

Caractérisation d'eaux usées des quartiers déshérités du sud du Bénin : cas du quartier Agla

Franck Yovo¹, Biaou Dimon^{1,2}, Eléonore Yayi¹, Fidèle Suanon¹, Ignace Agani¹, Valentin Wotto¹, Dominique Sohounhloue³, Coffi Azandegbe Eni¹

(1) Laboratoire de Chimie Physique, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi (LCP/FAST/UAC) 01 BP 526 Cotonou, Bénin

(2) Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique (CBRST)

(3) Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi (LERCA/EPAC/UAC), Bénin

***Auteur correspondant : yovofranck62@gmail.com**

RÉSUMÉ

Les zones déshéritées du Sud Bénin comme le quartier Agla de Cotonou sont confrontées aux problèmes d'inondations cycliques. Ces zones constituées de marécages et de retenues d'eaux favorisent la prolifération des maladies hydriques (diarrhée, choléra, dysenterie, fièvre typhoïde etc...) particulièrement chez les petits enfants à cause des eaux usées domestiques qui y sont déversées par 82,5 % de la population. Notre étude a pour but d'évaluer l'état de pollution de ces eaux afin d'attirer l'attention de la population en générale et des responsables communaux en particulier sur la nécessité de promouvoir des méthodes simples de réduction des polluants des eaux usées domestiques. En vue de l'atteinte de cet objectif, nous avons procédé au prélèvement et à l'analyse des eaux usées (l'eau vanne EV, l'eau grise EG) puis comparé ces résultats à ceux des eaux du collecteur d'eaux usées (ECE) qui traverse le quartier Agla. Les paramètres physico chimiques des eaux usées ont été déterminés conformément aux normes françaises. Les résultats montrent que toutes les eaux sont légèrement alcalines et ont une teneur élevée en polluants organiques (DCO et DBO5). Les eaux du collecteur d'eau (ECE) et les eaux grises (EG) ont respectivement une teneur en DCO égale à 1 395 et 1 457 mg/L. Les eaux vannes ont un taux en DCO (3 077 mg/L) supérieur à ces dernières. Les eaux grises ont des conductivités élevées (2 458 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Enfin, on note la présence des Entérocoques fécaux (EV, ECE) qui montrent une pollution fécale. Sur la base de ces résultats, on peut conclure que les eaux usées du quartier Agla sont polluées et que les eaux vannes et du collecteur (EV ; ECE) sont hors classes (HC). Les eaux grises varient entre la classe C (Eau de mauvaise qualité) et HC. Toutes ces eaux nécessitent un traitement préalable avant rejet dans l'environnement immédiat.

MOTS-CLÉS : charges polluantes, eaux usées domestiques, collecteur d'Agla, Bénin

ABSTRACT

The disadvantaged areas of South Benin and the Agla district of Cotonou are faced with problems of cyclical floods. These areas of swamps and water reservoirs favor the proliferation of water-borne diseases (diarrhea, cholera, dysentery, typhoid fever, etc.), especially in small children because of the 82.5% population. The aim of our study is to assess the pollution status of these waters in order to draw the attention of the population in general and of the communal officials in particular to the need to promote simple methods of reducing domestic wastewater pollutants. In order to achieve this objective, we collected and analyzed the waste water (EV water, gray water EG) and compared these results with those of the wastewater collector water (ECE) which crosses the Agla district. The physico-chemical parameters of the wastewater were determined in accordance with French standards. The results show that all waters are slightly alkaline and have a high content of organic pollutants (COD and BOD5). The waters of the collector (ECE) and the gray water (EG) have a COD content equal to 1 395 and 1 457 mg/L respectively. Valve water has a higher COD (3 077 mg/L) than the latter. Gray water has high conductivities (2 458 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Finally, the presence of fecal enterococci (EV, ECE) which show fecal pollution. On the basis of these results, it can be concluded that the wastewater of the Agla district is polluted and that the waste water and the collector (EV; ECE) are out of class (HC). Gray water varies between class C (Poor quality water) and HC. All of these waters require prior treatment before release into the immediate environment.

