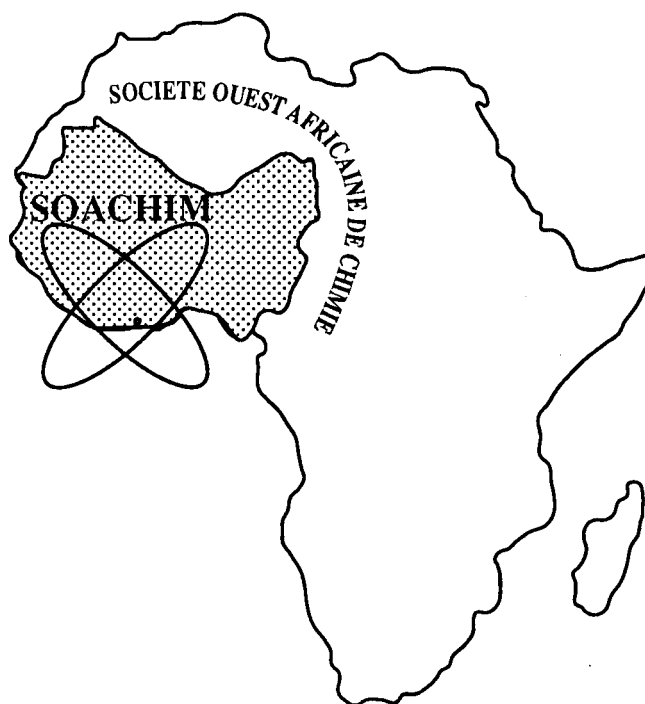


Evaluation de l'efficacité du traitement chimique des effluents hospitaliers universitaires du département du littoral en République du Bénin

**Judicaël Nounagnon Todedji, Justin Somadje Okambawa,
Waris Kéwouyèmi Chouti, Comlan Cyriaque Degbey,
Achille Dedjiho et Daouda Mama**

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie
J. Soc. Ouest-Afr. Chim. (2021), 050 : 30 - 40
26^{ème} Année, 2021



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2
Cote INIST (CNRS France) : <27680>
Site Web: <http://www.soachim.org>

Evaluation de l'efficacité du traitement chimique des effluents hospitaliers universitaires du département du littoral en République du Bénin

Judicaël Nounagnon Todedji¹, Justin Somadje Okambawa², Waris Kéwouyèmi Chouti^{2,3*}, Comlan Cyriaque Degbey¹, Achille Dedjiho² et Daouda Mama²

¹*Institut Régional de Santé Publique, Université d'Abomey-Calavi, Ouidah, Bénin*

²*Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau (INE), Université d'Abomey-Calavi 01 BP : 526 Cotonou, Bénin.*

³*Laboratoire de Chimie Inorganique et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi BP : 4521 Cotonou, Bénin.*

*

(Reçu le 15/11/2020 – Accepté après corrections le 11/07/ 2021)

Résumé : L'objectif de la présente étude est d'évaluer le système de traitement des effluents produits par les deux grands centres hospitaliers du département du littoral au Bénin à savoir le Centre National Hospitalier et Universitaire –Hubert Koutoukou Maga (CNHU –HKM) et Centre Hospitalier Universitaire de Mère et de l'Enfant (CHU-MEL). Les analyses ont porté principalement sur les Eléments Traces Métalliques. Les résultats ont montré que le traitement des effluents n'est pas efficace par endroit et que leurs rejets dans les eaux de surface peuvent constituer une source de pollution. Les valeurs de DCO et DBO ne respectent pas les normes de qualité de rejet des eaux usées en République du Bénin. Les éléments traces métalliques, l'arsenic et les ions fluorures respectent les normes de rejets des eaux usées. Néanmoins la pollution enregistrée par la présente étude est très dommageable au milieu récepteur. De tout ce qui précède, le système est peu efficace et mérite d'être renforcé afin de limiter les risques toxiques et infectieux. La construction de stations de traitement et d'épuration efficace dans tous les Centres Hospitaliers Universitaires du département du Littoral par les autorités est nécessaire et très urgente afin de réduire les risques sanitaire et environnemental.

Mots-clés : éléments traces métalliques, effluents hospitaliers, pollution, épuration, traitement

Evaluation of the efficiency of the chemical treatment of university hospital effluents from the coastal department in the Republic of Benin

Abstract: The objective of this study is to assess the effluent treatment system produced by hospitals in the coastal department in Benin, in particular the two major centers, namely the National Hospital and University Center - Hubert Koutoukou Maga (CNHU –HKM) and the University Hospital Center of Mother and Child (CHU-MEL). Analyzes focused mainly on the metallic trace elements. The results showed that the treatment of effluents is not effective in places and that their discharges into surface waters can constitute a source of pollution. The COD and BOD values do not meet the quality standards for wastewater discharge in the Republic of Benin. Trace elements, arsenic and fluoride ions meet the standards for discharge of waste water at the outlet. However, the pollution recorded by this study is very damaging to the receiving environment. From all of the above, the system is ineffective and deserves to be strengthened in order to limit the toxic and infectious risks. The construction of efficient treatment and purification stations in all the University Hospitals of the Littoral department by the authorities is necessary and very urgent in order to reduce the health and environmental risks of these hospital effluents.

Keywords: metallic trace elements, hospital effluents, pollution, purification, treatment

* *Auteur correspondant ; E-mail : warichouti@fast.uac.bj; Tél : +229 97 48 73 20*

1. Introduction

Dès le début du XXI^e siècle, le développement de l'accès aux soins de santé et à la sécurité sociale a été à l'origine de la progression considérable de l'espérance de vie dans le monde. Bien que le développement et la consommation des médicaments aient largement contribué à ces progrès, il n'en demeure pas moins que l'utilisation croissante des produits pharmaceutiques et de soins personnels à travers le monde, ait favorisé l'émergence d'un nouveau problème environnemental lié au rejet dans la nature des contaminants émergents que constituent les résidus médicamenteux^[1]. Les hôpitaux constituent aujourd'hui un grand consommateur d'eau dont la valeur moyenne passe de 400 L à 1200 L par jour à cause de la croissance démographique^[2]. Les effluents générés par les activités hospitalières peuvent présenter un danger potentiel pour l'homme et son environnement compte tenu de la nature et de l'importance des substances spécifiques qu'ils contiennent (résidus médicamenteux, réactifs chimiques, antiseptiques, détergents, révélateurs et fixateurs de radiographies...)^[2-4]. Ces effluents peuvent contenir plus de polluants que les eaux usées urbaines^[5,6]. Les pollutions microbiologiques, toxicologique et génotoxique (substances cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction), ajoutées à l'importance des volumes d'effluents produits (de l'ordre de 1 m³/jour/lit actif) amènent à se poser plusieurs questions sur leur risque potentiel pour l'homme et son environnement. Ces effluents sont parfois rejetés sans prétraitement compte tenu de la défaillance ou de l'inexistence des STEP.

