

Analyses physico-chimique et bactériologique des eaux usées de quelques hôtels de Cotonou

[Physicochemical and bacteriological analyzes of wastewater from some Cotonou hotels]

SOUDE Marilyn Karen¹⁻², BOTHON F. T. Diane¹, DEGUENON H. E. Justine¹, KOUDORO Y. Alain¹, AGBANGNAN D. C. Pascal¹, MAMA Daouda¹, and WOTTO D. Valentin³

¹Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi, Université Abomey Calavi, 01 BP 2009 Cotonou, Benin

²Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau, Université Abomey Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Benin

³Laboratoire de Chimie Physique, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Benin

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

ABSTRACT: A proliferation of hotels in major cities in developing countries such as Benin leads to more waste water production. The present work aims to evaluate the efficiency of the wastewater treatment methods of Cotonou hotels. But after investigation, most hotels do not have a wastewater treatment plant. During the investigation, wastewater samples were collected and analyzed. The measurement of the field parameters was made with a pH meter, a conductivity meter and a turbidimeter. BOD₅ was measured by respirometry and COD by colorimetry. A molecular absorption spectrophotometer was used to measure: suspended matter, total nitrogen and total phosphorus content. Microbiological parameters were determined by the incorporation technique. These analyzes show that the effluents at the entrance of the stations are heavily loaded with pollutants. However, significant declines are observed on site n°4 (activated sludge) with non-standard values only for phosphorus and *Escherichia coli*. The adoption of a disinfection and phosphorus removal treatment would make it possible to obtain water of acceptable quality for reuse of these waters in irrigation.

KEYWORDS: Wastewater, hotels, quality, Cotonou, treatment plant.

RESUME: Une prolifération des hôtels dans les principales villes des pays en voie de développement comme le Bénin, entraîne plus de production d'eau usées. Le présent travail a pour objectif d'évaluer l'efficacité du mode de traitement des eaux usées des établissements hôteliers de Cotonou. Mais force est de constater après enquête que la plupart des hôtels ne dispose pas de Station d'Épuration des eaux usées. Pendant l'enquête, des échantillons d'eaux usées ont été prélevés et analysés. La mesure des paramètres de terrain a été faite avec un pH-mètre, un conductivimètre et un turbidimètre. La DBO₅ a été mesurée par respirométrie et la DCO par colorimétrie. Un spectrophotomètre d'absorption moléculaire a servi à la mesure des Matières en suspension, de la teneur en azote total et du phosphore total. Les paramètres microbiologiques ont été déterminés par la technique d'incorporation. Il ressort de ces analyses, que les effluents à l'entrée des stations sont fortement chargés en polluants. Cependant, de considérables abattements sont observés en moyenne pour la plupart des paramètres de pollution sur les sites à boues activées par opposition au site à dégrillage. Les meilleurs résultats sont observés sur le site n°4 (boues activées) avec des valeurs hors normes uniquement pour le phosphore et *Escherichia coli*. L'adoption d'un traitement de désinfection et d'élimination du phosphore permettrait d'obtenir une eau de qualité acceptable en vue d'une réutilisation de ces eaux en irrigation.

MOTS-CLEFS: Eaux usées, hôtels, qualité, Cotonou, station d'épuration.