KEYWORDS: polluting loads, domestic wastewater, Agla collector, Benin

Caractérisation d'eaux usées des quartiers déshérités du sud du Bénin : cas du quartier Agla

Franck Yovo, Biaou Dimon, Eléonore Yayi, Fidèle Suanon, Ignace Agani, Valentin Wotto, Dominique Sohounloue, Coffi Azandegbe Eni

I. INTRODUCTION

Les zones déshéritées du sud Bénin sont confrontées aux problèmes d'inondations cycliques et présentent un ensemble écologique constitué de marécages et de retenues d'eau (PNLS, 2007). Elles favorisent la prolifération des maladies hydriques (diarrhée, choléra, dysenterie, fièvre typhoïde etc...) (Vandermeersch, 2006) qui affectent la population, particulièrement les petits enfants. Pendant que la production de l'eau augmente avec la poussée démographique (PNE, 2009), 82,50% des concessions des zones déshéritées déversent les eaux usées domestiques dans la nature (Tchibozo *et al.*, 2012). Ceci fragilise davantage la qualité des ressources en eau, contribue à la mauvaise gestion de l'espace (Odoulami, 2009), et crée un véritable problème pour l'assainissement de l'environnement des quartiers déshérités de Cotonou. Le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement et l'occupation spatiale de façon anarchique, échappant au contrôle des pouvoirs publics (Tchibozo *et al.*, 2012) favorise le déversement direct des eaux usées dans le milieu naturel d'une façon précaire et sans traitement préalable. Cet acte conduit à un déséquilibre de l'écosystème et à une production des éléments responsables de la pollution de l'environnement (Makhoukh *et al.*, 2011). Pour connaître l'état de pollution des eaux usées drainées par la ville de Nouakchott, des études préalables se sont basées sur la couleur de ces effluents afin d'approcher leur qualité (N'Diaye *et al.*, 2011). D'autres recherches basées sur la bactériologie ont révélé l'état de pollution des eaux usées de l'Oued Aza et leurs classes (Bengherbia *et al.*, 2014).

Le manque d'informations sur la qualité des eaux usées déversées dans le quartier Agla de Cotonou au Sud Bénin, conduit la présente étude à évaluer l'état de pollution de ces eaux afin d'attirer l'attention de la population en général et des responsables communaux en particulier sur la nécessité de promouvoir des méthodes simples de réduction des polluants des eaux usées domestiques.

2. Matériels et méthodes

2.1 Matériels

La méthode d'échantillonnage raisonné a été retenue, basée sur l'accessibilité à ces eaux pour les besoins de l'étude. Les eaux étudiées ont été prélevées dans les fosses d'eaux grises, d'eaux vannes et dans le collecteur d'eau usées qui traverse une

bonne partie du quartier Agla (Figure 1). Ce quartier est situé dans le 13^{ème} arrondissement de la commune de Cotonou (département du Littoral) au sud Bénin. Particulièrement pendant la saison sèche, le collecteur d'eau reçoit toutes les eaux (eaux de lavage, de vaisselle, de lessive, de douche, des fèces etc...) des personnes vivant dans le quartier. Les fosses d'eaux grises et vannes reçoivent respectivement les eaux de douches, vaisselle, cuisine et des déjections humaines. Les échantillons d'eaux ont été classés à partir des valeurs qui caractérisent chaque classe selon la littérature (Hounsinou, 2015 ; Gouvernement du Québec, Décret 1303, 2013) (Classe A : Eau de Bonne qualité, Classe B : Eau Assez Bonne, C : Eau de Mauvaise Qualité, HC : Eau Hors Classe ou de Très Mauvaise Qualité).