Par ailleurs, Cotonou comme la plupart des villes africaines est confrontée à de nombreux problèmes environnementaux en particulier les inondations, le rejet des déchets solides et ménagers dans la nature, le déversement anarchique des matières de vidange et la pollution de l'air. Une étude a révélé que le Centre National Hospitalier et Universitaire Koutoukou Hubert Manga (CNHU-HKM), qui est le plus grand centre du département du Littoral au Bénin, rejette 621,6 m³/jour d'eau usée avec une concentration moyenne en DBO₅ de 212 mg/L ; en DCO de 266 mg/L et en NTK de 30 mg/L, qui sont largement au-dessus des normes de rejet en vigueur au Bénin^[7]. Il faut également ajouter que la nappe phréatique est à moins 3 mètres du sol dans le Littoral, ainsi, de telle quantité d'eau usées à fortes charges polluantes rejetées constitue un problème environnemental et sanitaire grave.

Face à ces menaces, des solutions efficaces doivent être entreprises surtout concernant les déchets

produits par les structures hospitalières qui constituent un danger alarmant du point de vue sanitaire et environnemental. C'est ainsi que, pour améliorer l'hygiène de l'environnement hospitalier au bénéfice des populations et assurer une meilleure protection de la nature, les autorités du Bénin ont procédé à la mise en place des centres de traitement par incinération dans certains centres de santé. En 1992, les gestionnaires du Centre National Hospitalier et Universitaire Koutoukou Hubert Manga (CNHU-HKM) et du Centre Hospitalier et Universitaire de la Mère et de l'Enfant-Lagune (CHU-MEL) ont construit une station d'épuration à boue activée à aération prolongée suivie d'une réfection de tout le réseau d'évacuation des déchets liquides. Malgré ces dispositions, force est de constater que beaucoup de difficultés subsistent dans le traitement des déchets générés par les deux centres.

Afin de palier à ce drame qui mine dangereusement la santé publique, la présente étude se propose donc d'évaluer le système de traitement par la caractérisation physico-chimique des eaux usées avant et après traitement des deux grands centres hospitaliers universitaires (CNHU HKM ; CNHU MEL) du département de Littoral au Bénin et de proposer des solutions.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Présentation des sites d'étude

L'étude s'est effectuée dans les deux grandes Centres Hospitaliers Universitaires du Département du Littoral au Bénin, il s'agit du Centre National Hospitalier et Universitaire Koutoukou Hubert Manga (CNHU-HKM) et du Centre Hospitalier et Universitaire de la Mère et de l'Enfant-Lagune (CHU-MEL). Le choix de ces deux sites est motivé par leur diversité d'offre de prestations de soins et services. Ils constituent des hôpitaux de référence dans le traitement spécialisé et dans les traitements de soins curatifs, préventifs, promotionnels et ré-adaptifs. Le contexte hydrogéologique de la région du CNHU-HKM et du CHU-MEL se caractérisent par une nappe souterraine peu profonde et affleurant en saison de pluie (jusqu'à 15 cm au-dessus du terrain naturel) avec un sol sablonneux très perméable.

La station de traitement des eaux usées du CNHU-HKM a une capacité de 6000 m³ avec un débit de dimensionnement au départ de 350 m³/jour. C'est un système à boue activée à aération prolongée et de type hors sol. Cet ouvrage est utilisé de manière séquentielle avec une phase d'alimentation de l'ordre de quatre heures et une phase de finition du traitement incluant la décantation, la vidange de l'eau

traitée et l'extraction des boues en excès le tout pour une durée totale de quatre heures. La station fonctionne suivant un mode cyclique repartis en trois phases (aération, décantation et évacuation). L'aération est assurée par deux aérateurs suppresseurs d'air d'une puissance de 2 kW chacun, qui assurent le brassage de la masse liquide et l'insufflation d'air sous forme de microbulles. L'évacuation de l'effluent est assurée en surface par une pompe flottante de 80 m³/h. L'effluent est traité au chlore avant son rejet par une pompe doseuse de 3,3 litres de solution chlorée par heure, soit une concentration en chlore de 5 mg par litre d'effluent. Après 6 à 8 mois de fonctionnement de la station, la concentration des bactéries dans la cuve est de 50 à 60%, il faut alors extraire 30% de boue. Les effluents obtenus après traitement sont ensuite déversés dans le réseau d'assainissement pluvial (caniveaux) de la ville de Cotonou.

La station de traitement des eaux usées du CHU-MEL a une capacité de 450 m³ avec un débit de dimensionnement au départ de 250 m³/jour. Elle est basée sur le un système de lagunage. Les effluents traités sont déversés dans le Chenal de Cotonou (un milieu à grande potentialité halieutique grâce à son contact avec la mer).

2.2 Prélèvement des échantillons

Les prélèvements ont été effectués à l'entrée et à la sortie des deux stations (CNHU-HKM et CHU-MEL). En addition à ces deux sites, des prélèvements ont été également effectués à l'entrée et à la sortie de la Buanderie CHU-MEL dans l'optique d'effectuer une comparaison de ces effluents avec ceux de la

station CHU-MEL. Les flacons en plastique utilisés pour l'échantillonnage des effluents sont préalablement bien lavés, rincés et séchés au laboratoire. Ces effluents ont été bien homogénéisés avant le prélèvement. Pour l'échantillonnage, le flacon est déballé et est plongé dans les fosses septiques à l'aide d'une corde. Les échantillons ainsi obtenus sont conservés dans des glacières maintenues à une température comprise entre 2°C et 8°C pendant le transport pour garder l'intégrité des échantillons.

2.3 Analyse des échantillons

Il a été utilisé un multiparamètre pour les paramètres in-situ (température et pH). Au laboratoire, les échantillons sont analysés selon des méthodes et techniques standardisées. Le dosage de la Demande Biochimique en Oxygène après 5 jours (DBO₅) est réalisé par la méthode Respirométrique avec des manomètres OXYTOP et VEL P. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est dosée par la méthode Colorimétrique. Le dosage des matières phosphorées est fait par la méthode d'acide ascorbique après minéralisation des échantillons par spectrophotomètre d'absorption DR 3000. Les Eléments Traces Métalliques (ETM) tels que : le plomb, le cadmium, le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, le Nickel, le cobalt, le chrome hexa valent, le chrome total et l'arsenic ont été également mesurés. Le fluorure et le sulfure ont été également pris en compte. Au total 20 paramètres ont été pris en compte au niveau des trois sites retenus.