1 INTRODUCTION

L'eau est une ressource indispensable au développement de tout organisme vivant. Malheureusement, les activités anthropiques conduisent à la dégradation de sa qualité naturelle. Plus de 80% des eaux usées du monde sont rejetées sans traitement dans la nature [1], entraînant de ce fait la dégradation de l'environnement. Selon le rapport de l'ONU [2] la dégradation de l'environnement « compromet le développement et menace les progrès futurs en matière de développement... puis menace tous les aspects du bien-être humain ». En effet les eaux urbaines contiennent beaucoup de nutriments fortement sollicités par les populations bactériennes. Ce qui ne reste pas sans conséquences néfastes sur la santé humaines [3]. En Afrique et plus particulièrement dans les pays en voie de développement comme le Bénin, les populations urbaines augmentent au fil des ans, en quête de meilleures conditions de vie. Par ailleurs, depuis son indépendance, le Bénin a connu un essor très important dans le domaine du tourisme, entraînant des investissements et le développement des établissements hôteliers, principalement dans la ville de Cotonou. Ceci entraîne l'utilisation de grands volumes d'eau dans les secteurs domestique, commercial et industriel générant ainsi de plus grands volumes d'eaux usées [4]. La ville de Cotonou compte en elle seule environ 150 établissements hôteliers agréés [5] ; et présente une nappe phréatique très proche de la surface du sol favorisant ainsi l'infiltration rapide des eaux usées. Les populations vivant à proximité des zones de rejet des eaux usées de ces hôtels sont exposées aux maladies hydriques en particulier celles dues à une contamination fécale telles que les diarrhées, la fièvre entérique [6]...

La présente étude vise à évaluer l'efficacité des différentes stations d'épuration des eaux usées de quelques hôtels de Cotonou en vue de leur recyclage. Elle se basera sur les analyses physico-chimique et bactériologique des eaux collectées en amont et en aval des dispositifs d'épuration existants dans lesdits hôtels.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 CADRE D'ÉTUDE

La ville de Cotonou est située sur le cordon littoral qui s'étend entre le lac Nokoué et l'Océan Atlantique. Elle représente la seule commune du département du Littoral et est limitée au Nord par la commune de Sô-Ava et le lac Nokoué, au Sud par l'Océan Atlantique, à l'Est par la commune de Sèmè-Kpodji et à l'Ouest par celle d'Abomey-Calavi (Figure 1).

