



UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI
(UAC)
ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE
ESPACES, CULTURES ET DEVELOPPEMENT



Laboratoire de Géographie Rurale et d'Expertise
Agricole (LaGREA)

*Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement
(J_GRAD)*



ISSN : 1840-9962

N°002, décembre 2025

Volume 6

Disponible en ligne sur :

URL : <http://j-grad.org/accueil/>

Mail pour soumission d'article : jgradinfos@gmail.com

INDEXATIONS INTERNATIONALES

<https://zenodo.org/records/11547666>

DOI [10.5281/zenodo.11561806](https://doi.org/10.5281/zenodo.11561806)

Image URL : <https://zenodo.org/badge/DOI/10.5281/zenodo.11561806.svg>

Target URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11561806>

The journal is indexed in:

SJIFactor.com : SJIF 2025 : **6.621**

[sjifactor](#)

Area: [Multidisciplinary](#)
Evaluated version: online

Previous evaluation SJIF	
2024:	5.072
2023:	3.599
2022:	3.721
2021:	3.686

J_GRAD visible sur :

- [Google scholar](#)
- [academia.edu](#)
- [issuu](#)
- [orcid](#)
-

COMITE DE PUBLICATION

- Directeur de Publication** : Professeur Moussa GIBIGAYE
Rédacteur en Chef : Professeur Bernard FANGNON
Conseiller Scientifique : Professeur Brice SINSIN

COMITE SCIENTIFIQUE

BOKO Michel (UAC, Bénin)
SINSIN Brice (UAC, Bénin)
ZOUNGRANA T. Pierre, Université de Ouagadougou, (Burkina Faso)
AFOUDA Fulgence (UAC, Bénin)
TENTE A. H. Brice (UAC, Bénin)
TOHOZIN Antoine Yves (UAC, Bénin)
KOFFIE-BIKPO Cécile Yolande (UFHB, Côte d'Ivoire)
GUEDEGBE DOSSOU Odile (UAC, Bénin)
OFOUEME-BERTON Yolande (UMN, Congo)
CHOPLIN Armelle (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, France)
SOKEMAWU Koudzo (UL, Togo)
VISSIN Expédit Wilfrid (UAC, Bénin)

TCHAMIE Thiou Komlan, Université de Lomé (Togo)
SAGNA Pascal, Université Cheikh Anta Diop (Sénégal)
OGOUWALE Euloge (UAC, Bénin)
HOUNDENOU Constant (UAC, Bénin)
CLEDJO Placide (UAC, Bénin)
CAMBERLIN Pierre, Université de Dijon (France)
OREKAN Vincent O. A. (UAC, Bénin)
ODOULAMI Léocadie (UAC, Bénin)
KAMAGATE Bamory, Université Abobo-Adjamé, UFR-SGE (Côte d'Ivoire)
YOUSSAOU ABDOU KARIM Issiaka (UAC, Bénin)

COMITE DE LECTURE

TENTE A. H. Brice (UAC, Bénin), DOSSOU GUEDEGBE Odile (UAC, Bénin), TOHOZIN Antoine (UAC, Bénin), VISSIN Expédit Wilfrid (UAC, Bénin), VIGNINOU Toussaint (UAC, Bénin), GIBIGAYE Moussa (UAC, Bénin), YABI Ibouraïma (UAC, Bénin), ABOUDOU, YACOUBOU MAMA Aboudou Ramanou (UP, Bénin), AROUNA Ousséni (UNSTIM, Bénin), FANGNON Bernard (UAC, Bénin), GNELE José (UP, Bénin), OREKAN Vincent (UAC, Bénin), TOKO IMOROU Ismaïla (UAC, Bénin), ETENE Cyr Gervais (UAC, Bénin), VISSOH Sylvain (UAC, Bénin), AKINDELE A. Akibou (UAC, Bénin), BALOUBI David (UAC, Bénin), KOMBIENI Hervé (UAC, Bénin), OLOUKOÏ Joseph (AFRIGIS, Nigéria), TAKPE Auguste (UAC, Bénin), ABDOULAYE Djafarou (UAC, Bénin), DJAOUGA Mama (UAC, Bénin), NOBIME Georges (UAC, Bénin), OUASSA KOUARO Monique (UAC, Bénin), GBENOU Pascal (UAK, Bénin), KOUMASSI Dègla Hervé (UAC, Bénin), ALI Rachad Kolamolé (UAC, Bénin), TOGBE Codjo Timothée (UAC, Bénin), KADJEGBIN Roméo (UAC, Bénin), GUEDENON D. Janvier (UAC, Bénin), SABI YO BONI Azizou (UAC, Bénin), DAKOU B. Sylvestre (UAC, Bénin), TONDRO MAMAN Abdou Madjidou (UAC, Bénin), BOGNONKPE Laurence Nadine (UAC, Bénin), (UAC, Bénin) ADJAKPA Tchékpo Théodore(UAC, Bénin) ; DOVONOU Flavien Edia (UAC, Bénin), SODJI Jean (UAC, Bénin), AZIAN Déhalé Donatien, SAVI Emmanuel (UAC, Bénin) (UAC, Bénin), AWO Dieudonné (UAC, Bénin).

