

Etude hydrodynamique et évolution des paramètres environnementaux (la température, le pH et l'oxygène dissous) de la station d'épuration des eaux usées de Parakou (République du Bénin)

[Hydrodynamics survey and evolution of environmental parameters (temperature, pH and the dissolved oxygen) of the liquid waste refining station of Parakou (Benin Republic)]

Abdoul-Ramane ABDOULAYE and Y. M. A. Ramanou ABOUDOU

Département de Géographie et Aménagement du Territoire,
Université de Parakou, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines,
Parakou, Benin

Copyright © 2016 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: The liquid waste refining station of the International Market of ARKEZE, which has three lagoon basins with microphytes, faces important development problems. Those problems include the low production of liquid waste, the plugging of the main water pipe - which usually results in olfactory nuisances, the frequent breaking of the pipes that drain the liquid waste to the station, the lack of maintenance of the station - which causes a high rate of mud in the anaerobic basin. This investigation aims at studying the hydraulic functioning and assessing the different basins. To that purpose, quality indication measures have been carried out for ten weeks on samples, some of which have been taken daily and others weekly. The liquid waste's low rate of flow at the entrance of the station ($30.48\text{m}^3/\text{d}$) is characteristic of households whose water consumption is very low (about 15 l of water per inhabitant versus 150 to 200 l/inhabitant in Europe and as much as 250 to 400 l/inhabit in the USA). The pH values vary between 7 and 8. The average temperature is $28.89 \pm 0.30^\circ\text{C}$ with a minimum of 27.40°C recorded in August and a maximum of 30.30°C recorded in June. The dissolved oxygen varies from 0.27 to 2.93mg/l with an average of 0.85 ± 0.33 mg/l. The lowest rate of oxygen has been recorder towards the end of August. The high dissolved oxygen concentrations are noticed when the total DCO is low.

KEYWORDS: Anaerobic, microphytes, lagooning, hydraulic functioning, basin, concentrations.

RESUME: La station d'épuration des eaux usées à trois bassins de lagunage à microphytes du Marché International ARKEZE de Parakou, rencontre d'importants problèmes d'exploitation: faible production d'eau usée, colmatage de la conduite principale menant l'eau usée à la station de traitement entraînant de fréquentes nuisances olfactives, fréquentes casses au niveau des conduites drainant les eaux usées vers la station, manque d'entretien de la station entraînant un fort taux de boue dans le bassin anaérobie. La présente étude a pour objectif d'étudier le fonctionnement hydraulique et d'évaluer l'évolution des facteurs influençant la digestion anaérobie des différents bassins. Pour mener la présente étude, des mesures d'indicateurs de qualité ont été effectuées pendant dix semaines sur des échantillons prélevés suivant une fréquence journalière pour certains paramètres et hebdomadaire pour d'autres. Le faible débit d'eaux usées à l'entrée de la station ($30,48 \text{ m}^3/\text{j}$) est caractéristique des ménages à très faible consommation d'eau (environ 15 l d'eau par habitant contre 150 à 200 l/habitant en Europe et jusqu'à 250 à 400 l/ ha aux USA). Les valeurs de pH évoluent dans une gamme de 7 - 8. La température moyenne est de $28,89 \pm 0,30^\circ\text{C}$ avec un minimum de $27,40^\circ\text{C}$ enregistré dans le mois d'août et un maximum de $30,30^\circ\text{C}$ enregistré dans le mois de juin. L'oxygène dissous varie de 0,07-2,93 mg/l avec une moyenne de $0,85 \pm 0,33$ mg/l. Le plus

faible taux d'oxygène a été enregistré vers fin août. Les fortes concentrations en oxygène dissous sont observées lorsque la DCO totale est faible.

MOTS-CLEFS: Anaérobie, lagunage, microphytes, fonctionnement hydraulique, bassin, concentration.

1 INTRODUCTION

Dans les pays en développement, la recherche d'un essor économique durable intègre mal l'importance socio-économique de la protection de l'environnement naturel et de la qualité de vie des populations. En particulier, la lutte contre la pollution des eaux ne dispose encore que des moyens dramatiquement insuffisants et le retard en matière d'épuration des eaux usées domestiques et urbaines est catastrophique [1]. En effet, la proportion des eaux usées bénéficiant d'une épuration dans les pays en développement se situe entre 0 et 10 % ; elle fluctue entre 30 et parfois près de 100 % dans les pays industrialisés [2]. D'autre part dans ces pays du sud la question du traitement des eaux usées se trouve souvent annexée au projet d'approvisionnement en eau et n'est pas considéré comme une priorité pour les décideurs.

Pourtant certaines études ont révélé que les réductions les plus significatives des maladies diarrhéiques étaient obtenues par une amélioration de l'assainissement et de la promotion de l'hygiène [3]. En plus, la conférence des Nations Unies sur l'environnement humain (CNUEH) tenue à Stockholm (Suède) en 1972, et celle sur l'Environnement et le Développement (CNUED) tenue à Rio de Janeiro (Brésil) en 1992, puis le Sommet Mondial sur le Développement Durable (SMDD) tenu à Johannesburg (Afrique du Sud) en 2002 ont eu la souscription de tous les gouvernements pour l'instauration d'une démocratie écologique. De plus les Objectifs du Millénaire pour le Développement intègrent bien la question de la santé des populations et la protection de l'environnement pour un développement durable. C'est ainsi depuis la "Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement", de nombreux efforts sont déployés dans le secteur de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement en Afrique.

