

Évaluation de la gestion des déchets liquides hospitaliers du Centre Hospitalier Universitaire de Yaoundé I (CHU) : cas des eaux usées

MBOG MBOG S.¹, NGUIDJOE Evrard Marcel², DJOCGOUE Pierre F.³, BELL J. M.⁴

Résumé

L'objectif général de ce travail est d'évaluer l'efficacité du système de gestion des eaux usées du Centre Hospitalier et Universitaire (C.H.U) de Yaoundé. Des essais ont été conduits de décembre 2012 à mars 2013 à l'échelle d'une station pilote construite à l'ancienne station de traitement des eaux usées de CHU de l'Université de Yaoundé I aujourd'hui à l'abandon dans le but d'étudier l'efficacité du traitement de deux systèmes naturels de traitement des eaux usées en série constitué d'une série de filtre planté et de lagunage. Deux charges hydrauliques, respectivement 3 l/j et 5 l/j ont été testées avec chacune une répétition. Tandis que pour le système de lagunage, deux temps de rétention ont été étudiés. Les eaux usées ont été prélevées dans les différents compartiments du système, conservées en glacière réfrigérées (4°C) et ramenées en laboratoire pour le suivi des paramètres physicochimiques et bactériologiques suivant les protocoles standards. Les résultats obtenus montrent que les eaux usées non traitées issues du CHU (entrée du système) présentent des fortes teneurs en pollution physicochimique (CND, MES, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, DCO et DBO₅) et bactériologique (CF et SF). Les performances épuratoires obtenues après la mise en place d'une station pilote a permis de montrer un taux d'abattement des paramètres de la pollution sus érudés. Les eaux usées non traitées du CHU présentent un risque environnemental et sanitaire en raison des concentrations élevées en polluants physicochimiques et bactériologiques. Ce système est efficace en raison des abattements obtenus, mais certains paramètres de pollutions aux sorties (DBO₅ et DCO) sont supérieurs aux normes de rejet du Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et du Développement Durable (MINEPDED). Un traitement supplémentaire s'impose pour un affinage du traitement garantissant une sécurité environnementale et sanitaire.

Mots-clés : Eaux usées, station d'épuration, performances, CHU.

¹ severinmbog.sm@gmail.com/Tel:694244602/678652883

² pangloos@hotmail.com/693739193

³ pfdjocgoue@yahoo.com/Tel:699974622

⁴ josmarbell@yahoo.fr /Tel : 699856530

The overall objective of this study was to evaluate efficiency of wastewater management of wastewater and of the Yaounde University Hospital Centre (UHC)

Abstract

Tests were conducted from December 2012 to March 2013 at the scale of a pilot plant built the old treatment plant wastewater Hospital of the University of Yaounde I now abandoned in order to study the effectiveness of two natural treatment systems sewage treatment series consists of a series of planted filter and lagoons. Two hydraulic loads, respectively 3 l / d and 5 l / d have been tested with each repetition. While for the lagoon system, two retention time were studied. The wastewater was collected in the different compartments of the system, kept chilled in ice (4° C) and brought back to the laboratory for monitoring bacteriological and physicochemical parameters according to standard protocols. The results show that untreated sewage from the UHC (entry system) has high levels of physical and chemical pollution (CND, MES, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, DCO et DBO₅) and bacteriological (CF and SF) pollution. The purification results obtained after the implementation of a pilot plant has shown a reduction of the parameters of the above elucidated pollution rates. The untreated sewage UHC present an environmental and health risk due to high physicochemical and bacteriological pollutants concentrations. This system is efficient because of reductions achieved, but some pollution parameter to the outputs (DBO₅ and DCO) are greater than the discharge standards of MINEPDED (Ministry of Environment, Protection of nature and Sustainable Development. An additional treatment is required for refining treatment and ensuring environmental safety.

Keywords: Wastewater, treatment system, performances, CHU.

Introduction

Le traitement des eaux usées avant leur rejet dans la nature représente une difficulté majeure pour bon nombre de pays dans le monde. Cette difficulté est plus accentuée dans les pays en voie de développement qui non seulement souffrent d'un manque de capitaux, mais sont confrontés à une urbanisation et à une industrialisation anarchiques. En Afrique, la situation d'évacuation et de traitement des eaux usées est dramatique. La plupart des réseaux d'évacuation d'eaux usées raccordées à des stations d'épuration 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, 2000 ; KONE *et al.*, 2002). Pourtant, bon nombre d'études font ressortir les conséquences négatives du mauvais assainissement, tant sur le plan sanitaire, environnemental qu'économique. Chevalier (2002) mentionne que des centaines de millions de personnes dans le monde souffrent de la schistosomiase, du choléra, de la fièvre typhoïde, de vers responsables de divers troubles de santé et d'autres maladies infectieuses. En plus 3,5 millions d'enfants meurent chaque année de suite de diarrhée, à cause de la précarité des conditions sanitaires. Selon Morel (2002) 51 % des pays d'Afrique connaissent une pollution sévère de l'environnement qui risque de porter atteinte aux ressources en eau.

Ces conséquences peuvent être accentuées lorsque l'on a à faire à des déchets dits spéciaux à l'instar des eaux usées provenant des formations hospitalières. En effet, en plus de la composition d'une eau usée domestique, les eaux issues des formations sanitaires sont plus riches en détergents, en produits chimiques et surtout en germes pathogènes et en parasites (Anonyme, 2002).

Malgré les rapports faits par Morel, Chevalier, Koné (2002), très peu ou presque qu'aucune action n'est entreprise pour remédier à cette situation.

Au Cameroun, la plupart des eaux usées des agglomérations et des structures industrielles sont rejetées dans le milieu naturel sans un traitement préalable. En effet, la quasi-totalité des stations d'épuration est depuis plus d'une décennie en panne, surchargée ou abandonnée.

