

Évaluation de la pollution chimique des eaux par les éléments traces métalliques (ETM) : cas de la rivière Mekrou (nord-ouest Bénin)

Paulin Gbètoho AMLAN^{1*}, Waris Kéwouyèmi CHOUTT^{1, 2}, Comlan Achille DEDJIHO^{1,2}, Kuassi Robert FANGNON¹ et Nafiou Egbéola CHITOU¹

¹Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Chimie Physique, Matériaux et Modélisation Moléculaire (LCP3M), Unité de Chimie Inorganique, Ingénierie des Matériaux et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), 01 BP 526 Cotonou, Bénin

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

* Auteur Correspondant, e-mail : apaulinamlan@gmail.com, Tel : +229 97 53 86 14

Submission 14th September 2023. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 31st December 2023. <https://doi.org/10.35759/JABs.192.4>

RÉSUMÉ

Objectif : Le présent travail a pour but d'évaluer les paramètres chimiques et les Éléments Traces Métalliques (ETM) des eaux de surface de la rivière Mékrou.

Méthodologie et Résultats : Les paramètres tels le TA, le TAC, les teneurs en ions chlorure, fluorure, potassium, sulfate, calcium, magnésium ; la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO₅) et les métaux (zinc, cuivre, Cadmium et plomb) ont été déterminés selon les méthodes conventionnelles d'analyse.

L'étude des éléments traces métalliques dans les eaux de la rivière Mékrou montre que les teneurs moyennes des différents éléments traces métalliques (ETM) en zinc, cuivre et plomb mesurées aux limites maximales admissibles, de la norme définie par la grille de l'Agence du Bassin Adour-Garonne (France) pour les eaux superficielles, on constate que, quelle que soit la saison, les teneurs en zinc, cuivre, plomb et ne dépassent pas les valeurs limites. A l'exception du cadmium qui a une concentration élevée et qui ne respectent pas les normes.

Conclusion et application des résultats : Cette étude comparée aux normes montre que les eaux de surface de la rivière Mékrou étudiées sont polluées. Il urge donc de développer en urgence des politiques et stratégies propices de remédiation chimique et métallique des eaux de cette rivière.

Mots clés : eaux ; paramètres chimiques ; ETM ; Mékrou, normes.

ABSTRACT

Objective: The objective of this present work has to evaluate the chemicals settings and the Metallics Traces Elements (MTE) of waters on the Mékrou's water surface.

Methodology and Results: The settings like the TA, the TAC, the mean grades of ions chloride, fluoride, potassium, sulphate, calcium, magnesium; the chemical demanding on oxygen (CDO), the biochemistry demanding on oxygen in five days(BDO5) and the metals(zinc, copper, cadmium and lead) have been determined according to the conventional methods analysis.

The study of metallic traces elements in waters of Mékrou's river show that the mean grades of different metallic traces elements (MTE) in zinc, copper and lead measured the acceptable maximal limits, the norm defines by the grille of the agency of basin Adour-Garonne (France) for waters superficial, It remakes that whenever the season, the grades of zinc, copper, lead do not exceed the limits values. To expect calcium who has high concentration do not respect the standards.

Conclusion and application of results: This study, compared with standards, shows that the surface waters of the Mékrou River studied are polluted. There is therefore an urgent need to develop appropriate policies and strategies for the chemical and metallic remediation of the river's waters. Key words: water; chemical parameters; MTE; Mékrou, standards.

INTRODUCTION

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie. Actuellement, l'eau participe à toutes les Activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui le rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Le phénomène de la pollution contribue de façon considérable à la limitation de l'usage des ressources en eau potable. La dégradation de l'état de l'eau de consommation a différents impact directes ou indirectes sur la santé des populations humaine. Tout ceci oblige à faire de plus en plus appel à des eaux d'origines diverses et notamment les eaux de surface. Les insuffisances existantes dans la protection de ces eaux face aux nombreuses pollutions peuvent contribuer à la dégradation de la qualité de ces eaux et à l'augmentation de certains micropolluants minéraux et surtout organiques indésirables dans les eaux destinées à la consommation (Achour, 2001). L'utilisation massive des engrais chimiques et des pesticides en agriculture ainsi que les rejets des eaux usées domestiques et industrielles dans la nature contribuent à la dégradation de la qualité des ressources en eau (eaux de surface et souterraines) (Raouia, 2010). Le transfert de ces polluants dans les eaux se fait

soit par infiltration, soit par drainage des eaux pluviales. Cette mauvaise pratique agricole pourrait être responsable de l'enrichissement en éléments traces et en éléments nutritifs des eaux et des sédiments de cet écosystème aquatique comme l'ont montré les travaux de Dèdjiho *et al.*, (2013) pour la contamination en zinc et cuivre de quelques échantillons d'eau et de sédiment prélevés dans le lac Ahémé. Parmi les substances polluantes, les métaux lourds sont les plus redoutés du fait qu'ils sont non biodégradables et le phénomène d'autoépuration s'avère généralement incapable de résoudre ce phénomène (Azaoui 1999). Certains métaux lourds sont biologiquement nécessaires à l'état de trace et jouent un rôle important dans la vie humaine (Juvanovic *et al.*, 1995 ; Bhattacharya *et al.*, 2006), tandis que d'autres n'ont aucune fonction biologique, Mais en excès, tous peuvent présenter des risques pour la santé et l'environnement. Et c'est dans ce contexte que nous avons entrepris l'étude suivante qui est une évaluation spatiotemporelle de la pollution métallique des eaux de surface de la rivière Mékrou, dont l'objectif est d'évaluer la contamination métallique des eaux de cette rivière.

MATERIEL ET METHODES

Présentation du milieu d'étude : La zone d'étude de cette recherche prend en compte le bassin de la rivière Mékrou dans les communes de Kérou, Kouandé et Péhunco (2KP). La rivière Mékrou est localisée entre les latitudes 10°00' et 11°20' Nord et entre les longitudes 1°20' et 2°40'Est. Avec une population de 28954 habitants et une superficie de 9315 Km² elle est limitée au Nord par le Burkina Faso, au Sud par les communes de Copargo et Djougou, à l'Ouest par les communes de Natitingou, Tanguiéta et Toucountouna et à l'Est par les communes de Sinendé, de Gogounou et de

Banikoara. L'agriculture, l'élevage du bétail, la chasse, l'exploitation forestière et la cueillette sont les activités économiques de base des communes de 2KP. En réalité l'agriculture est la première activité et la première source de revenu des populations de cette zone. L'agriculture occupe 80% de la population et le coton est la principale culture de rente. L'élevage est la deuxième activité de la population active. Cette zone est caractérisée par un climat tropical et une saison pluvieuse qui s'étend du mois de mai au mois de septembre et une saison sèche allant d'octobre

à avril sans oublier le froid et vent sèche avec brouillard et la poussière (harmattan) qui souffle de novembre à février. IL existe dans

les communes de 2KP trois cours d'eau à savoir : le Mékrou, l'Alibori et la Pendjari avec un torrent averse d'affluents.

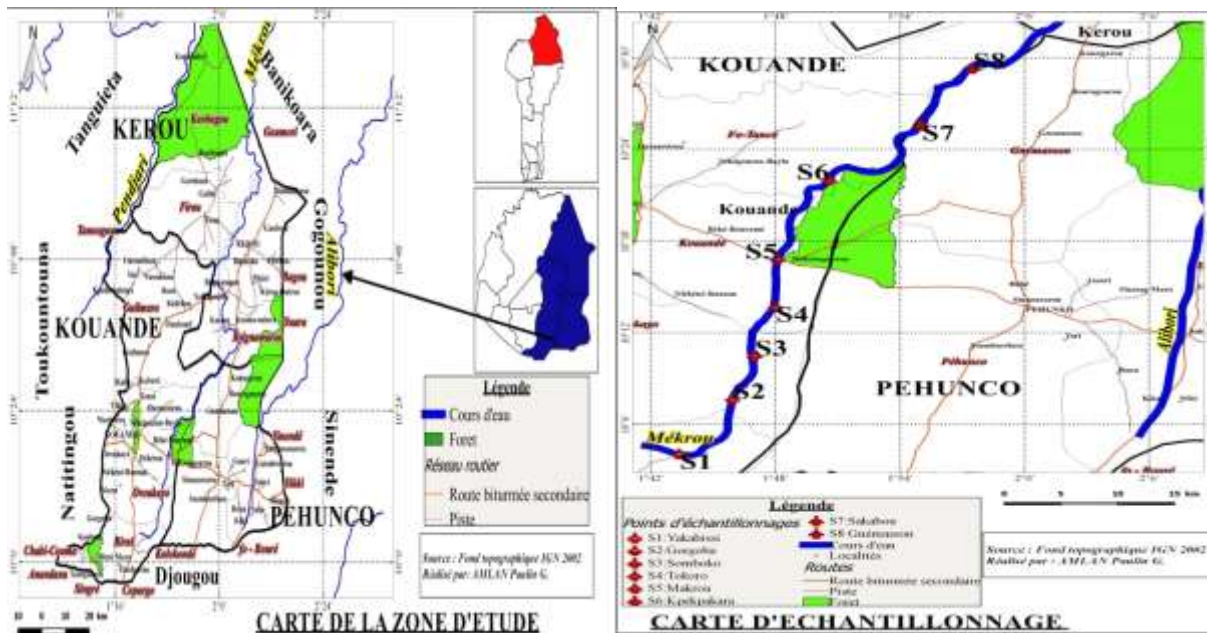


Figure 1 : Carte de situation géographique et de répartition spatiale des sites de prélèvement