Plusieurs systèmes d'épuration collective des eaux usées ont déjà été testés ou sont en cours d'expérimentation en Afrique de l'Ouest et du Centre. Déjà dès les années 1977 le traitement des eaux usées utilisant le système intensif est mis en service comme celui de Saly Portudal (Sénégal), et d'autres qui sont en exploitations dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre (le Niger, la Côte d'Ivoire, le Cameroun etc.). Une enquête réalisée en 1993 par le Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) sur les systèmes d'assainissement dans les pays francophones de l'Afrique de l'Ouest et du Centre constate que d'importants investissements ont été réalisés pour la construction de plusieurs stations d'épuration intensives (boues activées, chenaux d'oxydation, lits bactériens) [4]. Mais, les techniques d'épuration par boues activées représentaient 75 % des 155 stations d'épuration recensées et la quasi-totalité était soit à l'arrêt, ou en mauvais état de fonctionnement [4], [5].

Au regard de ces différents constats, plusieurs chercheurs proposent une épuration par les procédés de type extensif qui sont des systèmes d'épuration d'eaux usées par voie naturelle (ou zones humides artificielles), dont le plus connu est le lagunage à microphytes (bassin de stabilisation, bassin facultatif ou bassin de maturation) [1]. Ce système est expérimenté depuis la première moitié du siècle sous climat tempéré et présente de nombreuses possibilités d'adaptation au climat des pays en développement qui est généralement chaud et donc favorable à l'activité bactérienne dont dépend son bon fonctionnement. Ces stations d'épuration par voie naturelle sont nombreuses, mais elles ne sont pas souvent connues du grand public. Leur principe de fonctionnement s'inspire de celui des écosystèmes rencontrés dans les zones humides naturelles [6].

De ce fait, le dysfonctionnement de ces systèmes est tel que les eaux usées ne sont pas bien traitées et sont rejetées dans le milieu naturel. Dans un contexte où la réutilisation des sous-produits de l'épuration est effective, ce dysfonctionnement représente un risque important pour la santé humaine et l'environnement. L'impact sanitaire le plus important est la contamination par les bactéries pathogènes et métaux lourds, des végétaux et des sols cultivés [7]. Face à l'importance de ces risques, les autorités responsables de la salubrité des villes doivent accorder une très grande attention sur les sites maraîchers concernés, car l'agriculture urbaine est perçue comme un secteur d'appoint dans la sécurité alimentaire des villes africaines et pourvoyeuse de devises pour des tranches de population défavorisées. Il convient donc de mettre en place des expérimentations à grande échelle sur l'efficacité du fonctionnement de ces systèmes. A l'instar de certains pays de l'Afrique francophone, le Bénin dispose de deux systèmes de traitements des eaux usées à savoir:

- le système intensif à boue activée du CNHU Hubert K. MAGA de Cotonou
- les systèmes extensifs d'EKPE et du Marché International ARZEKE de Parakou

La station d'épuration des eaux usées du Marché International ARZEKE de Parakou, objet de la présente étude rencontre d'importants problèmes d'exploitation: faible production d'eau usée, colmatage de la conduite principale menant l'eau usée à la station de traitement entraînant de fréquentes nuisances olfactives, fréquentes casses au niveau des conduites drainant les eaux usées vers la station, manque d'entretien de la station entraînant un fort taux de boue dans le bassin anaérobie. L'objectif principal de la présente étude est d'étudier le fonctionnement hydraulique et d'évaluer l'évolution des facteurs influençant la digestion anaérobie des différents bassins.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU MILIEU D'ÉTUDE

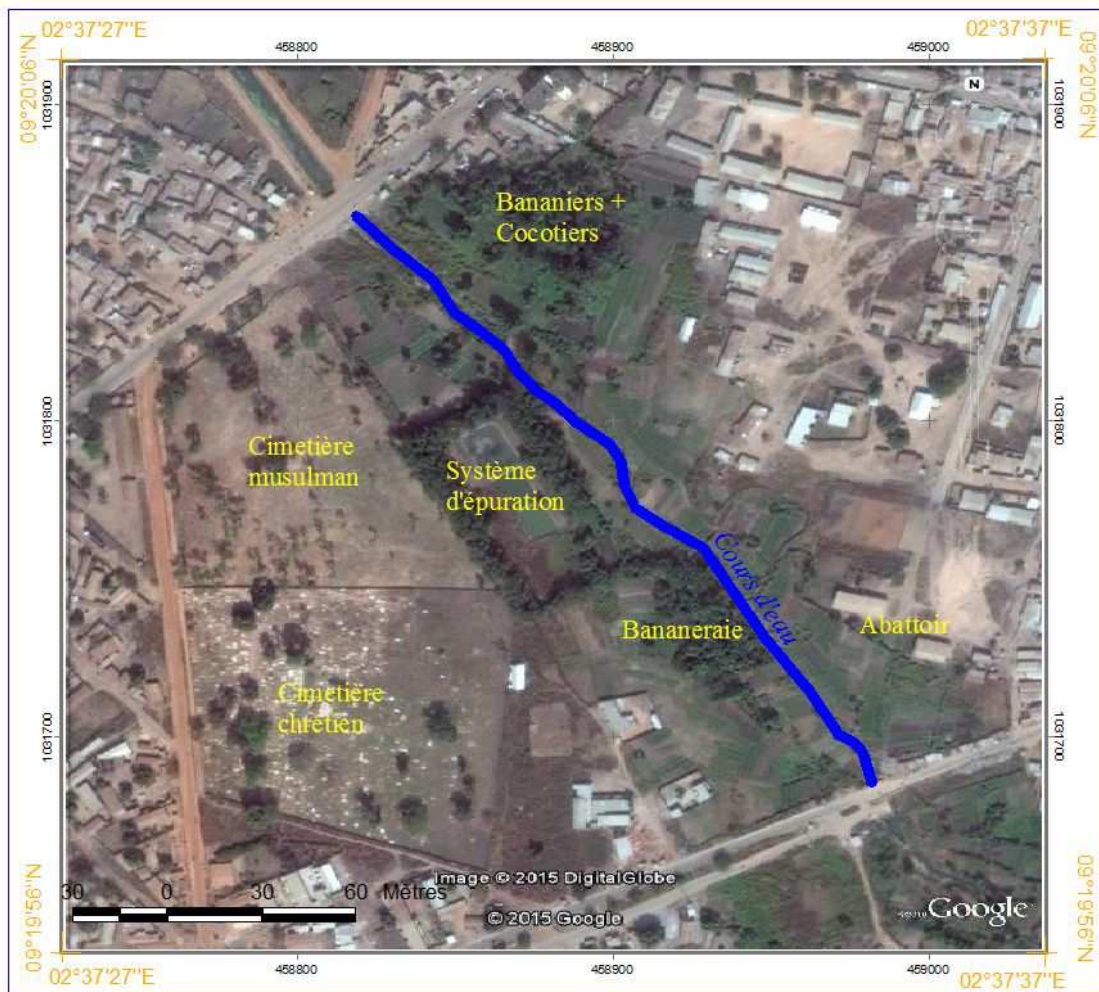
La ville de Parakou est située entre 9°18 et 9°22 de latitude Nord et 2°33 et 2°37 de longitude Est [8]. Les données publiées par l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique (INSAE) montrent que la population de la ville de Parakou a connu une augmentation spectaculaire. La population qui n'était que de 14 000 habitants en 1961 est passée à 60 000 et 103.577 respectivement en 1979 et 2002 pour plus de 254 254 habitants en 2013. Cette augmentation de la population entraîne forcément un accroissement des besoins et de la demande en denrées alimentaires frais. Les agriculteurs, attirés par le développement de la ville de Parakou à la recherche d'emplois plus rémunérateurs, trouvent à travers le maraîchage des opportunités pour assurer leur survie sur le plan économique.