La nouvelle loi portant régime de l'eau stipule dans son article 4 que : « sont interdits les déversements, écoulements, jets, infiltrations, enfouissements, épandages, dépôts directs ou indirects dans les eaux de toute matière solide, liquide ou gazeuse et en particulier les déchets industriels, agricoles et atomiques susceptibles d'altérer la qualité des eaux de surface ou souterraines, ou des eaux de la mer dans les limites territoriales; de porter atteinte à la santé publique ainsi qu'à la faune et à la flore aquatique ou sous-marine ; de mettre en cause le développement économique et touristique des régions » (Anonyme, 2000).

Ainsi, toutes les structures telles que les formations hospitalières sont particulièrement interpellées à traiter les déchets liquides avant leur rejet dans le milieu récepteur.

Le Centre Hospitalier et Universitaire (C.H.U) de Yaoundé est l'un des plus grands établissements hospitaliers du pays. Malheureusement, la station d'épuration prévue pour le traitement de ses effluents a cessé de fonctionner depuis 1987. Ceci entraîne d'énormes problèmes sanitaires et environnementaux d'autant plus importants que cette formation hospitalière est située en plein centre urbain et que ses eaux se déversent dans une série d'étangs destinés dont les eaux servent à la pisciculture et de lieu de pêche. Face à cette situation, il est impératif que des actions soient entreprises afin d'améliorer la qualité des eaux rejetées par cette institution (TCHINDA, 2000).

Le présent travail a pour objectif général d'évaluer l'efficacité du système de gestion des eaux usées du C.H.U de Yaoundé.

Plus spécifiquement, il vise à :

- faire l'état des lieux en matière de gestion des eaux usées du CHU ;
- évaluer l'efficacité du système existant pour le traitement des eaux usées ;
- proposer un système mieux adapté au traitement des eaux usées du CHU.

I. Matériel et méthodologie

Les visites sur le terrain ont permis de recueillir des informations relatives à la gestion des déchets liquides (eaux usées) auprès du personnel du CHU de Yaoundé et des populations grâce aux techniques d'enquêtes, d'entretien et d'observation.

1.1. Enquête

L'enquête avait pour but de recueillir les avis des populations et du personnel sur le système de gestion des eaux usées et leurs impacts sur l'environnement et la santé. Pour la collecte des données, une enquête auprès du personnel du CHU s'est effectuée dans l'enceinte de l'hôpital et à l'extérieur. Un questionnaire semi structuré a été administré aux personnels du CHU et aux personnes environnantes du site d'étude. Ces enquêtes ont été réalisées suivant les techniques d'enquêtes et de sondage proposés par Brossier et Dussaix (1999).

1.2. Analyses

Après avoir fait un diagnostic préalable du site d'étude, on a effectué des analyses des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station actuel qui nous permettrons d'estimer le degré de pollution des eaux usées rejetées par le CHU par la mesure des différents paramètres.

Ensuite, l'ampleur de la pollution nous a amené à proposer un dispositif adéquat pour remédier à ces rejets des eaux usées non traitées dans l'environnement.

1.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental mise en place est un système hybride de filtre planté de roseaux combiné au lagunage naturel. Il consistera à appliquer les E.U (3l-5l) dans la première partie du système pendant un séjour d'un jour, dont son percolat sera introduit dans le deuxième système pour poursuivre le traitement. Le filtre planté de roseaux qui constitue le premier système est constitué d'une série de quatre pilotes de 1/5 m³ représentant la section d'un filtre planté de roseaux à flux vertical supportant une végétation constituée d'*E. pyramidalis* récoltés dans le milieu naturel (abord de l'ancien STEP) situé au CHU de Yaoundé I. Chaque bassin du premier système a été ensemencé de 4 boutures d'*E. pyramidalis*.

Les plantes ont été alimentées à saturation avec les eaux usées provenant de la STEP du CHU de Yaoundé I pendant environ trois semaines afin que les plantes puissent s'acclimater à leur nouvel environnement.

Ce premier système a été combiné à un lagunage naturel à répétition où on a des bacs de sédimentation et maturation.

Le lagunage naturel, par contre, qui représente la deuxième partie du système est constitué d'un réservoir de 0,6 m³ servira au stockage des eaux usées provenant du premier système. Un tuyau d'environ 0,1 m de longueur et de 10 mm de diamètre était fixé sur les réservoirs (bassin de 40 l, fut de 60 l) et permettait d'alimenter manuellement les eaux usées sur le système hybride (principal paramètre de dimensionnement des stations de traitement des eaux usées). Les percolats issus du système à filtre planté de roseaux seront récupérés dans des petits seaux de 10 l de volume. Ensuite ces percolats serviront à alimenter le deuxième système qui est le lagunage naturel en deux temps de rétention de 3 jours à 7 jours. Les alimentations en percolat du deuxième système sera fait par bâchées pour assurer une distribution optimum des eaux sur la totalité de la surface du lagunage ainsi que pour améliorer l'oxygénation. Toutefois, le premier système repose sur un massif filtrant composé de trois couches de matériau de granulométrie croissante du haut vers le bas (tableau I).

Tableau I. Caractéristiques du substrat utilisé dans les bacs expérimentaux (Kengne, 2008).

Substrat	Paramètres	Diamètres (mm)	Hauteurs (cm)	Porosité (n)	Coefficient d'uniformité (Cu)
Sable		0,3-2	15	40,30	3,55
Gravier fin		5-15	20	47,73	1,67
Gravier grossier		15-25	30	50,00	1,37

Les analyses des eaux usées effectuées ont permis de mesurer le degré de pollution des eaux usées rejetées. Après obtention des percolats du système hybride, ceux-ci seront rassemblés dans un cubitenaire, puis homogénéisés et immédiatement prélevés à l'aide des bouteilles en polyéthylène propre de 1,5 l de volume. Le choix des charges hydrauliques ont été obtenu à partir des données de la littérature suite aux calculs et aux comparaisons des moyennes des charges hydrauliques utilisées par les autres auteurs travaillant sur les filtres plantés et le lagunage traitant les eaux usées en zone tropicale. Les percolats recueillis après percolation à travers le système (affluent) sont collectés et ramenés au laboratoire pour analyses physicochimiques et bactériologiques.

