044''	710	Maisons à proximité du cours d'eau Champs autour du cours d'eau

Méthode D'échantillonnage

Les prélèvements des échantillons d'eaux usées pour l'isolement des différents germes ont été effectués à l'aide de flacons en verre stérile de 500mL. L'ensemble a été placé dans une enceinte réfrigérée contenant des packs de glace pour maintenir les échantillons recueillis dans les conditions iso thermiques et le tout a été transporté au laboratoire (Rodier et al. 2009).

Isolement des Germes

L'isolement de la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT), d'*Escherichia coli* et de *Vibrio* a été fait par la méthode d'étalement en surface qui consiste à prélever à l'aide d'une micropipette à embout stérile 100µL de l'échantillon dilué (pour la FMAT) et 50µL de la solution mère pour *Escherichia* et *Vibrio* ; ensuite à déposer le volume d'eau prélevé à la surface de la gélose PCA (*Plate Count Agar*) pour la FMAT, ENDO et TCBS (Thiosulfate Citrate Bile Saccharose) pour *Escherichia* et *Vibrio* respectivement et précédemment coulé dans les boîtes de pétri stériles de 90mm de diamètre ; enfin de procéder à l'étalement à l'aide d'une pipette râteau stérile jusqu'à épuisement du volume d'eau prélevé. L'étalement a été suivi d'une incubation à la température ambiante pendant 1 à 5 jours pour la FMAT, à 44°C pendant 24h à 48h pour *Escherichia* et à 37°C pendant 18 à 24h pour les *Vibrio* (Marchal et al. 1991).

Densités Microbiennes

Le dénombrement pour la détermination des densités des colonies microbiennes s'est fait par comptage directe sur boîte de Pétri. Le nombre d'Unité Formant Colonies (UFC) obtenu est multiplié par le facteur de dilution pour la FMAT et multiplié par 2 puis ramené à 100mL pour *Escherichia* et *Vibrio*. Les résultats ont ainsi été exprimés en unité logarithmique (log (UFC/mL)) d'eau analysée pour éviter les grandes variations au cours de la période d'échantillonnage (Marshall, 1991).

Identification des Germes

L'identification des germes s'est effectuée avec des cultures pures. Pour obtenir ces cultures pures, les colonies présomptives d'*Escherichia* et *Vibrio* ont été repiquées sur la gélose nutritive PCA précédemment coulé en pente dans des tubes à essais et incubés à 37°C pendant 18 à 24h heures. Ces identifications ont tenu compte successivement des observations macroscopiques, microscopiques à l'état frais et coloré et de la galerie classique. L'observation macroscopique a consisté en la description des caractères culturels des bactéries qui sont : couleur, taille, forme, aspect, relief, les contours et la configuration de la surface de la colonie. L'observation à l'état frais a permis d'apprécier la mobilité ou l'immobilité des bactéries. Elle a consisté à déposer une goutte de la suspension bactérienne entre la lame et la lamelle, puis à observer au microscope à l'objectif 40 à sec et sous faible éclairage (Marchal et al. 1991). Les analyses biochimiques ont été effectuées par la méthode classique (Holt et al. 2000). Ont été réalisées, la recherche de la catalase, l'uréase, l'oxydase, la production des gaz, du H₂S, l'utilisation du glucose, la mobilité. Tous ces tests permettent de reconnaître le caractère phénotypique des souches considérés (Holt et al. 2000).

Détermination du rendement épuratoire des STEP : Taux d'abattement des paramètres de pollution des STEP étudiées

Le taux d'abattement a été calculé en utilisant la moyenne des concentrations de quelques paramètres bactériologique et physico-chimique isolées des eaux usées à l'entrée et à la sortie des STEP étudiées et exprimé en pourcentage. Il a été déterminé par l'expression suivante : Taux d'abattement (%) = $[(X_e - X_f) / X_f] \times 100$. Avec:

X_e = concentration moyenne à l'entrée de la STEP

X_f = concentration moyenne à la sortie de la STEP

Détermination du transfert des polluants des STEP aux cours d'eau récepteurs

Analyse et Comparaison Des Données

Le test H de Kruskal-Wallis a permis de comparer dans le temps et l'espace, les médianes des différents paramètres des abondances de la microflore bactérienne pour déceler une éventuelle différence. Le test U de Mann-Whitney a permis de comparer les différents paramètres deux à deux pour déterminer à quel niveau il y'a une différence. De plus, le coefficient de corrélation de rang de Spearman a été déterminé à partir du logiciel SPSS 20.0.

Résultats et Discussion

Analyse Qualitative

Les colonies bactériennes suscitées ont été identifiées au moyen d'observations microscopiques et des tests biochimiques. L'observation à l'état frais et la coloration de Gram des souches bactériennes isolées ont montré respectivement des cellules en bâtonnet (*Escherichia coli*), incurvées en virgules (*Vibrio*), mobiles et à Gram négatif. Les tests biochimiques réalisés à partir de ces colonies nous ont permis de confirmer cinq (5) espèces savoir : *E. coli*, *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus* et *V. vulnificus*. Dans l'ensemble, les cinq espèces isolées fermentent le glucose, ne produisent pas l'urée ainsi que le sulfure d'hydrogène (H_2S) et sont catalase positive. Seule *E. coli* fermente le lactose.

Aspect Quantitatif

Répartition Spatio-Temporel des Charges Bactériennes dans les Stations

La concentration de la flore mésophile aérobie total (FMAT) dans la station S_1 a varié de 4,08 log UFC/100mL à 9,45 log UFC/100mL tandis que dans la station S_2 elle a varié de 8,50 log UFC/100mL à 9,94 log UFC/100mL et dans la station S_3 elle a varié de 8,32 log UFC/100mL à 9,88 log UFC/100mL (Figure 1). Les concentrations les plus faibles ont été obtenues à la station S_1 durant le mois de Mai au niveau de $SABC_{int}$ (Figure 1-A), à la station S_2 durant le mois d'Août en aval du cours d'eau NTEM (Figure 1-B) et à la station S_3 durant mois d'Août au niveau du $CHUY_{STEP}$ (Figure 1-B) avec des valeurs respectives de 5,08 log UFC/100mL, 8,50 log UFC/100mL et 8,32 log UFC/100mL. Les concentrations les plus élevées quant à elles ont été obtenues à la station S_1 en aval du cours d'eau AKE durant le mois d'Avril, à la station S_2 durant mois de Mai en aval du cours d'eau NTEM et à la station S_3 durant les mois d'Avril et Mai au niveau de l'amont et de l'aval du cours d'eau Olézoa (OLZ) avec des valeurs respectives de 9,45 log

UFC/100mL, 9,94 UFC/100mL et 9,88 log UFC/100mL (Figure 1-B). Une étude comparative montre que la station S₁ serait moins chargée que la station S₃, elle-même moins chargée que la station S₂ (Figure 1-A).

