

Qualité de l'eau du fleuve Ouémé au cours de la période de hautes eaux de 2016 dans la Commune des Aguégus au Sud du Bénin

Antoinette ADJAGODO^{1,4,5*}, Lucie AYI - FANOU², Nelly Carine KELOME³, Micheline AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO⁴, Flavien DOVONOU¹ et Abiolla Robertson Kévin AMOUSSOU¹

¹ Université d'Abomey-Calavi, Institut National de l'Eau, 01 BP 526, Bénin

² Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biochimie et Biologie Moléculaire, 01BP 526, Bénin

³ Université d'Abomey -Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement, 01 BP 526, Bénin

⁴ Université d'Abomey-Calavi (UAC), Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Laboratoire des Normes et Contrôle de Qualité Microbiologique, Nutritionnelle et Pharmacologique (LNCQ^{MNP}), 01BP1636 RP Cotonou, Bénin

⁵ Université d'Abomey-Calavi, Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA-Chaire UNESCO), 072 BP 50 Cotonou, Bénin

* Correspondance, courriel : antoinette.adjagodo@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité de l'eau du fleuve Ouémé dans la Commune des Aguégus. Quatre campagnes d'échantillonnage d'eau du fleuve ont été effectuées en période de hautes eaux. Les paramètres physiques (température, pH, matières en suspension et conductivité) ont été mesurés *in situ*. Les paramètres chimiques (nitrates, nitrites, phosphates et sulfates) et bactériologiques (Coliformes totaux, Coliformes thermotolérants, *Escherichia coli* et Entérocoques) ont été déterminés respectivement par spectrophotométrie et technique de filtration sur membrane. Les résultats des analyses révèlent qu'en dehors de la température et de la turbidité, les paramètres physiques mesurés sont conformes aux directives de qualité de l'OMS. L'analyse chimique montre que les échantillons d'eaux prélevés ont des concentrations en sulfates et en nitrates conformes aux directives de l'OMS contrairement à celles en phosphates et en nitrites. Les résultats des analyses bactériologiques dans 100 mL d'échantillon d'eau du fleuve révèlent des charges bactériennes moyennes qui varient de $1,86.10^2 \pm 74$ UFC pour Coliformes totaux ; $1,27.10^2 \pm 35$ UFC pour Coliformes thermotolérants et $0,95.10^2 \pm 9$ UFC pour *E. coli*. Les Entérocoques sont absents dans les échantillons d'eaux prélevés pendant cette période. Les résultats issus de cette étude montrent que la qualité de l'eau du fleuve pendant cette période est menacée, ce fait constitue un danger pour la santé des populations utilisatrices de cette eau.

Mots-clés : fleuve Ouémé, qualité physico-chimique, contamination fécale, santé des populations.

Abstract**Quality of the water of river Ouémé during of the period high water of 2016 in the Commune of Aguégoués South of Benin**

The objective of this study is to evaluate the water quality of the Ouémé River in the Aguégoués Commune. Four river water sampling campaigns were carried out during high water periods. The physical parameters (temperature, pH, suspended matters and conductivity) were measured in situ. The chemical parameters (nitrates, nitrites, phosphates and sulphates) and bacteriological parameters (total coliforms, thermotolerant coliforms, *Escherichia coli* and enterococci) were determined respectively by spectrophotometry and membrane filtration technique. The results of analyses reveal that outside from temperature and turbidity, the measured physical parameters are in line with WHO quality guidelines. The chemical analysis shows that the water samples taken have concentrations of sulphates and nitrates in accordance with WHO guidelines, unlike those of phosphates and nitrites. The results of bacteriological analyzes in 100 mL of the river water sample revealed mean bacterial loads ranging from $1.86.10^2 \pm 74$ CFU for total coliforms; $1.27.10^2 \pm 35$ CFU for thermotolerant coliforms and $0.95.10^2 \pm 9$ CFU for *E. coli*. Enterococci are absent in water samples collected during this period. The results of this study show that the quality of the water of the river during this period is threatened, this fact constitutes a danger for the health of the population user this water.

Keywords : *Ouémé river, physico-chemical quality, faecal contamination, population health.*

1. Introduction

Les ressources en eau disponibles sur la planète terre proviennent des eaux de surface, des eaux souterraines et des glaciers. 97 % de ces ressources sont constituées d'eau salée ; les 3 % restant forment les réserves d'eau douce de la planète [1]. La protection de ces ressources naturelles contre toutes les formes de pollution qu'elles soient urbaine ou industrielle est indispensable pour conserver leur bonne qualité. Les activités humaines dispersent de composants chimiques divers dans les milieux naturels [2]. En Afrique et principalement au Bénin, de multiples activités anthropiques sont exercées sur les plans d'eau sans que l'on puisse clairement responsabiliser les différents acteurs par une politique d'aménagement claire [3]. Les déchets solides et liquides continuent d'être rejetés sans traitement dans les plans d'eau de certaines grandes villes de l'Afrique de l'Ouest, posant de graves problèmes de santé [4, 5]. Selon [6], les eaux de surface sont les plus exposées à des pollutions, car ces eaux servent de dépotoirs des déchets divers (déchets domestiques, agricoles et pastoraux) et sont des collecteurs d'eaux usées provenant des agglomérations. La pollution de ces eaux par le rejet des eaux usées menace directement la qualité de l'eau et l'intégrité des écosystèmes aquatiques. Dans certains écosystèmes, les rejets de produits chimiques peuvent être à l'origine de la disparition de certaines espèces animales et/ou végétales et, par conséquent, entraîner le dysfonctionnement de la chaîne trophique [7, 8]. Au Bénin, les fleuves ne sont pas épargnés de la pollution anthropique. C'est le cas du fleuve Ouémé qui alimente plusieurs Communes dont celles des Aguégoués. Les déchets solides et liquides produits par les populations sont directement déversés dans l'eau du fleuve Ouémé. Les populations riveraines de la Commune des Aguégoués défèquent directement dans l'eau du fleuve à travers des latrines publiques installées sur ce fleuve ou parfois dans les brousses [9]. De même, en saison de crues, les eaux de ruissellement, érodent les sols et transportent tous les déchets du sol ainsi que les selles jusqu'aux eaux de sources [10]. Les crues jouent un rôle déterminant dans le processus de contamination des eaux de source [11]. Or ces eaux sont par ailleurs consommées par la population pour des fins diverses notamment les travaux de maraichage, les tâches domestiques voire eau de boisson [12].