L'effet des charges polluantes sur le rendement épuratoire de la station expérimentale a été évalué après détermination des concentrations des paramètres physico-chimiques et bactériologiques à l'entrée et à la sortie du système. Les paramètres considérés ont été le pH, la conductivité (CND), les ions phosphates (PO_4^{3-}), les ions nitrates (NO_3^-), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO_5), les coliformes fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF).

Le calcul du rendement du système s'est fait en fonction de la charge polluante moyenne obtenue à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration expérimentale du CHU des eaux usées. Pour le déterminer, la formule suivante a été utilisée (KENGNE, 2000) :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{(C_e - C_s)}{C_e} \times 100$$

Où C_e = charge polluante à l'entrée

C_s = charge polluante à la sortie

1.4. Analyse statistique

La comparaison des moyennes s'est faite suivant le test de Student Newman Keuls au seuil de significativité de 5 % à l'aide du Logiciel Excel. Il nous a permis d'observer les différences et les variations des paramètres étudiés à l'intérieur d'une campagne de prélèvement et entre les différents échantillonnages réalisés. Les résultats des différents paramètres analysés sont exprimés sous forme de moyenne \pm écart-type. Ces moyennes sont présentées sous forme de tableaux ou histogrammes grâce au Logiciel Excel 2007.

1.5. Evaluation du coût de traitement

Les paramètres qui influencent le coût de traitement des eaux usées du C.H.U par le système actuel constitué d'un bassin de neutralisation-égalsation, d'une grille de prétraitement, d'une station d'épuration associée à un compartiment de chloration et à un lit de séchage des boues ont été déterminés conformément à l'étude menée par Eckenfelder (1982). Ce coût a été déterminé à l'aide des formules et les dépenses associées à ce système (coût des pièces de rechange, coût d'entretien et de maintenance, consommation d'électricité, salaire du personnel d'entretien et assistance technique). L'estimation de ces coûts permettra de constater lequel des deux systèmes présentés est le plus financièrement avantageux.

II. Résultats

2.1. Etat des lieux du système de gestion des eaux usées du CHU

L'on note un dégagement d'odeurs nauséabondes et pestilentielles générées par l'odeur propre aux animaux et par l'altération de la matière fécale présente dans les effluents et les déchets entassés dans le site.

Depuis plusieurs années, cette station d'épuration est hors service suite aux pannes régulières, au manque de personnel d'entretien qualifié et à la non-prévision d'un budget annuel pour son fonctionnement. Ainsi, les deux moteurs ou aérateurs des boues ont été volés, les multiples vannes sont rouillées, le compresseur est défectueux, les différents compartiments sont fissurés, le bac à sable est abîmé (le sable et le gravier ont été volés). La partie d'eau usée qui arrive à la STEP stagne dans les bassins d'aération puis s'échappe sans aucun traitement vers l'un des lacs de l'Université de Yaoundé I (le lac Atemengue) où elle se déverse entraînant un risque grave de contamination et de pollution. De plus, les odeurs nauséabondes sont persistantes dans cette zone.

2.2. Analyse des paramètres physico-chimiques et biologique

La composition physicochimique (DCO, DBO₅, MES, pH, CND,...) des rejets d'eaux usées de la station actuelle du CHU présente des charges polluantes élevées après trois campagnes (tableau II). Ces résultats montrent également que ces eaux sont très riches en substances organiques, minérales et particulaires. Les valeurs de DCO (2240,5 mg/l) et de DBO₅ (890,4 mg/l) restent dans la gamme des valeurs de référence pour les eaux usées d'origine domestique avec un rapport moyen de DCO / DBO₅ de 2,51.

En outre, analyse des eaux usées montrent également que ces eaux sont très riches en substances organiques et minérales. Les valeurs de la DCO et de la DBO₅ restent dans la gamme des valeurs de référence pour les eaux usées d'origine domestique avec un rapport moyen de DCO / DBO₅ de 2,51.

L'analyse bactériologique des eaux usées brutes entrant dans le système épuratoire de l'ancienne station du CHU montre que les coliformes et les streptocoques fécaux sont présents en moyenne à des concentrations élevées, respectivement de 7800 et 4300 UFC/100 ml (tableau III).

Ces concentrations bactériennes élevées, obtenues dans la station actuel du CHU sont dans la gamme des concentrations des bactéries ($10^4 - 10^9$) couramment retrouvées dans les eaux usées (Anonyme, 1992). Elles rentrent dans le même ordre de grandeur que celles rencontrées dans les effluents urbains (Anonyme, 2008).

Tableau II. Caractéristiques physico-chimiques à la sortie de la station en comparaison avec les normes. (Min: minimum; Max: maximum)

Paramètres	Moyenne \pm écart-type	Norme de rejet (MINEPDED)	Min-Max
pH (unités de pH)	7,4 \pm 0,3	6-9	7,07 – 8
Température (°C)	28,28 \pm 1,8	30	22 - 27
CND (μ S/cm)	340,2 \pm 210,2	/	143 - 538
MES (mg/l)	111,7 \pm 67,3	\leq 30	311 - 3930
Couleur (Pt-Co)	6736 \pm 4428,3	/	955 – 11550
NH ₄ ⁺ (mg/l)	31,33 \pm 21,3	\leq 30	10 – 62,25
NO ₃ ⁻ (mg/l)	79,65 \pm 77,6	/	0 - 190
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	164,75 \pm 136,9	\leq 10	17,5 - 350
DCO (mg/l)	2240,5 \pm 2309,7	\leq 200S	849 - 6005
DBO ₅ (mg/l)	890,4 \pm 347,8	\leq 100	120 - 960

Les valeurs obtenues sont largement au-dessus de la norme du MINEPDED.