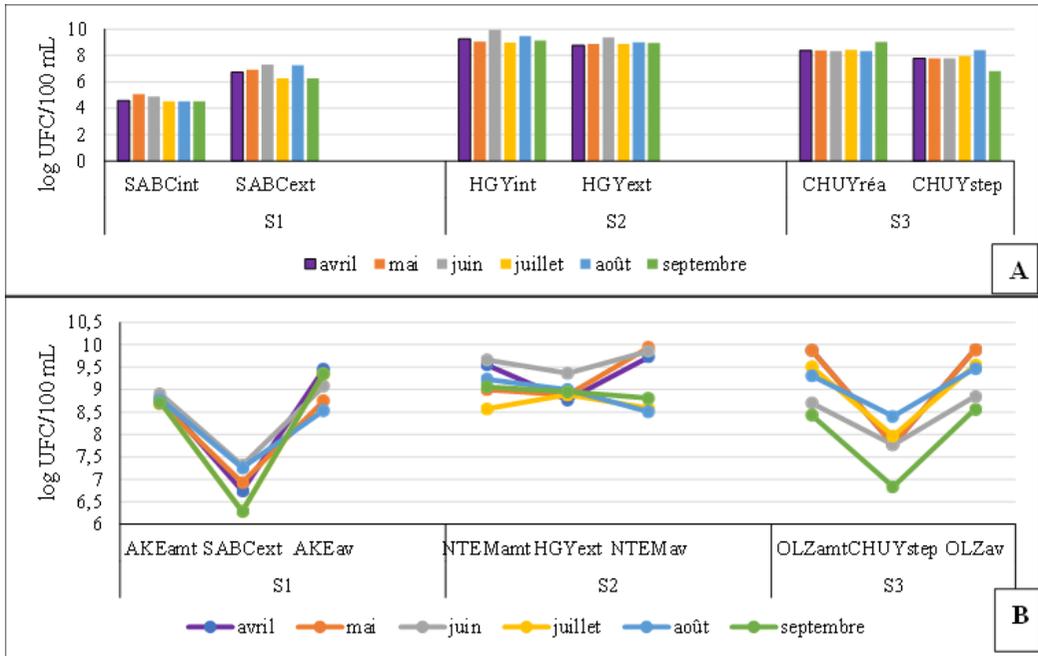


Figure 1. Répartition spatio-temporelle de la densité bactérienne la FMAT (A : Répartition de la FMAT à l'entrée et à la sortie des différentes stations d'épuration étudiées, B : Répartition de la FMAT à la sortie des différentes stations d'épuration étudiées, en amont et en aval des différents cours d'eau étudiés)

Escherichia Coli

La concentration bactérienne d'*Escherichia coli* dans la station S₁ a varié de 0 à 5,07 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée en aval du cours d'eau AKE durant le mois d'août avec une valeur de 5,07 log UFC/100mL (Figure 2-B). La plus petite concentration quant à elle a été observée durant les mois d'Avril, Juin, Juillet et de Septembre au niveau de l'amont et l'aval du cours d'eau AKE, ensuite durant les mois d'Avril, Mai, Juin, Juillet et Septembre au niveau du point de rejet des effluents dans le cours d'eau AKE (SABC_{ext}) et enfin durant les mois d'Avril et Septembre au niveau du point d'entrée des eaux usées brute de la STEP (SABC_{int}) avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 2).

La concentration bactérienne d'*Escherichia coli* dans la station S₂ a varié de 0 à 5,34 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée durant le mois de Septembre au niveau de l'aval du cours d'eau NTEM avec une valeur de 5,34 log UFC/100mL (Figure 2-B). La plus petite concentration quant à elle a été observée d'une part durant les mois d'Avril, Mai, Juin et Août au niveau du point de rejet des effluents uniquement et d'autre part durant le mois d'Avril Juin et Juillet au niveau du point de rejet des effluents dans le cours d'eau NTEM (HGY_{ext}) et durant le mois d'Avril au niveau de l'amont du même cours d'eau avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 2-B).

La concentration bactérienne d'*Escherichia coli* dans la station S₃ a varié de 0 à 5,66 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée durant le mois de Septembre au niveau du point de réception des eaux brutes du service de réanimation (CHUY_{réa}) avec une valeur moyenne de 5,66 log UFC/100mL (Figure 2-A) et la plus petite concentration a été observée durant les mois d'Avril, Mai et Juin au niveau du regard de la STEP (CHUY_{STEP}) et durant les mois d'Avril, Mai Juin, Août et Septembre au niveau de l'amont du cours d'eau Olézoa avec une valeur moyenne de 0 UFC/100mL (Figure 2-B). Une étude comparative montre que la station S₁ serait moins chargée que la station S₂, elle-même moins chargée que la station S₃ (Figure 2-A).