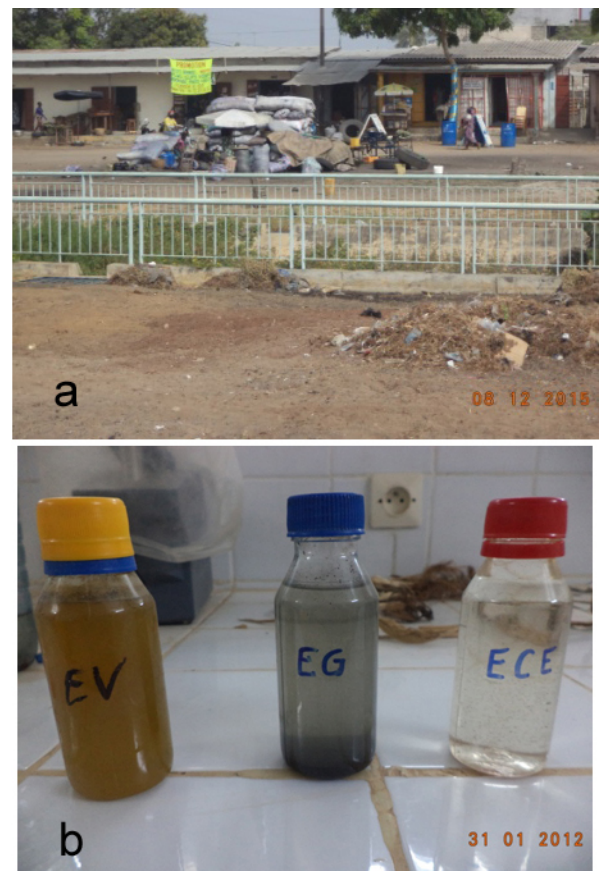


Figure 1. (a) Collecteur d'eaux (b) Echantillons d'eaux usées d'Agla (Sud Bénin)

2.2 Méthodes d'analyses

2.2.1. Paramètres physico-chimiques

Les analyses ont été faites sur les lieux d'échantillonnage et au laboratoire de chimie physique (LCP) de l'Université d'Abomey Calavi. Les paramètres physico-chimiques des eaux usées tels que la température (T), la conductivité (σ), les solides totaux dissout (TDS) des eaux usées, ont été évalués grâce à une sonde multi-paramètres Combo Hanna waterproof. Le pH a été mesuré par la méthode électrochimique avec le pH-mètre Mettler Toledo muni d'une sonde LE 409 (NFT 90-008) et la couleur (Coul) par la méthode APHA Platine-Cobalt. La turbidité (Turb) et le potentiel redox (EH) sont déterminés par le colorimètre DR/890 avec la méthode d'atténuation de radiation et l'appareil WTW pH/EH 340i selon la norme NF EN 27888 (1994). L'oxygène dissout (O_2 Dissout) est mesuré avec l'appareil WTW pH/ O_2 Innolab 740i suivant la norme NF EN 25814.

2.2.2. Paramètres globaux de pollution

Les paramètres globaux de pollution organique (DCO, DBO5) sont déterminés suivant les normes NFT 90-101 et NFT 90-103. Les MES sont mesurées par méthode photométrique (turbidité) à l'aide d'un spectrophotomètre HACHDR/890 selon la norme NF EN 872 (1997).

2.2.3. Paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques (Coliformes fécaux, Entérocoques fécaux) sont déterminés par les normes NFV-08-05 dans un milieu Rapid-E Coli (24 h à 44 °C) et NFT 90416 dans un milieu SLANETZ (24 h-48 h à 37 °C).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées étudiées

Les résultats d'analyse sont donnés au Tableau 1. Les eaux usées ont un pH compris entre 7,7 et 8,2. L'eau du collecteur a le pH

le plus élevé (8,2) et la plus faible conductivité ($\sigma = 750 \mu S/cm$). L'eau vanne possède la plus grande conductivité (EV : 4 180 $\mu S/cm$) et montre une teneur en solides totaux dissouts élevée (TDS : 2 096 mg/L). Elle est suivie, pour ces paramètres, de l'eau grise (EG : 2458 $\mu S/cm$), qui en revanche a une turbidité et un potentiel redox élevés relativement aux autres échantillons (Turb : 1 176 NT ; EH : -2,2 mV). L'ECE a un faible potentiel redox (EH : -22,8 mV) et une forte teneur en oxygène dissout (O_2 : 6,92 mg/L). On note une eau grise très colorée (Coul : 7 260 uca). Les températures des eaux usées, mesurées sur le lieu d'échantillonnage, sont inférieures à 25 °C.