ISSN : 1840-9962

Dépôt légal : N° 12388 du 25-08-2020, 3ème trimestre Bibliothèque Nationale Bénin

SOMMAIRE		
N°	TITRES	Pages
1	ONIDJE Adjiwo Pascaline Constance Bénédicte ; GNIMADI Codjo Clément, OGUIDI Babatundé Eugène, YABI Ibouraïma : <i>Durabilité économique des exploitations de la tomate dans la commune de Kpomassè au sud-ouest du Bénin</i>	4-18
2	DOSSA Alfred Bothé Kpadé : <i>Estimation monétaire du coût d'adoption des techniques de conservation des sols agricoles dans les communes de Lalo et de Toviklin au Bénin</i>	17-37
3	KOUASSI Dèglia Hervé : <i>Impacts des risques hydroclimatiques sur les cultures d'igname et de riz dans l'arrondissement de Ouédémè (Bénin)</i>	38-54
4	DEMBÉLÉ Arouna, CAMARA Fatoumata, SIDIBÉ Samba Mamadou : <i>Paysans et production céréalière dans l'ex-cercle de kita (Rép du Mali)</i>	55-67
5	MARICO Mamadou, TESSOUGUE Moussa Dit Martin : <i>Gestion décentralisée des réseaux d'adduction d'eau potable dans la commune rurale de Baguinéda camp au mali : réalisations et perspectives</i>	68-83
6	AÏGLO Jean-Luc Ahotongnon, MAGNON Zountchégbé Yves, EFIO Sylvain, TOSSOU Rigobert Cocou : <i>Perceptions paysannes des contraintes foncières dans les communes de Zè et Allada au Sud-Bénin.</i>	84-100
7	YEO Nalourou Philippe René : <i>Diversité des pratiques de leadership et développement local : étude de la commune de Gohitafla dans la région de la Marahoué</i>	101-119
8	HAZOUNME Segbegnon Florent, AKINDELE Akibou Abaniche : <i>Implications socio-sanitaires des migrations climatiques dans le doublet communal Aguegues-Dangbo dans la basse vallée de l'Ouémé</i>	120-132
9	KABA Moussa : <i>Gestion foncière rurale entre pressions démographiques, pratiques coutumières et nouvelles régulations dans la Préfecture de Kankan, République de Guinée</i>	133-146
10	Djibrirou Daoudad BA, LABALY TOURE, MOUSSA SOW, HABIBATOU IBRAHIMA THIAM et AMADOU TIDIANE THIAM : <i>Variabilité climatique et productivité agricole dans le Département de Fatick, bassin arachidier du sénégal</i>	147-163
11	TCHAO Esohanam Jean : <i>Ethnobotanique et vulnérabilité des populations de Parkia biglobosa (néré) en pays Kabyè au Nord -Togo</i>	164-186
12	KOUADIO N'guessan Théodore, AGOUALE Yao Julien, TRAORE Zié Doklo : <i>Conflits fonciers et dynamique du couvert végétal de la forêt classée d'Ahua dans le département de Dimbokro en côte d'ivoire</i>	187-198
13	KOFFI KONAN NORBERT : <i>Agriculture intra-urbaine et sécurité alimentaire à Boundiali (nord-ouest de la côte d'ivoire)</i>	199-216
14	YEO NOGODJI Jean, KOFFI KOUAKOU Evrard, DJAKO Arsène : <i>Situation alimentaire des ménages d'agriculteurs dans la région du, n'zi au sud est de la côte d'ivoire</i>	217-228
15	KODJA Domiho Japhet, ASSOGBA Geo Warren Pedro Dossou, DOSSOU YOVO Serge, ADIGBEGNON Marcel, AMOUSSOU Ernest, YABI Ibouraïma, HOUNDENOU Constant : <i>Vulnérabilité des zones humides aux extrêmes hydroclimatiques dans la commune de So-Ava</i>	229-250

16	TAPE Achille Roger : Commercialisation de l'igname et réduction de la pauvreté dans le département de Dabakala (nord de la côte d'Ivoire)	251-263
17	Flavien Edia DOVONOU, Ousmane BOUKARI, Gabin KPEKEREKOU Noudéhouénou Wilfrid ATCHICHOE, Marcel KINDOHO, Barthelemy DANSOU : Variation spatio-temporelle de la qualité de l'eau et des sédiments du Lac Sélé (sud-Bénin)	264-279
18	DOGNON Elavagnon Dorothée : La représentation de la biodiversité dans les films de fiction africains : vers une prise de conscience du développement durable	280-297
19	DIARRA SEYDOU ; YAPI ATSE CALVIN ; BIEU ZOH YAPO SYLVERE CEDRIC : Croissance urbaine et incidence sur la conservation foncière à Bingerville - côte d'Ivoire	398-310
20	Rosath Hénoch GNANGA, Bernadette SABI LOLO ILOU ; Ludvine Esther GOUMABOU et Donald AKOUTEY : Valorisation du digestat issus du biodigesteur dans la production maraîchère à Abomey Calavi : cas du Basilic africain (<i>Capsicum baccatum</i>)	311-321
21	TCHEWLOU Akomègnon Zola Nestor, OGOUWALE Romaric, AHOMADIKPOHOU Louis, AKINDELE Akibou, HOUNKANRIN Barnabé, YABI Ibouraïma : Vulnérabilité de la production vivrière à la variabilité pluviométrique dans la commune de Dogbo (Bénin, Afrique de l'ouest)	322-337
22	QUENUM Comlan Irené Eustache Zokpégnou, DOSSOU GUEDEGBE Odile V. SABO Denis : Planification spatiale et enjeux de développement dans l'arrondissement de Golo-Djigbé (commune d'Abomey-Calavi)	338-354
23	KEGUEL SALOMON : Croissance démographique et transformation de l'espace agricole dans le Département de Kouh-Est au Lézgona Oriental (Tchad)	355-367
24	KOUHOUNDJI Naboua Abdelkader : Cartographie des risques d'érosion pluviale dans la commune de Toviklin au Bénin	368-387
25	ABDEL-AZIZ Moussa Issa : Dynamique urbaine et conflits fonciers dans la ville de N'Djamena (Tchad)	388-402
26	GBENOU Pascal : Adoption du système de riziculture intensive (SRI) en Afrique de l'ouest : état des lieux, obstacles et perspectives	403-413
27	Lucette M'bawi Bayema EHOUINSOU ; Benoît SOSSOU KOFFI ; Moussa GIBIGAYE, Esperance Judith AZANDÉGBÉ V. ; Abdou Madjidou Maman TONDRO : Etat des lieux des principaux acteurs intervenant dans la mobilité des populations et des animaux dans les régions frontalières de l'ouest du département des collines au Bénin	414-423