D'après [13], 40 % des béninois consomment de l'eau non potable dont près de 50 % s'alimente directement à partir de l'eau de la rivière ou du marigot. La disponibilité d'une eau de bonne qualité est un élément indispensable pour prévenir les maladies et améliorer la qualité de vie [14]. La consommation des eaux de qualité peu hygiénique provoque des maladies hydriques telles que le choléra, la dysenterie, la fièvre typhoïde [15, 16]. Alors, l'eau vitale pour l'existence, peut être aussi une source de maladie hydrique [17]. D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 361 000 enfants de moins de 5 ans meurent chaque année de maladies diarrhéiques à cause d'un accès insuffisant à l'eau potable et aux moyens d'assainissement et d'hygiène [18]. Ainsi, cette étude a été entreprise dans le but d'évaluer la qualité de l'eau du fleuve Ouémé en période de hautes eaux dans la Commune des Aguégus au Bénin.

2. Matériel et méthodes

2-1. Localisation de la zone d'étude

La Commune des Aguégus (**Figure 1**) est située au Sud du Bénin dans le département de l'Ouémé. C'est un ensemble d'îlots d'accumulation alluviale logé dans la partie basse du fleuve Ouémé. Elle est limitée au Nord par les Communes de Dangbo et d'Akpro-Misséréti, au Sud par le lac Nokoué et la Commune de Sèmè-Podji, à l'Est par la lagune de Porto-Novo et à l'Ouest par le lac Nokoué. La zone d'étude est caractérisée par un climat subéquatorial à quatre saisons d'inégale répartition, deux saisons pluvieuses et deux sèches. Le régime hydrologique de l'Ouémé est caractérisé par un débit minimal au mois de mars et un débit maximal pendant la période de hautes eaux au mois de septembre, mais la période de basses eaux s'étend de janvier à mai inclus. La crue arrive en juin et le débit croît jusqu'en septembre ; il se maintient au voisinage du maximum pendant le mois d'octobre [19].

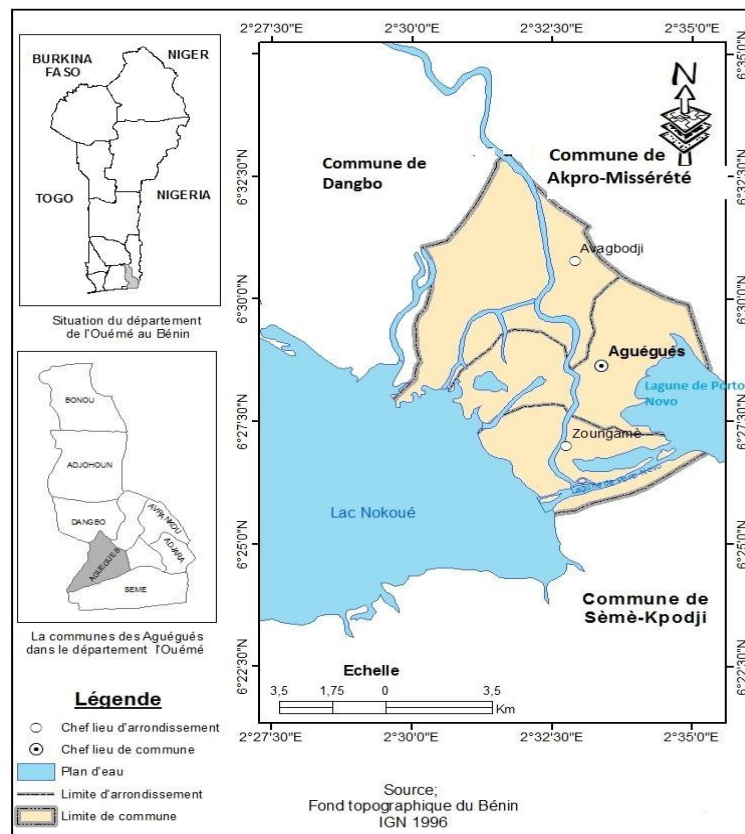


Figure 1 : Carte de localisation de la commune des Aguégus de la basse Vallée de l'Ouémé