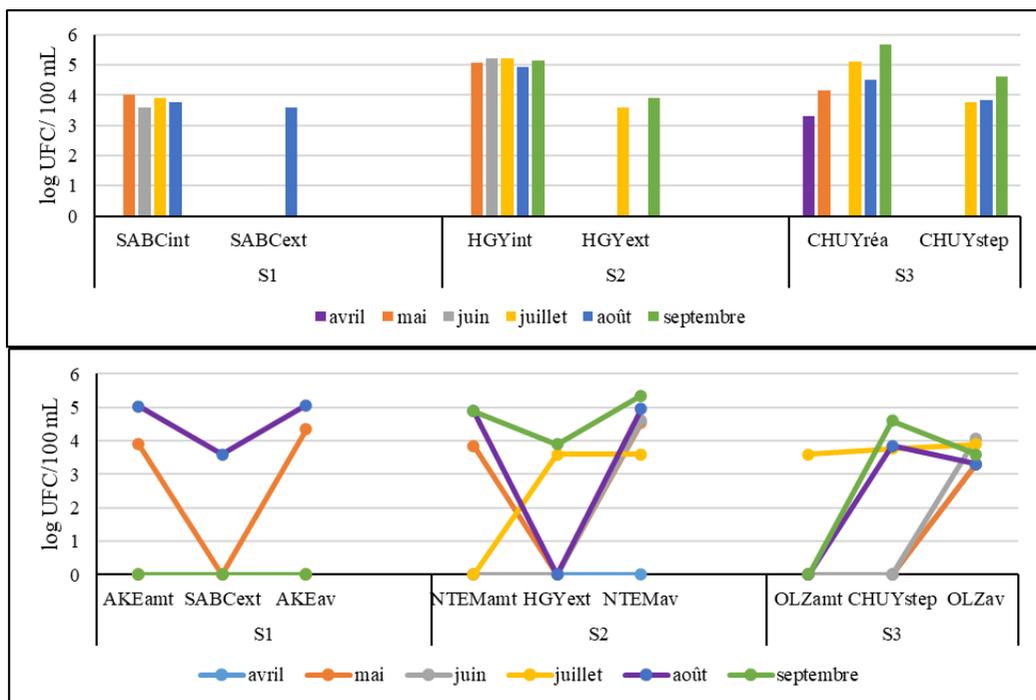


Figure 2. Répartition spatio-temporelle de la charge bactérienne d'*Escherichia coli* (A : Répartition d'*Escherichia coli* à l'entrée et à la sortie des différentes stations d'épuration étudiées, B : Répartition d'*Escherichia coli* à la sortie des différentes stations d'épuration étudiées, en amont et en aval des différents cours d'eau étudiés)

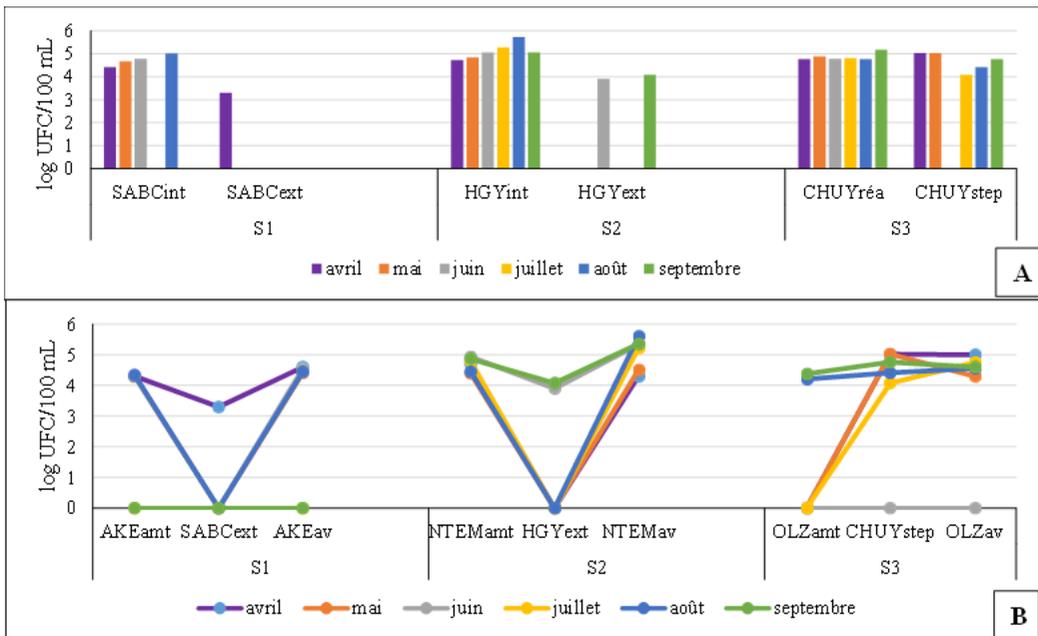
Vibrio Cholerae

La concentration bactérienne de *Vibrio cholerae* dans la station S₁ a varié de 0 à 5,02 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée au niveau du point d'entrée des eaux usées brute de la STEP (SABC_{int}) durant le mois d'Août avec une valeur de 5,01 log UFC/100mL (Figure 3-A). La plus petite concentration quant à elle a été observée d'une part durant les mois de Mai à Septembre au niveau de SABC_{ext} et d'autre part durant le mois de Juillet et le mois de Septembre au niveau de SABC_{int} et au niveau de l'amont et l'aval du cours d'eau AKE avec une valeur de 0 UFC/100mL.

La concentration bactérienne de *Vibrio cholerae* dans la station S₂ a varié de 0 à 4,53 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée durant le mois d'Août au niveau

de l'intérieur de la station d'épuration de l'Hôpital Général de Yaoundé (HGY_{int}) avec une valeur de 4,53 log UFC/100mL (Figure 3-A). La plus petite concentration a été observée au niveau du point de rejet des effluents (HGY_{ext}) durant les mois d'Avril, Mai, Août et Septembre avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 3-B).

La concentration bactérienne de *Vibrio cholerae* dans la station S₃ a varié de 0 à 5,17 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée durant le mois de Septembre au niveau du point de réception des eaux issues du service de réanimation du CHUY (CHUY_{réa}) avec une valeur de 5,17 log UFC/100mL (Figure 3-B). La plus petite concentration a été observée d'une part durant les mois d'Avril à Juillet en amont du cours d'eau AKE et d'autre part durant le mois de juin au niveau du regard de la STEP (CHUY_{step}) et de l'aval du même cours d'eau avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 3-B). Une étude comparative montre que la station S₁ serait moins chargée que la station S₂, elle-même moins chargée que la station S₃ (Figure 3-A).



Vibrio Alginolyticus

La concentration bactérienne de *Vibrio alginolyticus* dans la station S₂ a varié de 0 à 4,60 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée durant le mois d'Août au niveau de l'intérieur de la station d'épuration de l'Hôpital Général de Yaoundé (HGY_{int}) (Figure 4-A) ainsi qu'en aval du cours d'eau NTEM avec une valeur de 4,60 log UFC/100mL (Figure 4-B). La plus petite concentration a été observée durant toute la période d'étude (au niveau de l'amont du cours d'eau NTEM) en dehors du mois d'Août (au niveau du point de rejet des effluents et de l'aval du cours d'eau NTEM) avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 4-B).

La concentration bactérienne de *Vibrio alginolyticus* dans la station S₃ a varié de 0 à 4,81 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée durant le mois d’Août au niveau de l’aval du cours d’eau Olézoa (OLZ_{av}) avec une valeur de 4,81 log UFC/100mL (Figure 4-B). La plus petite concentration a été observée d’une part durant les mois d’Avril à Juillet au niveau du regard de la STEP (CHUY_{STEP}) ainsi qu’au niveau de l’amont et l’aval du même cours d’eau et d’autre part au niveau du point de réception des eaux issues du service de réanimation du CHUY (CHUY_{réa}) durant les mois de Juin, Août et Septembre avec une valeur de 0 UFC/100mL. Une étude comparative montre que la station S₃ est moins chargée que la station S₂, (Figure 4).