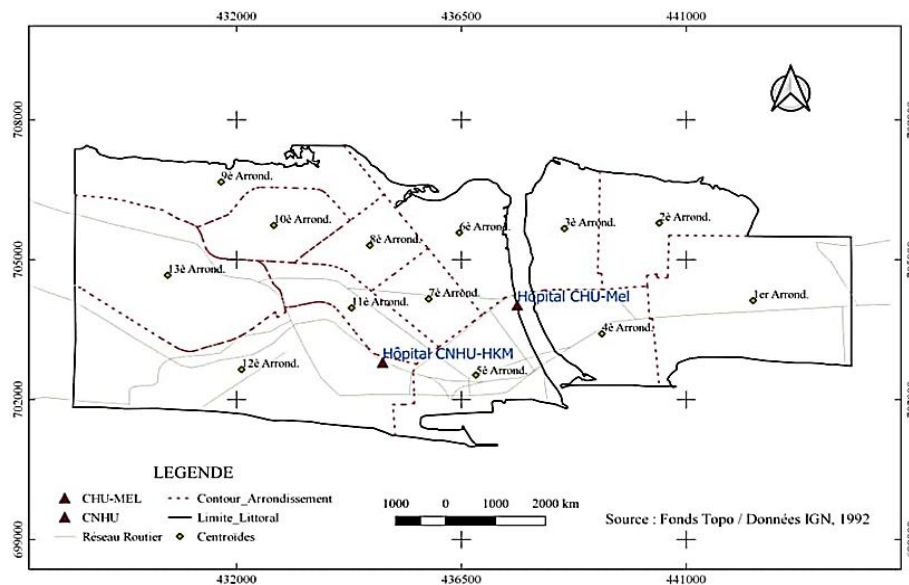


Figure 1 : Carte de localisation du CNHU-HKM et de CHU-MEL

2.4 Analyse des données

Les données issues de l'analyse au laboratoire ainsi que celles prises ou mesurées sur le terrain ont fait l'objet d'une analyse statistique descriptible des données des différents sites étudiés. L'outil Excel du Microsoft Office a été également utilisé pour la construction des graphiques. L'Analyse en Composante Principales Focalisée a été effectuée avec le logiciel R à l'aide des Package « Psy » et « corrplot » pour la mise en relation des variables hors-normes.

3. Résultats

3.1 Les paramètres in-situ

Le tableau I présente la variation de la température et du pH à l'entrée et à la sortie des sites d'échantillonnage. De l'analyse du tableau, il ressort que la température varie entre 29,1 et 31,1°C à l'entrée et entre 29,1 et 30°C à la sortie. Les valeurs de température des effluents après le traitement n'excèdent pas celui des milieux récepteurs de 5°C respectant ainsi les conditions de rejet des effluents hospitaliers selon la norme béninoise. Quant au potentiel d'hydrogène elle est comprise entre 6,58 et 7,26 à l'entrée et entre 6,44 et 7,05 à la sortie. Ces valeurs sont globalement comprises dans l'intervalle

admis par la norme béninoise concernant les conditions de rejet des effluents hospitaliers.

3.2 Les matières en suspensions

La figure 2 présente la variation de MES au niveau des sites d'échantillonnage. De l'analyse du graphique, il ressort que les teneurs en MES varient entre 71,6 et 212 mg/L avant le traitement et entre 2,48 et 87,3 après le traitement. Seuls les effluents à la sortie de la station du CHU_MEL respectent la norme béninoise concernant les conditions de rejet des effluents hospitaliers.

3.3 Les éléments phosphorés et azotés

La figure 3 présente la variation de l'ortho-phosphate et de l'azote total Kjeldahl sur les sites d'échantillonnage. De l'analyse du graphique, il ressort que la charge en ortho-phosphate à diminuer sur tous les trois sites après traitement avec un contraste qui varie entre 0,82 et 1,56 mg/L dont le minimum enregistré à la buanderie CHU-MEL et le maximum à la station CNHU-HKM. Concernant la variation de l'azote total Kjeldahl sur les sites, il ressort que les différentes valeurs observées avant les traitements sont au-dessus de la limite admissible par la norme béninoise en matière d'effluent hospitaliers alors qu'après traitement elles sont toutes en dessous de ladite limite.

Tableau I : Variations de la température et du pH

PARAMETRES	CHU-MEL		BUANDERIE		CNHU		Normes
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	
Température (°C)	31,1	30	29,5	29,7	29,1	29,1	(+ 5°C)/milieu récepteur
pH	7,26	7,05	6,58	6,44	7,06	6,8	6,5 - 8,5

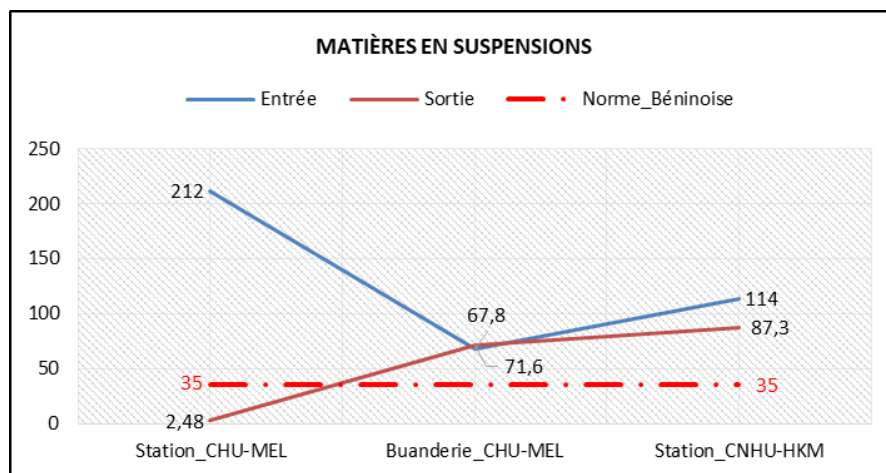


Figure 2 : Variation des matières en suspension à l'entrée et à la sortie des sites