3.2. Suivi des paramètres globaux de pollution

Les eaux ont une charge organique relativement élevée avec une demande chimique en oxygène qui varie entre 3 077 et 1 395 mg/l. L'EV a une valeur élevée en DCO (EV : 3 077 mg/L) et en DBO5 (EV : 2 080 mg/L). Elle est suivie de l'EG (DCO : 1 457,92 mg/L) qui, par contre, a la plus forte teneur en matières en suspension (MES : 1 120 mg/L). L'ECE correspond aux plus faibles teneurs pour les trois paramètres globaux suivis (Figure 2). Le rapport DCO/DBO5 de l'EV est inférieur à 1,66. Par contre, l'ECE et l'EG ont un rapport DCO/ DBO5 supérieur à 3.

3.3. Suivi des paramètres microbiologiques

Les résultats sont présentés au Tableau 2. On note une présence relativement élevée d'entérocoques dans les eaux vanne (14.10^7 UFC) et dans les eaux du collecteur (4.10^7 UFC). L'EG ne contient pas d'entérocoques fécaux (0 UFC). On remarque une absence de coliformes fécaux dans les eaux usées analysées.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux EV, EG et ECE

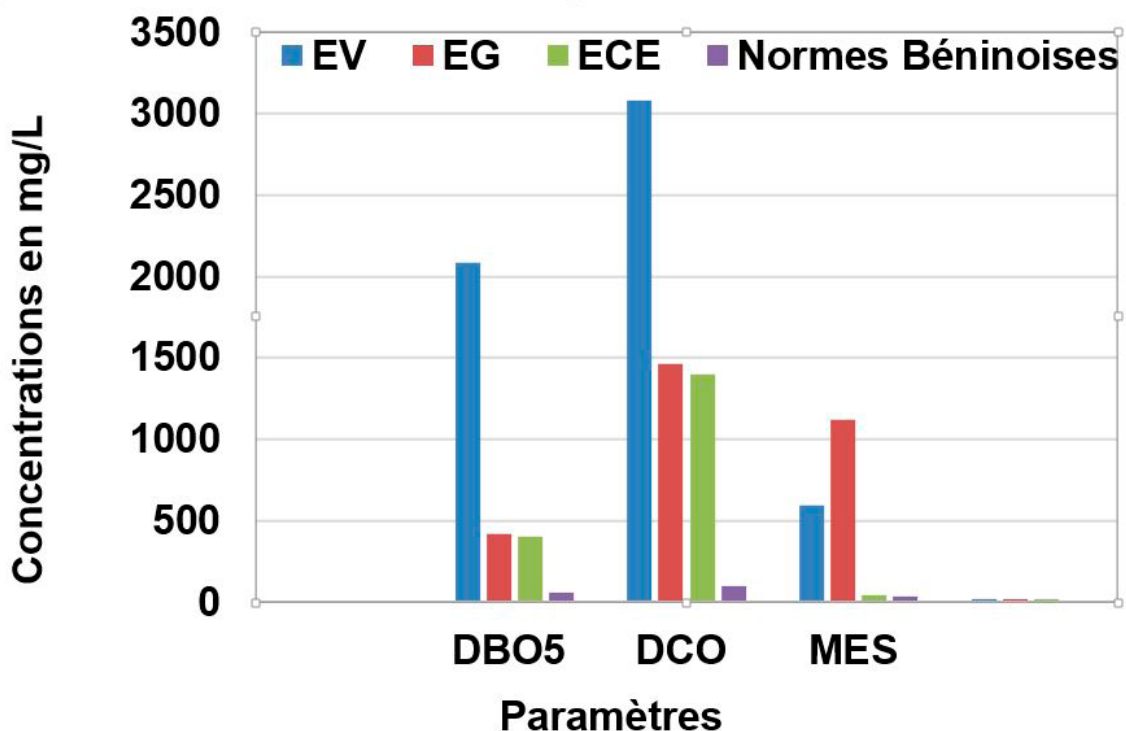
Eaux usées	Paramètres analysés et unités							
	pH	σ ($\mu S/cm$)	Turb (NTU)	EH (mV)	TDS (mg/L)	T (°C)	O_2 (mg/L)	Coul (uca)
EV	7,7	4 180	623	-9,8	2 096	24,8	1,5	4 370
EG	7,8	2 458	1 176	-2,2	1 230	23,5	1,23	7 260
ECE	8,2	750	142	-22,8	376	23,1	6,92	944
Normes Béninoises des ERU*	6,5 à 8,5	2 000	5	NA	1 000	< 25	> 5	15