Tableau III. Concentration moyenne des paramètres bactériologiques des eaux usées du C.H.U de Yaoundé.

Echantillons	Paramètres	Coliformes fécaux (UFC/ 100 ml)	Streptocoques fécaux (UFC/100 ml)
Entrée		7800	4300
Sortie		6500	2800

2.3. Traitement des eaux usées par la station expérimentale

De manière générale, la qualité physique et chimique des eaux usées de la station expérimentale s'améliore de l'entrée à la sortie du système témoignant une élimination des substances polluantes présentes dans l'eau. Les paramètres physico-chimiques des eaux usées du C.H.U varient en général suivant les différents niveaux de traitement. A première vue, on constate que malgré la dilution, plusieurs de ces paramètres notamment les MES, la DCO, la DBO₅ les nitrates et les phosphates ont des valeurs supérieures aux normes considérées (tableau IV)

Les valeurs moyennes du pH sont relativement constant c'est-à-dire oscillent autour de 7,45. Cependant on note une très légère remontée de ce paramètre vers la sortie (figure 1). Cette évolution obéit aux différentes filières d'exploitation de la station. En effet, l'augmentation du pH vers les derniers bassins est liée à l'activité photosynthétique algale due à un rejet de CO₂ (KENGNE, 2000). L'analyse statistique des variations de pH aux différents bassins de prélèvement a montré une différence significative (P > 5 %).

La température de l'eau (figure 1) ne fluctue pas significativement d'un bassin à l'autre d'après le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (P = 0,504).

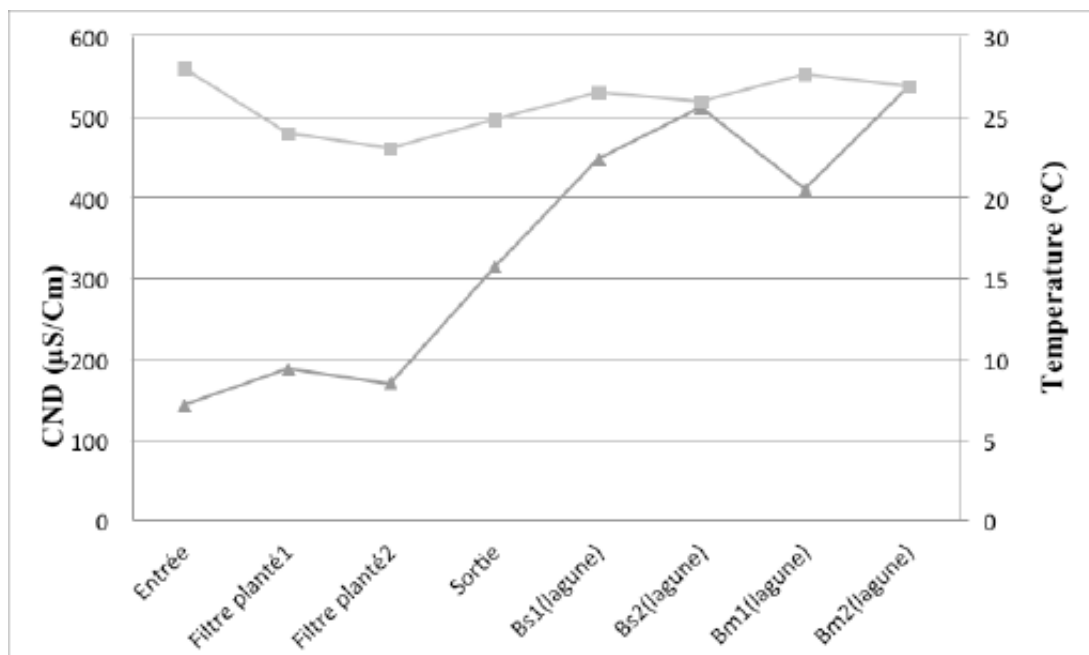


Figure 1. Evolution température et de la conductivité dans les différentes étapes du système de traitement.

Tableau IV. Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées de la station d'épuration actuelle du C.H.U de Yaoundé.

Paramètres	Concentration		Normes de rejet (MINEPDED)
	Entrée	Sortie	
CND ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	$143,2 \pm 10,23$	$538 \pm 83,86$	
MES (mg/l)	$111 \pm 17,31$	$19 \pm 3,69$	
NO ₃ ⁻ (mg/l)	$80 \pm 7,65$	$01 \pm 0,29$	≤ 30
NH ₄ ⁺ (mg/l)	$100,1 \pm 21,29$	$3,8 \pm 1,31$	≤ 30
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	$80 \pm 6,89$	$01 \pm 0,81$	≤ 10
DCO (mg/l)	$2240 \pm 209,72$	$150 \pm 32,21$	≤ 200
DBO ₅ (mg/l)	$700 \pm 127,79$	$60 \pm 57,85$	≤ 50

La plus grande valeur de la conductivité électrique (CND) est enregistrée à la sortie du système ($538\mu\text{S}/\text{cm}$) tandis qu'elle passe de $187,7\mu\text{S}/\text{cm}$ du filtre planté de roseau à $410\mu\text{S}/\text{cm}$ au lagunage naturel le long de la station (figure 5a).