2.1.2 DESCRIPTION DES CONDITIONS CLIMATIQUES

Dans un système lagunaire, le climat affecte, de façon directe, les processus biologiques qui s'y déroulent, et par conséquent, le rendement épuratoire des lagunes. À l'aide des données climatiques recueillies entre 2001 et 2014 par l'ASECNA pour la région de Parakou, nous pouvons étudier les principales conditions climatiques intervenant dans le bon fonctionnement du lagunage naturel, à savoir : la température, l'ensoleillement, la pluviométrie et l'évaporation. Le climat de la commune de Parakou est de type soudano-Sahélien avec deux saisons : une saison pluvieuse s'étendant d'Avril à Octobre et une saison sèche allant de mi-octobre à mi-avril. Elle est caractérisée par une humidité maximale annuelle qui est de 97% et enregistrée dans le mois de septembre alors que l'humidité minimale est de 20% et enregistrée entre janvier –février. La température annuelle maximale est de 36,7 °C dans le mois de mars et la température minimale annuelle est de 18,5°C dans le mois de décembre. L'évaporation annuelle maximale est de 245,5 mm en mars et l'évaporation minimale est de 103,3 mm en août. La hauteur d'eau annuellement enregistrée varie entre 1.000 mm et 1.500mm pour 75 à 140 jours effectifs de pluie.

2.1.3 PRÉSENTATION DE LA STATION D'ÉPURATION

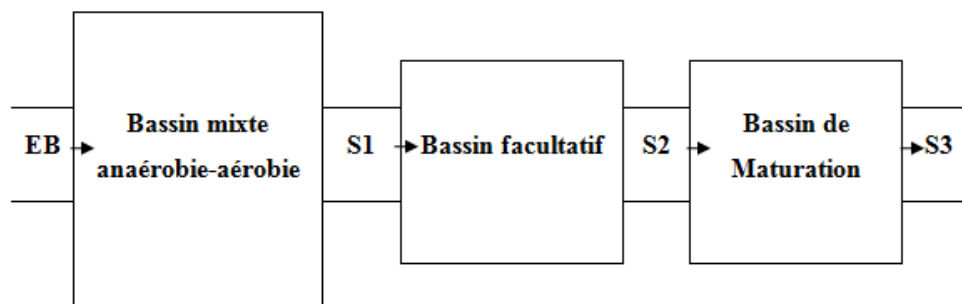
Créée en 1996 avec le concours de la Caisse Française de Développement (CFD), la station d'épuration des eaux usées de Parakou, d'une superficie de 1738 m², est dimensionnée pour recevoir une charge de 23,5kg de DBO5/j et traiter environ 27 m³ d'eaux usées brutes par jour en provenance du décanteur primaire venant des WC et douches du marché international Arzèkè de Parakou. Elle est située entre 09°20' et 9°20'03'' longitude Nord et 02°37'30'' et 02°37'33'' latitude Est et est adjacente à des terres agricoles (sites maraîchers) (Figure 1).



Source : Image satellitaire, 2015

Figure 1 : Situation géographique de la station d'épuration de Parakou

Elle comporte trois (03) bassins disposés en série (B1=bassin mixte aérobie-anaérobie, B2= bassin facultatif et B3= bassin de maturation), séparés par des digues en béton armé d'un mètre de largeur et communiquant entre eux par des tuyaux PVC (polyvinylchlorure) (Figure 2).



EB=Eau Brute décantée ; S1=Sortie Bassin1 ; S2=Sortie Bassin2 ; S3=Sortie Bassin3

Figure 2 : Schéma descriptif de la station d'épuration de Parakou

Les dimensions initiales des bassins sont présentées dans le Tableau 1. Les eaux usées circulent par simple gravité d'un bassin à l'autre ; elles se déversent par trop plein dans l'autre. La forme géométrique des bassins ainsi que l'emplacement des ouvrages de communication ont été conçus afin d'éviter les zones d'eaux mortes et les écoulements préférentiels. Le fonctionnement du système est divisé en deux phases principales : une phase primaire de décantation-digestion anaérobie dans le bassin B1 où la matière organique solide est dégradée et liquéfiée ; une phase secondaire de lagunage proprement dite dans les bassins B2 et B3. Au cours du cheminement de l'eau dans cette partie, deux (02) composantes essentielles contribuent à l'épuration : les micro-organismes qui décomposent la matière organique et les microphytes qui absorbent ces substances issues de la dégradation microbienne tout en leur fournissant un microclimat favorable à leur croissance (métabolites, O₂ dissous, etc.).