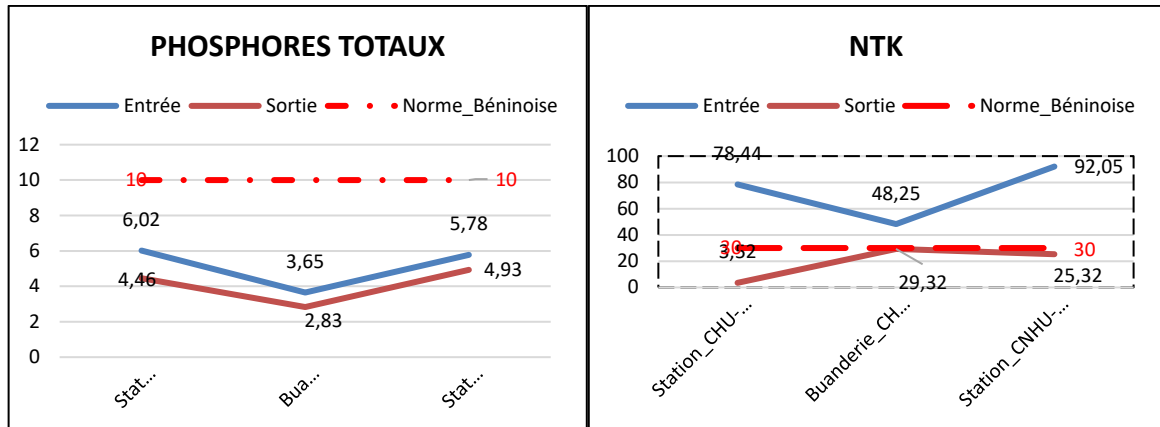


Figure 3 : Variation des valeurs du phosphore total et de NTK

3.4 La demande chimique et biochimique en oxygène

Le tableau II et la figure 4 présentent respectivement la variation de la DBO₅ et de la DCO, et du rapport DCO/DBO₅. Les valeurs prises par la DBO₅ avant le traitement sont toutes supérieures à la norme béninoise en matière de rejet d'effluent hospitaliers. Après traitement, seule la charge en DBO₅ observée à la station CHU-MEL est en dessous de la limite admissible par la norme béninoise. Quant à la DCO, la charge avant et après traitement au niveau de la station CHU-MEL sont en dessous de la norme béninoise. Par contre, les valeurs obtenues avant et après traitement au niveau des deux autres sites sont toutes au-dessus de la norme béninoise en matière d'effluent hospitaliers. Le rapport DCO/DBO₅ donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent. L'analyse du graphique ressort que les faibles valeurs dudit rapport sont enregistrées au niveau de la station CHU-MEL.

3.5 Les éléments traces métalliques

Les figures 5 au 9 présentent la variation des

Éléments Traces Métalliques à l'entrée et à la sortie des sites d'échantillonnage. De l'analyse des graphiques, il ressort que les valeurs de plomb, de cadmium, de zinc, de nickel, de chrome hexa valent, de chrome total et d'arsenic sont toutes inférieures à la limite admissible par la norme béninoise concernant le rejet des effluents hospitaliers que ce soit à l'entrée ou à la sortie des sites. Il faut également noter qu'après les traitements la charge de ces éléments ont diminué comparativement à l'entrer. Quant au cuivre, après traitement, seuls les effluents de la station CNHU-HKM dépasse la norme béninoise. Les charges en cobalt observées sur les trois sites après traitement sont toutes relativement faibles. Les valeurs du fer varient entre 8,65 et 23,88 mg/L à l'entrée et entre 8,47 et 20,84 mg/L à la sortie avec les maximas obtenues à la station CHU-MEL. Les teneurs en Fer sont élevées. Compte tenu de l'inexistence d'une norme Béninoise par rapport à ce paramètre, elle dépasse cependant la valeur admissible par la norme Egyptienne pour les rejets d'eau usée dans la nature soit 1,5mg/L. Les valeurs de manganèse obtenues sont relativement faibles (tous < 0,2 mg/L) avec le minimum obtenu à la station CHU-MEL.

Tableau II : Variation de DCO et de DBO₅

	CHU MEL		Buanderie		CNHU		
DCO	49,74	34,43	351,97	359,63	428,49	191,29	125
DBO₅	31	28	90	95	109	70	30