Prélèvement des échantillons : La première campagne a été réalisée en septembre 2021 et nous a permis de connaître la qualité des eaux avant les cultures et pendant la période des hautes (SP) eaux après le traitement des cultures aux engrais, cette période correspond au début du traitement des champs par les pesticides (insecticides). La deuxième campagne fut réalisée en novembre 2021 qui correspond à la fin de la saison des pluies (FSP) et à la période des récoltes. La troisième campagne a été réalisée en février 2022. Cette campagne nous a permis de connaître la qualité

des eaux avant les cultures et pendant la saison sèche (SS). Les flacons en plastique de 1,5 L ont été utilisés pour les prélèvements d'eau. Ils sont préalablement lavés avec de l'eau simple puis rincés avec de l'eau distillée. Au moment du prélèvement, le flacon est soigneusement rincé avec l'eau à prélever au niveau de chaque site. Le prélèvement d'eau est effectué à 5 cm environ, de la surface de la rivière et l'eau est conservée dans des glacières jusqu'au laboratoire pour les différentes analyses.

Analyses physico-chimiques et chimiques

Tableau 1 : Récapitulatif des paramètres physico-chimiques et métaux mesurés et méthodes utilisées.

Paramètres étudiés	Appareils et méthodes
pH	Mesure directe par le pH-mètre WTW 315i,
DCO	Méthode spectrométrique avec le Spectromètre DR 5000 de marque MP-AES
DBO ₅	La méthode respirométrique, avec Oxitop BOX WTWR dans une enceinte thermostatée
TA, TAC, chlorure	Méthode colorimétrique

F ⁻	Méthode spectrométrique avec le Spectromètre DR 5000 de marque MP-AES
K ⁺	Méthode spectrométrique avec le Spectromètre DR 5000 de marque MP-AES
SO ₄ ²⁻	Méthode spectrométrique avec le Spectromètre DR 5000 de marque MP-AES
Ca ²⁺	Méthode spectrométrique avec le Spectromètre DR 5000 de marque MP-AES
Mg ²⁺	Méthode spectrométrique avec le Spectromètre DR 5000 de marque MP-AES
Pb, Zn, Cd et Cu	Méthode spectrométrique avec le Spectromètre DR 5000 de marque MP-AES

RESULTATS

Potentiel d'Hydrogène (pH) : La figure 2 indique les valeurs du pH. Ces valeurs du pH varient de 6,81 à 7,9 en saison sèche avec une moyenne de 6,67 et de 5,84 à 7,5 en saison pluvieuse avec une moyenne 7,35. La plus forte valeur du pH est enregistrée au niveau des sites 1 et 3 en saison pluvieuse et au niveau du site 6 en saison sèche alors que le pH le plus bas est enregistré au niveau du site 4 en saison

pluvieuse. Les caractéristiques des pH sont liées à la nature géologique des formations aquifères et aux terrains traversés (Boubakar, 2010). Ces valeurs de pH enregistrées au cours des deux saisons montrent que les eaux de la rivière Mékrou sont faiblement acides à neutres et peuvent favoriser le relargage des éléments métalliques emprisonnés dans les sédiments de la rivière Mékrou.

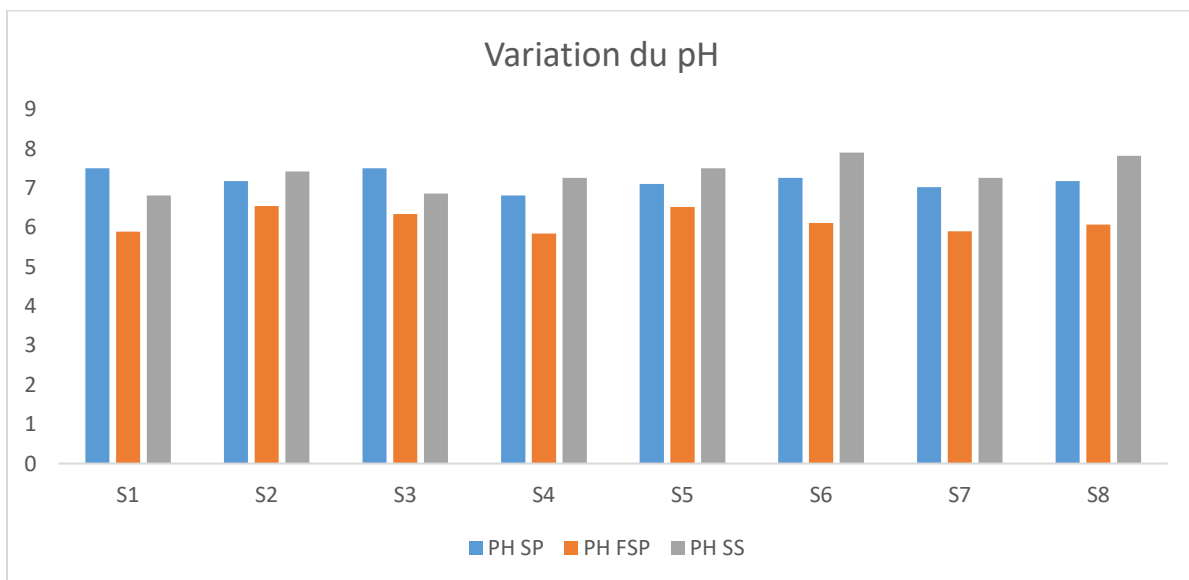


Figure 2 : Variation spatio-temporelle du pH eau.

SP : pH de l'eau en saison pluvieuse ; pH FSP : pH de l'eau à la fin de la saison pluvieuse

Demande biochimique en oxygène (DBO) :

D'après la figure 3, les valeurs de la DBO enregistrées à la fin de la saison pluvieuse sont supérieures à celles enregistrées pendant la saison pluvieuse. La plus forte valeur est observée au niveau du site 3 à la fin de la saison pluvieuse. La plus faible valeur est observée au

niveau du site 1 pendant la saison pluvieuse. Les valeurs de la DBO des eaux de la rivière Mékrou sont dans l'intervalle 1 à 5 mg/L avec une moyenne de 3,725 mg/L en saison des pluies et de 8 à 26 mg/L avec une moyenne de 12,25 mg/L à la fin de la saison des pluies.