VARIATION SPATIO-TEMPORELLE DE LA QUALITE DE L'EAU ET DES SEDIMENTS DU LAC SELE (SUD-BENIN)

SPATIO-TEMPORAL VARIATION IN WATER AND SEDIMENT QUALITY IN LAKE SÉLÉ (SOUTHERN BENIN)

Flavien Edia DOVONOU¹, Ousmane BOUKARI¹, Gabin KPEKEREKOU¹ Noudéhouénou Wilfrid ATCHICHOE^{2*}, Marcel KINDOHO¹, Barthélémy DANSOU¹

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

2- Institut National de l'Eau de l'Université d'Abomey-Calavi, Centre d'Excellence Afrique pour l'Eau et l'Assainissement (C2EA), 01 BP 526 Cotonou (Bénin).

Auteur Correspondant Mail : Flavien DOVONOU ; Email : asfrid@yahoo.fr Tel : +2290197614058

Reçu le 12 aout 2025 ; Evalué le 28 aout 2025 ; Accepté le 27 octobre 2025

RÉSUMÉ

Le lac Séle, situé dans la Commune de Ouinhi au Sud-Bénin, subit des pressions anthropiques croissantes dues à l'urbanisation et aux pratiques agricoles intensives qui risquent de dégrader sa qualité. Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux et des sédiments du lac à travers une approche spatio-temporelle. Deux campagnes d'échantillonnage ont été menées en septembre et novembre 2024. Les paramètres analysés comprennent, pour l'eau : température, pH, conductivité, oxygène dissous, turbidité, salinité, BOD_5 , COD, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{3-} . Pour les sédiments, les concentrations en Cu, Zn, Fe, Pb et Cd ont été déterminées. Les différents paramètres chimiques de l'eau ont été déterminés par spectrophotométrie. Quant aux sédiments, ils ont subi les traitements nécessaires par minéralisation, avant leurs analyses par le spectrophotomètre DR 1900 au Laboratoire. Le niveau de pollution organique des eaux du lac Séle est déterminé par l'Indice de Pollution Organique (IPO) et le degré de contamination des sédiments est déterminé par l'Indice de géoaccumulation (Igeo). Les résultats indiquent une forte pollution organique des eaux en septembre, où 100% des sites présentent un Indice de Pollution Organique (IPO) compris entre 2 et 3. En Novembre la situation s'améliore avec 100% des sites classés en pollution modérée ($IPO \geq 3,3$). La contamination des sédiments en cuivre est modérée à certains sites, d'après les indices FC, PLI et Igeo. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) met en évidence une corrélation significative ($r = 0,8$) entre certains paramètres de l'eau et les teneurs en métaux notamment entre les nutriments et la BOD_5 puis entre le Zinc et la turbidité, suggérant des sources communes de pollution, essentiellement d'origine agricole et domestique.

Le lac Séle présente une forte pollution organique et une pollution par les ETM. L'étude a permis de mettre en évidence la nécessité d'une gestion intégrée de ce plan d'eau pour préserver sa qualité écologique et ses services écosystémiques.

Mots-clés : Lac Séle, pollution, Sédiments, qualité de l'eau, indice de pollution organique,

ABSTRACT

: Lake Séle, located in the municipality of Ouinhi in southern Benin, is under increasing anthropogenic pressure due to urbanization and intensive agricultural practices that threaten to degrade its quality.

The objective of this study is to assess the physical and chemical quality of the lake's water and sediments using a spatio-temporal approach.

: Two sampling campaigns were conducted in September and November 2024. The parameters analyzed include, for water: temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, turbidity, salinity, BOD_5 , COD, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , and PO_4^{3-} . For sediments, the concentrations of Cu, Zn, Fe, Pb, and Cd were determined. The various chemical parameters of the water were determined by spectrophotometry. The sediments underwent the necessary mineralization treatments before being analyzed by the DR 1900 spectrophotometer in the laboratory. The level of organic pollution in Lake Séle is determined by the Organic Pollution Index (IPO), and the degree of sediment contamination is determined by the Geoaccumulation Index (Igeo).

: The results indicate high organic pollution of the water in September, with 100% of the sites showing an Organic Pollution Index (OPI) between 2 and 3. In November, the situation improved, with 100% of sites classified as moderately polluted ($OPI \geq 3,3$). Sediment contamination by copper remained moderate at some location, according to the FC, PLI, and Igeo indices. Principal Component Analysis (PCA) highlighted strong correlations ($r = 0,8$) between nutrients, BOD_5 and COD, as well between zinc and turbidity indicating common pollution sources, mainly of agricultural and domestic origin.

: Lake Séle is heavily polluted by organic matter and heavy metals. The study highlighted the need for integrated management of this body of water to preserve its ecological quality and ecosystem services.