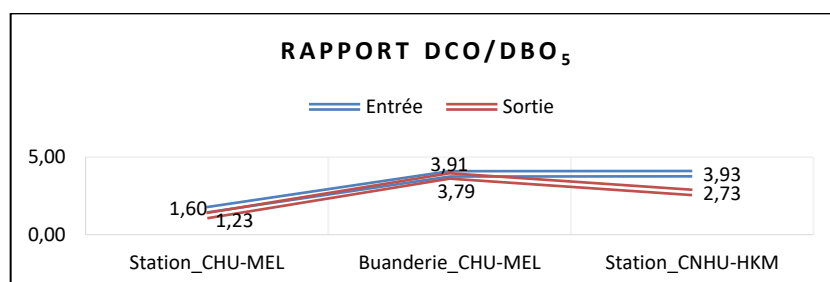


Figure 4 : Rapport DCO/DBO₅ à l'entrée et à la sortie des sites

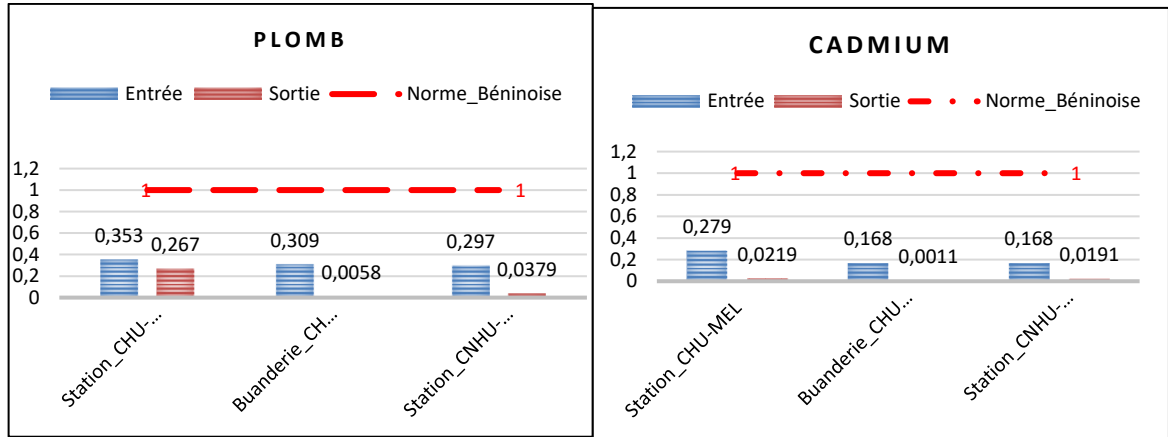


Figure 5 : Variation du plomb à l'entrée et à la sortie des sites

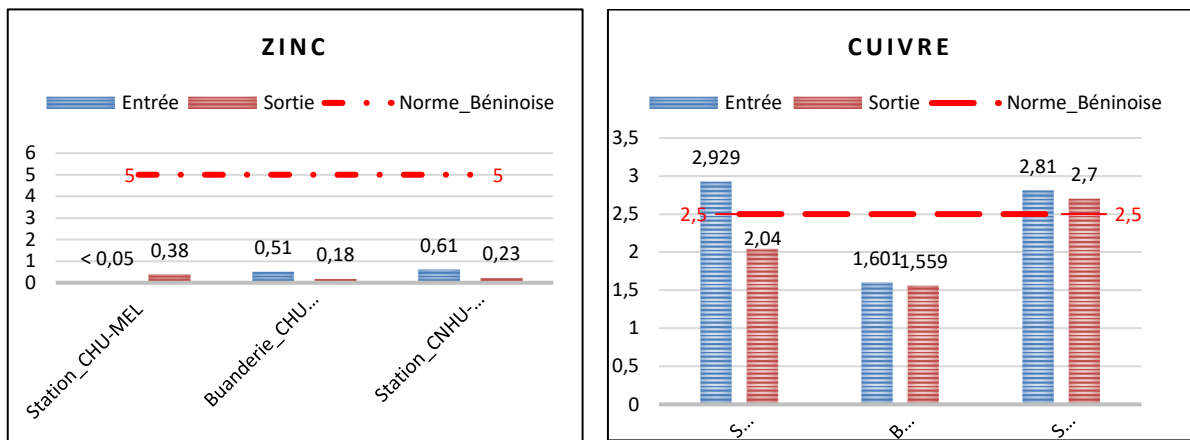


Figure 6 : Variation du zinc et du cuivre à l'entrée et à la sortie des sites

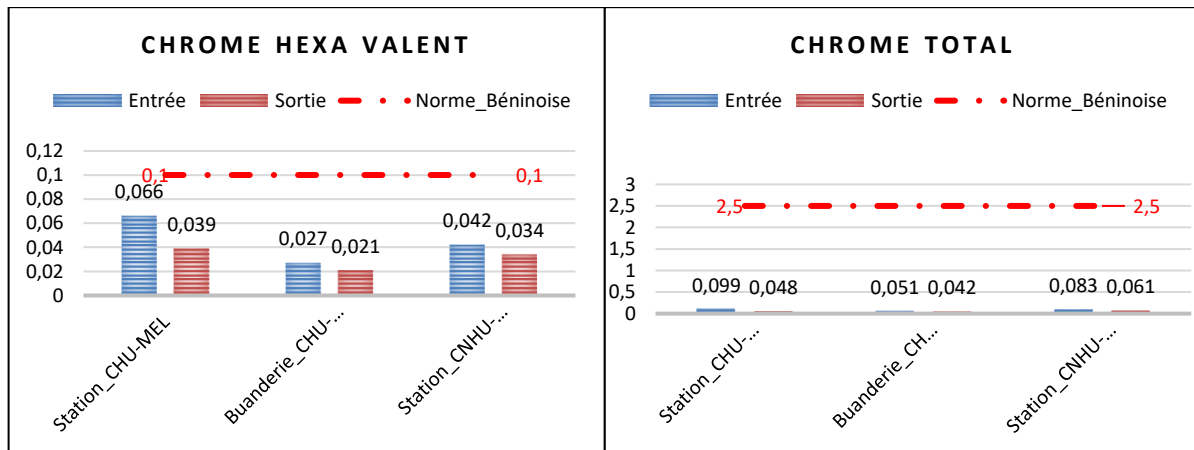


Figure 7 : Variation du chrome hexavalent et du chrome total à l'entrée et à la sortie des sites

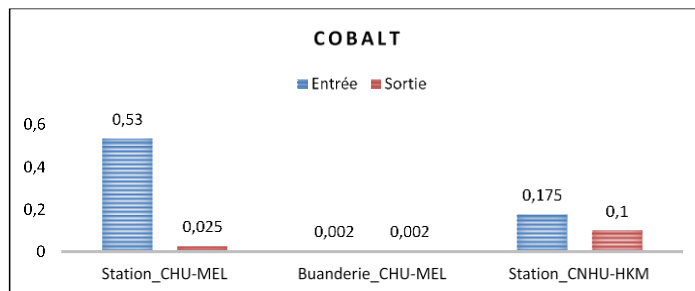


Figure 8 : Variation du cobalt à l'entrée et à la sortie des sites

3.6 Les éléments majeurs

Le tableau III présente la variation du fluorure et du sulfure à l'entrée et à la sortie des sites. Il ressort que les valeurs du fluorure obtenues avant et après le traitement sont toutes en faible proportion respectant ainsi la norme béninoise. Quant au sulfure, les valeurs n'ont pas été détectées par l'appareil de mesure (car < 0,0025 mg/L) ; elles respectent de ce fait la norme béninoise en matière de rejet d'effluent hospitalier.

3.7 Analyse Statistique Entre Les Variables Hors-normes (MES–DCO–DBO5–Cu–Fe)

Compte tenu des valeurs très faibles obtenues lors de l'analyse de certains paramètres (les unes au voisinage de zéro et d'autres en dessous de la limite de détection de mesure), tous les paramètres ne peuvent être prises en compte pour l'analyse statistique et en particulier pour les calculs de corrélations. Ainsi, l'analyse statistique se fera uniquement avec les variables hors-normes (ayant des valeurs relativement élevées) afin de quantifier leurs interrelations.

▪ **Graphique de Corrélation (Figure 10)**

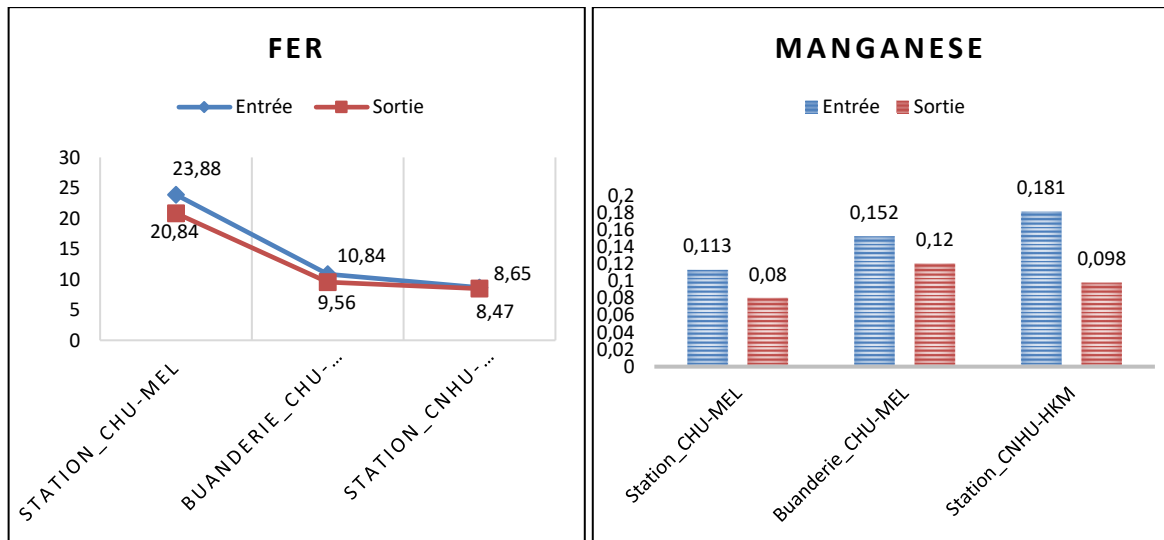


Figure 9 : Variation du fer et de manganèse à l'entrée et à la sortie des sites

Tableau III : Variation des ions fluorures

	CHU MEL		Buanderie		CNHU		Normes
F ⁻ (mg/L)	1,7	1,47	0.1	0.1	0.57	0.39	4
S ²⁻ (mg/L)	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	2,5

Le Graphique de corrélation entre les variables hors-normes il met également en exergue une corrélation positive conséquente (r= 71%) entre les MES et le Cuivre ainsi qu'une faible corrélation positive (r= 27%) entre les MES et le Fer. Nous enregistrons une forte corrélation négative d'une part entre Fe et DCO (r= -83%) et d'autre part entre Fe et DBO₅(r= -89%). Par contre, l'interrelation entre les autres combinaisons de variables sont pratiquement nulle.