À l'instar des courbes obtenues lors des filières antérieures (filtre plantés de roseau et lagunage), la cinétique de ces trois polluants montre une élimination en 2 phases (figure 3). Au cours de la deuxième phase (brutale), entre Bs1 (Bassin de sédimentation) et Bm² (Bassin de maturation),

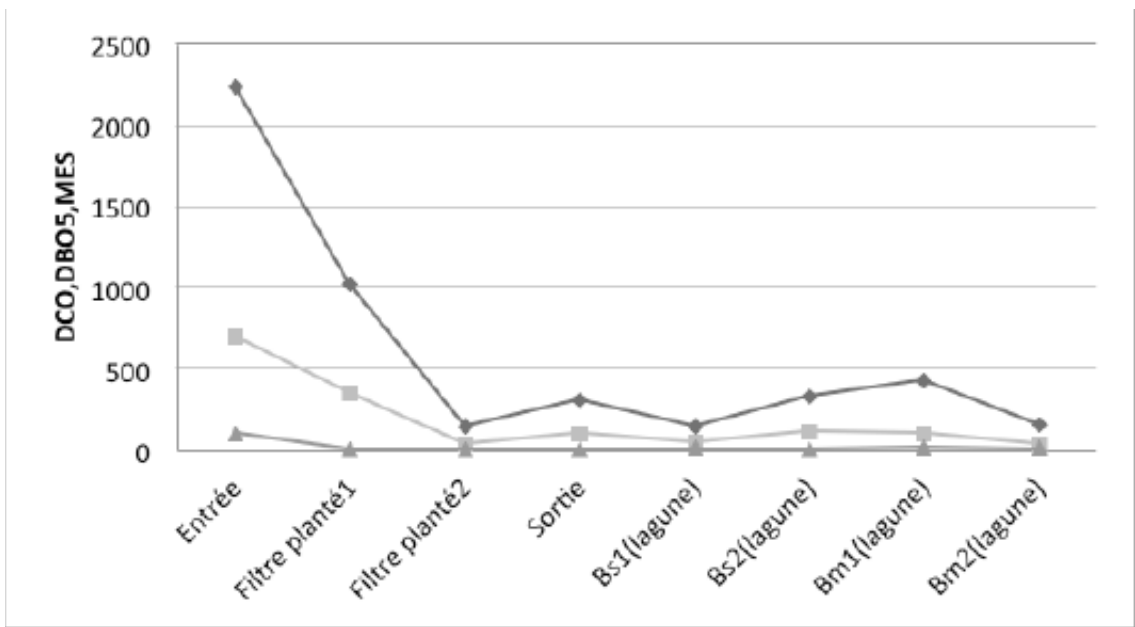


Figure 2. Evolution DCO, DBO₅, MES le long du système de traitement des eaux usées du CHU.

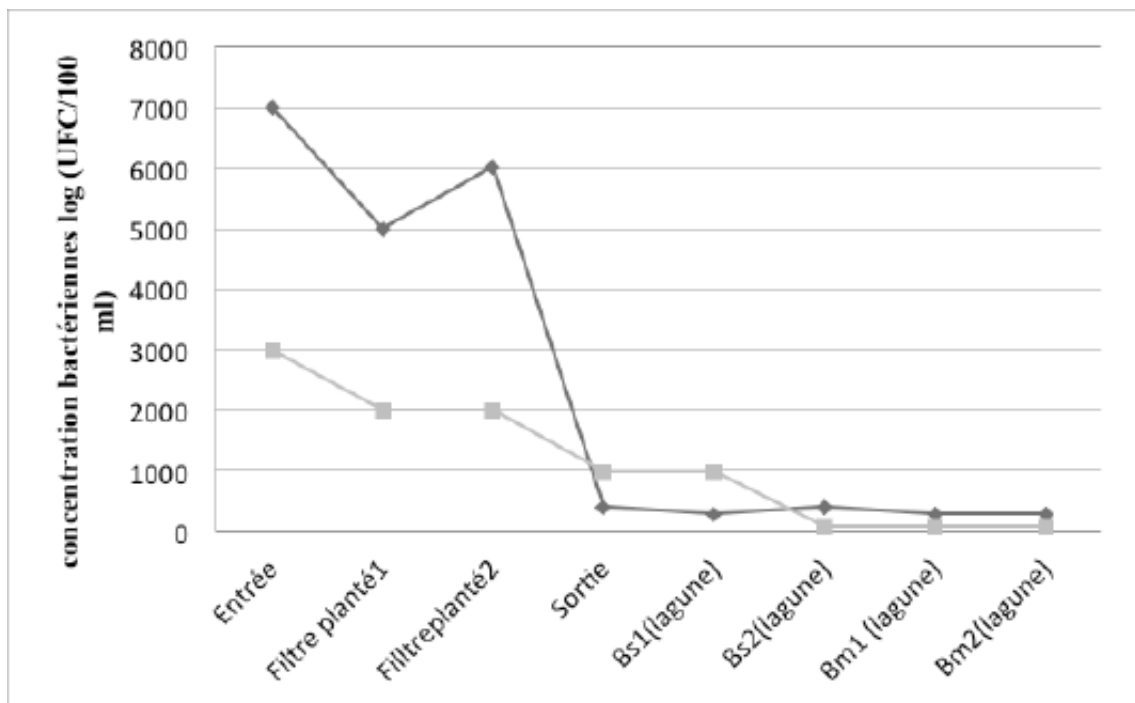


Figure 3. Evolution de la teneur des coliformes et des streptocoques fécaux dans les eaux usées le long du système hybride souterrain du CHU.

environ 70 % de la réduction a lieu. La première phase qui est celle du filtre planté de roseau présente les polluants qui par effet de leurs poids subissent l'influence de la pesanteur. Les résultats obtenus (tableau V) montrent clairement que ces eaux sont très chargées en micro-organismes indicateurs de la pollution dont toutes les valeurs sont supérieures à 10^5 individus/100 ml. La relation $CF > SF$ est maintenue dans les 2 systèmes durant toute la période de l'étude (figure 7). Cette observation démontre la primauté de la contamination fécale d'origine humaine dans la station. L'élimination de ces 2 polluants est progressive d'environ 0,5 unité log par bassin de chaque système et fortement significative d'après les analyses statistiques non paramétriques de Kruskal-Wallis ($P < 0,000$).