2-2. Échantillonnage

Les points d'eau (**Figure 2**) ont été échantillonnés sur quatre campagnes pendant la période de hautes eaux (Septembre 2016). Pour les quatre campagnes réalisées, il a été procédé à chaque campagne, quatre (04) prélèvements le long du fleuve Ouémé de façon verticale en tenant compte de la distance (0,50 m à 1000 m) des activités anthropogéniques polluantes et aussi des fortes sollicitations de l'eau du fleuve par la population. Seize échantillons d'eaux ont été prélevés au cours de ces quatre campagnes. Les échantillons d'eau prélevés pour l'analyse bactériologique ont été pris dans des flacons en verre stérile de 500 mL. Les échantillons destinés à l'analyse physico-chimique ont été prélevés dans des flacons en plastique de 1,5 L. Chaque échantillon a été identifié au moyen d'une fiche de prélèvement référencée (date, lieu, numéro, heure du prélèvement). Les échantillons ont été transportés rapidement au laboratoire sous un régime de froid. Les coordonnées des points de prélèvement ont été prises sur le terrain à l'aide d'un GPS de type Garmin.

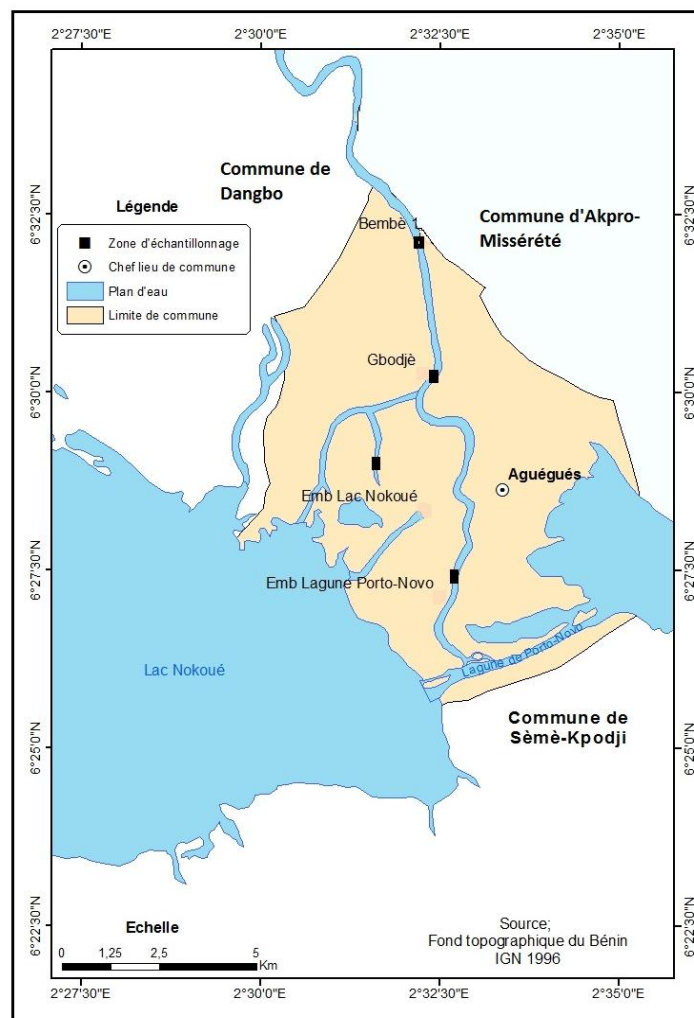


Figure 2 : Carte de localisation des points de prélèvement

2-3. Détermination des paramètres physico-chimiques

La température et le pH ont été mesurés à l'aide du pH /Oxi mètre WTW 340i. La conductivité a été mesurée à l'aide du conductimètre WTW 340i. Les matières en suspension (MES) et la turbidité ont été mesurées grâce au colorimètre DR890/HACH. Les éléments chimiques tels que les nitrites, les nitrates, les phosphates et les

sulfates ont été dosés dans les échantillons d'eau prélevés à l'aide du spectrophotomètre HACH DR 1900 respectivement par les méthodes de réduction au cadmium, de diazotisation, de PhosVer 3 et de SulfaVer 4. Les valeurs moyennes des résultats des quatre campagnes ont été considérées en prenant en compte les écarts types. Les directives de la qualité de l'organisation mondiale de la santé pour l'eau de boisson [20] et la réglementation béninoise du 20 février 2001 [21] fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin ont été utilisées pour l'interprétation des résultats.

2-4. Détermination des indicateurs de contamination fécale

La détermination des indicateurs de contamination fécale a pris en compte la recherche et le dénombrement des germes tels que les Coliformes totaux (CT), les Coliformes thermotolérants (Cth), *E. coli* et les Entérocoques. Ces germes ont été dénombrés dans 100 mL d'échantillon d'eau prélevé. Les méthodes de recherche et d'identification des différents germes sont récapitulées ci-dessous (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Méthodes de recherche et d'identification des différents germes recherchés

Germes et références de la méthode	Types d'ensemencement	Milieux de culture	Conditions de culture	Colonies caractéristiques
Coliformes totaux (NFV-066/1996)	Filtration de 100 mL d'eau sur membrane (0,45µm)	Gélose Violet Red Bile Lactose Agar (VRBL)	24-48 heures à 37°C	Colonies violacées
Coliformes thermotolérants (NFV-066/1996)			24-48 heures à 44°C	Colonies violacées
<i>E. coli</i> (NFV-066/1996)				Colonies rouge violacées
Entérocoques (AFNOR NF ISO 7899-2 (2000))		Gélose Slanetz Bartley	24-48 heures à 37°C	Colonies rouges/violettes/roses

Les directives de la qualité de l'OMS pour l'eau de boisson ont été utilisées pour l'interprétation des résultats. Le système d'évaluation de la qualité des eaux littorales [22] a été utilisé pour l'appréciation globale de la qualité de l'eau du fleuve Ouémé. Il s'agit de la grille d'évaluation des eaux de surface comportant cinq classes (**Tableau 2**):

- Classe I : Eau de très bonne qualité, elle est représentée graphiquement par la couleur bleue ;
- Classe II : Eau de bonne qualité, elle est représentée en vert ;
- Classe III : Eau de moyenne qualité, elle est représentée en jaune ;
- Classe IV : Eau de mauvaise qualité, elle est représentée en orange ;
- Classe V : Eau de très mauvaise qualité, elle est représentée en rouge.