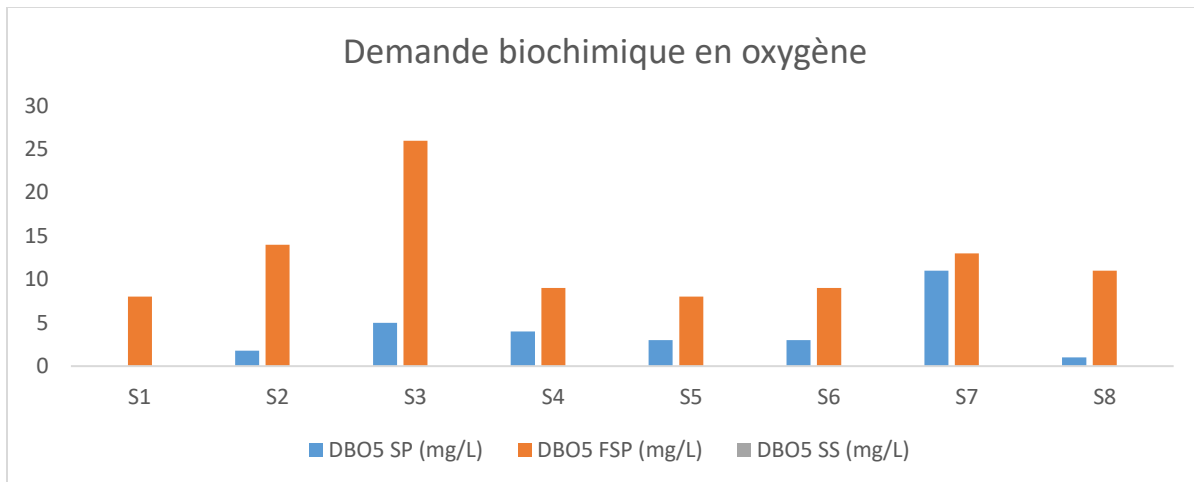


Figure 3 : Variation spatio-temporelle de la DBO5

DBO5 SS : Demande biochimique en saison sèche ; DBO5 SP : Demande biochimique en saison pluvieuse ; DBO5 FSP : Demande biochimique à la fin de la saison pluvieuse

Demande chimique en oxygène (DCO) :

D'après la figure 4, les valeurs de la DCO enregistrées pendant la saison sèche sont supérieures à celles enregistrées pendant la saison pluvieuse et à la fin de la saison pluvieuse. La plus forte valeur est observée au niveau du site 1 pendant la saison sèche. La

plus faible valeur est observée au niveau du site 1 pendant la saison pluvieuse. Les valeurs de DCO des eaux de la rivière varient de 1,1314 à 78,83 mg/L, avec une moyenne de 22,26 mg/L en saison des pluies et de 264 à 732 mg/L avec une moyenne de 396 mg/L en saison sèche (Figure 4).

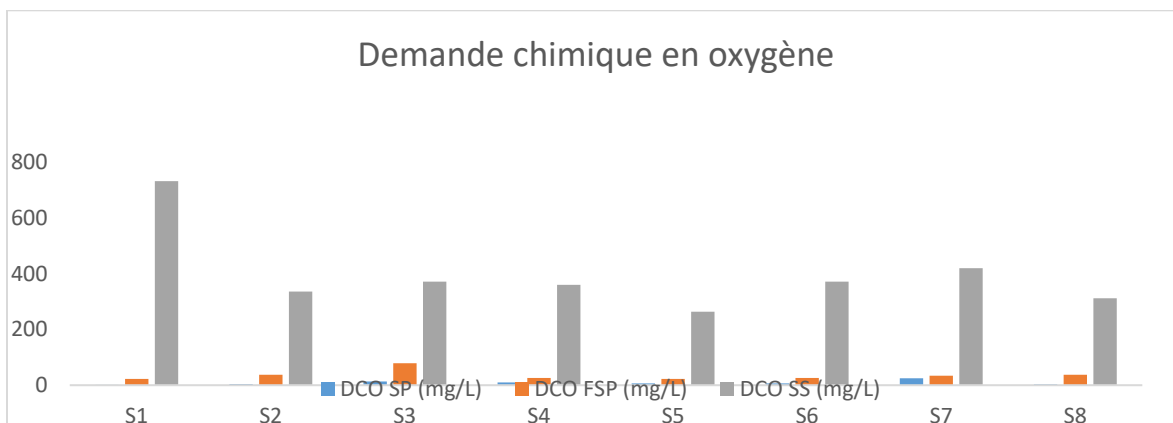


Figure 4 : Variation spatio-temporelle de la DCO

DCO SS : demande chimique en saison sèche ; DCO SP : demande chimique en saison pluvieuse ; DCO FSP : demande chimique à la fin de la saison pluvieuse.

Dans le but d'estimer la biodégradation de la matière organique présente dans les différents échantillons d'eau, nous avons calculé le ratio DCO/DBO5 qui est utilisé souvent dans la littérature pour caractériser les eaux (Yapo et al., 2009). D'où :

- $DCO/DBO_5 < 2$: effluent facilement biodégradable ;

- $2 < DCO/DBO_5 < 3$: effluent biodégradable ;

- $DCO/DBO_5 > 3$: effluent non biodégradable.

Les résultats de calculs de ratio DCO/DBO5 sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Valeurs de ratio DCO/DBO₅ des eaux

Période	Saison pluvieuse	Fin de la saison pluvieuse	Saison sèche	Biodégradabilité		
Échantillons	Rapport $\frac{DCO}{DBO_5}$	Rapport $\frac{DCO}{DBO_5}$	Rapport $\frac{DCO}{DBO_5}$	Saison pluvieuse	Fin de la saison pluvieuse	Saison sèche
S1	1,14	2,83		facilement biodégradable	biodégradable	
S2	2,31	2,68		biodégradable	biodégradable	
S3	2,60	3,03		biodégradable	non biodégradable	
S4	2,49	2,92		biodégradable	biodégradable	
S5	2,30	2,83		biodégradable	biodégradable	
S6	2,30	2,92		biodégradable	biodégradable	
S7	2,28	2,60		biodégradable	biodégradable	
S8	3,04	3,41		Non biodégradable	non biodégradable	
Moyenne	2,30	2,90				

Les résultats de calculs montrent sur la majorité des échantillons un ratio $2 < DCO/DBO_5 < 3$, ce qui indique que la charge polluante contenue dans ces eaux est biodégradable.

Titre Alcalimétrique : La valeur de TA pour les deux campagnes est nulle, celle du TAC varie de 58,6,4 mg.L⁻¹ à 78,08 mg.L⁻¹ avec une

moyenne de 70,15 mg.L⁻¹ pendant la saison pluvieuse et de 24,4 mg.L⁻¹ à 73,2 mg.L⁻¹ avec une moyenne de 40,87 mg.L⁻¹ à la fin de la saison pluvieuse La valeur enregistrée pendant la saison pluvieuse est plus élevée que celle obtenue à la fin de la saison pluvieuse à l'exception du site 7 où on observe le contraire (figure 5).

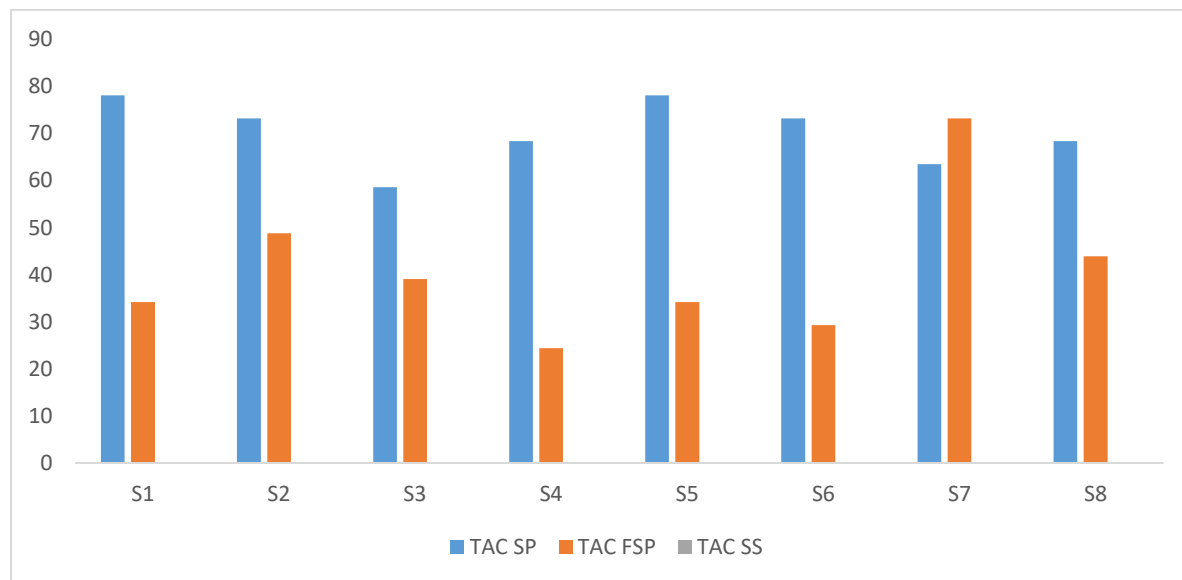


Figure 5 : Variation spatiale et saisonnière du TAC

TAC SP : TAC saison pluvieuse ; TAC FSP : TAC fin saison pluvieuse ; TAC SS : saison sèche

Ions sulfates : La teneur en ions sulfates varient de 0,2 mg/L à 6,5 mg/L avec une moyenne de 2,4437 mg/L pendant la saison pluvieuse et de 12,33 mg/L à 31,96 mg/L avec une moyenne de 18,6162 mg/L pendant la saison sèche. La teneur moyenne en ions sulfate en saison sèche est supérieure à celle

obtenue pendant la saison des pluies. Les teneurs minimales ont été observées au niveau des sites 7 et 8 pendant la période de la saison pluvieuse et au niveau du site 3 pendant la saison sèche. Les teneurs maximales sont observées au niveau du site 7 pendant la saison sèche (figure 6).