Keywords: Lake Sele, pollution, sediments, water quality, organic pollution index

INTRODUCTION

L'eau, élément vital et fondamental pour la vie sur Terre, ne représente dans sa forme douce que 2,5 % de l'eau totale disponible (P. Gleick, 2021, p.345). Cette ressource limitée fait face à des pressions croissantes, particulièrement en Afrique où la situation est préoccupante. Selon la Banque mondiale (2020), environ 387 millions de personnes en Afrique n'ont pas accès aux services de base d'eau potable, soulignant l'urgence d'une gestion durable des ressources hydriques. L'accès à l'eau est un enjeu majeur du développement durable, mettant en lumière les pressions croissantes sur les ressources en eau et la nécessité d'une gestion et d'une gouvernance adaptées (L. Baechler, 2017, p.158). Les eaux de surfaces regroupant les écosystèmes aquatiques, couvrent d'abord une grande partie dans la répartition, le stockage de l'eau dans l'environnement. Elles sont d'une importance capitale pour l'équilibre écologique et le bien-être humain. Les écosystèmes aquatiques, notamment les lacs, constituent des éléments essentiels de la biosphère. Ils abritent environ 40 % des espèces animales connues et jouent un rôle crucial dans le maintien de l'équilibre écologique (PNUE, 2022). Au-delà de leur contribution à la biodiversité, ces écosystèmes assurent des fonctions vitales telles que la régulation des cycles hydrologiques, la purification de l'eau et la séquestration du carbone, participant ainsi à l'atténuation des effets du changement climatique (R. Dupont *et al.*, 2022, p.300).

Au Bénin, pays caractérisé par une précipitation annuelle de 1200 mm (J. Knoema, 2023, p.68), les écosystèmes aquatiques sont d'une importance capitale. Il dispose d'un réseau hydrographique dense, comprenant plusieurs bassins fluviaux dont celui de l'Ouémé, qui s'étend sur 510 km. Cependant, ces ressources hydriques subissent des pressions croissantes liées à l'urbanisation rapide et aux activités anthropiques. Les études récentes de M. N. Fassinou *et al.*, 2023, p.215 révèlent une pollution notable des eaux de surface, particulièrement dans l'Ouémé supérieure, due aux effluents domestiques et agricoles. L'évaluation de la qualité des eaux et des sédiments devient donc cruciale pour la gestion durable de ces écosystèmes. Les paramètres physico-chimiques de l'eau tels que le pH, la température, l'oxygène dissous et la conductivité électrique constituent des indicateurs essentiels de la santé des milieux aquatiques (C. C. VIAHO *et al.*, 2020, p.51). Par ailleurs, l'analyse des sédiments, qui agissent comme des réservoirs de polluants, particulièrement les métaux lourds, est fondamentale pour comprendre les risques potentiels pour la faune aquatique et la santé humaine (D. Zongo *et al.*, 2022, p.2795). Les lacs béninois sont de plus en plus menacés par diverses formes de pollution résultant principalement des activités anthropiques. Cette situation est exacerbée par la croissance démographique et l'urbanisation non contrôlée, qui exercent une pression considérable sur les ressources en eau douce (R. AMOUSSOU *et al.*, 2021, p.1360)

Le lac Sélé, situé dans la Commune de Ouinhi au sud-Est du Bénin, n'est pas en marge des défis auxquels font face les écosystèmes aquatiques du pays. Il est peu connu et n'a fait l'objet d'aucune étude scientifique sur la pollution de l'eau et des sédiments mais les diverses pressions anthropiques qu'il subit sont visibles et risquent de dégrader sa qualité. C'est ce qui justifie le choix de notre sujet de recherche intitulé : **Variation spatio-temporelle de la qualité de l'eau et des sédiments du lac Sélé (Sud-Bénin)**

Cette recherche s'inscrit dans une démarche plus large de gestion durable des ressources hydriques et de préservation de l'environnement, en accord avec les Objectifs de Développement Durable,

notamment l'ODD 14 qui vise à garantir la conservation et la protection de manière durable des écosystèmes aquatiques.

De façon spécifique, il s'est agi de :

- évaluer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et des sédiments du lac Sélé ;
- déterminer le niveau de pollution des eaux et le degré de contamination en ETM des sédiments du lac Sélé ;
- analyser les relations entre les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et les teneurs en éléments traces métalliques (ETM) dans les sédiments du lac Sélé.

I. MATERIEL ET METHODES

1.1.Milieu d'étude

Le lac Sélé est situé entre $2^{\circ}26'$ et $2^{\circ}27'$ de longitude est d'une part et entre $7^{\circ}8'$ et $7^{\circ}12'$ de latitude nord d'autre part. Il s'allonge dans une direction nord-sud entre les villages Houédja et Dolivi de l'arrondissement de Sagon dans la Commune de Ouinhi. Le lac Sélé couvre une superficie relative de 200 hectares (DPRPIB & Gtz, 1996.). Son site est à l'amont du cours d'eau inférieur de l'Ouémé et se trouve fortement ancré dans sa plaine d'inondation sur la rive est. Par cette position, le lac s'inscrit avec son environnement immédiat dans une zone humide très importante en potentialité économique et écologique de la vallée de l'Ouémé. Il est entouré au Nord par le cours d'eau Kataklé et les champs ; au Sud par le village Houédja ; à l'Ouest par les villages Adamé et Dolivi et à l'Est par les champs. Les localités et villages riverains bénéficiaires du lac Sélé sont Adamé, Dolivi et Houédja situés dans l'arrondissement de Sagon. Ce lac est situé dans le domaine du climat subéquatorial et donc sous l'influence d'un climat de transition entre le subéquatorial et le tropical humide de type soudano-guinéen, caractérisé par quatre (4) saisons réparties en deux (2) saisons pluvieuses et deux (2) saisons sèches. La figure 1 présente la localisation de lac Sélé et la photo1 comme élément visuel.