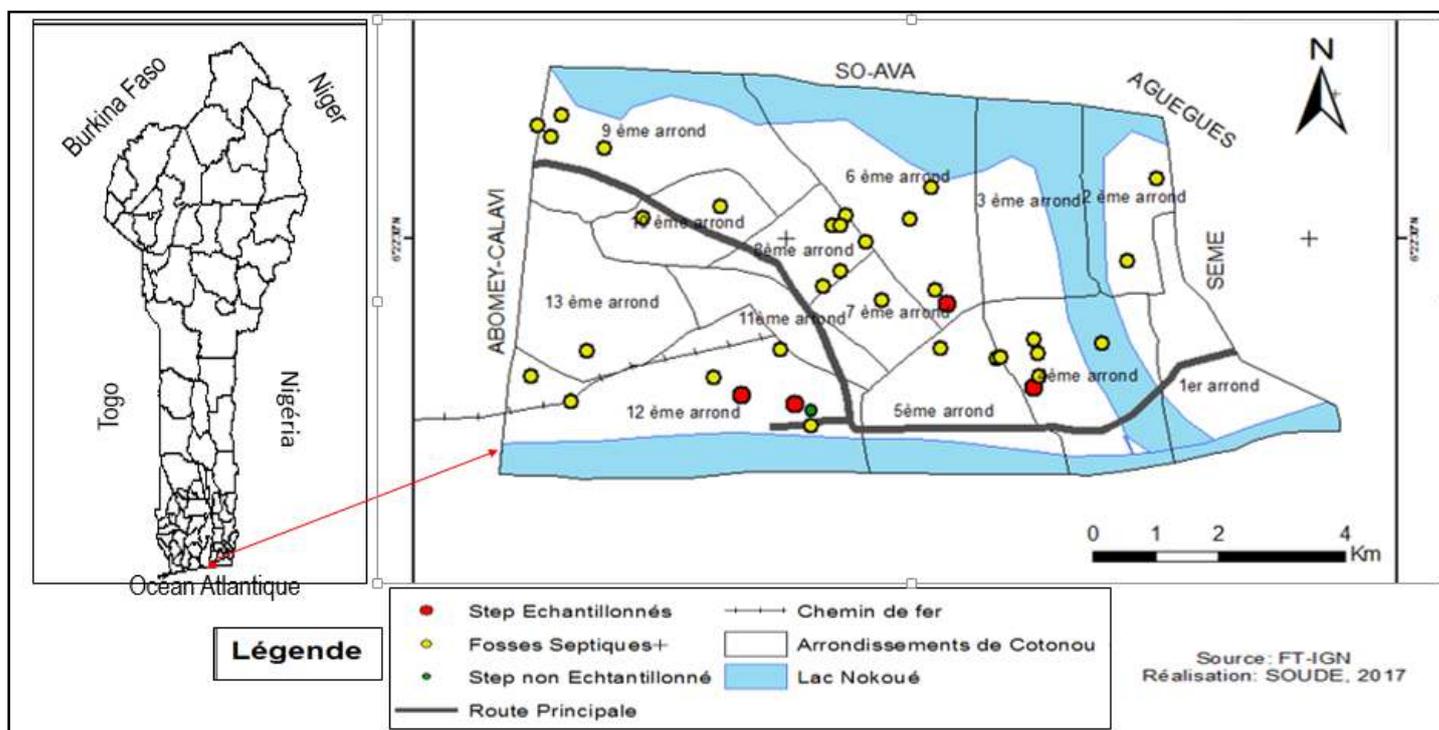


Fig. 1 : Carte d'échantillonnage

2.2 MATÉRIEL

Le matériel utilisé est constitué entre autres d'un GPS GARMIN 72H, d'un conductimètre de marque WTW340i, d'un pH-mètre HI 9910001, d'un turbidimètre WAGTECH, d'un spectrophotomètre d'absorption moléculaire DR 2800 ainsi que d'un autoclave de marque WAGTECH et d'un incubateur BLINDER.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 MÉTHODES D'ENQUÊTE ET D'ÉCHANTILLONNAGE

Trente-six (36) hôtels de Cotonou dont cinq (5) de haut standing, répartis dans dix (10) arrondissements ont été ciblés pour les enquêtes. Ceux disposant de Station d'Épuration (STEP) ont été sélectionnés pour l'échantillonnage afin d'évaluer l'efficacité du traitement par ces STEP. Des échantillons d'eaux usées ont été prélevés deux fois par jour : matin et soir. Le potentiel d'Hydrogène (pH), la température, l'oxygène dissous, la conductivité et le sel total dissous (TDS) ont été mesurés "in situ". Les échantillons ont été conservés selon les conditions requises [7] puis transportés au Laboratoire.

2.3.2 MÉTHODES D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

La demande biologique en oxygène pendant cinq (5) jours (DBO₅) a été déterminée par la méthode respirométrique (NF T 90-101, 2001). La matière organique des échantillons a été biodégradée par les microorganismes en présence de N-allylthiourée (C₄H₈N₂S) pour inhiber l'action des bactéries nitrifiantes et d'hydroxyde de potassium (KOH) pour piéger le Dioxyde de Carbone (CO₂) issu de la respiration des microorganismes. La demande chimique en oxygène (DCO) a été déterminée par colorimétrie (NF T90-101, 2001). Les matières oxydables des échantillons ont été oxydées par l'excès de dichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) à la température de 120°C en présence de sulfate d'argent (Ag₂SO₄) comme catalyseur et de sulfate de mercure (II) (HgSO₄) permettant de complexer les ions chlorures. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate ferreux (FeSO₄) et le sulfate d'ammonium ((NH₄)₂SO₄). Un spectrophotomètre de type DR 2800 a été utilisé pour mesurer les matières en suspension (MES) et le phosphore total (PT) (NF EN ISO 6878, 2005). L'azote total a été quantifié par le dispositif de Kjeldahl (NTK) (NF EN 25663, 1994).