▪ **Analyse en Composante Principale Focalisée (Figure 11)**

L'Analyse en Composante Principale Focalisée sur les Matières En Suspension (MES) nous montre la corrélation entre ces derniers et les autres variables ne respectant pas la norme admise afin d'évaluer l'influence interactive qui existe entre eux. D'après l'analyse du graphique, nous remarquons que les variables Fe (Fer), Cu (Cuivre), DBO₅ et DCO ne sont pas significativement associées à la variable MES vu que ces dernières sont en dehors de cercle rouge. Néanmoins, les MES présente une corrélation positive relativement forte avec le Cuivre et faible avec le Fer. A côté, une très faible corrélation négative a été enregistrée avec les variables DBO₅ et DCO.

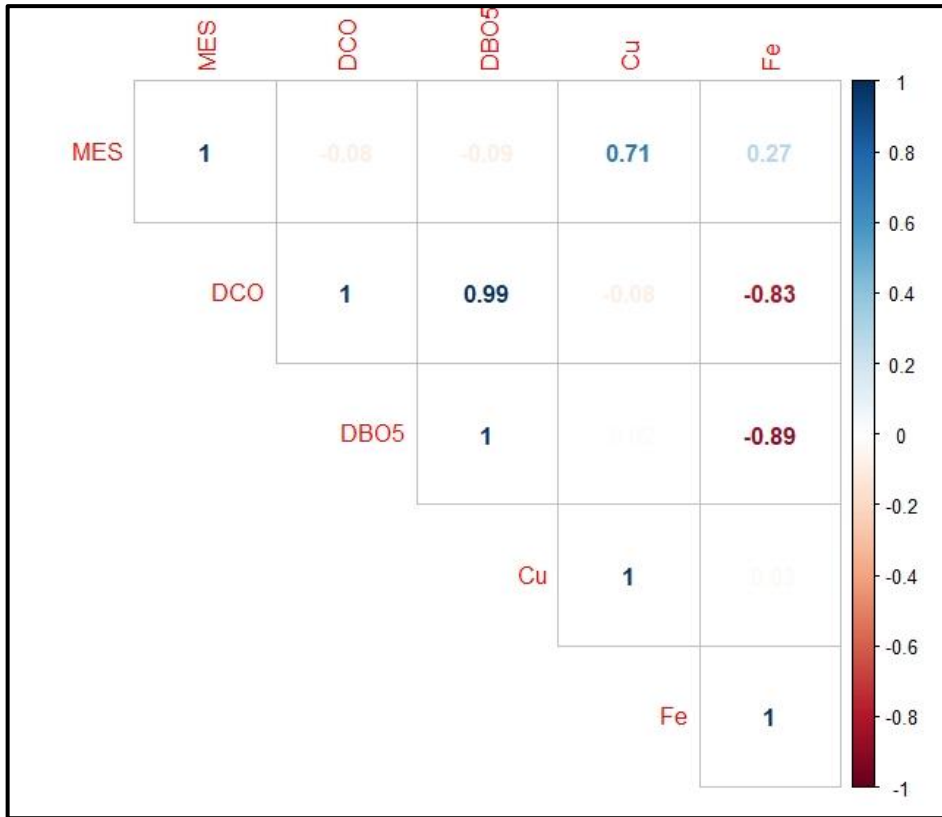


Figure 10 : Corrélation entre les variables hors-normes

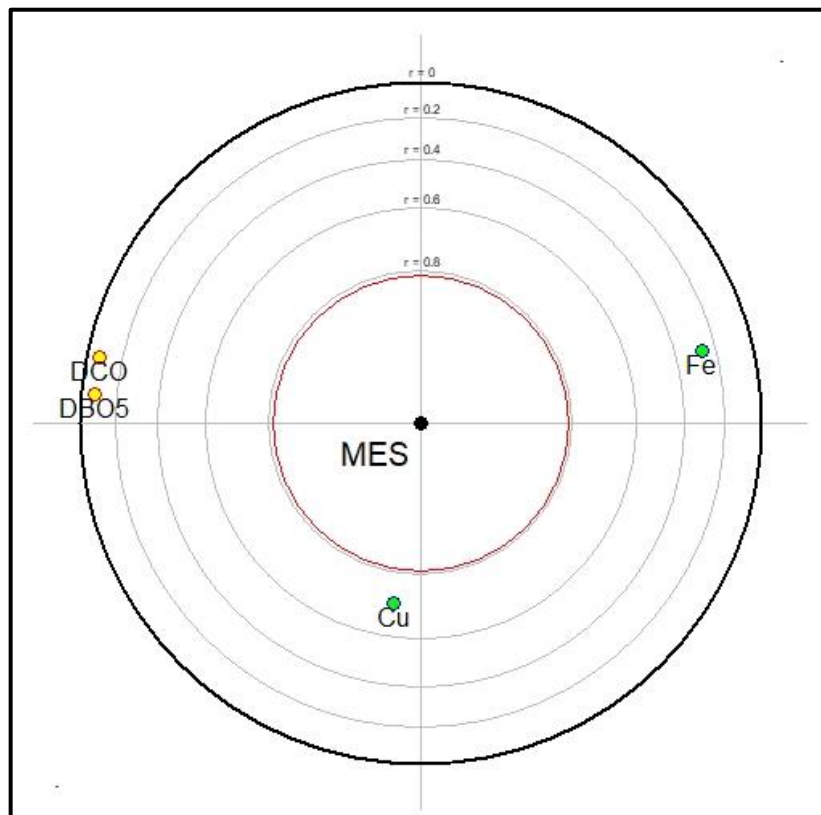


Figure 11 : ACP Focalisée sur les MES

4. Discussion

Les eaux usées sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine ou souillées par l'usage qui en a été fait. Le non traitement et/ou le traitement inadéquat de ces eaux usées constitue l'une des causes principales de la pollution des ressources en eau.

Le Centre National Hospitalier et Universitaire Koutoukou Hubert Manga (CNHU-HKM) et le Centre Hospitalier et Universitaire de la Mère et de l'Enfant-Lagune (CHU-MEL) sont des hôpitaux de référence qui offrent diverses prestations de soins et services. Ceci les contraint à consommer une quantité importante d'eau donnant naissance à des eaux usées. Dans l'objectif de respecter les normes environnementales, ces centres se sont dotés d'un système de traitement de ces eaux usées avant leurs rejets dans la nature.