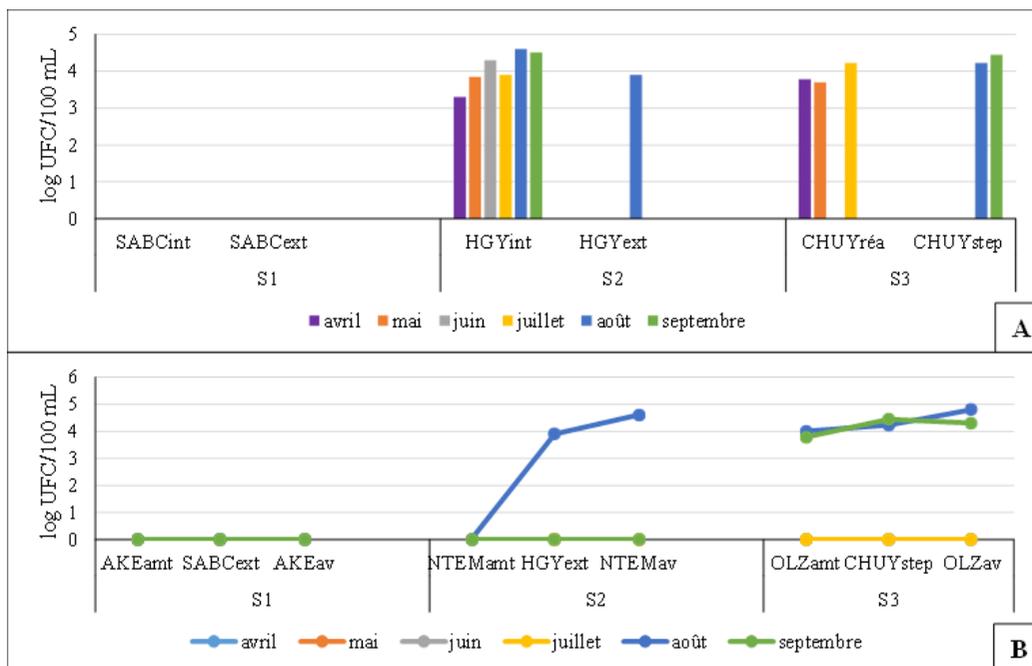


Figure 4. Répartition spatio-temporelle de la densité bactérienne de *Vibrio alginolyticus* (A : Répartition de *Vibrio alginolyticus* à l’entrée et à la sortie des différentes stations d’épuration étudiées, B : Répartition de *Vibrio alginolyticus* à la sortie des différentes stations d’épuration étudiées, en amont et en aval des différents cours d’eau étudiés)

Vibrio Parahaemolyticus

La concentration bactérienne de *Vibrio parahaemolyticus* dans la station S₁ a varié de 0 à 5,01 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée en amont du cours d’eau AKE durant le mois de Septembre avec une valeur de 5,01 log UFC/100mL (Figure 5-B). La plus petite concentration a été observée d’une part durant les mois de Juillet et Septembre au niveau du point d’entrée des eaux usées brute de la STEP (SABC_{int}) (Figure 5-A) ainsi qu’au niveau de l’amont et l’aval du cours d’eau AKE et d’autre part durant les mois de juin à juillet au niveau du point de rejet des effluents dans le cours d’eau AKE (SABC_{ext}) avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 5-B).

La concentration bactérienne de *Vibrio parahaemolyticus* dans la station S₂ a varié de 0 à 4,66 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée au niveau de l’intérieur de la

station d'épuration de l'Hôpital Général de Yaoundé (HGY_{int}) durant le mois d'Avril avec une valeur de 4,66 log UFC/100mL (Figure 5-A). La concentration la plus petite a été observée d'une part durant les mois de Mai à Septembre au niveau de l'amont du cours d'eau NTEM et d'autre part durant les mois d'avril, Juin, Juillet et août au niveau du point de rejet des effluents (HGY_{ext}) avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 5-B).

La concentration bactérienne de *Vibrio parahaemolyticus* dans la station S₃ a varié de 0 à 4,81 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée durant le mois de Septembre au niveau du point de réception des eaux issues du service de réanimation du CHUY (CHUY_{réa}) avec une valeur de 4,81 log UFC/100mL (Figure 5-B). La concentration la plus petite a été observée durant toute la période de l'étude au niveau de l'amont du cours d'eau Olézoa ainsi qu'au niveau du regard de la STEP surant les mois d'Avril et Mai avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 5-B). Une étude comparative montre que la station S₁ est moins chargée que la station S₂ elle-même moins chargée que la station S₃ (Figure 5-A).

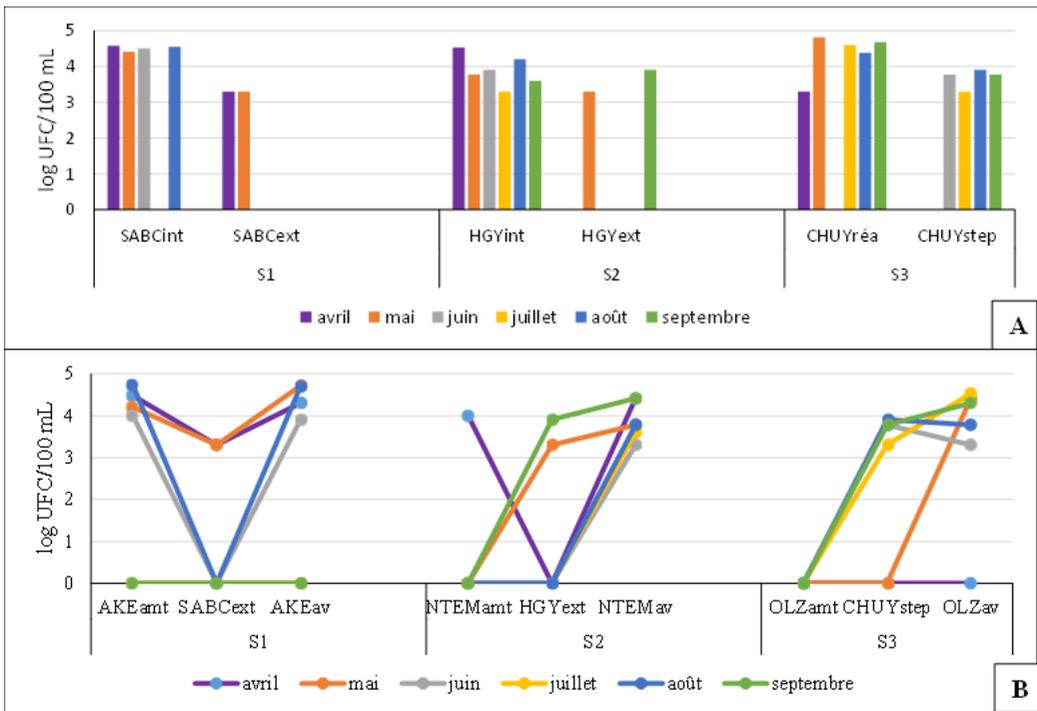


Figure 5. Répartition spatio-temporelle de la densité bactérienne de *Vibrio parahaemolyticus* (A = Répartition de *Vibrio parahaemolyticus* à l'entrée et à la sortie des différentes stations d'épuration étudiées, B = Répartition de *Vibrio parahaemolyticus* à la sortie des différentes stations d'épuration étudiées, en amont et en aval des différents cours d'eau étudiés)