2.3.3 MÉTHODES D'ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES

Deux paramètres microbiologiques, à savoir les teneurs en coliformes fécaux et *Escherichia coli* ont été évalués en utilisant le milieu de culture RAPID'E. coli 2 ; suivant un protocole décrit dans la littérature [8].

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Des résultats de l'enquête, il ressort que : 13,8% des hôtels visités ont installé des stations d'épuration (STEP) à boues activées sur 80% des sites et à dégrillage sur 20% des sites. 40% de ces hôtels disposant de STEP, déversent leurs eaux usées dans l'océan après traitement ; 40% réutilisent les eaux traitées pour l'arrosage au sein des hôtels et les 20% restant déversent ces eaux dans les caniveaux d'évacuation d'eaux pluviales. 5,5% des établissements hôteliers déversent leurs eaux usées, traitées ou non, dans les caniveaux d'évacuation d'eaux pluviales combinés directement au chenal de Cotonou.

3.2 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX USÉES ANALYSÉES

Les résultats d'analyses physico-chimiques ont été présentés en fonction des différentes STEP installées par les établissements hôteliers. Le Tableau 1 présente les équipements constitutifs des STEP recensées

Tableau 1. : Présentation des stations d'épuration

Sites	Equipements
N°1	Dégrilleur - bassin d'aération – dégazeur - clarificateur statique - système de recirculation et d'extraction des boues - silo à boues
N°2	Dégrilleur
N°3	Dégrilleur - bac a graisse - poste de relevage - clarificateur statique - système de recirculation et d'extraction des boues - lit de séchage
N°4	Dégrilleur - bassin d'aération - dégazeur - clarificateur statique - système de recirculation et d'extraction des boues - dispositif de filtration - lampes UV

3.2.1 POTENTIEL D'HYDROGÈNE (PH)

Les valeurs de pH des eaux traitées (Tableau 2), varient entre 6,86 et 7,88. Ces pH tendent vers la neutralité (légère alcalisation) et se situent dans l'intervalle des normes béninoises [9] pour les eaux résiduaires (6-9) et dans l'intervalle des limites des eaux destinées à l'irrigation selon l'OMS [10], compris entre 6,5 et 8,5. Cette valeur favorise la croissance bactérienne dans le milieu [6]. L'acidification remarquée au niveau du site n°2 serait due au traitement par dégrillage appliqué sur ce site, par opposition à la boue activée utilisée au niveau des autres sites qui ont des pH neutres.

Tableau 2. : PH des eaux usées

	Site N°1	Site N°2	Site N°3	Site N°4
Entrée	7,5	7,49	7,32	7,55
Sortie	7,54	6,86	7,65	7,88
Abattement (%)	-0,53	8,41	-4,51	-4,37

3.2.2 OXYGÈNE DISSOUS

Le taux d'oxygène dissous varie à l'entrée de 0,98 à 3,15 et à la sortie de 4,05 à 4,2. Le même constat été fait par Dekhil [11], qui a caractérisé les eaux usées traité par des boues activées dans une ville Algérienne (abattement : -19,16%). Ceci s'explique par la baisse de la charge polluante et l'aération des eaux usées au cours du traitement. Une eau très aérée est sursaturée en oxygène, alors qu'une eau chargée en matières organiques est sous saturée en oxygène [11].

Tableau 3. : Oxygène dissous des eaux usées

	Site N°1	Site N°2	Site N°3	Site N°4
Entrée (mg/l)	0,98	1,12	2,8	3,15
Sortie (mg/l)	4,1	4,05	4,2	4,15
Abattement (%)	-318,3	-261,6	-50	-31,75