Tableau 2 : Grille de classification des eaux de surface

Paramètres	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Température	20	21,5	25	28	
pH	Min	6,5	6	5,5	4,5
	Max	8,2	9	9,5	10
MES	2	25	38	50	
CE	Min	180	120	60	0
	Max	2500	3000	3500	4000
Turbidité	1	35	70	100	
NO ₃ ⁻	2	10	25	50	
NO ₂ ⁻	0,03	0,3	0,5	1	
PO ₄ ³⁻	0,1	0,5	1	2	
SO ₄ ²⁻	60	120	190	250	
Coliformes totaux	50	500	5000	10000	
<i>E. coli</i>	20	200	2000	20000	
Entérocoques	20	200	1000	10000	

2-5. Analyse statistique

Les valeurs des paramètres physico-chimiques et bactériologiques déterminées ont fait l'objet d'une analyse statistique descriptive (moyenne, minimum, maximum et écart type) à l'aide du tableur Excel.

3. Résultats

3-1. Qualité physique des eaux du fleuve analysées

Les résultats moyens de la qualité physique (**Tableau 3**) des eaux analysées au cours des quatre campagnes d'échantillonnage montrent que la température oscille entre $26,6 \pm 0,05$ °C et $27,8 \pm 0,005$ °C. Les écarts types varient de 0,005 à 0,05. La plus grande valeur est observée à Gbodjè et la plus petite valeur au niveau de l'embranchement de la lagune de Porto-Novo. Les valeurs de pH varient de $6,8 \pm 0,009$ à $6,92 \pm 0,008$ avec des écarts types qui oscillent entre 0,005 et 0,009. La plus grande valeur est observée au niveau de l'embranchement du lac Nokoué et la plus petite valeur au niveau de l'embranchement de la lagune de Porto-Novo. La conductivité moyenne des eaux prélevées varie entre $59,7 \pm 0,005$ µS/cm et $77 \pm 0,008$ µS/cm. Les écarts types oscillent entre 0,005 et 0,009. La valeur maximale de la conductivité électrique des échantillons d'eau prélevés dans la Commune des Aguégoués est obtenue à Bembè 1 et la valeur minimale au niveau de l'embranchement de la lagune de Porto-Novo. Les valeurs de la turbidité et des matières en suspension des échantillons d'eau prélevés varient respectivement de $41,10 \pm 0,008$ NTU à $49,70 \pm 0,01$ NTU pour la turbidité et de $16,71 \pm 0,009$ mg/L à $24,89 \pm 0,005$ mg/L pour les matières en suspension. Les plus fortes valeurs de la turbidité et des matières en suspension (MES) des échantillons d'eau sont toutes observées au niveau de l'embranchement du lac Nokoué ($49,7 \pm 0,01$ NTU pour la turbidité et $24,89 \pm 0,005$ mg/L pour MES). Par contre, la plus faible valeur pour la turbidité est observée au niveau de l'embranchement de la lagune de Porto-Novo ($41,1 \pm 0,008$ NTU) et la plus faible valeur pour les matières en suspension au niveau de Gbodjè ($16,71 \pm 0,009$ NTU). Les écarts types varient de 0,005 à 0,009 pour les matières en suspension et de 0,008 à 0,05 pour la turbidité.

Tableau 3 : Évaluation des paramètres physiques des échantillons d'eau prélevés

Paramètres Points de Prélèvement	Température (°C)	pH	Conductivité électrique (µS/cm)	Turbidité (NTU)	Matières en suspension (mg/L)
Gbodjè	27,80 ± 0,005	6,83 ± 0,005	72,9 ± 0,009	41,40 ± 0,05	16,71 ± 0,009
Bembè 1	26,70 ± 0,008	6,85 ± 0,005	77,00 ± 0,008	45,30 ± 0,05	22,63 ± 0,008
Emb lac Nokoué	27,70 ± 0,005	6,92 ± 0,008	62,90 ± 0,005	49,70 ± 0,01	24,89 ± 0,005
Emb lagune Porto- Novo	26,60 ± 0,05	6,80 ± 0,009	59,70 ± 0,005	41,10 ± 0,008	18,47 ± 0,005
Minima	26,60 ± 0,05	6,80 ± 0,009	59,70 ± 0,005	41,10 ± 0,008	16,71 ± 0,009
Maxima	27,80 ± 0,005	6,92 ± 0,008	77,00 ± 0,008	49,70 ± 0,01	24,89 ± 0,005
Moyenne	27,20 ± 0,63	6,85 ± 0,05	68,12 ± 8,16	44,37 ± 4,03	20,67 ± 3,7
Critère de potabilité (OMS, 2011)	25	6,5 < pH < 8,5	2000	5	-
Taux de conformité	0 %	100 %	100 %	0 %	-