Vibrio Vulnificus

La concentration bactérienne de *Vibrio vulnificus* dans la station S₁ n'a pas été observée durant la période de l'étude. La concentration bactérienne de *Vibrio vulnificus* dans la station S₂ a varié de 0 à 4,66 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observée en aval du cours d'eau NTEM durant le mois juillet avec une valeur de 4,66 log UFC/100mL (Figure 6-B). La concentration la plus basse a été observée au niveau du point de rejet des effluents (HGY_{ext}) durant toute la période d'étude ainsi qu'en amont du cours d'eau NTEM (à l'exception du

mois d’Août) et en aval du même cours d’eau durant les mois d’Avril, Mai, Juin et Septembre avec une valeur de 0 UFC/100mL (Figure 6-B).

La concentration bactérienne de *Vibrio vulnificus* dans la station S₃ a varié de 0 à 4,66 log UFC/100mL. La concentration la plus élevée a été observées durant le mois d’Avril au niveau de l’aval du cours d’eau Olézoa (OLZ_{av}) avec une valeur de 4,66 log UFC/100mL (Figure 6-B). La concentration la plus basse a été observée au niveau du regard de la STEP (CHUY_{STEP}), amont et en aval du même cours d’eau durant toute la période d’étude sauf durant le mois d’Avril pour l’aval du cours d’eau et le regard de la STEP (Figure 6-B). Une étude comparative montre que la station S₃ serait moins chargée que la station S₂ elle-même moins chargée que la station S₃ (Figure 6-A).

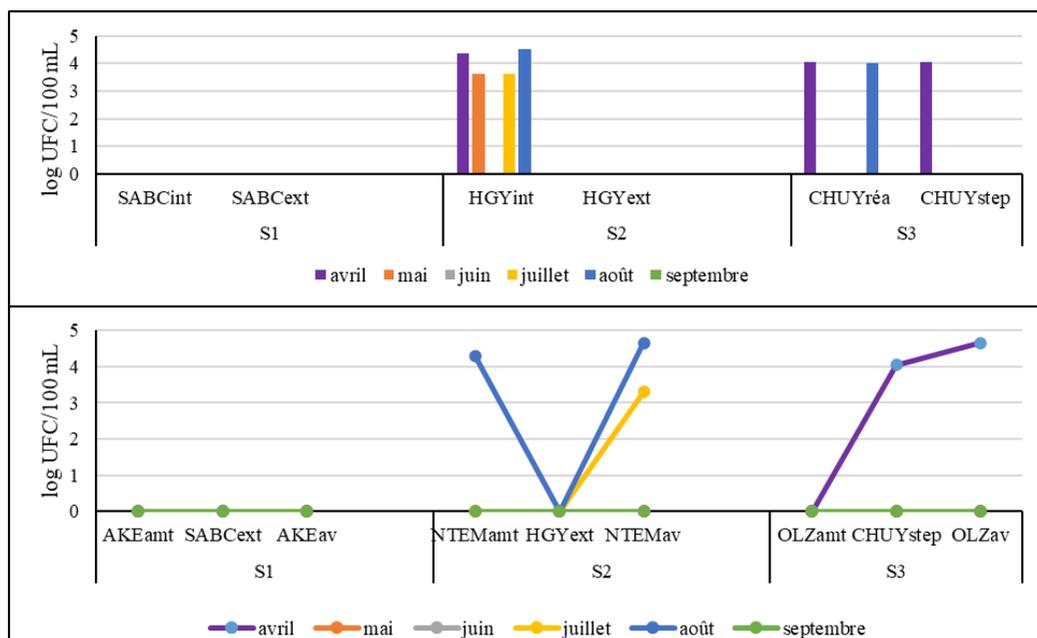


Figure 6. Répartition spatio-temporelle de la densité bactérienne de *Vibrio vulnificus* (A : Répartition de *Vibrio vulnificus* à l’entrée et à la sortie des différentes stations d’épuration étudiées, B: Répartition de *Vibrio vulnificus* à la sortie des différentes stations d’épuration étudiées, en amont et en aval des différents cours d’eau étudiés).

Rendement Épuratoire des Stations D’épuration Étudiées

Les performances épuratoires ont été appréciées sur la base du taux d’abattement enregistrées, pour les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l’affluent et de l’effluent de la STEP de la Société Anonyme des Brasseries du Cameroun (SABC), de la STEP de l’Hôpital Général de Yaoundé (HGY) et de la STEP du Centre Hospitalier Universitaire de Yaoundé (CHUY). Les paramètres considérés ont été les MES, les nitrates, les nitrites, les orthophosphates, les espèces de *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus* et *Vibrio parahaemolyticus*.

Station D'épuration de la Société Anonyme des Brasseries du Cameroun

Le pourcentage d'abattement des paramètres physico-chimique et bactériologique a été situé entre 63% à 82%. La performance épuratoire la plus grande a été observée avec *Vibrio cholerae* (82,50%) et la plus faible avec les orthophosphates (63,77%) (Figure 7).