3.2.3 MATIÈRES EN SUSPENSION (MES)

Seuls les sites n°1 et 4 (Tableau 3), présentent des concentrations en MES après traitement, inférieures aux 35 mg/L fixés par la norme des eaux usées domestiques destinées aux rejets directs au Bénin [9]. Les rendements de ces deux sites sont respectivement de 91,02% et 79,65% et sont proches de ceux de Dekhil [11] (96,65%) de même que ceux observés par Boumediene [12] sur la STEP d'une autre ville algérienne (92,71%). Le faible abattement de ce paramètre sur le site 3 (48,12%) pourrait s'expliquer par l'absence d'un dégazeur entre le bassin d'aération et le clarificateur. La présence d'un dégazeur est nécessaire entre le bassin d'aération et le clarificateur pour faciliter l'élimination des bulles d'air présentes dans l'eau, afin d'éviter une remontée des boues par entraînement de bulles d'air dans le clarificateur [13]. L'élimination de ces bulles évite des dysfonctionnements au niveau du clarificateur, qui pourraient réduire son bon fonctionnement. Au niveau de la STEP à boues activées ayant le même défaut de conception un abattement de 15,9% est obtenu pour des effluents domestiques du centre hospitalier universitaire de Cotonou [6]. Par contre, le site n°2 disposant uniquement d'un système de dégrillage, produit un abattement de 9,77%.

Tableau 4. : Teneurs en matières en suspension des eaux usées

	Site N°1	Site N°2	Site N°3	Site N°4
Entrée (mg/l)	245	215	160	113
Sortie (mg/l)	22	194	83	23
Abattement (%)	91,02	9,77	48,12	79,65

3.2.4 AZOTE TOTAL KJELDAHL (NTK)

Les teneurs en NTK varient entre 2,46mgN/L et 28,78mgN/L dans les eaux traitées, pour des abattements de 31,26% à 91,37% (Tableau 5). Tous les sites étudiés, disposant de STEP à boues activées rejettent des eaux avec des teneurs en azote conformes aux normes béninoises (15mgN/L) [9]. Les sites 1 et 4 produisent des abattements de 71,14% et 91,37%. Ces résultats sont proches de ceux de Dekhil [11] (74,04%), de Dako [14] (65,24%) puis de Boutin *et al.* [15] (91%). Avec une teneur de 28,78mgN/L à la sortie, le site n°2 ne respecte pas les normes béninoises. Les rejets d'azote ont des conséquences néfastes sur la qualité des eaux superficielles réceptrices, l'ammoniac (NH_3) étant toxique aux poissons et aux invertébrés aquatiques, ils entraînent une augmentation de la demande en oxygène. La présence d'azote ammoniacal dans la ressource en eau rend également plus difficile et plus onéreuse la production d'eau potable et les rejets de nitrates semblent être une cause importante de l'eutrophisation marine [16]. Ceci est d'autant plus préoccupant que la ville de Cotonou est considérée comme un milieu sensible [6].

Tableau 5. : Teneur en azote total Kjeldahl des eaux usées

	Site N°1	Site N°2	Site N°3	Site N°4
Entrée (mgN/l)	36,75	41,87	18,77	28,39
Sortie (mgN/l)	7,37	28,78	12,32	2,46
Abattement (%)	71,94	31,26	34,36	91,37

3.2.5 PHOSPHORE TOTAL (PT)

Les valeurs de phosphore total des eaux usées traitées varient entre 12,95 mgP/L et 19,16 mgP/L ; très supérieures aux 2mgP/L exigés par la norme béninoise [9]. Au niveau du site n°1, l'abattement de la teneur en phosphores totaux est de 46,14% tandis que ceux des stations n°2, n°3 et n°4 sont respectivement de 32,02%, 27,38% et 36,36% (Tableau 6). Ces valeurs sont proches de celles obtenues par Boutin *et al.* en 2011 [15] (41%) puis Fagnibo en 2012 [6] (32,86%). Cependant, le complément d'une déphosphatation physico-chimique réalisée par Boutin *et al.* [15] a élevé le rendement à 91%. Le phosphore est un élément important dans le domaine de l'épuration des eaux usées. Lorsqu'il est rejeté dans le milieu naturel à forte concentration, il est responsable de l'eutrophisation des eaux superficielles [17]. Les sources potentielles de ces concentrations élevées de phosphores totaux dans les eaux usées sont les rejets métaboliques (urines, fèces) et les détergents des eaux de vaisselle et de lessives [18].