L'analyse de ces eaux usées montre que la température et le pH respectent les conditions de rejet selon la norme béninoise car la température varie entre 29,1 à 31,1°C à l'entrée et entre 29,1 à 30°C à la sortie et le pH est compris entre 6,58 et 7,26 à l'entrée et entre 6,44 et 7,05 à la sortie. Ces valeurs de température à la sortie sont situées dans l'intervalle de celles trouvées en 2014 (22° et 30°) dans les influents de l'hôpital Alghassani de la ville de Fès au Maroc^[8]. Par contre, la température enregistrée dans les influents de l'hôpital sud-est de la France traitant les maladies infectieuses est de 12°C en moyenne^[9]. Ces différences sont dues au climat.

Les eaux usées de ces hôpitaux sont chargées en azote total et en phosphore à l'entrée, et sortent du système de traitement avec des concentrations plus faibles, inférieures à la norme béninoise des rejets. Cette diminution pourrait s'expliquer par la dégradation de ces éléments par le système de traitement mis en place. Il faut également noter que les études effectuées en 2018 montrent une valeur moyenne de 28,78 mg/L de NTK dans les effluents de CHU-MEL alors que dans le cas de la présente étude, elle est de 3,52 mg/L après traitement^[10]. Il en est de même pour le phosphore total qui respecte les normes de rejet dans la présente étude alors qu'elle était de 15,03 mg/L dans les effluents du CNHU-HKM et de 39,64 mg/L dans les effluents de CHU-MEL selon une étude antérieure^[11].

La DBO₅ permet d'évaluer la fraction des polluants organiques biodégradables. A l'analyse des résultats, on observe que les valeurs de DBO₅ à la sortie de la station des sites 1 et 3 sont respectivement 95 mg/L et 70 mg/L. Ces valeurs sont supérieures à la norme et sont inférieures aux valeurs trouvées en

2019 au niveau des mêmes stations qui sont respectivement 183,57 mg/L et 104 mg/L^[12]. Cette différence s'explique par l'amélioration de la performance des équipements de traitement mise en place. Ces valeurs sont inférieures à celle obtenue en 2001 au niveau de l'hôpital sud-est de la France^[9]. Cette différence est liée à la nature des rejets qui dépend essentiellement du nombre de patient mais aussi à la performance du système d'épuration vis-à-vis des polluants organiques biodégradables.

La DCO, qui permet d'évaluer en somme tout ce qui est biodégradable et non, est de 34,47 mg/L et 191,29 mg/L respectivement à la sortie des sites 1 et 3. La valeur trouvée sur le site 1 respecte la norme par contre celle du site 3 ne respecte pas la norme. Ce s'explique par le fait qu'il y ait une augmentation du nombre de patients donc une augmentation du volume de rejet, ceci affaiblit le fonctionnement du système.

Le rapport DCO/DBO calculé sur chaque site de prélèvement est de 1,22 sur le site 1 ; 3,78 sur le site 2 et 2,73 sur le site 3. À l'exception du site 1, les effluents des autres sites 2 et 3 sont non biodégradables car DCO/DBO > 2,5. Les eaux usées du site 1 s'apparentent à des eaux usées domestiques et l'épuration biologique peut être directement réalisable. Par contre celles des sites 2 et 3 se dégradent difficilement. Ce qui prouve que ces eaux usées contiennent des polluants non biodégradables. Parmi les polluants non biodégradables, on peut citer les ETM qui sont des polluants persistants non biodégradables et dangereux à l'environnement. Ils sont présents dans les rejets liquides des différents services médicaux à cause de l'utilisation des appareils de mesure et de solutions à base de métaux dans les hôpitaux des pays en voie de développement^[13].

Les valeurs des paramètres tels que les MES, la DBO₅ et la DCO dépassent la limite admissible de rejet même après traitement au niveau de la station de CNHU-HKM contrairement à celles de CHU-MEL qui respectent les normes de rejet. Selon les deux études citées précédemment^[10, 11], ces teneurs excédaient également la limite admissible à la station de CNHU-HKM ainsi que celles de CHU-MEL. Nous pouvons dire que l'amélioration de la qualité de traitement des effluents à la station de CHU-MEL est plus ou moins effective compte tenue des paramètres étudiés dans la présente étude, ce qui n'est pas le cas au niveau de la station de CNHU-HKM. Ceci peut être partiellement dû à la charge importante de polluants produits par le centre CNHU-HKM qui est le plus grand centre traitant les cas graves et critiques de maladies sur toute l'étendue du territoire nationale.

Les ETM analysés dans ces eaux usées sont le plomb, le cadmium, le fer, le cuivre, le zinc, le manganèse, le nickel, le cobalt, le chrome hexa valent, le chrome total, l'arsenic et le cuivre. Les différentes valeurs enregistrées lors des analyses sur les ETM ont révélé des teneurs faibles en métaux à l'entrée comme à la sortie (plomb, cadmium, zinc, nickel, chrome hexa valent, chrome total et arsenic) et inférieures à la limite admissible par la norme béninoise. Mais l'introduction continue de ces métaux en milieu aquatique peut avoir des effets néfastes sur les organismes aquatiques à cause de leur propriété de bioaccumulation [14, 15]. Cette dernière peut occasionner un certain nombre de perturbations chez l'homme : atteintes rénales, osseuses, neurologiques et/ou digestives, troubles cancérogènes et/ou mutagènes [16, 17]. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus en 2019 sur les sites 1 et 3 [12] et en conformité avec ceux en 2016 dans les effluents des établissements de santé de Dakar (Sénégal) qui ne révèlent pas des concentrations élevées en métaux (cadmium, cuivre, nickel, zinc et plomb) à l'exception du cuivre [18].

Le graphique de corrélation entre les variables hors-normes confirme l'interdépendance positive entre la DCO et la DBO₅, c'est-à-dire qu'ils évoluent proportionnellement et dans le même sens. Ce même graphique (Figure 8) montre une interdépendance négative entre les teneurs de DCO et de Fe ainsi que les teneurs de DBO₅ et de Fe. En thème littéral, cela signifie que, plus la quantité d'oxygène est utilisée par les matières oxydables augmente et plus la teneur en Fe diminue. Enfin une forte corrélation positive entre les Matières En Suspension (MES) et le Cuivre (Cu) a été enregistrée sur le graphique de corrélation (Figure 10) et plus clairement sur le graphique de l'Analyse en Composante Principale (ACP) Focalisée (Figure 11). Tout d'abord, il est important de savoir que les MES permettent de quantifier les matières (organiques ou minérales) non dissoutes dans l'eau. Elles ont pour conséquence directe d'empêcher la pénétration de la lumière et de diminuer l'oxygène dissous dans l'eau. Cependant, les MES peuvent aussi interférer sur la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption de certains Eléments Traces Métalliques (ETM) tel que le Cuivre (Cu). Ceci explique ainsi la corrélation positive entre ces deux éléments. Les essais d'adsorption du cuivre sur les MES montrent que la cinétique d'adsorption est relativement rapide : après 3h30 d'équilibre 90 à 95% du cuivre ajouté est sous forme solide et après 146h le taux est passé à 95-97,5% et ceci pour des rapports solide/liquide de 0,5 à 2 g de MES par litre d'eau [19]. La relation entre les MES et Cu s'avère donc évidente et confirme

l'hypothèse de ces auteurs. Il est donc nécessaire de diminuer la charge de MES dans l'optique de réduire le taux des ETM, soit du Cuivre (Cu).