NB : (-) : paramètre non prise en compte par la norme

3-2. Qualité chimique des eaux du fleuve analysées

Les résultats moyens de la qualité chimique (**Tableau 4**) des échantillons d'eau du fleuve prélevés dans la Commune des Aguégoués au cours des quatre campagnes d'échantillonnage présentent des concentrations en nitrate variant de $3,1 \pm 0,008$ à $7,09 \pm 0,005$ mg/L. Les écarts types oscillent entre 0,005 et 0,008. La plus forte concentration est obtenue au niveau de l'embranchement de la lagune de Porto-Novo et la plus faible concentration au niveau de l'embranchement du lac Nokoué. Les valeurs moyennes obtenues pour le nitrite varient de $0,07 \pm 0,005$ mg/L à $0,14 \pm 0,008$ mg/L. Les écarts types oscillent entre 0,004 et 0,008. La plus grande valeur est obtenue au niveau de l'embranchement du lac Nokoué et la plus faible au niveau de Bembè 1. Les valeurs des concentrations en phosphate et en sulfate obtenues varient respectivement de $0,68 \pm 0,005$ à $0,85 \pm 0,008$ et de $9 \pm 0,005$ à $25 \pm 0,01$. Les écarts types oscillent entre 0,005 et 0,008 pour les phosphates ; 0,005 et 0,01 pour les sulfates. Les valeurs maximales des concentrations en phosphate et en sulfate sont obtenues au niveau de l'embranchement du lac Nokoué alors que les valeurs minimales sont obtenues à Gbodjè pour les phosphates et à Bembè 1 pour les sulfates.

Tableau 4 : Évaluation des paramètres chimiques des échantillons d'eau prélevés

Paramètres Points de prélèvement	Nitrate (mg/L)	Nitrite (mg/L)	Sulfate (mg/L)	Phosphate (mg/L)
Gbodjè	5,76 ± 0,005	0,11 ± 0,005	11,00 ± 0,009	0,68 ± 0,005
Bembè 1	7,09 ± 0,005	0,09 ± 0,004	9,00 ± 0,005	0,77 ± 0,005
Emb lac Nokoué	3,10 ± 0,008	0,07 ± 0,005	25,00 ± 0,01	0,85 ± 0,008
Emb lagune Porto-Novo	6,64 ± 0,005	0,14 ± 0,008	14,00 ± 0,01	0,80 ± 0,005
Minima	3,10 ± 0,008	0,07 ± 0,005	9,00 ± 0,005	0,68 ± 0,005
Maxima	7,09 ± 0,005	0,14 ± 0,008	25,00 ± 0,01	0,85 ± 0,008
Moyennes	5,64 ± 1,78	0,10 ± 0,02	14,75 ± 7,13	0,77 ± 0,07
Critère de potabilité	45	0,1	250	0,5
Taux de conformité	100 %	50 %	100 %	0 %

3-3. Qualité bactériologique des eaux du fleuve analysées

Les résultats de l'analyse bactériologique des échantillons d'eau analysés (*Tableau 5*) révèlent que 100 % des échantillons prélevés dans la Commune des Aguégus sont contaminés par les germes de contamination fécale (Coliformes totaux, Coliformes thermotolérants et *E. coli*).

Tableau 5 : Niveau de pollution des échantillons d'eau prélevés par les germes de contamination fécale

Paramètres Point de prélèvement	Coliformes totaux (UFC/ 100 mL)	Coliformes thermotolérants (UFC/ 100 mL)	<i>E. coli</i> (UFC/ 100 mL)
Gbodjè	1,24.10 ² ± 2	9,6.10 ¹ ± 2	9,6.10 ¹ ± 2
Bembè 1	1,21.10 ² ± 1	1,09.10 ² ± 2	8,1.10 ¹ ± 1
Emb lac Nokoué	2,38.10 ² ± 2	1,28.10 ² ± 2	1,03.10 ² ± 2
Emb lagune Porto-Novo	2,62.10 ² ± 2	1,76.10 ² ± 1	1,01.10 ² ± 1
Minima	1,21.10 ² ± 1	9,6.10 ¹ ± 2	8,1.10 ¹ ± 1
Maxima	2,62.10 ² ± 2	1,76.10 ² ± 1	1,03.10 ² ± 2
Moyenne	1,86.10 ² ± 74	1,27.10 ² ± 35	0,95.10 ² ± 9
Critère de potabilité (OMS, 2011)	0	0	0
Taux de conformité	0 %	0 %	0 %

Les charges moyennes des Coliformes totaux, des Coliformes thermotolérants et *E. coli* dans les eaux analysées au cours des quatre campagnes d'échantillonnage varient respectivement de 1,21.10² ± 1 UFC/100 mL à 2,62.10² ± 2 UFC/100 mL ; de 9,6.10¹ ± 2 UFC/100 mL à 1,76.10² ± 1 UFC/100 mL et de 8,1.10¹ ± 1 UFC / 100 mL à 1,03.10² ± 2 UFC/100 mL. Les écarts types oscillent de 1 à 2 pour tous ces germes. La plus grande charge (2,62.10² ± 2 UFC/100 mL) de tous ces germes est obtenue au niveau de l'embranchement de la lagune de Porto-Novo et la plus petite charge (8,1.10¹ ± 1 UFC/100 mL) au niveau de Bembè 1. Les Entérocoques sont absents dans 100 % des échantillons d'eau analysés.