Tableau 6. : Teneur en phosphore total des eaux usées

	Site N°1	Site N°2	Site N°3	Site N°4
Entrée (mg/l)	32,29	19,05	23,19	30,09
Sortie (mg/l)	17,39	12,95	16,84	19,16
Abattement (%)	46,14	32,02	27,38	36,36

3.2.6 DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGÈNE PENDANT 5 JOURS (DBO_5) ET DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE (DCO)

Le bilan de l'épuration pour les matières organiques est exprimé par la DBO_5 et par la DCO. La DBO_5 diminue en général après les différents traitements. Pour ce paramètre, les sites n°1 et 4 présentent des abattements très efficaces, contrairement au site n°2 pour lequel la DBO_5 augmente (abattement de -136,36%) (Tableau 7). Les DBO_5 des sites n°1 et 4 sont conformes à celle de la norme béninoise [9] ($\leq 25\text{mg d'O}_2/\text{L}$) et proches des valeurs obtenues dans la littérature soient (95,74%) [11], (89,84%) [12], (92,35%) [14] et (96%) [15]. La réduction des valeurs de la DBO_5 observée à la sortie des STEP peut être due à la dégradation de la matière organique par les microorganismes épurateurs, ainsi que le bon fonctionnement du clarificateur [17]. Ce dernier assure une décantation efficace favorisant ainsi la sédimentation des boues responsables de l'élimination de

la quasi-totalité de la DBO₅ [19]. L'absence de dégazeur sur le site n°3 pourrait donc justifier le faible abattement de la DBO₅ sur ce site. La même remarque faite par Fagnibo [6] avec un abattement de 31,60%.

Quant à la DCO, elle présente des valeurs plus faibles à la sortie qu'à l'entrée de toutes les STEP (Tableau 7). La norme béninoise fixe la concentration de la DCO à 125mg d'O₂/L dans les eaux résiduaires [9]. Seul le site n°4 est conforme à cette norme, avec une valeur de DCO égale à 124mg d'O₂/L. Les résultats des trois autres sites sont moins élevés que ceux obtenus par Dekhil [11] (96,39%) et Boumediene [12] (94,23%). Ceci pourrait s'expliquer par la présence d'un dessableur sur ces sites. En effet, l'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un dessableur permet de limiter le pourcentage de matière organique dans cette dernière [11]. Cette hypothèse est confirmée par les rendements obtenus par Dako [14] (82,77%) puis Boutin *et al.* [15] (91%).

Tableau 7. : Teneurs des eaux usées en DBO₅ et en DCO

		Site N°1	Site N°2	Site N°3	Site N°4
DBO ₅ (mg d'O ₂ /l)	Entrée	340	110	110	130
	Sortie	19	260	71	13
	Abattement (%)	94,41	-136,36	35,45	90
DCO (mg d'O ₂ /l)	Entrée	540	458	720	360
	Sortie	150	196	137	124
	Abattement (%)	72,22	57,20	80,97	65,55

Le rapport DCO/DBO₅ a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une faible valeur du rapport DCO/DBO₅ implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur élevée de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique [20]. Dans la présente étude ce rapport est supérieur à 2,5 à la fin du traitement sur les sites n°1, n°3 et n°4. Ceci pourrait s'expliquer par la réduction de la DBO₅ due à la biodégradation de la matière organique. Il est donc nécessaire d'appliquer un traitement chimique pour rabattre la DCO avant d'appliquer un traitement biologique [21]. Généralement, toutes les STEP à boues activées ont une bonne diminution de la charge biodégradable. Cela est confirmé par l'abattement de la DCO.