NA = Non Applicable ; *ERU : Eaux Résiduaires Urbaines

Tableau 2 : Teneur en entérocoques fécaux et en coliformes fécaux

Paramètres	Entérocoques fécaux /UFC* par 100 mL	Coliformes fécaux /UFC par 100 mL
EV	14.10 ⁷	0
EG	0	0
ECE	4.10 ⁷	0
Normes Béninoises des ERU	0	0

* UFC : Unité Formant Colonie

**Figure 2 : Charge organique des eaux usées**

4. Discussion

4.1. Paramètres physico-chimiques des eaux usées

Le pH indique une légère alcalinité des eaux et cela peut être dû à la présence des matières organiques qui sont riches en azote, source de l'ammoniac (Monchalain *et al.*, 2000). Par ailleurs pour l'ECE, les matières organiques peuvent provenir des rejets domestiques. La forte teneur en oxygène dissout de l'ECE peut être liée à l'aération permanente que subissent les eaux du collecteur d'eau (Louvet, 2007). On note une teneur en oxygène dissout faible et semblable pour l'EV et l'EG. On explique ce constat par le fait que ces deux eaux sont chargées en matières organiques. Ces charges peuvent contribuer à la consommation de l'O₂ dissout pour les réactions de nitrification et de dégradation des matières organiques (IBGE, 2005).

L'EG a une turbidité qui est presque égale au double de celle de l'EV. Cette valeur est largement supérieure à celle obtenue par Housinou en 2015.

Toutes les eaux ont des températures semblables et inférieures à la valeur limite de rejets des eaux (30 °C) dans la réglementation béninoise. Le climat chaud de l'hiver, qui est la période d'étude, pourrait contribuer à ce constat (MEM, 2002).

On peut déduire de l'ensemble de ces résultats que les paramètres physico chimiques ne respectent pas les normes de rejet des eaux résiduaires urbaines au Bénin à l'exception de la température. Un même constat a été fait par Odoulami en 2009.

4.2. Paramètres de pollution

La figure 2 montre une EV qui a une teneur en DCO presque égale au double de celle de l'EG et de l'ECE. Ces dernières (420-400 mgO₂/L) ont des valeurs de DCO semblables. L'EV a une teneur en MES (592 mg/L) proche de celle obtenue par El Guamri *et al.*, en 2009 au Maroc (615 mg/L). On note également au niveau de l'ECE et de l'EG une teneur presque identique en DBO₅ qui représente le cinquième de l'EV. Par ailleurs, les eaux grises contiennent des matières organiques et des détergents (Deshayes, *et al.*, 2014). Ceci pourrait expliquer l'alcalinité de ces eaux. La teneur en MES de l'EG est presque égale au double de celle de l'EV et est largement supérieure à celle de l'ECE. Ce constat explique la forte turbidité de l'EG. Les valeurs de la DCO, qui sont comprises entre 1 395 et 3 025 mg/L, montrent que les eaux sont chargées (IBGE en 2005). Ces valeurs dépassent les normes béninoises qui les limitent à 100 mg/L (DBO₅) et 300 mg/L pour la DCO (Décret, 2001). Le rapport DCO/DBO₅ de l'EV est inférieur à 1,66 et montre qu'elle est relativement biodégradable. Par contre, l'ECE et l'EG ont des rapports DCO/DBO₅ supérieurs à 3, ce qui montre que ces eaux sont très peu biodégradables (Konaté, 2012 ; IBGE, 2005 ; Youssouf *et al.*, 2015). On peut expliquer cela par le fait qu'elles sont contaminées par les eaux provenant des ateliers de peintures (Konaté, 2012).

4.3. Paramètres microbiologiques

D'après le tableau 2 on peut dire que l'EV a une teneur en entérocoques fécaux cinq fois supérieure à celle de l'ECE. Ceci peut se justifier par une eau vanne chargée en micro-organismes pathogènes qui dépendent de ces boues de vidanges pour leur croissance (Couturier, 2002). La faible valeur notée au niveau de l'ECE serait due à la forte dilution des matières fécales dans le grand volume d'eau du collecteur.