Tableau IV. Paramètres bactériologiques des eaux usées du C.H.U de Yaoundé.

Paramètres	Concentration		Normes de rejet (MINEPDED)
	Entrée	Sortie	
CF (UFC/100 ml)	7000 ± 904,5	300 ± 99,7	≤ 2000
SF (UFC/100 ml)	3000 ± 465,2	100 ± 91,5	≤ 1000

Les teneurs moyennes des coliformes et des streptocoques fécaux diminuent au fur et à mesure qu'on avance dans le processus traitement.

Dans l'ensemble, le pourcentage d'abattement physico-chimique se situe dans la gamme de 70 à 94 %. Plus spécifiquement, on obtient par ordre de performance 92,06 % de réduction de la DCO, suivie successivement de 94,3 % (DBO₅), 82,8 % (MES), 87,5 % (NO₃⁻) 90,16 % (NH₄⁺), 90,75 % (PO₄⁻) et 73,35 % (CND)

L'abattement bactériologique obtenu dans la station d'épuration expérimentale des eaux du CHU donne des performances variant entre 99,657 et 100 % correspondant à une moyenne de 99,7 % pour les CF et entre 99,9 et 100 % pour une moyenne de 99,9 % des SF. 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 > 98 % (KENGNE, 2000).

Tableau VI. Taux d'abattement des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Paramètres	Concentration		Normes de rejet	Abattement (%)
	Entrée	Sortie		
CND (μ S/cm)	143,2 ± 10,23	538 ± 83,86		73,4
MES (mg/l)	111 ± 17,31	19 ± 3,69		82,8
NO ₃ ⁻ (mg/l)	80 ± 7,65	01 ± 0,29	≤ 30	87,5
NH ₄ ⁺ (mg/l)	100,1 ± 21,29	3,8 ± 1,31	≤ 30	96,16
PO ₄ ⁻ (mg/l)	80 ± 6,89	01 ± 0,81	≤ 10	92,1
DCO (mg/l)	2240 ± 209,72	150 ± 32,21	≤ 200	76,3
DBO ₅ (mg/l)	700 ± 127,79	60 ± 57,85	≤ 50	94,3
CF (UFC/100 ml)	7000 ± 904,5	300 ± 99,7	≤ 2000	95,8
SF (UFC/100 ml)	3000 ± 465,2	100 ± 91,5	≤ 1000	96,7

III. Discussion

3.1. Etat des lieux du système de gestion des eaux usées du CHU

La station d'épuration (STEP) du C.H.U qui été construite pour traiter les eaux usées qui seraient produites dans cet établissement hospitalier, dans la Faculté de Médecin des Sciences Biomédicales (F.M.S.B) et dans l'Ecole Normale Supérieur de Polythèque (E.N.S.P) est depuis plusieurs années abandonnée et se dégrade chaque jour un peu plus. Cette STEP a pourtant une capacité nettement suffisante pour le traitement des eaux usées des structures qui y sont raccordées. Son abandon est donc le résultat des pannes successives, du mauvais entretien et du manque de moyens financiers pour achat des pièces de rechange. Les eaux usées en provenance de cet établissement hospitalier sont donc déversées dans l'un des étangs de l'Université de Yaoundé I sans traitement. Ce déversement participe à la pollution, à la contamination, à l'eutrophisation des étangs de l'Université de Yaoundé I et constitue un risque grave de propagation de maladies d'origine hydrique dans la population dont une partie utilise les eaux de ces étangs à plusieurs fins dont agriculture, ménage, pisciculture. Cette pollution entraîne aussi la diminution de la biodiversité naturelle et l'introduction dans les chaînes trophiques des substances dangereuses comme les métaux lourds (FONKOU *et al.*, 2002).

3.2. Analyse des paramètres physico-chimique et biologique

Les eaux usées ainsi rejetées ont des paramètres physico-chimiques et microbiologiques supérieures aux normes appliquées dans plusieurs pays. De plus, elles renferment des substances chimiques dangereuses qui proviennent des laboratoires d'analyse, et des germes pathogènes liés à la contamination fécale, tel que le confirment les teneurs élevées en germes indicateurs.

L'une des raisons majeures pour lesquelles les STEP mécaniques existantes dans la ville de Yaoundé ont été abandonnées est le manque ou l'insuffisance de moyens financiers pour assurer leur bon fonctionnement. Malgré les propositions faites depuis quelques années pour palier à ce dysfonctionnement des STEP mécaniques et résoudre le problème des eaux usées dans toute la ville de Yaoundé (FONKOU, 2000), le problème reste entier. Il est donc nécessaire d'estimer les coûts d'exploitation des systèmes envisagés et de penser à concevoir des systèmes efficaces et si possible encore moins onéreux. Pour ces raisons, la réhabilitation de la STEP à boues activées du C.H.U n'est pas nécessaire car cette opération serait très coûteuse à cause des équipements mécaniques à renouveler, ainsi que sa gestion et son entretien. Ces résultats sont en droite ligne avec les travaux de Kegne (2008) qui avait travaillé sur le lagunage naturel pour un traitement des eaux usées du camp sic de Biyem-Assi.