3.3 PARAMÈTRES BIOLOGIQUES DES EAUX USÉES

La teneur en coliformes fécaux et de *Escherichia coli* présente un abattement de plus de 95% sur les sites n°1, n°3 et n°4, tandis que sur le site n°2, ces teneurs ne diminuent que légèrement : 10,71% pour les CF et 6,97% pour *E. coli* (Tableau 8). Cependant, les eaux épurées par les quatre (4) STEP considérées ont des teneurs en coliformes fécaux allant de 68.10⁵ à 64.10⁸UFC/100mL. Ces charges bactériennes sont largement supérieures à la norme OMS de 10³UFC/100mL [1]. La qualité sanitaire de ces eaux est donc inacceptable pour leur réutilisation. D'autres chercheurs sont parvenus à cette même conclusion, soient 3.10⁸UFC/100mL à l'entrée et 15,3.10⁵UFC/100mL à la sortie [6] puis 1400UFC/100mL en fin de traitement [11].

Tableau 8. : Teneurs des eaux usées en coliformes fécaux et en *Escherichia coli*

		Site N°1	Site N°2	Site N°3	Site N°4
Coliformes fécaux (UFC/ml)	Entrée	16.10 ⁸	56.10 ⁶	178.10 ⁷	70.10 ⁶
	Sortie	68.10 ³	50.10 ⁶	64.10 ⁶	107.10 ⁴
	Abattement (%)	99,99	10,71	96,40	98,48
<i>Escherichia coli</i> (UFC/ml)	Entrée	146.10 ⁷	43.10 ⁶	152.10 ⁷	68.10 ⁶
	Sortie	29.10 ³	40.10 ⁶	524.10 ⁵	81.10 ⁴
	Abattement (%)	99,99	6,97	96,55	98,81

La forte densité de *E. coli*, bactérie indicatrice la plus spécifique d'une pollution fécale, dans les eaux analysées, indique clairement leur contamination par des germes fécaux et par conséquent, le risque épidémiologique potentiel que représente leur rejet sans traitement [7]. Les résultats obtenus peuvent s'expliquer d'une part, par le traitement biologique utilisé dans la plupart des STEP, favorisant la croissance bactérienne pour dégrader la pollution carbonée ou azotée et d'autre part, par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes. De plus, l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne [22].

4 CONCLUSION

De cette étude il ressort qu'une minorité (cinq) des hôtels de la ville de Cotonou dispose de stations d'épuration d'eaux usées. Trois stations de traitement à boues activées et une station à dégrillage ont été étudiées. Les analyses des eaux usées brutes et traitées, montrent que les sites à boues activées sont plus efficaces. Les meilleurs résultats ont été observés sur le site 4 ; seule la teneur en phosphore total des eaux traitées sur ce site excède celle prévue par la norme béninoise. Sur le plan bactériologique, aucune des stations étudiées ne rejette des eaux de qualité acceptable par rapport aux normes de l'OMS. Face à ce constat, l'installation de STEP est suggérée dans tous les établissements hôteliers du Bénin. Les SPET à boues activées avec un prétraitement (dégrillage, dessablage), un traitement primaire (décantation), un traitement secondaire (biologique) et un traitement tertiaire (déphosphatation, désinfection) sont recommandées pour une épuration efficace des eaux usées.