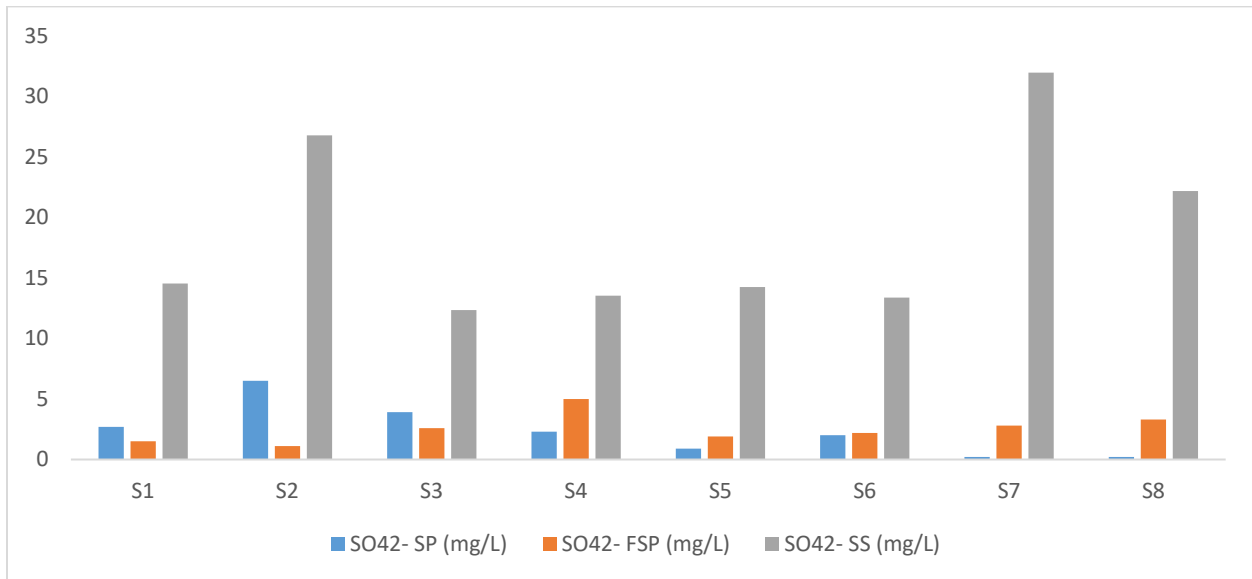


Figure 6 : Variation spatiale et saisonnière de SO_4^{2-}

SO_4^{2-} -SP : SO_4^{2-} -saison pluvieuse ; SO_4^{2-} -FSP : SO_4^{2-} -fin saison pluvieuse ; SO_4^{2-} -SS : SO_4^{2-} -saison sèche

Les ions majeurs : L'analyse des graphes montre que la concentration des ions Ca^{2+} est supérieure à celle des ions Mg^{2+} pendant la saison pluvieuse et pendant la saison sèche.

Ions calcium (Ca^{2+}) : Les teneurs en ion calcium (Ca^{2+}) varient de 3,2 mg/L à 17,6 mg/L pendant la saison pluvieuse et de 2,72 mg/L à 38,2 mg/L pendant la saison sèche. Les teneurs minimales ont été observées au niveau des sites

1 et 2 pendant la période de la saison pluvieuse et au niveau du site 8 pendant la saison sèche. Les teneurs maximales sont observées au niveau du site 7 pendant la saison pluvieuse et pendant la saison sèche. La teneur moyenne de calcium (Ca^{2+}) relevée en saison sèche (18,5675 mg/L) est supérieure à celle obtenue pendant la saison des pluies (6,50 mg/L) (figure 7).

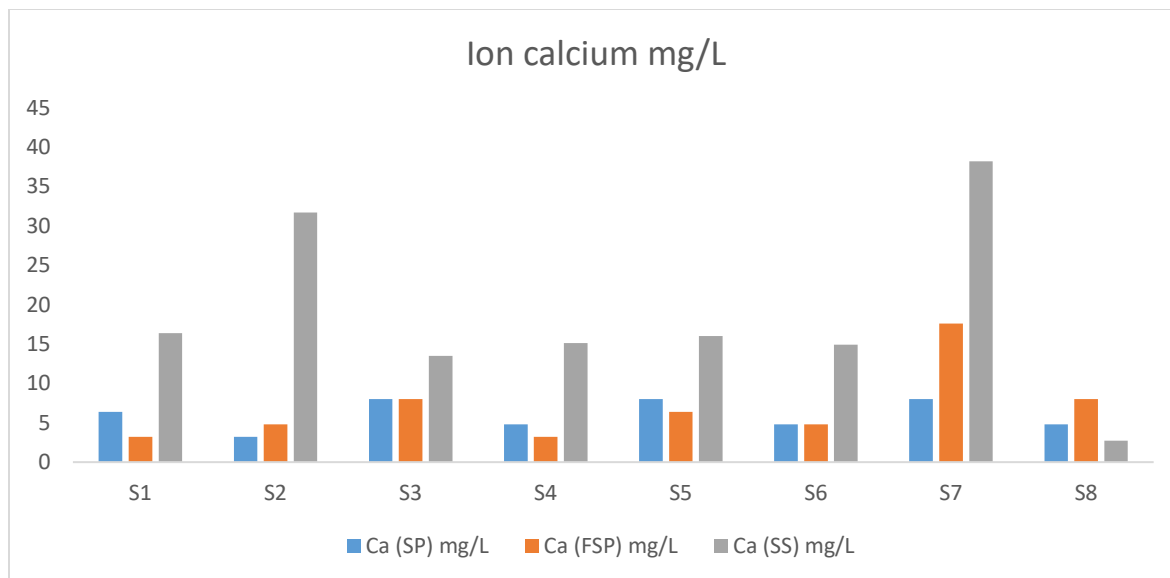


Figure 7 : Variation spatiale et saisonnière de Ca^{2+}

Ca^{2+}SP : Ca^{2+} saison pluvieuse ; Ca^{2+}FSP : Ca^{2+} fin saison pluvieuse ; Ca^{2+}SS : Ca^{2+} saison sèche

Ions magnésium : Les teneurs en ion magnésium (Mg^{2+}) varient de 0,968 mg/L à 8,712 mg/L pendant la saison pluvieuse et de 1,57 mg/L à 19,12 mg/L pendant la saison sèche. Les teneurs minimales ont été observées au niveau des sites 3, 4 et 8 pendant la période de la saison pluvieuse et au niveau du site 4 pendant la saison sèche. Les teneurs

maximales sont observées au niveau du site 7 pendant la saison pluvieuse et au niveau du site 7 pendant la saison sèche. La teneur moyenne de Magnésium (Mg^{2+}) relevée en saison sèche (8,0562 mg/L) est supérieure à celle obtenue pendant la saison des pluies (4,1745 mg/L) (figure 8).

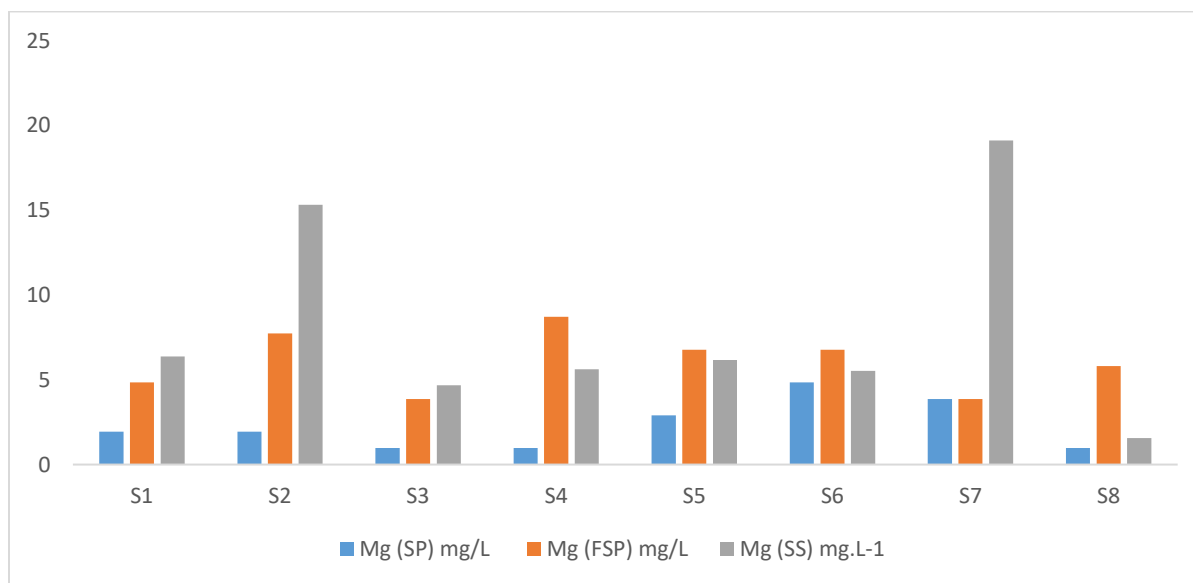


Figure 8 : Variation spatiale et saisonnière de Mg^{2+}

Mg^{2+}SP : Mg^{2+} saison pluvieuse ; Mg^{2+}FSP : Mg^{2+} fin saison pluvieuse ; Mg^{2+}SS : Mg^{2+} saison sèche