Tableau 1: Dimensions et caractéristiques des trois bassins de la station d'épuration de Parakou

Bassin	Profondeur utile (m)	Surface utile (m ²)	Volume utile (m ³)	Caractéristiques
Bassin primaire anaérobie-aérobie				
Zone aérobie	1,40	790	961	-Appelé lagune de décantation -Bassin mixte anaérobie-aérobie
Zone anaérobie	2,00	-	580	
Bassin secondaire aérobie	1,40	474	551	-Bassin secondaire aérobie facultatif -Son rôle principal est la minéralisation des boues.
Bassin de maturation	1,40	474	551	-Bassin de Maturation -Son rôle est l'affinage de l'épuration.

Source : Données d'enquêtes, aout 2014

2.2 MÉTHODES

2.2.1 ETUDE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DES DIFFERENTS BASSINS D'ÉPURATION

Les paramètres couramment utilisés pour le dimensionnement des bassins d'épuration en traitement secondaire sont principalement : la charge organique, le temps de séjour hydraulique et la charge hydraulique. Le temps de séjour est intimement corrélé à la charge hydraulique et correspond en général à la durée optimale de contact des polluants à dégrader avec les microorganismes responsables de l'épuration dans les bassins. Les performances épuratoires sont aussi bien influencées par les facteurs biogéochimiques que par l'hydraulique et les conditions climatiques. En effet, le temps de séjour hydraulique est l'un des principaux paramètres qui contrôlent la répartition de l'eau dans la totalité du volume des bassins, et le temps de contact entre la microfaune (bactéries, protozoaires, micro-invertébrés) et la pollution à dégrader. Les conditions climatiques jouent également un rôle important sur l'hydraulique des bassins. Il s'agit ici d'évaluer le débit d'eaux usées à l'entrée de la station et de déterminer le temps de séjour des eaux usées dans les différents bassins.

2.2.1.1 DONNÉES COLLECTÉES

- **Mesure du débit**

Le débit hydraulique journalier d'eaux usées a été déterminé trois fois par jour (matin entre 7h - 8 h, midi entre 12h - 13h et l'après-midi entre 17h - 18h) pendant deux semaines discontinues à l'aide d'un récipient gradué de 7 litres de contenance et d'un chronomètre à l'entrée du bassin de tête.

- **Détermination du temps de séjour**

Le calcul du temps de séjour a tenu compte du volume d'encombrement des bassins, de la pluviométrie, de l'évaporation, du volume réel stade projet et du débit déterminé.

- **Mesure de l'encombrement**

Cette mesure a consisté à :

- ✓ discrétiser le bassin de tête en **dx et dy avec dx=2m et dy=2m**
- ✓ relever la profondeur de l'eau à chaque nœud et la hauteur dénoyée du bassin

La hauteur d'encombrement (Z_i) a été estimée en utilisant la formule : $Z_i = H - h_i - P_i$ avec P_i profondeur ou lame d'eau, h_i hauteur dénoyée au nœud i , H profondeur projet du bassin (3,40 m). Les données de pluviométrie et d'évaporation ont été obtenues grâce à la station ASECNA de Parakou suivant la période de l'étude.

• **Détermination du temps de séjour réel**

$TS = V / Q = P_i \times S / Q$ avec P_i = profondeur ou lame d'eau ; S = Surface utile qui est de 790 m² et Q = débit moyen journalier.

2.2.2 EVALUATION DE LA QUALITE DE L'EAU DES BASSINS

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer différents paramètres tels que les paramètres physicochimique et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement. Les analyses ne sont valides que si le prélèvement et l'échantillonnage ont été entourés de soins suffisants; la séquence prélèvement-échantillonnage-conservation-analyse constitue alors une chaîne cohérente pour laquelle on aura conscience de ne négliger aucun maillon.

2.2.2.1 METHODOLOGIE D'ECHANTILLONNAGE ET DE MESURE

Il a été adopté un échantillonnage composite et des mesures hebdomadaires sur une période de 10 semaines (juin 2014 - juillet 2014). Les échantillons sont prélevés à l'entrée et à la sortie de chaque bassin afin de suivre la part d'épuration à chaque stade, et la capacité épuratoire de l'ensemble de la station. Les paramètres physico-chimiques globaux (Température, O₂ dissous, pH, conductivité) ont été mesurés in situ respectivement au moyen d'un oxythermomètre (Oxi 330i, WTW), d'un pH-mètre (H13292 ATC Conductivity) et d'un conductimètre (HANNA) sur des échantillons ponctuels prélevés 3 fois par jour (matin entre 7h - 8 h, midi entre 12h - 13h et l'après-midi entre 17h - 18h)

Les paramètres physico-chimiques et biologiques (la DBO5, la DCO, les MES, l'Azote, phosphore) ont été mesurés sur des échantillons composites journaliers prélevés une fois par semaine et ceci pendant 10 semaines à l'entrée et à la sortie de chaque bassin. Pour les matières en suspension (MES), la méthode de mesure adoptée est celle de la pesée différentielle par filtration sur filtre GFC et séchage à 105°C (AFNOR, T90-105). La demande chimique en oxygène est analysée par oxydation en excès au dichromate de potassium à chaud en milieu acide (méthode AFNOR). La DBO5 a été évaluée par la méthode manométrique basée sur le principe WARBURG. (Tableau 2).