3-4. Appréciation globale de la qualité de l'eau du fleuve Ouémé dans la Commune des Aguégus

La grille d'évaluation des eaux de surface selon SEQ Littoral nous a permis d'apprécier la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du fleuve Ouémé dans la Commune des Aguégus. Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et bactériologiques obtenues sont réparties en quatre niveaux de pollution allant du moins pollué (classe I) au pollué (classe IV) (**Tableau 6**). De cette classification, il ressort que l'eau analysée est de bonne qualité pour les paramètres pH, MES, NO₃⁻, NO₂⁻, Coliformes totaux, *E. coli* et de qualité moyenne pour les paramètres CE, turbidité, PO₄³⁻. Par contre, elle est de qualité mauvaise pour la température. De cette classification, il ressort que l'eau du fleuve Ouémé est de moyenne qualité.

Tableau 6 : Grille de Classification de l'eau du fleuve Ouémé

Paramètres	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Température	20	21,5	25	28 (26,9)	
pH Min	6,5	6 (6,85)	5,5	4,5	
pH Max	8,2	9	9,5	10	
MES	2	25 (20,67)	38	50	
CE Min	180	120	60 (68,12)	0	
CE Max	2500	3000	3500	4000	
Turbidité	1	35	70 (44,37)	100	
NO ₃ ⁻	2	10 (5,64)	25	50	
NO ₂ ⁻	0,03	0,3 (0,1)	0,5	1	
PO ₄ ³⁻	0,1	0,5	1 (0,77)	2	
SO ₄ ²⁻	60 (14,75)	120	190	250	
Coliformes totaux	50	500 (186)	5000	10000	
<i>E. coli</i>	20	200 (95)	2000	20000	
Entérocoques	20 (0)	200	1000	10000	

4. Discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau du fleuve Ouémé prélevés dans la Commune des Aguégus révèlent que les valeurs du pH et celles de la conductivité, enregistrées respectent les directives de qualité de l'OMS pour l'eau de boisson qui sont de 6,5 < pH < 8,5 pour le pH et 2000µS/cm pour la conductivité. Les valeurs de la conductivité obtenues montrent la faible minéralisation de l'eau du fleuve pendant la période de hautes eaux. Cette tendance observée est corroborée par les études de [23] dans le delta de l'Ouémé qui ont observé de faibles valeurs de conductivité dans l'eau du fleuve pendant la même période. Les valeurs de la température observées au cours des quatre campagnes d'échantillonnage sont toutes supérieures à celles recommandés dans la directive de qualité de l'OMS qui est de 25°C. Selon [24 - 26], les valeurs de la température ainsi obtenues sont caractéristiques des eaux des lagunes tropicales qui oscillent entre 25 et 35 °C. De même, les températures obtenues dans l'eau du fleuve durant cette période d'échantillonnage n'ont pas d'influence sur les espèces halieutiques du fleuve Ouémé car d'après [27, 28], les températures comprises entre 24 à 35°C sont favorables à une bonne croissance des espèces piscicoles couramment élevées. Les valeurs de la turbidité obtenues dépassent les directives de qualité de l'OMS qui est de 5 NTU. Cette forte turbidité obtenue pendant cette période peut être due aux eaux

de ruissellement qui charrient les déchets solides vers l'eau du fleuve. D'après [29], la turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux. Les teneurs en nitrate et en sulfate dans les eaux respectent les directives de qualité de l'OMS et les normes béninoises qui sont de 45 mg/L pour les nitrates et de 250 mg/L (OMS) pour les sulfates. Ces résultats obtenus sont conformes à ceux de [30], qui a trouvé des valeurs similaires dans son étude sur les eaux de surface dans le bassin de l'Ouémé à Bétérou au Bénin. La présence des nitrates dans les eaux superficielles est liée soit à des apports d'origine agricole par lessivage d'engrais à base de nitrates, soit à la transformation de l'ammonium en nitrates provenant des rejets domestiques ou des déjections animales véhiculées par les eaux de ruissellement [31]. Des teneurs en nitrite et en phosphates sont également détectées dans les échantillons d'eau analysés. Selon [32, 33], une eau renfermant des nitrites peut être considérée comme suspecte voire toxique, pour les poissons même à de faibles doses et constitue un frein au développement de la faune aquatique à cause de la toxicité. La présence des phosphates dans l'eau du fleuve Ouémé peuvent provenir des activités anthropiques telles que les travaux champêtres et domestiques (lessive, vaisselle, bain etc.). Selon [34], les phosphates proviennent des lessives et de l'utilisation des engrais phosphatés en agriculture. De l'analyse des résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau du fleuve Ouémé prélevés dans la Commune des Aguégus, il ressort que ces eaux échantillonnées ont enregistré une forte charge bactérienne. Les germes (Coliformes totaux, Coliformes thermotolérants et *E. coli*) dénombrés dans les échantillons d'eau prélevés pendant la période de hautes eaux sont hors normes (tableau 5) selon les directives de qualité de l'Organisation Mondiale de la Santé [20] qui les fixe à 0 UFC/100 mL pour tous ces germes recherchés. La présence des germes de contamination fécale dans l'eau du fleuve est due à une contamination par les déjections humaines et animales, à l'installation des latrines publiques sur le fleuve et aux rejets d'eaux usées domestiques.