Ion potassium (K^+) : Les concentrations en ion potassium (K^+) varient de 1,12 mg/L (site 8) à 3,57 mg/L (site 7) pendant la saison pluvieuse et de 0,18 mg/L (site 8) à 2,06 mg/L (site 7) pendant la saison sèche. La teneur

moyenne de potassium (K^+) relevée en saison sèche (0,8337 mg/L) est inférieure à celle obtenue pendant la saison des pluies (1,8737 mg/L) (figure 9).

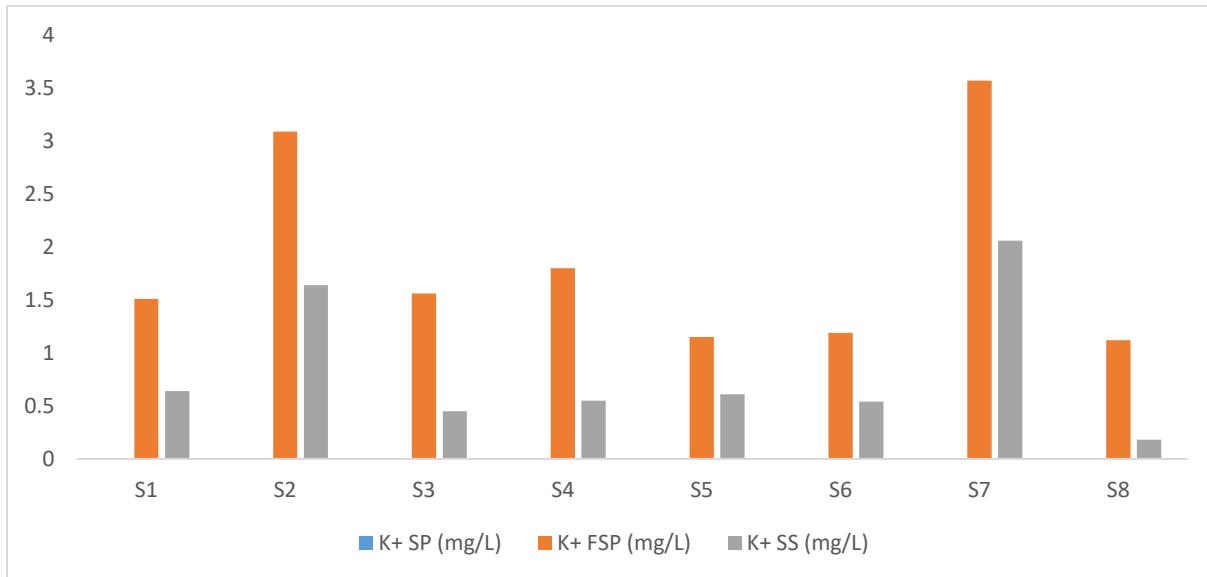


Figure 9 : Variation spatiale et saisonnière de K^+

K^+ SP : K^+ saison pluvieuse ; K^+ FSP : K^+ fin saison pluvieuse ; K^+ SS : K^+ saison sèche

Ion chlorure (Cl^-) : Les concentrations en ion chlorure (Cl^-) varient de 20 mg/L (site 2 et 8) à 32 mg/L (site 4 et 7) pendant la saison pluvieuse et de 10 mg/L (site 1) à 70 mg/L (site 2) pendant la saison sèche. La teneur moyenne

de chlorure relevée en saison sèche (18,75 mg/L) est inférieure à celle obtenue pendant la saison des pluies (26,5 mg/L) (figure 10). La présence de chlorures dans les eaux est due le plus souvent à la nature des terrains traversés.

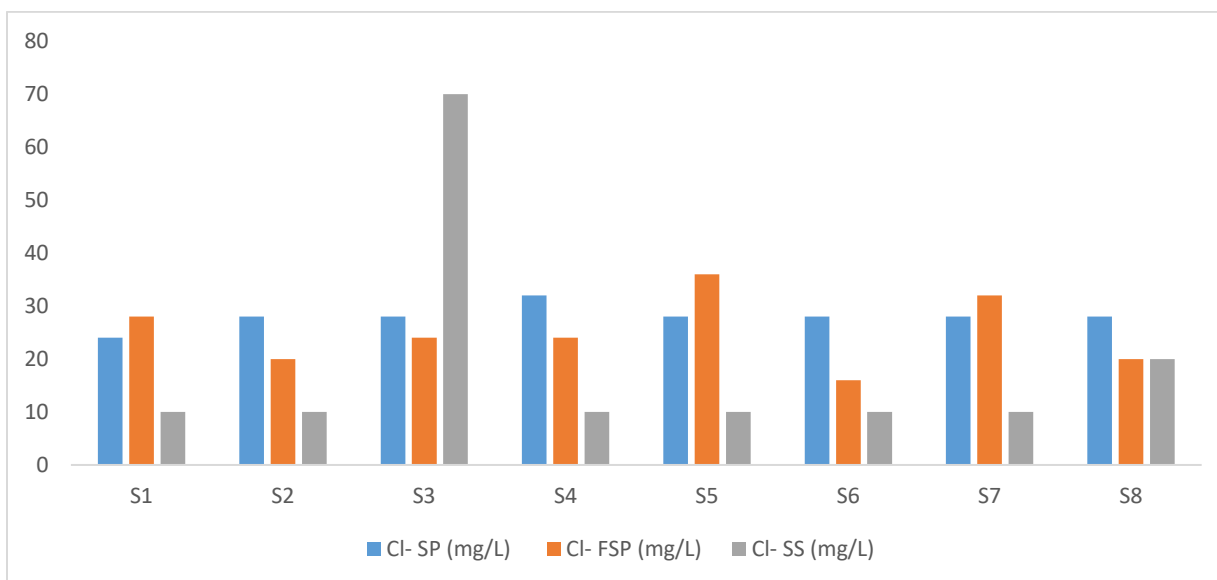


Figure 10 : Variation spatiale et saisonnière de Cl⁻

Cl⁻SP : Cl⁻ saison pluvieuse ; Cl⁻FSP : Cl⁻ fin saison pluvieuse ; Cl⁻SS : Cl⁻ saison sèche

Ion fluorure (F⁻) : Les teneurs en ion fluorure (F⁻) varient 0,01 mg/L (site 8) à 0,19 mg/L (site 7) pendant la saison pluvieuse et de 0,04 mg/L (site 8) à 0,53 mg/L (site 7) pendant la saison sèche. La teneur moyenne de fluorure relevée en saison sèche (0,275 mg/L) est supérieure à celle obtenue pendant la saison des pluies

(0,1075 mg/L) (figure 11). Le fluor ne se présente pas à l'état élémentaire dans la nature, mais plutôt sous forme de fluorures que l'on retrouve partout : dans le sol, l'air et l'eau, de même que dans les plantes et les animaux (Degbey, 2011).