Tableau 2 : Paramètres analysés et méthodes utilisées

Paramètres	Unités	Réactifs/Méthodes d'analyse/Appareils	Références
pH	-	pH-mètre	H13292 ATC Conductivity
O2 et T	mg/l - °C	Oxythermomètre	Oxi 330i, WTW
Conductivité	µS/cm	Conductimètre	HANNA
MES	mg/l	Filtration sur filtre GFC et séchage à 105°C	AFNOR, T90-105
DBO5	mg/l	Méthodes manométriques	Méthode standard
DCO	mg/l	Méthode par digestion	Programmes Hach Réacteur 3 - 150 / 20- 1500 et 200 - 15.000
N-NH4+	mg/l	Méthode Nessler	Programmes Hach
N-NO3	mg/l	méthode colorimétrique	Programmes Hach
PO43-	mg/l	Méthode Molybdovanadate	Programmes Hach

Source : Données d'enquêtes, aout 2014

Pour le bassin facultatif et le bassin de maturation, les mesures de la DBO5 sont effectuées aussi bien sur les échantillons bruts que sur les échantillons filtrés. Une estimation de la DBO5 en Kg/jour a été faite en utilisant la formule suivante :

$$DBO5 (Kg/j) = \text{Débit (l/j)} * DBO5 (Kg/l)$$

Le phosphore total est mesuré sur des échantillons bruts après minéralisation en milieu acide tandis que les nitrates sont mesurés sur les échantillons filtrés par la méthode colorimétrique au moyen du spectrophotomètre (HACH) DR/2010. Le dosage du NTK est fait par distillation précédé d'une minéralisation en milieu acide de l'azote organique en azote ammoniacal.

Les analyses bactériennes (Coliformes totaux, *E. coli*, Salmonelles) ont été faites sur des échantillons composites avec une fréquence d'une fois par semaine pendant 10 semaines. Les coliformes thermotolérants sont dénombrés sur des milieux de cultures spécifiques : Chrom-agar ECC à 37°C (Tableau 3).

Tableau 3: Caractéristiques et méthodes de mise en évidence de quelques bactéries

	Coliformes totaux	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> spp
Milieu liquide à 37°C en 24h	-	-	Rappaport Vassiliadis Bouillon selenite
Milieu solide en 24h	Chrom-agar ECC à 37°C	Chrom-agar ECC à 37°C	Hektoen à 37°C
Techniques utilisées	Ensemencement direct en surface	Ensemencement direct en surface	Enrichissement : Striation
Observation	Colonies rouges	Colonies bleues	Colonies vertes à centre noir

Source : Données d'enquêtes, aout 2014

2.2.3 ANALYSE ET TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES

Le traitement des données a été réalisé grâce aux logiciels Excel et SPSS. Les données ont été saisies dans Excel et transportées par la suite dans SPSS pour une analyse descriptive (moyenne, écart-type, maximum et minimum) et une Analyse en Composantes Principales. Les données collectées ont été comparées aux normes internationales et béninoises.

3 RESULTATS

3.1 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

• Encombrement des bassins

Après discrétisation du bassin de tête, la profondeur moyenne occupée par l'eau est de 65 cm. La hauteur dénoyée est de 75 cm. La hauteur d'encombrement du bassin de tête est alors de 2 m. La surface utile du bassin de tête étant de 790 m², alors le volume d'eau réellement admis dans le bassin de tête est de 513,5 m³. Les bassins 2 et 3 n'étant pas encombrés, les volumes d'eau admis sont ceux de l'étape projet (551 m³ pour chacun des deux).

• Débit

La station d'épuration de Parakou reçoit en moyenne 30,48 m³ d'eaux usées chaque jour avec des extrema de 26,08 et 36,29 m³/jour. En considérant une évaporation maximale de 7,92 mm/j obtenue en mars dans nos conditions (ASECNA Parakou, 2014) les quantités d'eau perdue par évaporation sont de 6,26 m³/j, 3,74 m³/j et 3,74 m³/j pour le bassin de tête, le bassin facultatif et le bassin de maturation respectivement. De même, en considérant une pluviométrie maximale de 6,82 mm/j obtenue dans le mois d'août (ASECNA Parakou, 2014), les quantités d'eaux supplémentaires sont respectivement de 5,39 m³/j, 3,23 m³/j et 3,23 m³/j pour le bassin de tête, le bassin facultatif et le bassin de maturation. En supposant les bassins étanches (pas de pertes par infiltration), nous pouvons appliquer le principe de l'égalité des débits. La quantité d'eau à la sortie de chaque bassin est donc égal à :

$$\text{Bassin 1: } 29,61 \text{ m}^3/\text{jour} ; \text{Bassin 2 : } 29,97 \text{ m}^3/\text{jour} ; \text{Bassin 3 : } 29,97 \text{ m}^3/\text{jour}$$

• Détermination du temps de séjour réel

Le temps de séjour réel calculé pendant la période de notre étude est de :

$$\text{Bassin 1: } 18 \text{ jours} ; \text{Bassin 2 : } 19 \text{ jours} ; \text{Bassin 3 : } 19 \text{ jours}$$

Le temps de séjour total pour l'ensemble des bassins de la station est environ de **56 jours (18+19+19)**.