Les mêmes constats ont été faits par [35] sur les eaux de surface dans la vallée du Sourou. De même, cette forte charge en ces germes dénombrés au cours de la période de hautes eaux peut être aussi due au phénomène de ruissellement qui entraîne tous les déchets solides et liquides vers l'eau du fleuve [36]. Selon [37 - 39], l'abondance des germes fécaux pendant la saison des pluies peut essentiellement être due à une majoration des apports anthropiques par le lessivage des sols souillés et par la vidange des égouts et aux eaux de ruissellement. Les travaux réalisés par [40], ont montré que la saison des pluies et celle des crues favorisent l'enrichissement des eaux lagunaires en éléments nutritifs utiles à la prolifération des bactéries. Or l'eau du fleuve est utilisée par la population pour la vaisselle, la baignade et même pour la boisson sans être traitée ni contrôlée [9]. La consommation de cette eau sans traitement peut être source de risque de maladies hydriques. D'après les travaux de [41], l'eau de consommation véhicule un certain nombre de maladies comme la fièvre typhoïde, le choléra, l'amibiase et autres maladies diarrhéiques. Ces cas de maladies (diarrhées, choléra) ont été relevés par [42] dans la Commune des Aguégus pendant la période de hautes eaux (crue). Une absence des Entérocoques est observée dans 100 % des échantillons d'eau analysés pendant ces quatre campagnes. L'eau du fleuve Ouémé dans la Commune des Aguégus est de qualité moyenne suivant la grille d'évaluation de SEQ Littoral de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface. Il faut la mise en œuvre d'un plan de suivi de la qualité des eaux du fleuve Ouémé dans la Commune des Aguégus et une sensibilisation des populations concernées pour la bonne gestion de cette ressource en eau.

5. Conclusion

Les résultats de la présente étude d'évaluation de la qualité de l'eau du fleuve Ouémé en période de hautes eaux dans la Commune des Aguégus indiquent une pollution de ces eaux par les polluants azotés et phosphatés et par les germes de contamination fécale. Une pollution de ces eaux par les nitrites et les phosphates est révélée respectivement dans 50 % et 100 % des échantillons d'eau analysés. De même, ces

eaux hébergent de fortes concentrations en bactéries fécales (Coliformes totaux, Coliformes thermotolérants et *E. coli*). Une absence totale des Entérocoques est observée dans 100 % des échantillons d'eau analysés. Les sources de cette pollution sont imputables pour la plupart à l'anthropisation ; car dans la Commune des Aguégus plusieurs activités anthropiques sources de polluants chimique et microbien se font dans les environs immédiats, sur le fleuve et aux bords du fleuve Ouémé. Il faut alors en urgence des actions d'information, d'éducation et de communication (IEC) envers la population des Aguégus et de protection de la ressource en eau du fleuve, laquelle est pourvoyeuse des produits halieutiques.

Références

- [1] - F. REJSEK, "Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques". Aquitaine, Bordeaux, France, (2002)
- [2] - F. DERRADJI, H. BOUSNOUBRA, N. KHERICI, M. ROMEO, R. CARUBA, *Revue sécheresse*, 18 (1) (2007) 23 - 27
- [3] - D. MAMA, "Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin)". Thèse de l'Université de Limoges, (2010) 177 p.
- [4] - M. L. BAWA, G. DJANEYE-BOUNDJOU, Y. BOUKARI, *Afrique Science*, 02 (2005) 57 - 68
- [5] - M. LAMIZANA-DIALLO, S. KENFACH, J. MILLOGO-RASOLODIMBY, *Sud Sciences et Tehnologies*, (16) (2008) 23 - 28
- [6] - M. BAGALWA, "Estimation of pollution loading into Lake Kivu. Case of Kahuwa micro-catchment in DR Congo". Thesis of Master, UEA, Bukavu, (2013) 71 p.
- [7] - C. GOLD, "Etude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées périphytiques des cours d'eau, Approches expérimentales in situ et en laboratoire". Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, (2002)
- [8] - W. CHOUTI, D. MAMA, A. ALASSANE, O. CHANGOTADE, F. ALAPINI, M. BOUKARI, T. AMINOU, A. AFOUDA, *Journal of Applied Biosciences*, 43 (2011) 2882 - 2890
- [9] - A. ADJAGODO, M. AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, N. C. KELOME, R. LAWANI, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (3) (2016) 1459 - 1472
- [10] - K. E. AHOUSSE, Y. B. KOFFI, A. M. KOUASSI, G. SORO, J. BIEMI, *Journal of Applied Biosciences*, 63 (2013) 4703 - 4719
- [11] - H. B. SAAB, N. NASSIF, A. G. EL SAMRANI, D. ROSETTE, S. MEDAWAR, N. OUAÏNI, *Revue des Sciences de l'Eau*, 20 (4) (2007) 341 - 352
- [12] - M. AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, A. TADJOU, D. G. ANAGO, E. F. DOVONOU, L. AYI-FANOU, *Microbiol. Ind San. Environ.*, 8 (2014) 187 - 207
- [13] - LIFAD (Laboratoire d'Ingénierie de Formation et d'Assistance en Développement local). Etude des systèmes de gestion / utilisation de l'eau et définition des actions prioritaires de valorisation locale des ressources eau dans une approche gire au Bénin volume 1, état des lieux de la gestion des ressources en eau du Bénin, (2006)
- [14] - A. O. OLUDURO, B.I. ADERIYE, *J. Plant Sci.*, 6 (2007) 453 - 438
- [15] - C. HASLAY, H. LECLERC, "Microbiologie des eaux d'alimentation". Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, France, (1993)
- [16] - M. AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, N. C. KÈLOMÈ, A. E. LAWIN, L. AYI-FANOU, D. G. ANAGO, D. MAMA, O. B. M. L. BOCODAHO, R. CAPO-CHICHI, C. AHANHANZO, *Africa Géoscience Rewiev*, 19 (2) (2012) 93 - 102
- [17] - N. NDAHAMA, M. BAGALWA, C. BAYONGWA, *Afrique Science*, 10(2) (2014) 328 - 337
- [18] - WHO (world health organization). Don't pollute my future! The impact of the environment on children's health (2017). <http://www.who.int/phe>, (Octobre 2017)