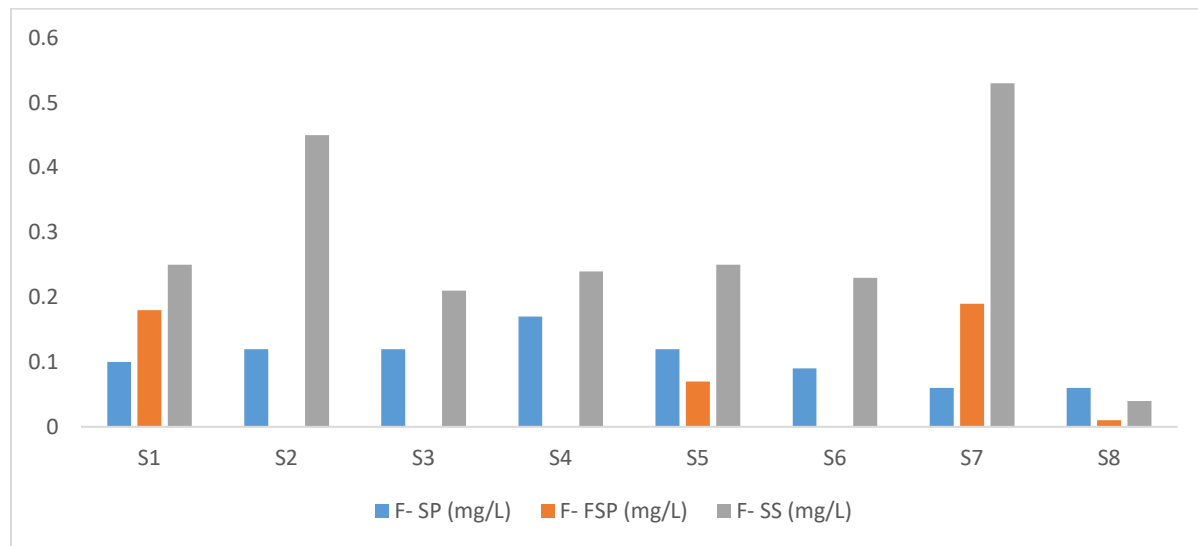


Figure 11 : Variation spatiale et saisonnière de F⁻

F⁻SP : F⁻ saison pluvieuse ; F⁻FSP : F⁻ fin saison pluvieuse ; F⁻SS : F⁻ saison sèche

Les Éléments Traces Métalliques (ETM)

Variation spatio-temporelle des teneurs des Éléments Traces Métalliques dans les eaux de la rivière Mékrou : Les résultats d'analyse

des éléments traces métalliques des eaux de surface de la rivière Mékrou pendant les trois (03) campagnes d'échantillonnage sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 3 : Variation des teneurs des éléments en traces (mg/L) des eaux de surface de la rivière Mékrou

Période	Saison pluvieuse			Fin de la saison pluvieuse			Saison sèche			Norme : Eau superficielle (USEPA, 1991)
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	
Éléments en traces										
Zinc (mg/L)	0,0302	0,0031	0,0151	nd	nd	nd	00	00	00	5 mg/L
Cuivre (mg/L)	0,0691	0,0575	0,0628	nd	nd	nd	00	00	00	1 mg/L
Cadmium (mg/L)	0,0593	0,0038	0,0335	nd	nd	nd	0,037	0,031	0,0085	0,005 mg/L

Plomb (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	00	00	00	0,05 mg/L
--------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------

Compte tenu des différences des teneurs observées au cours des trois campagnes, une description détaillée de chaque élément permettra de mieux apprécier leur variation spatiale et saisonnière.

Variation de la teneur en zinc dans les eaux de la rivière Mékrou : L'analyse de la figure montre que les échantillons d'eau prélevés au cours de la saison pluvieuse présentent des concentrations en zinc au niveau de tous les sites d'échantillonnage par rapport à la fin de la saison pluvieuse où les concentrations n'ont pas atteint la limite de détermination. En saison

sèche, les concentrations en zinc des eaux échantillonnées n'ont pas atteint également la limite de détermination. La plus forte teneur en zinc est enregistrée au niveau du site 3 en saison pluvieuse. Les teneurs maximales enregistrées pendant la saison pluvieuse n'atteignent pas la valeur maximale admissible qui est fixée à 5 mg/L dans les eaux de surface (USEPA, 1991). Le Zinc est un des métaux les moins toxiques et les problèmes de carence sont plus fréquents et plus graves que ceux de toxicité (Ricardo, 2013).

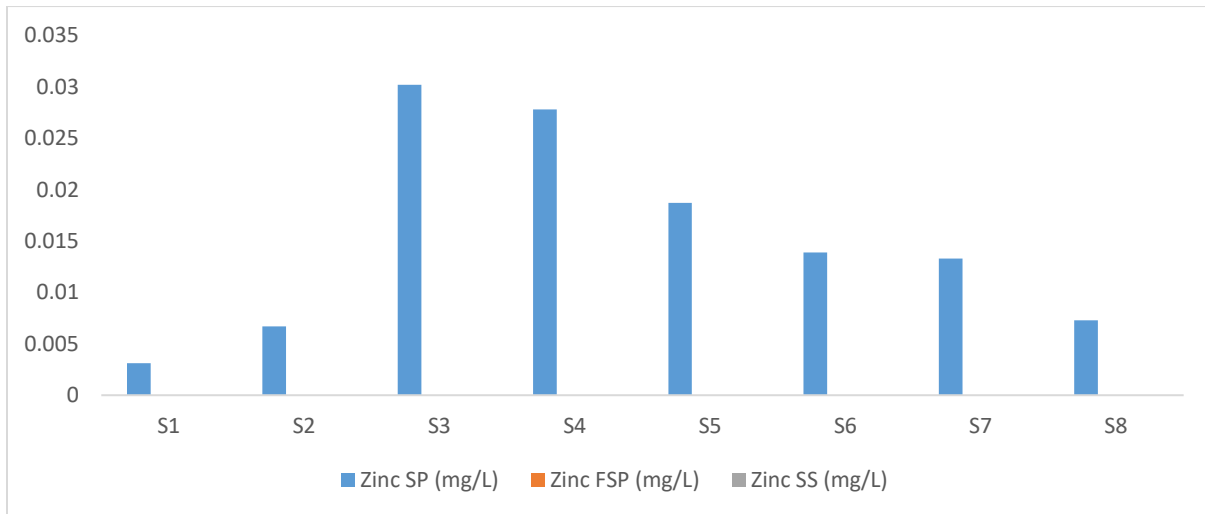


Figure 12 : Variation saisonnière du zinc dans les eaux de la rivière Mékrou

Zn SP : Zn saison pluvieuse ; Zn FSP : Zn fin saison pluvieuse ; Zn SS : Zn saison sèche

Variation de la teneur en cuivre dans les eaux de la rivière Mékrou : Les teneurs en cuivre dans les eaux de surface de la rivière Mékrou se sont révélées très faibles en saison

pluvieuse aux niveaux de tous les sites et non déterminées à la fin de la saison pluvieuse et aussi en saison sèche.

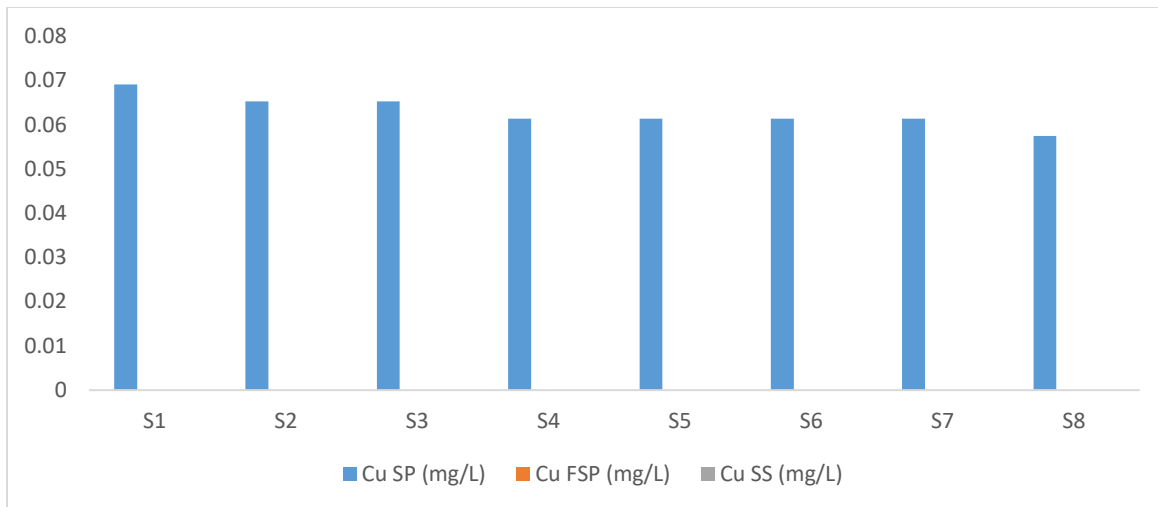


Figure 13 : Variation saisonnière du cuivre dans les eaux de surface de la rivière Mékrou
Cu SP : Cu saison pluvieuse ; Cu FSP : Cu fin saison pluvieuse ; Cu SS : Cu saison sèche

Variation de la teneur en cadmium dans les eaux de surface de la rivière Mékrou : Les concentrations en cadmium dans les eaux au cours de la saison pluvieuse fluctuent entre 0,0038 mg/L et 0,0593 mg/L (Figure 14). La valeur maximale est enregistrée au niveau du site 8 et la valeur minimale au niveau du site 2.