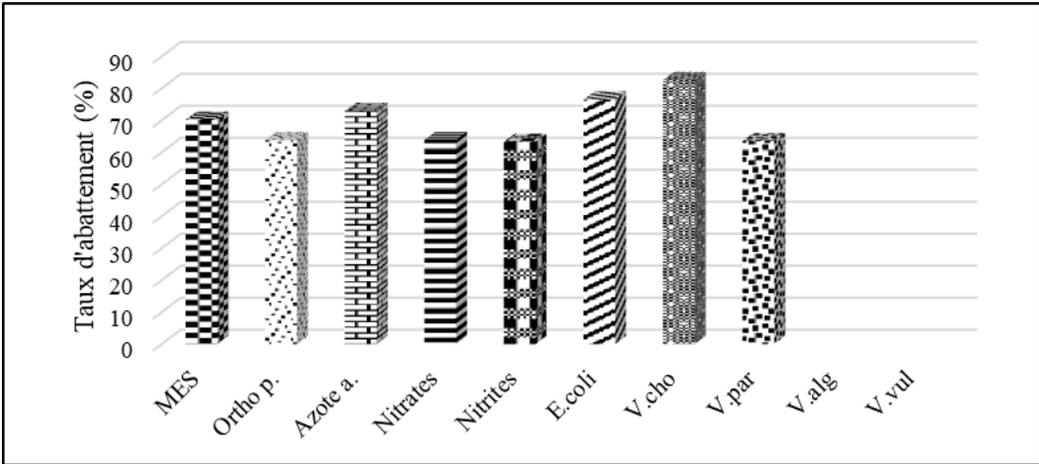


Figure 7. Taux d'abattement de quelques paramètres étudiés dans la station des brasseries du Cameroun (MES = Matières En Suspension ; Ortho p. = Orthophosphate ; Azote a.=Azote ammoniacal ; E.coli= *Escherichia coli* ; V. cho = *Vibrio cholerae* ; V. alg = *Vibrio alginolyticus* ; V. vul = *Vibrio vulnificus* ; V. par = *Vibrio parahaemolyticus*).

Station d'épuration de l'Hôpital Général de Yaoundé

Le pourcentage d'abattement des paramètres physico-chimique et bactériologique a été situé entre 55% à 84%. La performance épuratoire la plus grande a été observée avec les matières en suspension (84,47%) et la plus faible avec *Vibrio parahaemolyticus* (55,56%) (Figure 8).

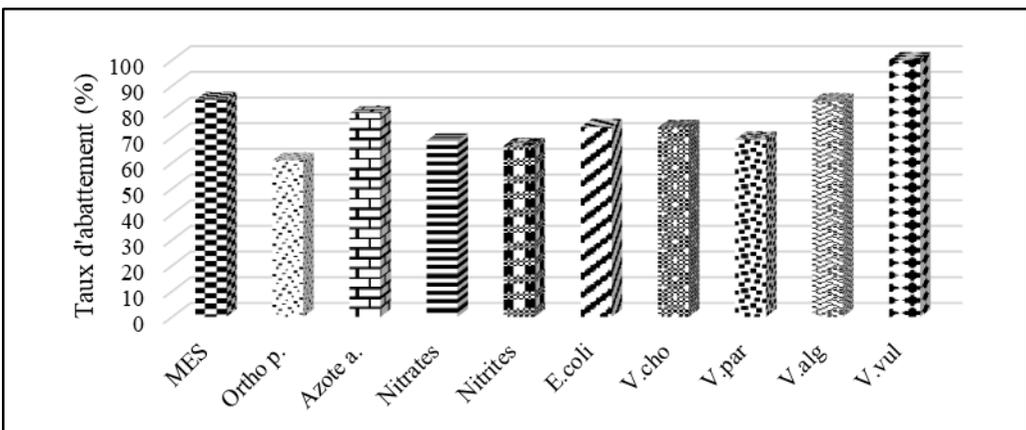


Figure 8. Taux d'abattement de quelques paramètres étudiés dans la station de l'Hôpital Général de Yaoundé

Station D'épuration du Centre Hospitalier Universitaire de Yaoundé

Le pourcentage d'abattement des paramètres physico-chimique et bactériologique a été situé entre 20% à 83%. La performance épuratoire la plus grande a été observée avec les matières en suspension (83,33%) et la plus faible avec *Vibrio cholerae* (20,10%) (Figure 9).

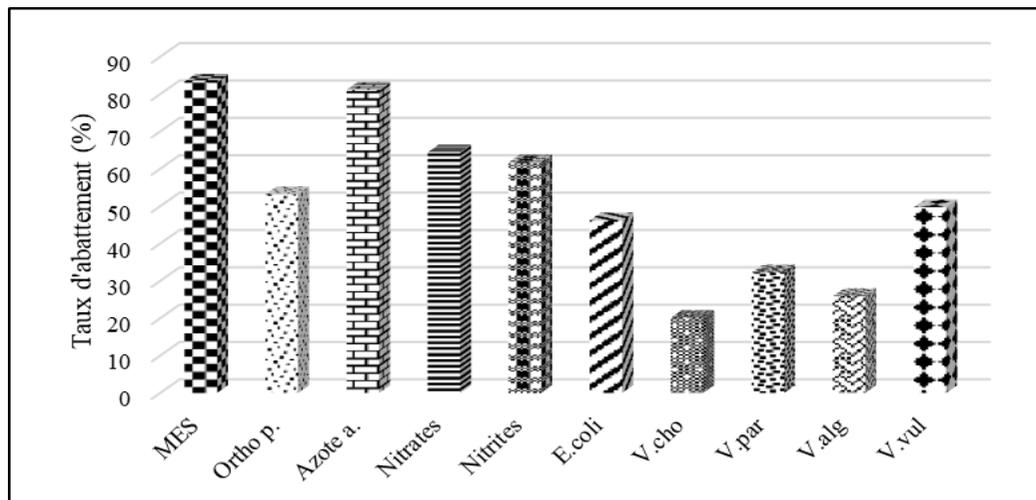


Figure 9. Taux d'abattement de quelques paramètres étudiés dans la station du Centre Hospitalier Universitaire de Yaoundé (MES = Matières En Suspensions; Ortho p. = Orthophosphate ; Azote a.=Azote ammoniacal ; E.coli= *Escherichia coli* ; V. cho = *Vibrio cholerae* ; V. alg = *Vibrio alginolyticus* ; V. vul = *Vibrio vulnificus* ; V. par = *Vibrio parahaemolyticus*).

Corrélations Entre les Concentrations Bactériennes Isolées

Les corrélations entre les concentrations des bactéries isolées ont été effectuées à l'aide du test de corrélation « r » de Spearman. Il ressort que les corrélations très significatives et positives ($P < 0,01$) existent entre les concentrations de *V. cholerae* et toutes les espèces de *Vibrio* isolées. La même observation a été faite avec les concentrations de *V. parahaemolyticus* et toutes les espèces bactériennes isolées. (Tableau II).

Les corrélations significatives et positives ($P < 0,05$) existent d'une part entre les concentrations de la FMAT et celles de *V. alginolyticus* et d'autre part entre les concentrations de *V. cholerae* et celles de *Escherichia coli*. (Tableau II).