RÉFÉRENCES

- [1] Organisation Mondiale de la Santé. Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, Vol. 4 : Utilisation des excréta et des eaux ménagères en agriculture, 2012.
- [2] PNUD. Global Environment Outlook : Environnement for development (GEO-4), 2007.
- [3] S. EL Kettani. et M. EL Azzouzi, Prévalence des helminthes au sein d'une population rurale utilisant les eaux usées à des fins agricoles à Settat (Maroc), *Environnement, Risques et santé*, vol. 5, no. 2, pp. 99-106, 2006.
- [4] M. Qadir D. Wichelns, L. Raschid-Sally, P.G. McCornick P. Drechsel, A. Bahri and P. S. Minhas, The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management*, vol 97 pp. 561–568, 2010
- [5] Ministère de la Culture, de l'Alphabétisation, de l'Artisanat et du Tourisme. Répertoire des établissements hôteliers agréés du Bénin, Bénin, Direction des Professions et des Etablissements Touristiques, 2016.
- [6] Fagnibo H. Gestion des effluents domestiques en milieu hospitalier : cas du Centre National Hospitalier Hubert Koutoukou Maga de Cotonou (Bénin), Burkina Faso, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2012.
- [7] Rodier J., Legube B., Merlet N., Mialocq J., Leroy P., Houssin M., Lavison G., Bechemin C., Vincent M., Rebouillon P., Moulin L., Chomodé P., Dujardin P., Gosselin S., Seux R. et Al Mardini F., *L'analyse de l'eau*, Paris, 9^{ème} Edition, Dunod, 1579p, 2009.
- [8] BIO-RAD. Méthodes chromogéniques : Contrôle alimentaire, 2013.
- [9] Décret n°2001-109 du 4 avril 2001 fixant les normes de qualité des eaux résiduaires en République du Bénin.
- [10] Organisation Mondiale de la Santé. La réutilisation des effluents : Méthodes de traitement des eaux usées et mesures de protection sanitaire, no.517, 1973.
- [11] Dekhil S. Traitement des eaux usées urbaines par des boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA, Algérie : Université Mohamed El Bachir Elibrahimi, 2013.
- [12] Boumediene M. Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées : cas de la step AIN EL HOUTZ, Algérie, Université ABOU BEKR BELKAID, 2013.
- [13] Bouaissa M. Traitement des boues de la station d'épuration d'Al Hoceima : Mémoire de licence. Maroc : Université Mohammed Premier, 2015.
- [14] Doka, G. Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. Ecoinvent report no.13, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Part IV, Wastewater Treatment-Final report of the project of National Life Cycle Inventory Database "ecoinvent 2000", 2007.
- [15] Boutin C., Gillot S., Hédout A., Mur I., Risch E., Roux P. Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par Boues Activées (BA) : Rapport d'étape, Cemagref : Onema/acv02, Partenariat 2010, Domaine Ecotechnologies et pollutions, Action 28-1 « Analyse environnementale de cycle de vie du système assainissement », 2011
- [16] Deronzier, G., Schétrite, S., Racault, Y., Canler, J.P., Liénard, A., Hédout, A., Duchène P. Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités technique, FNDAE n°25 – CEMAGREF, 2001.
- [17] Idabdellah H., Kahim, L. L'impact des dysfonctionnements rencontrés au niveau des bassins d'aération de la « Station d'Épuration et de Réutilisation des Eaux Usées de Marrakech » sur la qualité des eaux traitées, Maroc, Université Cadi Ayyad, 2013.
- [18] Pollutec. Traitement des eaux usées, des boues et des matières de vidange pour les petites et moyennes collectivités : Résumé des interventions, 4p, 2010.
- [19] Hamaidi F., Zahraoul R., Kais H. Epuration des eaux usées domestiques par les boues activées : Etude de la performance d'une STEP dans la wilaya de Médéa (Nord-Ouest de l'Algérie), vol. 4, 16p, 2012.
- [20] H. Amghar, D. Belghyti, H. Bounouira., O. Bouchouata, Y. El Guamri, K. El Kharrim, A. Harchrass, B. Joti, L Ouahidi. et G. Ztit, Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat : cas de Kenitra au Maroc, *Afrique Science*, Vol. 5, no. 2, pp199-216, 2009.

- [21] Onifade T. Evaluation des performances et optimisation technique de la station d'épuration de Bobo Dioulasso, (Burkina Faso), Burkina Faso, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2011.
- [22] S. Ounoki et S. Achour Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla : possibilité de leur valorisation en irrigation, *Larhyss Journal*, no.20, pp.247-258, 2014.