A la fin de la saison pluvieuse, les concentrations n'ont pas atteint la limite de la détermination. En saison sèche, on a obtenu la concentration en cadmium qui a une valeur de 0,31 mg /L au niveau du site 1 et 0,37 au niveau du site 3 et n'a pas atteint la limite de détermination au niveau des autres sites.

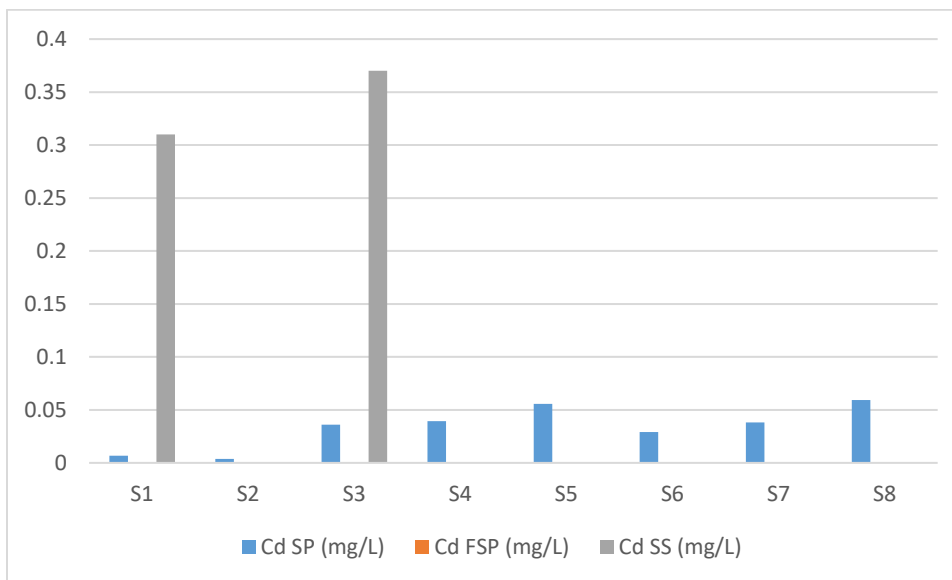


Figure 14 : Variation saisonnière du cadmium dans les eaux de surface de la rivière
Cd SP : Cd saison pluvieuse ; Cd FSP : Cd fin saison pluvieuse ; Cd SS : Cd saison sèche

Variation de la teneur en plomb dans les eaux de surface de la rivière Mékrou : Le

plomb est absent dans les eaux durant les trois saisons de l'année.

DISCUSSION

Les valeurs moyennes de pH enregistrées correspondent à la recommandation de la grille de l'Agence du Bassin Adour-Garonne (France) qui fixe le pH d'une eau de surface entre 6 et 9. Ces valeurs moyennes de pH enregistrées sont de 7,19 pendant la saison pluvieuse, 6,15 à la fin de la saison pluvieuse et 7,35 pendant la saison sèche. Les valeurs de pH obtenues pour les échantillons d'eau sont supérieures aux résultats obtenus en 2011 par Mama *et al.*, (6,9 et 7,8) pour les eaux de surface. De même, Dovonon *et al.*, ont obtenu en 2011 sur le lac Nokoué des valeurs de pH comprises entre 6,05 et 7,80. Ces valeurs de pH indiquent que les eaux de la rivière Mékrou sont neutres pendant la saison pluvieuse (7,19) et la saison sèche (7,35) tandis qu'elles sont légèrement acides à la fin de la saison pluvieuse (6,15). Les résultats de cette étude montrent qu'en saison sèche, les ions (F^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+}), la DCO et la DBO_5 ont des teneurs élevées par rapport aux teneurs obtenues en saison des pluies tandis que les ions (K^+ , Cl^-) et le TAC des teneurs faibles par rapport aux teneurs obtenues en saison des pluies. Les teneurs moyennes en ions suivent l'ordre croissant suivant $K^+ < SO_4^{2-} < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Cl^-$ en saison des pluies et $K^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < SO_4^{2-} < Cl^-$ en saison sèche. Cet ordre est contraire celui obtenu par (HOUNKPE, 2017) sur les eaux du lac Ahémé ou les teneurs moyennes suivent l'ordre croissant suivant $Cl^- > SO_4^{2-} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+$. Les teneurs moyennes de ions chlorure relevées sont très faibles (SS : 18,75 mg/L – SP : 26,5 mg/L) de même que celles des ions sulfates (SP : 2,4437 mg/L – SS : 18,6162 mg/L). Ces teneurs sont contraires à celles obtenues par (LAWANI, 2013) sur les eaux du lac Nokoué où elle a obtenu un fort taux de chlorure ce qui explique la forte salinité observée au niveau de tous les échantillons d'eau. Les valeurs obtenues pour les ions sulfates et chlorure dans l'eau du lac Nokoué sont au-dessus des normes de l'OMS qui sont respectivement de 500 mg/l et de 250

mg/l. Le taux élevé de chlorure est probablement dû à l'invasion d'eau de mer, et aux apports anthropiques. Quant au sulfate, sa présence pourrait s'expliquer par l'apport d'engrais chimiques de même que par le rejet dans le chenal de déchets solides et liquides provenant des collecteurs d'eau pluviale d'Akpakpa Centre, de Midombo, de Hlacomey, de Jéricho, et du CEG Dantokpa. De même (HOUNKPE, 2017) ou les teneurs en ions chlorures sont supérieures aux limites admissibles de la norme de l'OMS (250 mg/L), que ce soit en saison des pluies ou en saison sèche par opposition au sulfate, qui présente des valeurs inférieures aux limites admissibles de la norme de l'OMS (500 mg/L) seulement pendant la saison des pluies. Le calcium, le magnésium et le potassium présentent respectivement des valeurs faibles inférieures aux limites admissibles de la norme de l'OMS (100 mg/L pour le calcium, 50 mg/L pour le magnésium et 12 mg/L pour le potassium) pendant les deux saisons. HOUNKPE a travaillé en 2017 sur les eaux du lac Ahémé et a obtenu des teneurs en ions calcium inférieures aux limites admissibles de la norme de l'OMS seulement pendant la saison des pluies tandis que les teneurs en ions magnésium et potassium sont supérieures aux limites admissibles de la norme de l'OMS. Les teneurs moyennes en calcium sont supérieures aux teneurs moyennes en magnésium. Ceci est contraire aux résultats de HOUNKPE en 2017 où les teneurs de magnésium par sites sont supérieure aux teneurs de calcium confirme l'influence des eaux marines sur le lac. L'évolution spatio-temporelle de la DCO au niveau des eaux de la rivière Mékrou, montre une valeur moyenne de la DCO en saison pluvieuse (8,79 mg/L), à la fin de la saison pluvieuse (35,73 mg/L) et en saison sèche (396 mg/L). La valeur moyenne de la teneur de la DCO en saison pluvieuse est inférieure à celle obtenue en saison sèche. Les valeurs élevées de la DCO en saison sèche sot