Tableau 2. Corrélations entre les différentes souches bactériennes isolées

	FMAT	<i>E.coli</i>	<i>V. cho</i>	<i>V. par</i>	<i>V. alg</i>	<i>V. vul</i>
FMAT	1,000	0,123	0,208	0,447**	0,383*	0,138
<i>E.coli</i>	0,123	1,000	0,404*	0,427**	0,319	0,169
<i>V. cho</i>	0,208	0,404*	1,000	0,830**	0,661**	0,557**
<i>V. par</i>	0,447**	0,427**	0,830**	1,000	0,692**	0,590**
<i>V. alg</i>	0,383*	0,319	0,661**	0,692**	1,000	0,584**
<i>V. vul</i>	0,138	0,169	0,557**	0,590**	0,584**	1,000

P= degré de significativité * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$

FMAT = Flore Mésophiles Aérobie Totale ; *E. coli* = *Escherichia coli* ; *V. cho* = *Vibrio cholerae* ; *V. alg* = *Vibrio alginolyticus* ; *V. vul* = *Vibrio vulnificus* ; *V. par* = *Vibrio parahaemolyticus*

Discussion

Paramètres Bactériologiques

Une différence significative entre les charges bactériennes des différents points de prélèvement a été enregistrée. Contrairement à l'amont des cours d'eau qui ont eu les charges bactériennes les plus basses, les charges les plus élevées ont été obtenues à l'entrée des stations d'épuration (STEP) (s'agissant des STEP de la SABC et de l'HGY) et au niveau du point de réception des eaux non traité du service de réanimation du CHUY (CHUY_{réa}). Ces points constituent un grand réservoir de microorganismes. Suivies de l'amont des cours d'eau étudié, du point des rejets des effluents traités (en ce qui concerne la SABC et l'HGY) et du regard de la STEP du CHUY.

Les valeurs des charges bactériennes ont été plus élevées pendant la saison de pluie (Avril-Mai ; Août-Septembre) et ont augmentées de façon croissante de l'amont à l'aval des cours d'eau étudiés. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la contamination bactérienne des eaux de surface augmente pendant les périodes de fortes pluies en association avec le débordement des eaux usées et le lessivage des terres agricoles (Harmel et al. 2010 ; Ferguson et al. 2010). De la flore microbienne étudiée, un indicateur de contamination fécale a été isolé ainsi que 4 espèces de vibrions pathogènes humains. Il s'agit de *Escherichia coli*, *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae*, *V. alginolyticus* et *V. vulnificus* respectivement.

La présence d'*Escherichia coli* dans les STEP et les cours d'eau étudiés dont les concentrations moyennes ont atteint 5,35 log UFC/100ml seraient dues à une contamination fécale récente. Selon Wade et al. (2003), la présence d'*Escherichia coli* dans une eau est une preuve incontestable de l'occurrence d'une contamination fécale récente et indique la présence potentielle d'autres pathogènes. De ce fait, *Escherichia coli* pourrait être à l'origine des infections oculaires ou des septicémies chez les utilisateurs de ces eaux (OMS, 2000). Des résultats semblables ont été obtenus notamment par Mpakam et al. (2006) à Bafoussam où de nombreux pathogènes tels qu'*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* et beaucoup d'autres bactéries témoins de la contamination fécale y ont été observées.

Les concentrations élevées de *V. parahaemolyticus*, et *V. cholerae* dans les cours d'eau étudiés seraient dues la présence des sources de contamination de ces germes pathogènes environnant ces cours d'eau. Il s'agit entre autres des rejets d'eaux usées issues des STEP, des rejets d'eaux usées domestiques directement dans ces cours d'eau, des excréments humains déféqués dans la nature et des décharges d'ordures ménagés à proximité ou à l'intérieur ces cours d'eau. Les espèces *V. alginolyticus* et *V. vulnificus* par contre ont été les moins isolés et ont présenté les concentrations les plus faibles dans l'ensemble des points de prélèvement étudiés, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que ces espèces étant halophiles, préfèrent les milieux marins et côtiers présentant comme particularité leur forte salinité au détriment des eaux douces. Cette observation rejoint celle de Marchand (1986), dans le bassin d'Arcachon en France où il conclut que *V. alginolyticus* ne se développe pratiquement pas dans les eaux douces mais qu'il est apporté par les eaux marines à l'occasion des marées.

Rendement Épuratoire des Stations D'épuration Étudiées

La STEP de la SBC d'une part et la STEP de l'HGY d'autre part ont eu des performances épuratoires satisfaisantes variant entre 63,44 % et 82,51% pour la SABC et 69,11% et 84,04%

pour l'HGY. Ces résultats sont en accord avec les données relevées dans la littérature où les auteurs ayant travaillé sur les performances épuratoires des systèmes naturels d'épuration montrent une grande réduction des germes de contamination fécales à 98 % (Kengne, 2000). Par contre, la STEP du CHUY n'a pas eu de bonne performance épuratoire variant entre 20,10% et 49,74%. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Mbog en 2012 dans la STEP du CHUY. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les équipements de cette STEP sont défectueux et ne peuvent plus assurer l'épuration des eaux usées (Mbog, 2012).

De manière générale, la performance épuratoire des paramètres bactériologiques et physico-chimiques observée au niveau de la STEP de la SABC et celle de l'HGY traduit un assez bon fonctionnement de ces STEP en ce qui concerne l'abattement des paramètres étudiés car le traitement des effluents est censé diminuer significativement la charge polluante bactérienne (Huang et al. 2012). La mauvaise performance épuratoire de la STEP du CHUY sur les paramètres bactériologiques étudiés quant à elle confirme le dysfonctionnement de cette STEP qui aurait un impact hautement négatif sur l'environnement sur le cours d'eau récepteur des rejets de cette STEP et sur la population riveraine. Selon Mbog (2012), le dysfonctionnement de la STEP du CHUY conduit à la stagnation des eaux usées dans le bassin d'aération, puis l'échappement de ces eaux sans aucun traitement vers l'un des lacs de l'Université de Yaoundé I où elles se déversent entraînant ainsi un risque grave de contamination du lac et de la pollution riveraine.

Affinité Entre les Variables Durant la Période D'étude

La comparaison entre les variables microbiologiques pendant la durée d'étude a été effectuée à l'aide du test H de Kruskal-Wallis. De ce test, il ressort que la plupart des concentrations de la FMAT, des espèces de *Vibrio* ont variées significativement d'une station à une autre (excepté l'azote ammoniacale, *Vibrio parahaemolyticus* et *Escherichia coli*) et d'un mois à l'autre (uniquement les nitrites, l'azote ammoniacale et *Escherichia coli*) durant toute la période de l'étude ($p < 0,05$).