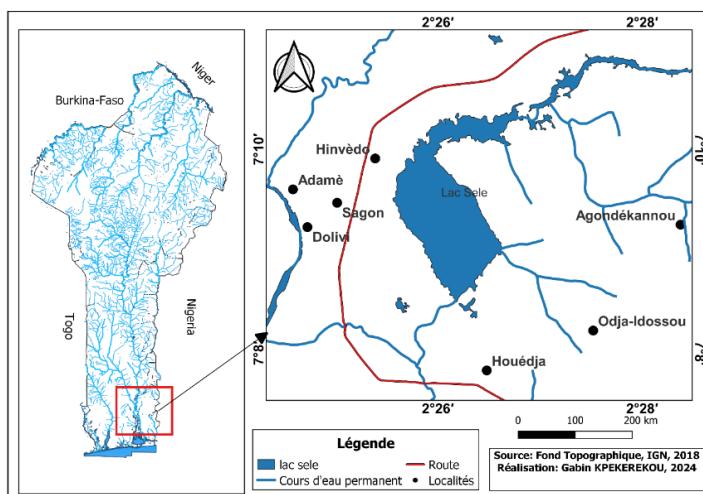


Figure 1 : Localisation de lac Sélé.



Photo 1 : Vue du lac Sélé (cliché Gabin K., 2024)

1.2. Méthodologie

1.2.1 Echantillonnage et collecte de donnée

Les sites d'échantillonnage ont été sélectionnés de manière à couvrir la totalité de la zone d'étude, en particulier les zones influencées par les activités humaines (ex. pêche, lessive douche etc...). Six points ont été choisi pour l'échantillonnage d'eau et des sédiments. L'échantillonnage s'est réalisé à périodicité saisonnière (Saison sèche : Septembre et saison pluvieuse : Novembre). Au total, il a été réalisé deux campagnes de collecte d'échantillons et de mesures. Les paramètres physico-chimiques et les nutriments (PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- et NO_2^-) de l'eau ont été mesurés in situ et en laboratoire. Les différents échantillons des sédiments ont été soumis à l'attaque d'un mélange d'acide HCl + HF à 1N (A. Nicolas, 2007, p. 201) afin de solubiliser toutes les formes des métaux et surtout ceux liés aux minéraux silicatés (S. K. Kouakou *et al.*, 2021, p.87). Les résidus ont été dissous dans de l'eau régale (HCl + HNO_3 à 1N) et filtrés. Le volume initial est ramené ensuite à 500 mL par l'ajout d'eau déminéralisée (S. K. Kouakou *et al.*, 2021, p.87). Les éléments traces métalliques tels que le Fe, Zn, Cu, Cd et Pb ont été dosés selon la méthode colorimétrique à l'aide d'un spectrophotomètre de marque HACH LANGE DR 1900. A cet effet, deux cuves de 25 mL ont été utilisées dont l'une contenant 10 mL d'échantillon analytique et l'autre 10 mL d'une solution d'étalon. Après avoir étalonné correctement, les 10 mL d'échantillons préparés sont introduits dans une enceinte du spectrophotomètre et la concentration mesurée en mg/L s'affiche à l'écran de l'appareil. Par la suite, les concentrations des ETM ont été exprimées en mg/kg de sédiment sec suivant la formule ci-dessous :

$$M = \frac{C \times m}{V} \times 1000$$

M : concentrations de l'ETM exprimées en mg/kg

C : concentration du métal en mg/l

m : masse de sédiment traité

V : volume d'eau distillée ajoutée

1.2.2 Analyses de données

- Etude du niveau de pollution des eaux du lac Sélé

L'indice de pollution organique (IPO) a été utilisé pour évaluer le niveau de pollution organique des eaux du lac Sélé, Développé par L. Leclercq, 2001, p.72, cet indice permet de classer les valeurs des principaux polluants organiques en cinq catégories distinctes. Le calcul de l'IPO se base sur les concentrations mesurées pour quatre paramètres : les ions ammonium, la demande biologique en oxygène (DBO_5), les nitrites et les phosphates. Pour chacun de ces éléments, les valeurs observées sont associées à l'un des cinq niveaux de pollution définis dans le tableau de référence. La valeur finale de l'IPO correspond à la moyenne des niveaux de pollution attribués pour ces quatre paramètres. Cette approche permet ainsi d'obtenir une évaluation globale de la contamination organique du milieu aquatique étudié. L'utilisation de cet indice normalisé offre l'avantage de pouvoir comparer les résultats avec d'autres études menées selon la même méthodologie. C'est un outil précieux pour caractériser l'état trophique des écosystèmes lacustres.

- Degré de contamination des sédiments

Indice de géoaccumulation (Igéo) donne des informations sur le niveau d'accumulation des éléments métalliques dans le sédiment. Il est évalué à partir de la relation ci-dessous :

$$I_{\text{géo}} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1,5 \times B_n} \right)$$

Où :

C_n : concentration du métal n dans le sédiment ;

B_n : valeur préindustrielle pour le métal n ;

1,5 : constance prenant en compte les fluctuations naturelles de la teneur d'une substance donnée dans un environnement ainsi que les fluctuations anthropiques. Les valeurs d'Igéo permettent de définir sept classes de niveau de contamination rassemblées dans le Tableau I (G. Müller, 1981, p.73)

Le FC permet de connaître le niveau de contamination métallique des sédiments. Il est calculé à partir de la relation :

$$FC = \frac{C_{\text{métal}}}{C_{\text{référence}}}$$

Avec :

C_{métal} : concentration du métal dans le sédiment ;

C_{référence} la concentration de référence du métal : Les différents niveaux de contamination selon les valeurs de FC sont regroupés dans le Tableau II.