Un tel milieu n'est pas favorable aux jeux d'enfants vu qu'après les récréations les petits élèves s'y promènent pour aller ramasser leurs ballons qui s'y tombent lors des jeux de football proche du collecteur. Ils peuvent de ce fait souffrir des maladies hydriques et ceci serait à la base du fort taux de maladies diarrhéiques enregistrées dans ce quartier. L'absence des coliformes fécaux peut dépendre d'un élément toxique qui ne facilite pas leur survie dans les eaux grises (IBGE, 2005). Les entérocoques fécaux montrent la pollution fécale de ces eaux, exceptée l'EG, et permettent de constater qu'elles ne respectent pas les normes françaises liées à la qualité des eaux de surfaces (Ounoki, 2014 ; MIOCT, 2009). L'absence des entérocoques fécaux dans l'EG peut être due à leur réduction par les détergents ou solutions désinfectantes (OMS, 2013).

4.4. Classification des eaux usées

Les eaux usées sont classées à partir des paramètres physico-chimiques et microbiologiques. Nous nous sommes basés sur

le Décret n° 2003/464 du 15/4/2003 de la République de Madagascar pour classer ces eaux. Pour ce faire, le tableau 3 est établi dans le but de classer les eaux usées analysées.

L'analyse de ce tableau montre que les eaux vanne et grises ont six paramètres sur neuf qui appartiennent à la classe HC. Ces eaux sont alors Hors Classes. Ceci s'explique essentiellement par leurs teneurs en matières organiques élevées. Par contre, l'eau du collecteur appartient à la classe A lorsqu'on considère son pH, sa teneur en oxygène dissout et sa température. La conductivité et la teneur en MES de l'ECE correspondent respectivement à celles des eaux des classes B et C. En se basant sur la pollution microbiologique, qui est un facteur important dans la classification des eaux usées domestiques (Décret, 2003), on peut dire que les eaux usées analysées (EV ; ECE) sont hors classes (HC) sauf l'EG qui varie entre la classe C et HC. Selon Hounsinou *et al.*, (2015), le nombre d'entérocoques fécaux dénombrés dans les eaux usées (l'EV : 14.10⁷ et l'ECE : 4.10⁷ UFC) permet d'attribuer à ces eaux caractérisées les classes 2 et 3 qui correspondent à la classe HC. Selon Hounsinou *et al.*, (2015), les eaux vanne, grises et du collecteur sont de mauvaise à très mauvaise qualité lorsqu'on considère leurs valeurs en charge organique et en paramètres physico chimiques (conductivité, turbidité, potentiel d'oxydo réduction).

Conclusion

Cette étude nous a permis d'obtenir une première approche du degré de pollution des eaux usées d'Agla et d'avoir une vue sur celle du collecteur. Les analyses montrent que les eaux sont chargées en polluants organiques et microbiologiques. La comparaison des eaux montre que les EV sont très polluées et révèle que l'EG et l'ECE ont des valeurs proches pour certains paramètres (DBO₅, DCO, T, coliformes fécaux, pH). Toutes les eaux sont polluées et peuvent être sources de maladies hydriques dans le quartier Agla.

La classification des eaux du collecteur (ECE) selon la grille IBGE (2005) montre que celle-ci appartient aux classes A et B lorsqu'on considère les paramètres physico-chimiques (MES, pH, T, O₂ Dissout). L'ECE est hors classe ou appartient à la classe N° 2 ou 4 selon Hounsinou *et al.* (2015), lorsqu'on se base sur les charges organiques et la pollution microbiologique.

Ces résultats seront mis à la disposition des responsables communaux afin qu'ils sensibilisent les populations sur les risques que courent les enfants qui se baignent dans l'eau du collecteur, étant donné qu'il traverse un établissement public majoritairement fréquenté par les enfants. Les recherches seront poursuivies afin de proposer des moyens de réduction des polluants contenus dans les eaux usées du quartier Agla.