3.2 EVOLUTION DE LA TEMPERATURE, DU PH ET DE L'OXYGENE DISSOUS

3.2.1 EVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE

L'évolution de la température (Figure 3) est caractérisée par une oscillation au cours de la période d'étude qui coïncide avec la saison des pluies. Les températures moyennes sur la période d'étude sont de 28,83±1,06; 29,11±1,13 et 29,59 ±1,54

°C aux sorties des bassin 1(**S1**), bassin 2 (**S2**) et bassin 3(**S3**) respectivement (Figure 5). De fortes valeurs moyennes ont été observées en juillet et en août aux sorties S2 et S3. (**EB**=Eau Brute décantée)

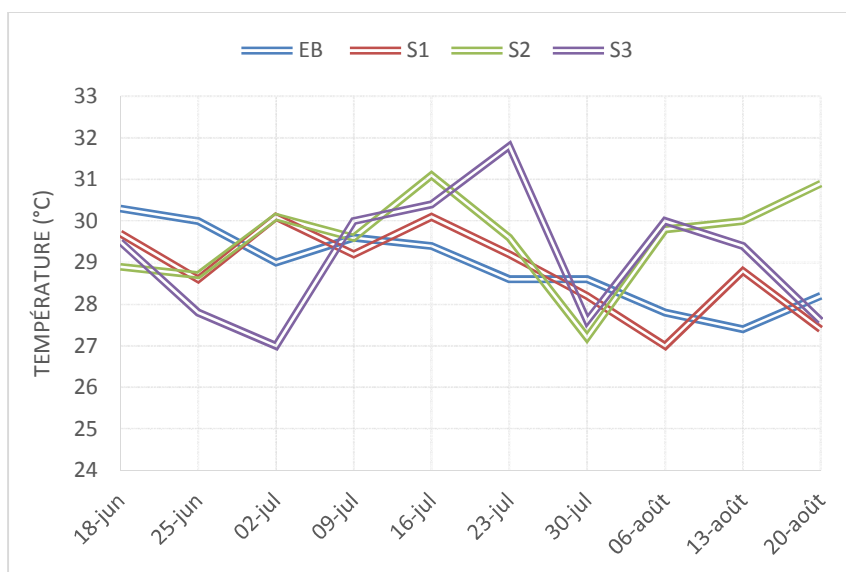


Figure 3 : Variation de la Température aux sorties des bassins de la station

Source : Données d'enquêtes, aout 2014

3.2.2 EVOLUTION DU PH

Le suivi effectué dans la station d'épuration de Parakou a révélé au niveau des trois bassins une augmentation du pH de près de 2 unités (de 7 à 8,8) entre juin et juillet (Figure 4). Aux sorties (**S1**) et (**S2**), le profil du pH évolue légèrement vers des valeurs neutres (8,8 à 6,9) entre fin juillet et août (Figure 4). Le pH de l'effluent traité a été globalement basique durant la période d'étude (7 à 8,8). Le système a été beaucoup plus stable durant le mois de juillet.

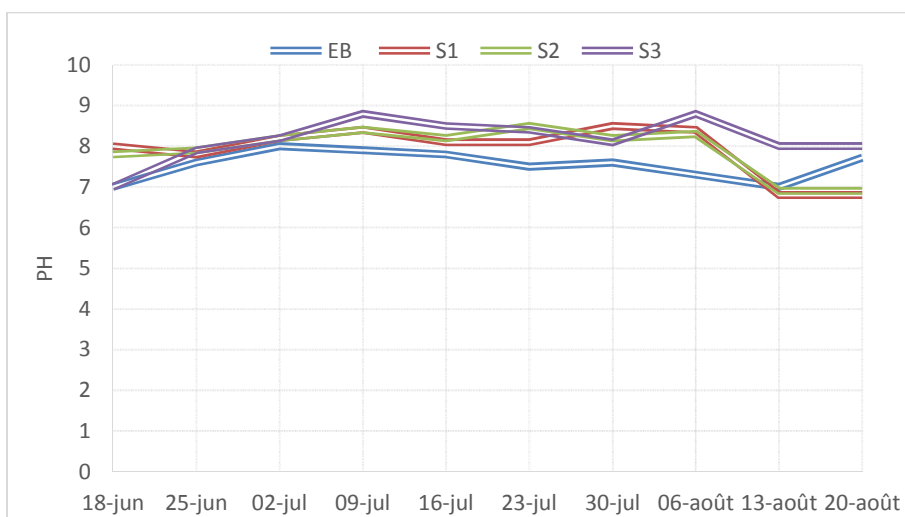


Figure 4: Variation du pH aux sorties de la station d'épuration de Parakou au cours de la période de l'étude

Source : Données d'enquêtes, aout 2014

EB=Eau Brute décantée ; S1=Sortie Bassin1 ; S2=Sortie Bassin2 ; S3=Sortie Bassin3

3.2.3 L'OXYGÈNE DISSOUS

L'évolution de l'oxygène à la sortie des trois bassins présente pratiquement les mêmes profils durant la période d'étude mais avec des écarts moyens de plus de 1 mg/l (Figure 5). Les eaux sorties des différents bassins présentent de faibles concentrations en oxygène dissous au début de l'étude. Les concentrations en oxygène à la sortie du système (S3) sont généralement plus faibles et varient entre 0,09 et 6,67 mg/l (Figure 5). Ces concentrations ont régulièrement augmenté avant de décroître en fin juillet et mi-août (période d'étude).