L'indice de la charge de pollution (PLI : Pollution Load Index en Anglais), permet d'estimer le degré de contamination global des sédiments de la zone étudiée, à partir de la concentration totale de tous les métaux étudiés. L'équation suivante a été développée par Tomlinson et al. (1980) pour le calcul de l'indice de charge polluant (PLI) :

$$PLI = \sqrt[n]{FC_1 + FC_2 + FC_3 \dots FC_n}$$

Avec :

FC_i : facteur de contamination du métal i.

L'indice de pollution métallique donne des informations cumulées sur la pollution métallique dans les sédiments. Pour PLI = 0, il n'y a pas de détérioration ; pour PLI = 1, seuls les niveaux de référence des polluants sont présents, et la valeur de PLI > 1 indique une détérioration progressive de l'estuaire

1.3 Traitement des données

Les interactions entre les différents paramètres physico-chimiques du lac Sélé ont fait l'objet d'une double approche statistique. Afin de mettre en lumière les relations complexes et les disparités entre les différents paramètres, nous avons fait une Analyse en Composantes Principales (ACP). Cette technique statistique exploratoire présente l'avantage significatif de condenser l'information multidimensionnelle en un nombre restreint de plans factoriels, permettant ainsi de capturer la majeure partie de la variance exprimée par les 12 observations (n = 12 ; 6 échantillons d'eau et 6 échantillons de sédiments). L'objectif principal de cette approche méthodologique est de révéler les structures sous-jacentes et les interactions entre variables, en réduisant la dimensionnalité initiale tout en préservant l'essentiel de l'information.

Tableau I : Classification de l'indice de géoaccumulation selon Muller, al 1981

Igeo	Niveau de pollution
Igeo < 0	Non contamine
0 < Igeo < 1	Non contamine à modérément pollue
1≤ Igeo < 2	Modérément contaminé
2 ≤ Igeo < 3	Modérément contaminé à sévèrement contaminé
3 ≤ Igeo < 4	Sévèrement contaminé
4 ≤ Igeo < 5	Sévèrement contaminé à extrêmement contaminé
5 ≤ Igeo	Extrêmement contaminé

Tableau 2 : classement des sédiments en fonction de FC

Facteur de Contamination	Classement	Interprétation
FC < 1	Classe 1	Faible contamination
1 ≤ FC < 3	Classe 2	Contamination modérée
3 < FC < 6	Classe 3	Contamination considérable

II. RESULTATS

2.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Les résultats issus des analyses physico-chimiques des eaux du lac Sélé sont présentés par les Figures 3, 4,5 et 6 et le Tableau III. L'analyse de ces figures et du tableau 3 montre la qualité physico-chimique de l'eau du lac Sélé est fluctuante selon les périodes d'échantillonnage (septembre et novembre 2024). Le pH varie de 6,46 à 7,22 (moyenne : 6,85), respectant les recommandations de l'OMS (6,5 à 8,5). La température (30,64 à 31,20 °C) dépasse légèrement les normes OMS mais reste compatible avec la vie aquatique tropicale. La conductivité (21 à 75 µS/cm) et les TDS (10 à 37 mg/L) indiquent une faible minéralisation. La turbidité atteint 95 NTU, dépassant les seuils OMS. Les niveaux d'oxygène dissous (5,89 à 7,20 mg/L) sont généralement faibles. La DBO5 (12,90 à 41,7 mg/L) et la DCO (43 à 139 mg/L) révèlent une pollution organique importante. Les concentrations en nutriments sont plus élevées en septembre : NO₃⁻ (0,001 à 0,903 mg/L), NO₂⁻ (0,001–0,732 mg/L), NH₄⁺ (0,17 à 0,781 mg/L), PO₄³⁻ (0,09 à 0,365 mg/L).