5. Conclusion

Au terme de la présente étude et compte tenu des paramètres évalués, il ressort que la station de traitement du Centre Hospitalier et Universitaire de la Mère et de l'Enfant-Lagune (CHU-MEL) respecte globalement les normes de rejet des effluents dans l'environnement. Quant au Centre National Hospitalier et Universitaire Koutoukou Hubert Manga (CNHU-HKM), un progrès considérable a été fait comparativement aux données enregistrées lors des études précédentes d'autres auteurs. C'est également le cas pour la station CHU-MEL. Par ailleurs, la station CHNU-HKM devrait redoubler d'effort dans l'amélioration de son système de traitement d'effluents hospitalier afin de se conformer rigoureusement aux normes admissibles non seulement pour la protection de l'environnement et de la biodiversité aquatique, mais aussi pour la protection de la santé publique. Enfin, soulignons que la station CHU-MEL n'est pas épargnée de cette recommandation d'amélioration continue de son système de traitement afin de protéger le réceptacle final (Chenal de Cotonou) de ses effluents.

6. Remerciements

Ce travail a été financé par l'Université d'Abomey-Calavi à travers le Programme Fonds Compétitifs de Recherche Troisième phase [No 632-2018/UAC/SG/AC/SAF/VR-RU/SPRSP/SA]

7. Références Bibliographiques

- [1] Yessoufou A. Etude diagnostique de la pollution métallique, produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP) en milieux aquatiques : cas des sédiments du lac Nokoué, du déversoir d'eaux usées d'hôpital et des boues de la station d'épuration SIBEAU au Bénin. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi. (2017), 130p sans annexe.
- [2] Boillot C. Évaluation des risques éco-toxicologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les milieux aquatiques : Contribution à l'amélioration de la phase "caractérisation des effets". Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, (2008). 299p.
- [3] Santos LH, Gros M, Rodriguez-Mozaz S, Delerue-Matos C, Pena A, Barcelo D et Montenegro MC. Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: identification of ecologically relevant pharmaceuticals. *Sci. Total Environ.*, (2013), 461:302–316.

- [4] Verlicchi P, Al Aukidy M, Galletti A, Petrovic M et Barcelo D. Hospital effluent: investigation of the concentrations and distribution of pharmaceuticals and environmental risk assessment. *Sci.Total Environ.*, (2012). 430:109–118.
- [5] Verlicchi P, Galletti A, Petrovic M et Barcelo D. Hospital effluents as a source of emerging pollutants: an overview of micropollutants and sustainable treatment options. *J Hydrol*, (2010). 389:416–428.
- [6] Maheshwari M, Yaser NH, Naz S, Fatima M et Ahmad I. Emergence of ciprofloxacin-resistant extended-spectrum β -lactamase-producing enteric bacteria in hospital wastewater and clinical sources. *J GlobAntimicrobResist.* (2016). 5:22–25.
- [7] Fagnigbo, H. Gestion des effluents domestiques en milieu hospitalier : cas du centre national hospitalier Hubert Koutoukou Maga de Cotonou (Bénin). Mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, (2012), 82p.
- [8] Berrada S, Squalli FZ, Squalli HT, Hannin M, El Oualti A, El Ouali Lalami A. Recyclage des effluents du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès : caractérisation avant et après traitement. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S1) (2014) 2265-2277. ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESC.N.
- [9] Emmanuel E, Jean-Marie B, Gérard K, Yves P. Caractérisation chimique, biologique et écotoxicologique des effluents hospitaliers. *Déchets - revue francophone d'écologie industrielle - n° 22 - 2ème trimestre 2001.*
- [10] Adanloknonon EAS, Kanhounon WG, Chabi BC, Adjahouinou DC, Koumolou L, Bonou B, Fiogbe ED et Aléodjrodo EP. Physicochemical and microbiological characterization of effluents from the "Centre Hospitalier Universitaire de la Mère et de l'Enfant Lagune (CHU-MEL)" discharged in the Cotonou lagoon in Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, (2018). 12(4): 1955-1964.
- [11] Todedji JN, Degbey CC, Soclo E., Yessoufou A, Goudjo F, Hounfodji JF, Suanon F et Mama D. Caractérisation physico-chimique et toxicologique des effluents des Centres Hospitaliers et Universitaires du département du Littoral du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* (2020), 14(3): 1118-1132.
- [12] Soclo, E. Evaluation de la qualité des effluents produits par les centres hospitaliers universitaires du département du littoral au Bénin en 2019. Mémoire pour l'obtention du master à l'Institut Régional de la Santé Publique, Université d'Abomey-Calavi (Bénin). (2019).
- [13] Jones OAH, Voulvoulis N, Lester JN. Aquatic environmental assessment of the top 25 english prescription pharmaceuticals. *Water Research*, (2002), 36: 5013-5022. doi:10.1016/S0043-1354(02)00227-0
- [14] Lim SR, Schoenung JM. Human health and ecological toxicity potentials due to heavy metal content in waste electronic devices with flat panel displays. *Journal of Hazardous Materials*, (2010), 177: 251-259. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.12.025.
- [15] Baby J, Raj JS, Biby ET, Etsankarganesh P, Jeevitha MV, Ajisha SU, Rajan SS. Toxic effect of heavy metals on aquatic environment. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, (2010), 4(4): 939-952. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>.
- [16] Oliveira H, Lopes T, Almeida T, Pereira ML, Santos C. Cadmium-induced genetic instability in mice testis. *Hum Exp Toxicol.*, (2012), 31(12): 1228-1236. <http://dx.doi.org/10.1177/0960327112445937>
- [17] Prozialeck WC, Edwards JR. Mechanisms of Cadmium-Induced Proximal Tubule Injury: New Insights with Implications for Biomonitoring and Therapeutic Interventions. *J PharmacolExpTher.*, (2012), 343(1): 2-12. <http://dx.doi.org/10.1124/jpet.110.166769>
- [18] Guigues N et Coroller M. Etude de l'influence des matières en suspension sur la concentration en phosphore, bore, cuivre, zinc et autres métaux lourds dans l'eau, en aval d'une centrale nucléaire située dans la vallée de la Loire. BRGM/RP-52750-FR, (2004). 75p.
- [19] Toure A, Garat A, Diop C, Cabral M, Epote MJ, Leroy E, Fall M, Diouf A, Dehon B et Allorge D. Présence de métaux lourds et de résidus médicamenteux dans les effluents des établissements de santé de Dakar (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* (2016), 10(3): 1422-1432, June 2016 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). <http://ajol.info/index.php/ijbcs> <http://indexmedicus.afro.who.int>