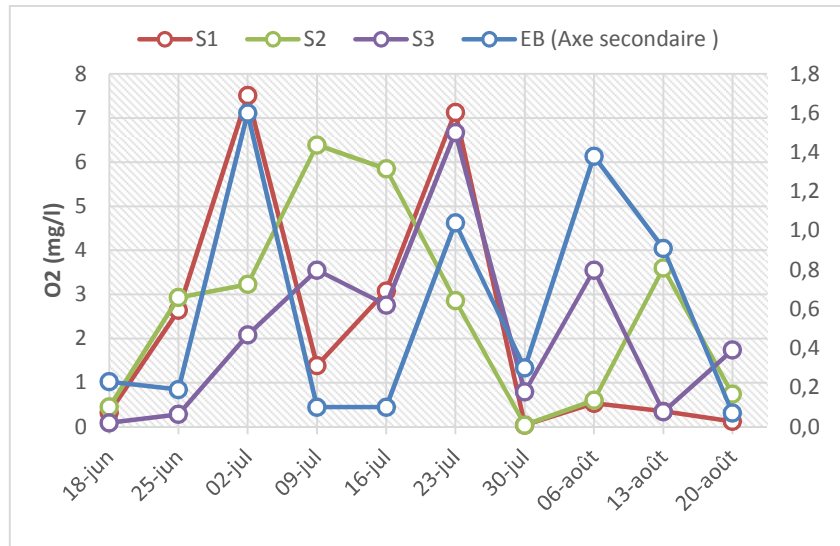


Figure 5 : Variation des concentrations en Oxygène dissous aux sorties des trois bassins de la station d'épuration de Parakou.

Source : Données d'enquêtes, aout 2014

EB=Eau Brute décantée ; S1=Sortie Bassin1 ; S2=Sortie Bassin2 ; S3=Sortie Bassin3

4 DISCUSSION

4.1 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

Le faible débit d'eaux usées à l'entrée de la station ($30,48 \text{ m}^3/\text{j}$) est caractéristique des ménages à très faible consommation d'eau (environ 15 l d'eau par habitant contre 150 à 200 l/habitant en Europe et jusqu'à 250 à 400 l/ha aux USA) [9]. Ce débit est inférieur à celui obtenu par [10] sur la filière du campus de l'EIER. En effet, le débit journalier admis à l'entrée de cette filière est en moyenne de $55 \text{ m}^3/\text{j}$.

Le temps de séjour obtenu dans notre étude (56 jours) est plus élevé que ceux rapportés dans la littérature où les auteurs ont obtenus des temps de séjour compris entre 10 et 27 jours en conditions tropicales [11],[12],[13],[14],[15].

4.2 EVOLUTION DE LA TEMPERATURE, DU PH ET DE L'OXYGENE DISSOUS

De fortes valeurs de température ont été observées en juillet et en août ($> 36^\circ\text{C}$) aux sorties S2 et S3. La majorité des algues ne supporte pas une température supérieure à 30°C , alors que l'activité bactérienne devient de plus en plus intense et la Demande d'Oxygène devienne maximale. Les différences de température entre bassins sont faibles ($0,28$ à $0,76^\circ\text{C}$) ce qui n'influence pas la sélection des microorganismes responsables de l'épuration [16], mais elles peuvent jouer un rôle important pendant les mois les plus chauds et accroître la volatilisation de l'ammoniac dans les bassins [17], [18], ce qui peut être toxique pour les poissons par exemple si l'eau traitée venait à être valorisé pour la pisciculture. La température peut influencer le processus d'évolution de la digestion anaérobie. En effet, Les différents groupes bactériens de la digestion anaérobie sont sensibles à la température, car des changements brutaux de température peuvent entraîner un déséquilibre du processus qui pourrait entre autre ralentir une étape par rapport à une autre (les bactéries méthanogènes sont plus sensibles aux baisses de température que les bactéries fermentaires et acidogènes), [19].

Le suivi effectué a révélé au niveau des trois bassins une augmentation du pH de près de 2 unités (de 7 à 8,8) entre juin et juillet. Cette augmentation peut s'expliquer par l'activité photosynthétique des algues. Les valeurs de pH évoluent dans une gamme de 6 - 9; ce qui est de nature à favoriser le développement bactérien nécessaire à la dégradation biologique des polluants organiques [20]. Aux sorties des bassins primaire et facultatif, le profil du pH évolue légèrement vers des valeurs neutres (8,8 à 6,9) entre fin juillet et août. Cette diminution est certainement due à la présence de facteurs inhibiteurs dans les bassins.

Aussi, Les bactéries méthanogènes sont très sensibles aux valeurs de pH du milieu et ont un optimum entre 6,8 et 7,2. La digestion anaérobie se déroule normalement pour des pH compris entre 6 et 8 : en dessous de 6, l'activité des bactéries méthanogènes diminue rapidement et peut être complètement stoppée à partir de 5,5 alors que les bactéries acidogènes continuent à produire des Acides Gras Volatiles (A.G.V.) jusqu'à des pH voisins de 4,5, [20].

La toxicité des acides gras volatils (A.G.V.) en forte concentration supérieure à 3000 mg/l peut être due à la toxicité propre des acides mais aussi à la diminution du pH que leur concentration entraîne. D'après [21], les fortes concentrations en A.G.V. sont plus le résultat d'un déséquilibre de la digestion anaérobie (causé par une surcharge organique, un changement de température, la présence de toxique) que la cause d'une inhibition.

L'oxygène mesuré dans les bassins est une résultante du métabolisme des plantes et des bactéries, ainsi que du transfert dû à la diffusion de l'air. Les eaux sorties des différents bassins présentent de faibles concentrations en oxygène dissous au début de l'étude. On pourrait expliquer la baisse en oxygène dissous par les activités photosynthétiques des algues ou par les chutes de tissus morts dans les bassins. D'autres mécanismes liés au fonctionnement des bassins de lagunage peuvent également expliquer cette diminution des concentrations en oxygène, mais ces possibilités n'ont pas été approfondies dans cette étude.