Tableau 3 : Classification des eaux

Classes	Paramètres	HC	C	B	A	HC	C	B	A
Facteurs biologiques	O ₂ Dissout (mg O ₂ /L)	< 2	2-3	3-5	> 5	EV, EG			ECE
	DBO5 (mgO ₂ /L)	≥ 70	20-70	5-20	≤ 5	EU*			
	DCO (mg O ₂ /L)	≥ 100	50-100	20-50	≤ 20	EU			
	Germes	OUI	NON	NON	NON	EV, ECE	EG	EG	EG
Facteurs physiques et chimiques	Coul (uca)	≥ 30	≥ 30	20-30	≤ 20	EU			
	T (°C)	> 35	30-35	25-30	< 25				EU
	pH	≤ 5,5	≤ 5,5	5,5-6	6-8,5				EU
		≥ 9,5	≥ 9,5	8,5-9,5					
	MES (mg/L)	≥ 1 000	60-1 000	30-60	≤ 30	EG	EV	ECE	
	Conductivité (µS/cm)	≥ 3 000	500-3 000	250-500	≤ 250	EV	EG ECE		

* (EV, EG, ECE)

Références bibliographiques

Agassounon Djikpo Tchiboza M., Ayi-Fanou L., Lozes E., Fadonougbo R., Anago G.D.J., Agbangla C. & Ahanhanzo C., (2012). Impacts sanitaires liés à l'usage des eaux de puits, à l'assainissement et à l'aménagement à Gbôdjê dans l'arrondissement de Godomey au Bénin, *Intenational Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(2) : pp : 592-602. DOI : <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i2.4>

Bengherbia A., Hamaïdi F., Zahraoui R., Hamaïdi S.M. & Megateli S., (2014). Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'oued Beni Aza (Blida, Algérie), *Lebanese Science Journal*, vol (15), 2, pp : 39-49. En ligne : <http://lsj.cnrs.edu.lb/2014/10/01/a-bengherbia-f-hamaïdi-r-zahraoui-m-s-hamaïdi-et-s-megateli/> - lien valide le 13 07 2017.

Couturier C., (2002), Effets de la digestion anaérobie sur les micropolluants et germes pathogènes, *Solagro*, 2, 5 p. En ligne : <https://solagro.org/effets-de->

la-digestion-anaerobie-sur-les-micropolluants--resume-publication-32 - lien valide le 13 juillet 2017.

Décret n° 2001/109 du 4 avril, (2001), fixant les normes de qualité des eaux résiduaires en République du Bénin. En ligne : www.abe.bj/IMG/pdf/DECRET_No2001-109_DU_4_AVRIL_2001_FIXANT_LES_NORMES_DE_QUALITE_DES_EAUX_RESIDUAIRES_EN_REPUBLIQUE_DU_BENIN.pdf - lien valide le 13 juillet 2017.

Décret n° 2003/464 du 15 avril (2003), portant classification des eaux de surface et réglementation des rejets d'effluents liquides République de Madagascar Ministère de l'Environnement. En ligne : <http://jurismada.com/documentation/Environnement/Decret%202003%20464%20du%2015%20avril%202003%20classification%20des%20eaux%20de%20surface.pdf> – lien valide le 13 juillet 2017.

Deshayes S., Eudes V., Droguet C., Bigourie M. & Moilleron R., (2014). Caractérisation des eaux de vaisselle : Cas des phtalates et des alkylphénols.

6e journées doctorales en hydrologie urbaine. En ligne : http://www.graie.org/othu/pdf/othu/actes/DHU2014_fr_v6.pdf - lien valide le 13 juillet 2017.

El Guamri Y., Belghyti D., Cisse M., El Kharrim K., Sylla I., Raweh S, Barkia H., Hassouni T., Jamber A., (2007). Etude physico-chimique et parasitologique des eaux usées destinées à l'irrigation du périmètre péri-urbain de Fouarat (Kénitra, Maroc). *Agronomie Africaine*, 19 (3), pp : 251-261. DOI : <https://doi.org/10.4314/aga.v19i3.1723>

Gouvernement du Québec, Décret 1303/2013, 11 décembre (2013), Loi sur la qualité de l'environnement Règlement modifiant le Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement. En ligne : <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=60796.pdf> – lien valide le 13 juillet 2017.