- [19] - F. MONIOD, *Cah. O.R.S.T.O.M., sbr. Hydrol.*, 2 (1973)
- [20] - OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Guidelines for drinking-water quality. *Fourth edition*, (2011)
- [21] - DECRET N°2001-94 du 20 février 2001. Décret 2001-94 du 20 février 2001, fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin, (2001)
- [22] - SEQ-EAU (Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau). Grilles d'évaluation SEQ-EAU (version 2), MEDD et Agences de l'eau, (2003)
- [23] - H. L. ZINSOU, A. H. ATTINGLI, P. GNOHOSSOU, D. ADANDEDJAN, P. LALEYE, *Journal of Applied Biosciences*, 97 (2016) 9163 - 9173
- [24] - M. ISABELLE, "Infiltration des eaux de ruissellement pluvial et transfert de polluants associés dans le sol urbain - Vers une approche globale et pluridisciplinaire". Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, (1999)
- [25] - F. O. ABULUDE, O. O. FAPOHUNDA, B. E. AWANLENHEN, *J. Animal Vet. Adv.*, 5 (1) (2006) 38 - 41
- [26] - L. M. BAWA, G. DJANEYE-BOUNDJOU, B. P. BOYODE, B. T. ASSIH, *J. Appl. Sci. Environ. Manage.*, 11 (4) (2007) 33 - 36
- [27] - C. A. DEDJIHO, "Évaluation de la chaîne trophique d'une aire marine protégée en relation avec sa physico-chimie : cas de Gbèzoumè dans la commune de Ouidah". Mémoire de DEA. FAST/UAC, Bénin, (2011)
- [28] - V. POUOMOGNE, "Pisciculture en Milieu Tropical Africain. Comment produire du poisson à coût modéré". *Presse Universitaire d'Afrique*, Yaoundé, (1998)
- [29] - C. GREGORIO, B. PIERRE-MARIE, "Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés", *Presses Univ. Franche-Comté*, (2007)
- [30] - A. J. S. AKOGNONGBE, "Influence de la variabilité climatique et des activités anthropiques sur les eaux de surface dans le bassin de l'Ouémé à Bétérou au Bénin". Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, (2014) 255 p.
- [31] - A. EL OUALI LALAMI, M. MERZOUKI, O. EL HILLALI, S. MANIAR, S. IBNSOUDA KORAICHI, *Larhyss Journal*, 09 (2011) 55 - 72
- [32] - E. VISSIN, L. SINTONDJI, C. HOUSSOU, *RGLL*, N°08 (2010)
- [33] - G. ANDRE, "*Ecolochimie*", Paris, (1995)
- [34] - B. FESTY, P. HARTEMANN, M. LEDRANS, P. LEVALLOIS, P. PAYMENT, D. TRICARD, Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique-Fondements et pratiques, (2003) 333 - 368
- [35] - D. DIANOU, B. SAVADOGO, D. ZONGO, T. ZOUGOURI, J. N. PODA, H. BADO, F. ROSILLON, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (4) (2011) 1571 - 1589
- [36] - M. ZEGMOUT, Y. BASRAOUI, M. MEZIANE, A. CHAHLAOUI, S. DEMNATI, A. CHAFI, *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.*, 5 (2) (2011) 71 - 85
- [37] - P. R. HUNTER, "Principles and components of surveillance systems". In P. R. Hunter, M. Waite, & E. Ronchi (Eds.), *Drinking water and infectious disease : Establishing the links*. Boca Raton, FL: *CRC Press*, (2003)
- [38] - S. FOUAD, N. COHEN, K. HAJJAMI, M. CHLAIDA, *ScienceLib Editions Mersenne*, Vol. 5, N° 130113 (2013) 2111 - 4706
- [39] - M. OUHMIDOU, A. CHAHLAOUI, A. KHARROUBI, M. CHAHBOUNE, *J. Mater. Environ. Sci.*, 6 (6) (2015) 1663 - 1671
- [40] - O. KAMBIRE, A. A. ADINGRA, C. A. KAKOU, R. KOFFI-NEVRY, *Agronomie Africaine.*, 24 (2) (2012) 89 - 100
- [41] - N. PAPA, O. B. IBRAHIMA, D. MODOU, F. CHEIKH, T. D. ANTA, *Santé Publique*, 22 (2) (2010) 193 - 200
- [42] - LASDEL BENIN, Association Construisons Ensemble - Laboratoire Citoyennetés (LC), Organisation Néerlandaise de Développement (SNV) & Commune des Aguégoués au Bénin, Programme de Recherche sur « État des lieux et contexte de délivrance des services publics dans la Commune des Aguégoués au Bénin », (2014)