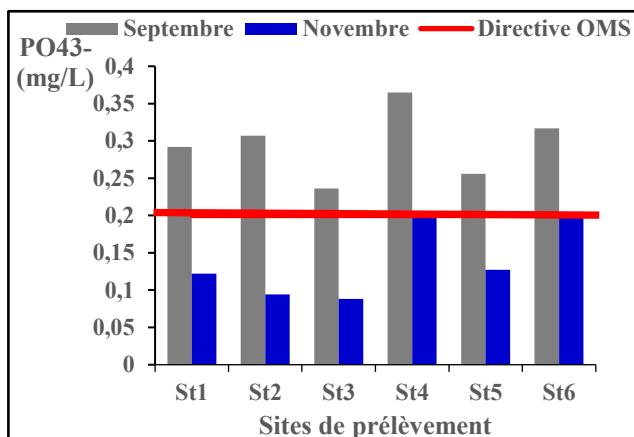


Figure 3 : Variation de l'orthophosphate dans l'eau

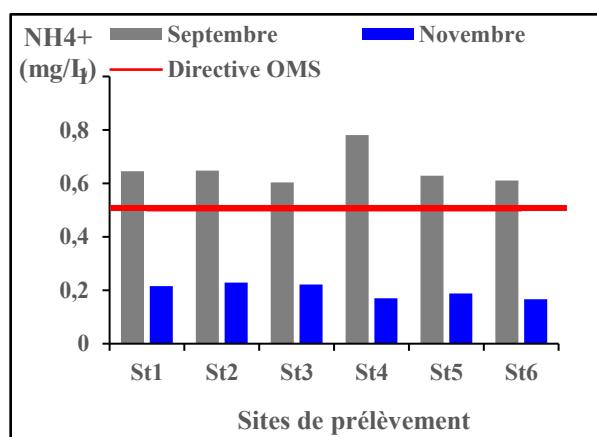


Figure 4 : Variation de l'ammonium dans l'eau

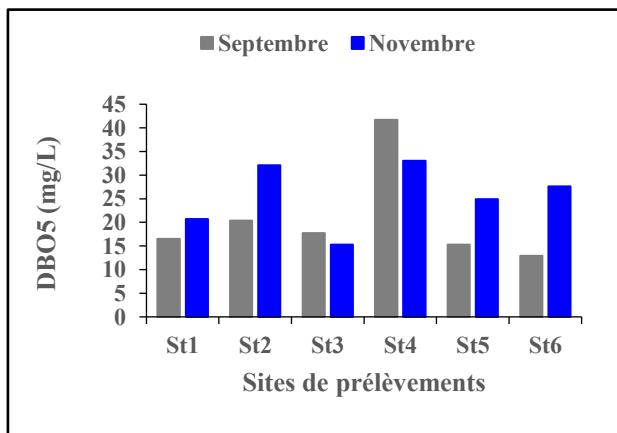


Figure 5 : Variation de la DBO₅ dans l'eau

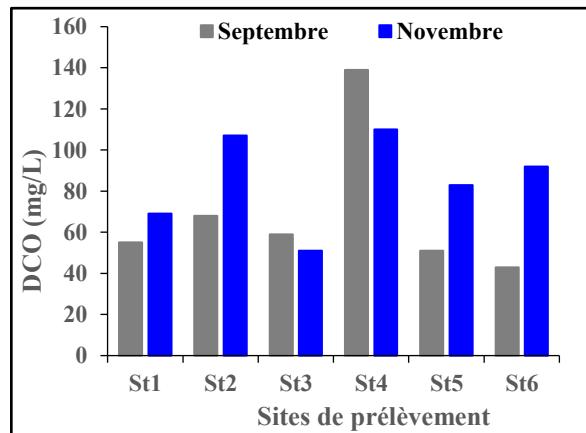


Figure 6: Variation de la DCO dans l'eau

Tableau III : Statistique des paramètres physiques de l'eau du lac Sélé

	pH	° C	CE	TDS	Salinité	Turbidité	Nitrites	Nitrate	Ammonium	Ortho phosphates	DCO	DBO ₅
MAXIMUM	7,22	31,20	75,00	37,00	0,03	95,00	0,90 3	0,732	0,78 1	0,365	139	41,7
MINIMUM	6,46	30,64	21,00	10,00	0,01	11,00	0,00 1	0,001	0,17	0,09	43,00	12,90
MOYENNE	6,85	30,95	50,67	25,42	0,02	49,00	0,38	0,33	0,43	0,22	77,25	23,18
MEDIANE	6,79	30,96	44,00	22,00	0,02	45,00	0,33	0,32	0,42	0,22	68,50	20,55
ECART-TYPE	0,26	0,18	18,87	9,58	0,01	37,50	0,27	0,34	0,24	0,09	29,47	8,84

Source : Résultats des travaux, 2024

2.2 Éléments traces métalliques dans les sédiments

Les résultats de l'analyse des éléments traces métalliques dans les sediments sont présentés par les Figures 9 à 10. L'analyse de figures 7,8,9 et 10 montre que les concentrations en métaux dans les sédiments sont globalement faibles. Cu : 0,001 à 33,33 mg/kg, Zn : 6,67 à 26,67 mg/kg, Cd : 0,001 à 0,12 mg/kg, Pb : 3,25 à 15,36 mg/kg sont toutes inférieures à la concentration seuil produisant un effet sur les espèces aquatiques. Seul le cuivre au site St3 dépasse le seuil d'effet rare. Ces résultats pourraient indiquer un faible impact des activités anthropiques sur la concentration des métaux dans les sédiments. Les indices FC et Igéo confirment une faible contamination générale, à l'exception du cuivre localement.