3.3. Traitement des eaux usées par la station expérimentale

Les eaux usées du C.H.U de Yaoundé, de la F.M.S.B, de l'E.N.S.P peuvent être épurées par un système hybride qui pourra exploiter efficacement les deux bassins d'aération de la station existante qui ont chacun un volume de 164 m³ et qui seront tout simplement vidangés et nettoyés puis utilisés pour la mise en place du premier système qui est celui du filtre planté de roseaux. Le volume total des deux bassins (328 m³) étant très important par rapport au débit total (64 m³/j) d'eau qui arrive à la STEP. Le temps de séjour de l'eau dans le premier système sera long et permettra une bonne digestion anaérobie des matières organiques et inorganiques avant la phase du

deuxième système qui est celui du lagunage. L'épuration se poursuivra dans les deux lagunes de 0,7 m de profondeur qui seront construites. Un compartiment de chloration pourra être mis en place pour désinfecter les eaux épurées avant leur rejet ou à défaut, une autre lagune de 0,7 de profondeur dans laquelle on ne cultivera aucune plante et pourra être mise en place pour permettre aux rayons ultra violet du soleil d'atteindre l'eau et de détruire les micro-organismes (KENGNE, *et al.*, 2002). A la fin de ce procédé, l'eau épurée sera déversée dans l'environnement (l'étang Atemengue) sans grand danger. Le lit de séchage pourrait être aménagé pour permettre la mise en place autour de la STEP pour éviter les accidents.

Si un tel système est réalisé, il n'utiliserait aucune source d'énergie extérieure pour son fonctionnement, nécessitant au plus deux personnes pas très qualifiées pour assurer son fonctionnement et son entretien quotidien avec du matériel local peu coûteux. Un spécialiste en matière d'assainissement sera utile pour assurer la supervision du travail.

A l'état actuel, les étangs de l'Université de Yaoundé I qui sont envahis par les macrophytes participent à l'épuration des eaux usées qui y sont déversées par un abatement important des paramètres physico-chimiques. Néanmoins, certaines substances chimiques telles que les métaux lourds se propagent très certainement au-delà de l'étang Atemengue et se retrouvent dans des chaînes trophiques dans l'étang de Melen et au niveau de la station aquacole de Yaoundé (FONKOU *et al.*, 2002). En plus, il n'est pas exclu que la pollution microbiologique déversée dans les étangs de la retenue et Atemengue se trouve dans l'étang de Melen. Il est normal de penser que les substances indésirables telles que les métaux lourds se trouvent rapidement dans les étangs en construction du fait de la faible distance entre les points de rejet et la zone considérée. Ces étangs sont aussi exposés à une importante pollution organique et microbiologique qui est à l'origine de l'envahissement des eaux par les plantes et de leur contamination.

Conclusion

La station d'épuration (STEP) à boues activées qui a été construite pour traiter les effluents du C.H.U, de la F.M.S.B et de l'E.N.S.P est abandonnée depuis plusieurs années à l'image de plusieurs autres existantes dans le pays. Ceci entraîne le déversement d'eaux usées non traitées en provenance d'un établissement hospitalier dans un milieu aquatique. Les eaux du milieu récepteur sont utilisées en aval par des populations à diverses fins, malgré les risques de pollution, de contamination et de toxicité qu'elles présentent.

L'étude menée en vue de contribuer à la gestion efficace de ces eaux usées a permis d'évaluer puis d'estimer les coûts de leur traitement par le système envisagé. Elles contiennent aussi des substances chimiques dangereuses (métaux lourds, sels de métaux, acides, colorants), des micro-organismes pathogènes ou non dont certains sont indicateurs de la pollution (streptocoques fécaux > 3000 UFC/100 ml, coliformes fécaux > 7000 UFC/100 ml). Au vu des effets néfastes de ces effluents sur l'environnement et sur l'homme (toxicité, eutrophisation, contamination des étangs récepteurs, contamination et pollution des nappes souterraines, propagation des maladies d'origine hydriques), ils devraient être épurés avant leur rejet.

La réhabilitation de la station d'épuration du C.H.U ne serait pas la meilleure solution pour résoudre ces problèmes car la gestion et l'entretien de cette station sont très coûteux (environ

25.000.000 de francs CFA par an pour l'épuration des eaux usées du C.H.U) et la technologie utilisée nécessite un personnel hautement qualifié pour assurer son fonctionnement.

Références bibliographiques

AGENDIA P. L., FONKOU T., SONWA D., MEFENYA R., KENGNE N. I. et ZAMBO A. J. M., 2000. Collecte, épuration et évacuation d'eaux usées dans les lotissements SIC And Economic Appraisal.(eds) Amley Inter Sciences. ELBS.p.241-263.

ANONYME, 2000. Recherche et dénombrement des entérocoques: méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnemental du Québec, gouvernement du Québec. 27 p.

ANONYME, 2000. Programme fédérateur de recherche sur l'assainissement des eaux usées en Afrique subsaharienne. Financé par la Coopération Française à travers le programme CAMPUS, projet n° 96313119b.32 p.

ANONYME, 2001. procédés extensifs d'épuration des eaux usées dans les petites et grandes collectivités. 4-32p.

ANONYME, 2002. Elimination des effluents liquides des établissements hospitaliers ; Recommandations. Institut Biomédical des Cordeiens Pub. Paris. 55p.

ANONYME, 2005. Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes. Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse et Rhin Meuse. p. 8-16.

ANONYME, 2008. Normes environnementales et procédure d'inspection des installations industrielles et commerciales au Cameroun. MINEP, Yaoundé. 138 p.

ANONYME, 2008. Plan national de gestion des déchets hospitaliers. MINSANTE, Yaoundé. p.1-96.

AYO Anne, 2012. Evaluation des performances épuratoires de la station rénovée d'épuration des eaux usées du Camp-SIC Messa (Yaoundé).p. 12-40

BARBAULT R. 1983. Abrégé d'écologie générale. Masson pub. Paris. 198p.

BASSOMPIERRE C., 2007. Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers: de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de Doctorat de l'INP (Institut National Polytechnique), Grenoble. 231 p.

BAUMONT S., CAMARD J. P., LEFRANC A. & FRANCON A., 2002. Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Ile de France, Paris. p 12 -29.