Hounsinou P.S., Mama D., Agassounon D. & Tchiboza M. B. (2015). Microbiological Pollution Indication as Tracer for the Pollution of Well Water : The Example of the District of Abomey-Calavi (Benin), 6, pp : 290-298. DOI : <https://doi.org/10.4236/jep.2015.64029>

IBGE : «L'eau à Bruxelles». (2005) Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : Cadre général, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement. En ligne : http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Eau%202 – lien valide le 13 juillet 2017.

Konaté Y., (2012). Procédés biologiques d'épuration, Master 1 d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement Eau-Assainissement, 21E, 105 p.

Louvet J.N., (2007). Etude des variations en oxygène dissout rencontrés dans les systèmes d'aération en épuration des eaux et mise au point d'un réacteur de type Scale-Down, Communauté française de Belgique, Mémoire de Master complémentaire en Génie Sanitaire, 68 p. En ligne : <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/124364> - lien valide le 13 juillet 2017.

Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A. & Van Clooster M., (2011), Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental), pp : 149-169. En ligne : <http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal09/13.makhoukh.pdf> - lien valide le 13 juillet 2017.

Ministère de l'Environnement du Maroc (MEM), (2002). « Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat. En ligne : http://www.abhoer.ma/index.cfm?gen=true&id=105&ID_PAGE=73 – lien valide le 13 juillet 2017.

MIOCT (2009). Ministère de l'Intérieur, de l'Outre-Mer et des Collectivités Territoriales. Décrets, arrêtés, circulaires, Textes Généraux, Arrêté du 24 septembre 2009 portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public, Journal Officiel de la République Française. En ligne : https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000021187238 – Lien valide le 25 juillet 2017.

Monchalin G., Aviron-Violet J., (2000), Réutilisation des eaux usées après traitement, 38 p. En ligne : <http://www.abhatoo.net.ma/maalama-textuelle/developpement-durable/environnement/eau-douce/approvisionnement-en-eau-potable/traitement-de-l-eau/reutilisation-des-eaux-usees-apres-traitement> - lien valide le 13 juillet 2017.

N'Diaye A.D., SID'Ahmed Ould Kankou M.O., Sarr A.D & Lo B., (2011), Contribution de l'analyse en composantes principales à l'évaluation de la couleur des effluents de la ville de Nouakchott, *Larhyss Journal*, 9, pp : 139-147. En ligne : <http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal09/12.ndiaye.pdf> - lien valide le 13 juillet 2017.

Odulami L., (2009). La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin), Thèse de doctorat, 230 p. En ligne : <http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?d=2755&l=fr> – lien valide le 13 juillet 2017.

OMS (2013), Mesures de protection de la santé, Directives OMS pour l'utilisation sans risques des eaux usées, des excréments et des eaux ménagères, n° 4, 32 p. En ligne : <http://apps.who.int/iris/handle/10665/78280> - lien valide le 13 juillet 2017.

Ounoki S. & Achour S., (2014), 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*, 20, pp : 247-258. En ligne : http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNALN%C2%B020/15.Ounoki_et_Achour.pdf - lien valide le 13 juillet 2017.

PNE, (2009) Programme National de l'Eau, Livre bleu du Bénin « L'eau, l'assainissement, la vie et le développement humain durable », 12 p. En ligne : http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?pgmpseau_id=64&document_id=1735 – lien valide le 13 juillet 2017.

PNLP/MS, (2007) : Plan Stratégique de lutte contre le paludisme au Bénin/ Ministère de la Santé (2006-2010), 96 p. En ligne : http://www.sante.gouv.bj/documents/PNLP/Rapport_Final_Revue_de_Performance.pdf - Lien valide le 25 juillet 2017.

Vandermeersch S. (2006), Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes. Mémoire en Gestion de l'Environnement de l'Université Libre de Bruxelles, 81 p. En ligne : http://mem-envi.ulb.ac.be/Memoires_en_pdf/MFE_05_06/MFE_Vandermeersch_05_06.pdf - lien valide le 13 juillet 2017.

Nous remercions le Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique du Bénin (CBRST), le Laboratoire d'Hydrologie Appliqué (LHA) de la FAST et Madame la Ministre de l'Enseignement Maternel et Primaire, M^{me} Eléonore Yayi Ladekan.