5 CONCLUSION

Une des clés de succès pour l'intégration du lagunage dans le paysage écologique au Bénin et dans la ville de Parakou en particulier repose en grande partie sur le degré de prise en compte des contextes socio-économiques et sociotechniques locaux dans la conception de station d'épuration. La prise en compte du contexte local dans la conception de station d'épuration s'inspire de la vie sociale des premiers bénéficiaires des possibilités de développer une activité rémunératrice liée au fonctionnement de ladite station. L'importance de l'activité maraîchère autour de points d'eaux pollués doit interpeller l'autorité communale (le Maire) sur les possibilités évidentes de valorisation d'effluents de la station d'épuration ou sur l'amélioration de cette pratique. Les résultats d'expériences menées sur cette station montrent que les concentrations résiduelles restent très élevées dans l'effluent traité et pourraient constituer un grand risque d'eutrophisation pour des rejets en milieu sensible. L'approche doit être guidée par les besoins du milieu qui peuvent varier au sein d'un même arrondissement. L'approche par station d'épuration décentralisée peut dans ce cas être une autre alternative. Seulement les pesanteurs sociotechniques qui accompagnent cette approche n'ont pas encore permis un changement de mentalité en faveur de son développement. Le professeur [22] dira à ce propos que "*ce n'est pas le problème de l'assainissement qui est en soi un problème. Le problème, c'est la manière de faire face au problème*".

REFERENCES

- [1] Koné D., Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'ouest et du centre: état des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement. Thèse de Doctorat/École Polytechnique Fédérale de Lausanne. 194 p, 2002
- [2] PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement), Lignes directrices environnementales pour la réutilisation des eaux usées municipales dans la région méditerranéenne. Plan d'action pour la Méditerranée, Programme d'actions prioritaires, Programme des Nations Unies pour l'environnement, en coopération avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, PAP-3/G.1, 1991
- [3] Esrey S, Water, waste and well-being: a multi-country study, *American Journal of Epidemiology*, 143(6): 608-623, 1996
- [4] CIEH (Comité interafricain d'études hydrauliques), Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques - "Etude comparative des systèmes d'épuration collectifs dans le contexte africain". CIEH; Ouagadougou. 66 p, 1993
- [5] UADE and OIEAU, Assainissement urbain en Afrique : Gestion des déchets liquides et solides dans les centres urbains d'Afrique. Rapport final du Séminaire Assainissement Urbain en Afrique. Ministère Français de la coopération, 349p, 1993
- [6] Radoux M., "Epuration des eaux usées par Hydrogène reconstituée." *Tribune de l'eau* 42(8): 62-68, 1989

- [7] Cissé G., Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux polluées en agriculture urbaine. Cas du maraîchage. Thèse de doctorat, EPFL / Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne; Lausanne. 267p, 1997
- [8] Abdoulaye. A., Oyédé, Un site urbain de l'Afrique tropicale confronté aux contraintes naturelles et anthropiques : le cas de la ville de Parakou au Bénin. *Revue BenGéO*, N°5, Département de Géographie, UAC, 16 p, 2009
- [9] Reddy K.R. and d'Angelo E.M., Biochemical indicators to evaluate pollutant removal efficiency in constructed wetlands. 5th Proc Internl Conf. Wetland Systems for Water Pollution Control, Vienna, keynote Address 1, pp. 1-21, 1996
- [10] Maiga A.H., Konate Y., Wethe J., Denyigba K., Zoungrana D. et Togola L., Performances épuratoires d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien : cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. *Sud Sciences & Technologies*, n° 14. 9p, 2006
- [11] Menguele J-C., Contribution à l'analyse critique du dimensionnement de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. Analyse des performances de la filière bassin facultatif – bassin de maturation. Rapport de recherche, EIER/GS, Ouagadougou. 25p, 1990
- [12] Darriulat C., Bassins de stabilisation en climat sahélien : comportement physico-chimique et description de la biomasse pour une charge donnée. Travail pratique de diplôme. Travail de diplôme / EPFL; Lausanne. 15p, 1991
- [13] Klutsé A, Epuration des eaux usées domestiques par lagunage en zone soudano sahélienne (Ouagadougou, Burkina Faso). Thèse de Doctorat: Université Montpellier II. 160 p, 1995
- [14] Laouali G., Delisle C. E., Vincent G., Couillard D. and Laouali S., "Experimental study of wastewater treatment by facultative ponds and free hydrophytes in Niger." *Water Quality Research Journal of Canada* 31(1): 37-50, 1996
- [15] Koné D., Le traitement des eaux usées par lagunage : une décennie de recherche à l'EIER. In: Assainissement urbain en Afrique, Actes du séminaire international de Gorée, Gorée-Dakar. Aquadev. pp. 53-56, 2000
- [16] Edeline F., L'épuration biologique des eaux théorie & technologie des réacteurs. Liège, Cebedoc Editeur (etc.). 303 p, 1993
- [17] Reddy K. R. and Tucker J. C., "Productivity and Nutrient-Uptake of Water Hyacinth, Eichhornia- Crassipes .1. Effect of Nitrogen-Source." *Econ. Bot.* 37(2): 237-247, 1983
- [18] Shilton, A., "Ammonia volatilization from a piggery pond." *Water Science and Technology* 33(7): 183-189, 1996
- [19] Paing J., Bilan du carbone et du soufre dans le lagunage anaérobie : contrôle de l'émission d'H₂S pour la réduction des nuisances olfactives. Thèse de Doctorat, Université Montpellier I, 255p, 2001
- [20] Henze DA, Cameron WE, Barrionuevo G., Dendritic morphology and its effects on the amplitude and rise-time of synaptic signals in hippocampal CA3 pyramidal cells. *J Comp Neurol.* 369:331–344, 1996
- [21] Arhing B. K., Sandberg M. and Angelidaki I., Volatile fatty acids as indicators of process imbalance in anaerobic digestors. *Appl. Microbiol. Biotech*, 43,559-565, 1995
- [22] MAYSTRE L.Y, L'assainissement urbain en Afrique : enjeux et attentes. In : *Assainissement urbain en Afrique*, Actes du séminaire international de Gorée. Aquadev, Dakar, pp 17-22, 2000.