Conclusion

Au terme de cette étude dont l'objectif général était d'évaluer l'impact des rejets des eaux usées de quelques stations d'épuration (STEP) en bon état de fonctionnement ou non sur leurs cours d'eau récepteurs, il en ressort des résultats obtenus d'une part que, la STEP de la SABC et celle de l'HGY ont eu un assez bon rendement épuratoire sur les paramètres étudiés tant sur le plan bactériologique que sur le plan physico-chimique ; tandis que le rendement épuratoire de la STEP du CHUY sur les paramètres étudiés a été mauvais. D'autre part, il en ressort des résultats obtenus que les effluents des STEP étudiés ne respectent pas les normes de rejet établies par l'OMS tant sur le plan bactériologique que sur le plan physico-chimique (MES, nitrates, azote ammoniacal et phosphate). Par conséquent, l'augmentation de la plus part des paramètres étudiés de l'amont à l'aval des cours d'eau récepteurs traduit un impact négatif des effluents des STEP étudiés sur ces cours d'eau. Les analyses bactériologiques ont relevé la présence des germes indicateurs de pollution fécale en l'occurrence *Escherichia coli* ainsi que la présence de plusieurs espèces pathogènes du genre *Vibrio* constituées principalement de *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus* et *V. vulnificus* à des proportions élevées. L'espèce *V. cholerae*, a été la plus isolée et la plus abondante suivie des espèces, *Escherichia coli*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* et *V. alginolyticus* respectivement. Ces bactéries sont responsables

chez l'homme des diarrhées, des gastro-entérites, des infections urinaires, du choléra entre autre. A l'issue des résultats obtenus et des conclusions qui en découlent, les structures étudiées doivent pour le Centre Hospitalier Universitaire de Yaoundé, prendre des mesures pour rendre fonctionnelle sa STEP ou adopter pour l'épuration de ses eaux usées une STEP à boues anaérobies tel que des réacteurs « Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor » (UASB) du fait de leur efficacité; pour l'Hôpital Général de Yaoundé et la Société Anonyme des Brasserie du Cameroun, faire une maintenance régulière de leur STEP respective afin d'éliminer la flore microbienne et de réguler les paramètres physico-chimiques de façon à respecter les normes de rejet édictées par l'OMS.

Déclarations

Intérêts concurrents: Les auteur(e)s déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts potentiel concernant la recherche, la rédaction et/ou la publication de cet article.

Note de l'éditeur: Advanced Research Journal reste neutre quant aux revendications juridictionnelles dans les cartes publiées et les affiliations institutionnelles.

Références

- Chevalier, P. (2002). *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine : Entérocoques et streptocoques fécaux*. Institut national de santé publique, Québec.
- Chidozie, C. N. (2013). A review of the upflow anaerobic sludge blanket reactor. *Desalination and Water Treatment*. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.800809>
- Désille, D., Le Jallé, C., Toubkis, J., & Valfrey-Visser, B. (2000). *Programme fédération de recherche sur l'assainissement des eaux usées en Afrique subsaharienne*. Financé par la coopération française à travers le programme campus, projet n°96313119b.
- Ferguson, C. M., Charles, K., & Deere, D. A. (2008). Quantification of microbial sources in drinking-water catchments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39(1), 1–40.
- Fonkou, T., & Fonteh, M. F. (2010). *Performance des filtres plantes d'Echinochloa pyramidalis dans l'épuration des eaux usées de distillerie en Afrique subsaharienne* (pp. 65–70).
- Harmel, R. D., Karthikeyan, R., Gentry, T., & Srinivasan, R. (2010). Effects of agricultural management, land use, and watershed scale on *E. coli* concentrations in runoff and streamflow. *Transactions of the ASABE*, 53(6), 1833–1841.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T., & Williams, S. T. (2000). *Bergey's manual of determinative bacteriology* (9th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Huang, J. J., Hu, H. Y., Lu, S. Q., Li, Y., Tang, F., Lu, Y., & Wei, B. (2012). Monitoring and evaluation of antibiotic-resistant bacteria at a municipal wastewater treatment plant in China. *Environment International*, 42, 31–36.
- Kengne, I. M., Amougou, A., Soh, E. K., Tsama, V., Ngoutane, M. M., Dodane, P. H., & Koné, D. (2008). Effects of fecal sludge application on growth characteristics and chemical composition of *Echinochloa pyramidalis* (Mal.) Hitch. and *Cyperus papyrus* L. *Ecological Engineering*, 34(3), 233–242.
- Marchal, N., Bourdon, L., & Richard, C. (1991). *Les milieux de culture pour isolement et identification biochimique des bactéries*. Dion.

- Marchand, M. (1986). Étude écologique des vibrions du bassin d'Arcachon. *GERBAM—Deuxième Colloque International de Bactériologie Marine—CNRS, Brest, IFREMER, Actes de Colloques*, 3, 483–489.
- Mbog, M. S. (2012). *Évaluation de la gestion des déchets liquides hospitaliers : Cas des eaux usées du centre hospitalier universitaire de Yaoundé* (Mémoire de fin d'études).
- Morel, M. A., & Kane, M. (2002). Le lagunage à macrophytes, une technique permettant l'épuration des eaux usées pour son recyclage et de multiples valorisations de la biomasse. *Sud Sciences et Technologies*, 1, 5–16.
- Mpakam, H. G., Kouam, K., Jean-Loup, B., Ekodeck, G. E., & Bernard, D. (2006). Étude des facteurs de pollution des ressources en eau en milieu urbain : Cas de Bafoussam (Ouest, Cameroun). Retrieved from <https://www.google.fr/search/Mpakam/étude>
- Neveu, A., Riou, C., Bonhomme, R., Chassin, & Papy, F. (2001). *L'eau dans l'espace rural, vie et milieux aquatiques*. INRA.
- Nola, M., Njiné, T., Djuikom, E., & Sikati, F. V. (2002). Faecal coliforms and faecal streptococci community in the underground water in an equatorial area in Cameroon (Central Africa): The importance of some environmental chemical factors. *Water Resources*, 36, 3289–3297.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2000). *Directive de qualité pour l'eau de boisson* (2e éd., Vol. 2).
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2019). *Systèmes nationaux d'appui à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène : Rapport sur la situation GLAAS*.
- Rodier, J. (2009). *Analyse de l'eau* (9e éd.). Dunod Bordas.
- Wade, T. J., Pai, N., Eisenberg, J. N. S., & Colford, J. M. (2003). Environmental Protection Agency water quality guidelines for recreational waters prevent gastrointestinal illness? A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 111(8), 1102–1109.