BECHAC J. P., MERCIER B., NUER P., 1983. Traitement des eaux usées. EYROLE Pub. Paris 281 p.

BROSSIER G. et DUSSAIX A. M., 1999. Enquêtes et Sondages : méthodes, modèles, applicables, nouvelles approches. Dunod, Paris. 365 p.

CAVICCHI E., 2008. Service Public d'Assainissement non Collectif. Edition Pays de Clermontois. 18 p.

CHEDAD K. et ASSOBEI O., 2007. Etude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune d'Oualidia (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique 29: 71-79.

CHEVALIER P., 2002. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine : Entérocoques et streptocoques fécaux. Institut national de santé publique, Québec. 5 p.

CLAUSEN E. M., GREEN B. L. and LITSKY W., 1977. Faecal streptococci: indicators of pollution. Edit. American Society for Testing and Materials (ASTM). pp 247-264.

CORS M., 2007. Techniques extensives d'épuration des eaux usées domestiques. Dossier Inter-Environnement Wallonie. 43 p.

DE VILLERS J., SQUILBIN M. & YOURASSOWSKY C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement. 16 p.

- DJERMAKOYÉ M. M. H., 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries: caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impacts sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Mémoire de Thèse, Faculté de Médecine, Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, Université de Bamako. 135 p.
- ECKENFELDER W. W. 1982.** Gestion des eaux usées urbaines et industrielles : Caractérisation-Techniques d'épuration-Aspects économiques. Technique et documentation Lavoisier.Paris.496p.
- FONKOU T., AGENDIA, P., KENGNE, Y., AMOUGOU A. and NYA J., 2002.** The accumulation of heavy metals in biotic and abiotic components of the olezoa wetland complex in Yaounde-Cameroun(West-Africa). Proceeding of International Symposium on Environmental pollution control and Waste Management. 7-10 January 2002. Tunis (EPCOWM 2002),P.29-33.
- FRELOTTE J. et VERSTRATE W., 1989.** Le traitement des Eaux Usées d'Hôpitaux, Technique de l'eau et de l'assainissement. P 23.
- GAYE M. et NIANG S., 2002.** Epuration extensive des eaux usées pour leur réutilisation dans l'agriculture urbaine: des technologies appropriées en zone sahélienne pour la lutte contre la pauvreté. Etudes et recherches, Dakar. P 17 .
- HABIB et EL RHAZI, 2007.** Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées. Projet de fin d'études de License-SV, Université Cadi Ayyad Marrakech. 18 p.
- HOWARD G., STEPHEN P., 2003.** Risk factors contributing to microbiological contamination of shallow ground-water in Kampala, Uganda. Water Research 37: 3421-3429.
- KENGNE I. N. M., 2000.** Evaluation d'une station de lagunage à macrophytes à Yaoundé: performances épuratoires, développement et biocontrôle des Diptères Culicidae. Thèse Doctorat de 3e cycle, Université de Yaoundé I. 138 p.
- KENGNE N. I. M., 2008.** Potentials of sludge drying beds vegetated with *Cyperus papyrus* L. and *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc & Chase for faecal sludge treatment in tropical region. Thesis Ph.D/Doctorat Degree in Plant Biology, Speciality: Phytoremediation. 114 pp.
- KONÉ D., 2002.** Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes (*Pistia stratiotes*) en Afrique de l'Ouest et du centre : Etat des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement. Thèse 2653: 17-31.
- LETAH N., 2011.** Charges hydrauliques et performances épuratoires des filtres plantes a *Echinochloa pyramidalis* (lam.) hitchc. & chase dans le traitement du percolat des boues de vidange, 13-45p
- LIÉNARD A., CATHÉRINE B., PASCAL M., YVAN R., FRANÇOIS B. et BERNADETTE P., 2004.** Filtres plantés de roseaux à flux vertical et lagunage naturel en traitement d'eaux usées domestiques en France: comparaison des performances et des contraintes d'exploitation en termes de pérennité et fiabilité. Ingénieries n° special. pp. 87-99.
- MISS F., 2007.** Etude des possibilités de valorisation des produits issus de traitement des boues de vidange: cas de Yaoundé, Cameroun. Ecole National d'Enseignement Supérieur d'Agronomie de Dijon (ENESAD). 142 p.
- MOREL M. A. et 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.
- NDIAYÉ M. L., 2005.** Impacts des eaux usées sur l'évolution chimique et microbiologique des sols: étude de cas à Pikine (Dakar – Sénégal). Mémoire D.E.S.S.N.E n° 110. Université de Lausanne. 102 p.
- NYA J., BRISSAUD F., KENGNE I.M., DRAKIDS C., AMOUGOU A., ATANGANA E. R., FONKOU T., & AGENDIA P. L., 2002.** Traitement des eaux usées domestiques au Cameroun : Performances épuratoires comparées du lagunage à macrophytes et du lagunage à microphytes. pp 726 – 736.
- RAMADE F., 2005.** Eléments d'Ecologie – Ecologie appliquée. Edition Dunod, Paris. 63 p.
- STEVIK T. K., KARI A. AUSLAND G., HANSEN J. F., 2004.** Retention and removal of pathogenic bacteria in wastewater percolating through porous media: a review. Water Research 38: 1355–1367.
- SY S. et TALL S. P., 2003.** Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Saly Portudal. Projet de fin d'étude. Ecole Supérieur Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 139 p.

TAYLOR R., AIDAN C. *et al.*, 2004. The implications of groundwater velocity variations on microbial transport and wellhead protection. Review of field evidence. *FEMS Microbiology Ecology* 49: 17–26.

TCHINDA Y., 2000. Gestion et épuration des eaux usées hospitalières : cas du Centre Hospitalier et Universitaire (C.H.U) de Yaoundé .Mémoire de maitrise, Université de Dschang p 4-60