due aux apports importants des matières biodégradables en saison pluvieuse. Les eaux de ruissellement ont apporté de la charge organique qui est restée. Les valeurs élevées de la DCO indiquent la présence d'une forte contamination liée à la présence de polluants réfractaires d'origine organique et minérale issus des activités anthropiques ou naturelles (Eisler R, 2000). Ces résultats sont contraires à ceux trouvés par Chitou en 2022 au niveau de la rivière Alibori où il a enregistré de fortes valeurs de la DCO en saison pluvieuse et de faibles valeurs en saison sèche (88,81 mg.L⁻¹ en saison pluvieuse et 23,1 mg.L⁻¹ en saison sèche). La valeur moyenne de la DCO mesurée en saison pluvieuse (22,26 mg/L) est inférieure à 80 mg/L tandis que celle mesurée en saison sèche (396 mg/L) est supérieure à 80 mg/L. Selon les travaux de Beaux en 1998, les plans d'eau dont les teneurs en DCO sont supérieures à 80 mg/L sont pollués. Les résultats obtenus de la DCO montrent que les eaux de la rivière Mékrou sont polluées en saison sèche. Les valeurs moyennes de la DBO₅ enregistrées sont en saison pluvieuse (3,73 mg/L) et à la fin de la saison pluvieuse (12,25 mg/L). On remarque que les valeurs moyennes de la DCO et de la DBO₅ augmentent en passant de la saison pluvieuse à la fin de la saison pluvieuse indiquant ainsi une augmentation de la charge polluante contenue dans ces eaux. Les valeurs de la DBO₅ montrent la teneur des polluants biologiquement dégradables dans les milieux aquatiques. Ceci montre également que les eaux de ruissellement sont des sources de pollution pour la rivière. La valeur moyenne de la DBO₅ mesurée en saison pluvieuse (3,73 mg/L) est inférieure à 10 mg/L tandis que celle mesurée et à la fin de la saison pluvieuse (12,25 mg/L) est supérieure à 10 mg/L. Selon les travaux de Beaux en 1998, les plans d'eau dont les teneurs en DBO₅ sont supérieures à 10 mg/L sont qualifiés de médiocres. Ainsi les eaux de la rivière Mékrou sont d'une qualité médiocre à la fin de la saison pluvieuse. Cette

mauvaise qualité des eaux est due à l'utilisation des fertilisants dans la zone. Il ressort de l'analyse des résultats de ces éléments chimiques que l'eau de la rivière Mékrou est de mauvaise qualité. L'étude de la variation spatiale et saisonnière des teneurs en éléments traces métalliques dans les eaux de la rivière Mékrou montre que les teneurs moyennes des différents éléments traces métalliques (ETM) suivent l'ordre décroissant suivant : Cu > Cd > Zn > Pb pendant la saison des pluies. Tous les quatre métaux sont absents à la fin de la saison pluvieuse et pendant la saison sèche sauf le cadmium pour le site 1 en saison sèche dont la concentration est de 0,031 mg/L. En comparant les teneurs en zinc, cuivre et plomb mesurées aux limites maximales admissibles, de la norme définie par la grille de l'Agence du Bassin Adour-Garonne (France) pour les eaux superficielles, on constate que, quelle que soit la saison, les teneurs en zinc, cuivre, plomb et ne dépassent pas les valeurs limites. A l'exception du cadmium qui a une concentration élevée qui ne respectent pas les normes. Ces résultats traduisent la mauvaise qualité des eaux du lac et l'existence d'une pollution anthropique. Les sources probables des divers métaux étudiés seraient d'origine anthropique. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus sur retenue de l'Okpara. Les eaux et les sédiments de cette dernière retenue sont également sous l'influence de la contamination par les métaux lourds tels que le cuivre et le plomb (Hounsouet *al.*, 2010 ; Adjagodo, 2012). De même au niveau du lac Nokoué, l'eau, les sédiments et les poissons de la cité lacustre de Ganvié contiennent des teneurs en plomb et en cadmium qui dépassent pour la plupart les limites admises (Hounkpatin *et al.*, 2011). Les lacs Bini et Dang (Cameroun), ont des teneurs élevées en Ni, Fe, Cr, Pb et Cd comparés aux normes de l'OMS sur les eaux de boisson et aux normes canadiennes sur la protection de la vie aquatique (Oumar *et al.*, 2014).

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Les teneurs en F^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- relevées sur l'eau de la rivière Mékrou montrent que ces eaux respectent les normes acceptables pour la vie aquatique. Les valeurs mesurées pour les paramètres DCO et DBO_5 sont en concentration élevée et supérieure à la norme (selon les travaux de Selon les travaux de Beauxen 1998,) des eaux de surface. En ce qui concerne les ETM, on constate que, quelle que soit la saison, les teneurs en zinc, cuivre, plomb et ne dépassent pas les valeurs limites. A l'exception du cadmium qui a une concentration élevée qui ne respecte pas les normes. Au vue des différentes valeurs obtenues pour les différents paramètres étudiés, nous notons une forte pollution des

eaux étudiées due probablement à une pratique agricole à proximité des eaux étudiées. Pour remédier à la présente pollution nous suggérons aux différentes autorités de :

- Sensibiliser les paysans sur l'utilisation des engrais chimiques et pesticides aux alentours de la rivière afin de réduire les problèmes de pollutions
- Faire un suivi régulier de la qualité des eaux de la rivière afin de préserver la vie des espèces aquatiques, des faunes et la santé humaine.
- Interdire l'utilisation de la berge de la rivière pour les cultures du coton, de maïs et d'autres cultures qui nécessitent l'utilisation des engrais chimiques et pesticides.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjagodo, A. (2012) Spéciation du plomb et du cuivre dans les sédiments de la retenue d'eau de l'Okpara. Mémoire pour l'obtention de master II en hydrologie, Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 82p.
- Achour S, 2001. Indice des procédés de la chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution décomposés organiques et minéraux des eaux naturelles, Thèse de Doctorat, Université de Tizi – Ouzou.
- Azaaoui S., Métaux lourds dans le bassin versant du Sebou, géochimie, source de pollution et impact sur la qualité des eaux de surface. Thèse nationale, Université Ibn tofail, Kénitra, (1999) 120.
- Juvanovic S., Carrot F., Deschamps N., Vukotic P.A., *Journal of Trace Microprobe Techniques*, (1995)463–471.
- Beaux J.-F., 1998. L'environnement, Repères pratiques, Nathan, 160 P.
- Bhattacharya A., Routh J., Jacks G., Bhattacharya P., Morhit M., *Applied Geochemistry*, 21, (2006)1760–1780.
- Dèdjiho, C. A., Mama, D., Dimon, B. F., Chouti, W., Alassane, A., Fiogbé, E. D. et Sohounhloué, C. K. (2013) Influence de l'état d'eutrophisation de la lagune de Gbèzoumè (Ouidah) sur sa faune aquatique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5) : 2069-2077.
- Degbey C. 2011. Facteurs associés à la problématique de la qualité de l'eau de boisson et la santé des populations dans la commune d'Abomey-Calavi au Benin. Thèse de doctorat en Sciences de la santé publique, École de santé publique. Université Libre de Bruxelles (ULB).
- Dovonou, F., Aina, M., Boukari, M., Alassane, A. (2011) Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques : cas du lac Nokoué au Sud Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(4) : 1590-1602.
- Hounkpatin, A. S. Y., Edoth, A. P., Koumolou, L., Boko, M. (2011) Éléments traces métalliques (Pb et Cd) dans l'eau, les sédiments et les poissons de la cité lacustre de Ganvié. 6ème édition des

- journees scientifiques du 2ie d'Ouagadougou.
- HOUNKPE(2017). Environnement morpho-sédimentaire et géochimie des éléments en traces des eaux et des sédiments du lac Ahémé au sud-Bénin. Mémoire de thèse de doctorat, université d'Abomey-Calavi. Pp259.
- Hounsou, M., Agbossou, E., Ahamide, B., Akponikpe, I. (2010) Qualité bactériologique de l'eau du bassin de l'Ouémé : cas des coliformes totaux et fécaux dans les retenues d'eau de l'Okpara, de Djougou et de Savalou au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2, 107-121.
- Lawani, R. A. N. (2013). Évaluation des éléments traces métalliques et spéciation chimique du cuivre et du zinc dans les eaux et sédiments du lac Nokoué Mémoire de Master Professionnel en Hydrologie Appliquée, Ecohydrologie. Université d'Abomey Calavi Bénin P88.
- MADI BAMDOU Raouia, Mémoire d'Ingénieur de Master 2 Juin 2010, 2iE. Potabilisation des eaux de consommation par photo Fenton. pp65
- Mama D., Véronique D., Bowen J., Chouti W., Yao B., Gnon B., Michel B. (2011). Caractérisation d'un système lagunaire en zone tropicale: Cas du lac Nokoué(Bénin). *European Journal of Scientific Research*. Vol.56 No.4 (2011), pp.516-528.
- Oumar, B., Ekengele, N. L., Balla, A. O. D. (2014) Évaluation du niveau de pollution par les éléments traces métalliques des lacs Bini et Dang, Région de l'Adamaoua, Cameroun. *Afrique Science*. 10 (2),
- Yapo, B. O., Mambo, V., Séka, A., Yapi, A. D., & Houenou, P. (2009). Caractérisation par fractionnement gravimétrique de la matière organique contenue dans les eaux usées : application à l'étude de la biodégradabilité. *Journal de la Société ouest-africaine de chimie*, 27, 21-37.