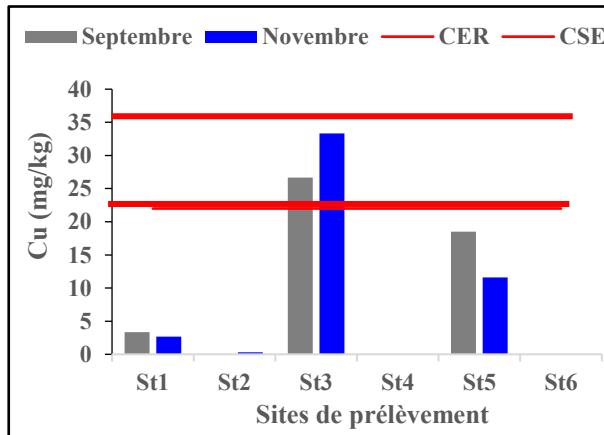


Figure 7 : Variation du cuivre dans les sédiments

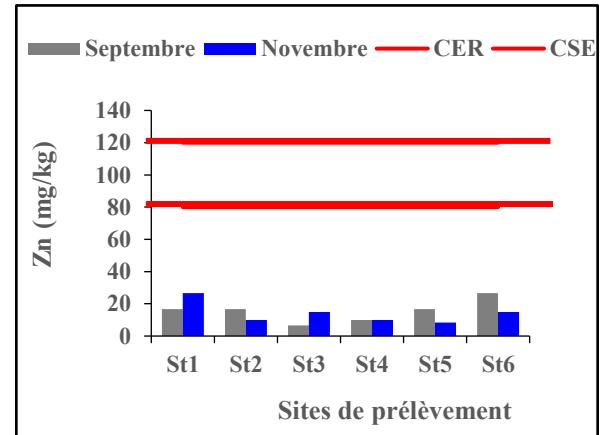


Figure 8 : Variation du zinc dans les sédiments

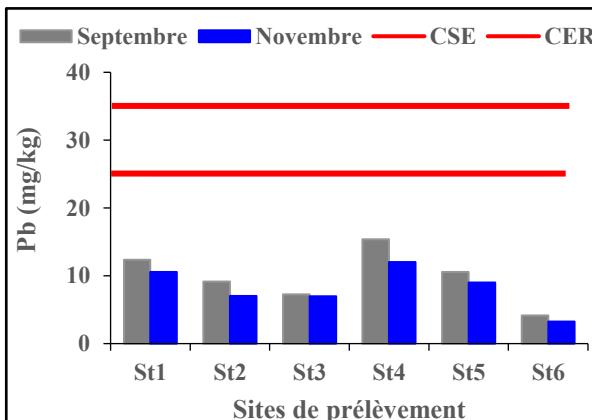


Figure 9 : Variation du plomb dans les

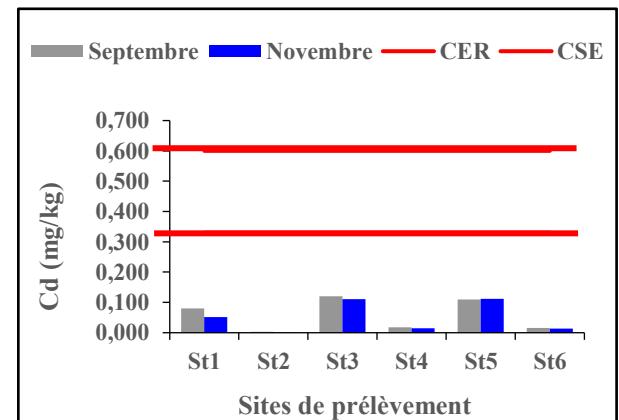


Figure 10 : Variation du cadmium dans les

2.3 Pollution organique de l'eau du lac

Le tableau IV présente l'Indice de Pollution Organique (IPO) mesuré sur les six sites de prélèvement (St1 à St6) durant les mois de septembre et novembre. Son analyse révèle une disparité significative entre les deux périodes d'échantillonnage, avec des valeurs systématiquement plus élevées en novembre qu'en septembre. Les indices de novembre oscillent autour de 3,2 et 3,3,

indiquant une pollution modérée, tandis que ceux de septembre varient entre 1,9 et 2,3, correspondant à une pollution forte. On observe également une légère tendance à la dégradation de la qualité de l'eau d'amont en aval (de St1 à St6) en septembre, suggérant un effet cumulatif des polluants organiques le long du continuum fluvial.

Tableau IV : Indice de pollution organique de l'eau au cours de la période d'étude

Sites	IPO Septembre	Pollution Organique	IPO Novembre	Pollution Organique
St1	2,0	Forte	3,3	Modérée
St2	2,0	Forte	3,3	Modérée
St3	2,3	Forte	3,3	Modérée
St4	2,0	Forte	3,3	Modérée
St5	2,0	Forte	3,3	Modérée
St6	2,3	Forte	3,3	Modérée

2.4 Degré de contamination en ETM des sédiments

Les indices varient entre -14,87 et 0,15. L'analyse de la figure 11 présentant l'indice de géoaccumulation des sédiments montre, que tous les sédiments étudiés au cours de la première campagne sont non contaminés ($I_{geo} < 0$) en cuivre, zinc, cadmium et plomb. Pour le mois de Novembre (Figure 12), à l'exception du site St3 ($I_{geo}=0,15$) où les sédiments sont non contaminés à modérément contaminés en cuivre ($0 < I_{geo} < 1$), les sédiments des autres sites sont non contaminés pour le reste des métaux. L'analyse des figures 13 et 14 montrent une faible contamination ($FC < 1$) des sédiments en Zinc, plomb et cadmium sur tous les sites étudiés. En ce qui concerne le cuivre, au niveau desquels la contamination est modérée ($1 < FC < 3$) (St3 et St5 au cours de la première campagne et de St3 de la deuxième campagne) tous les autres sites présentent une faible contamination (figure 15). Les valeurs de PLI varient entre 0,12 et 0,68 pour le mois de Septembre et de 0,12 et 0,69 pour celui de Novembre. On observe sur l'ensemble de la période d'étude, des valeurs de PLI inférieure à 1, indiquant ainsi qu'il n'y pas de détérioration progressive des sédiments du lac Sélé.

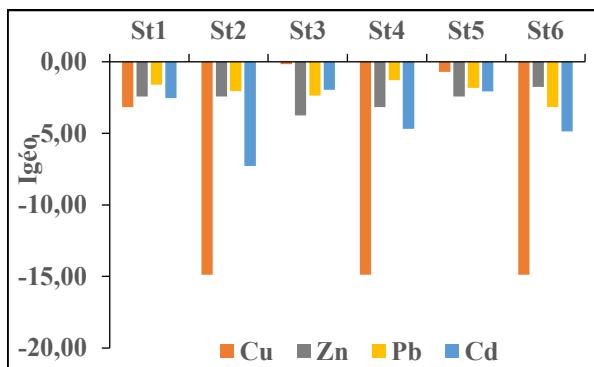


Figure 11 : Variation de l'Igéo dans les sédiments (mois de Septembre)

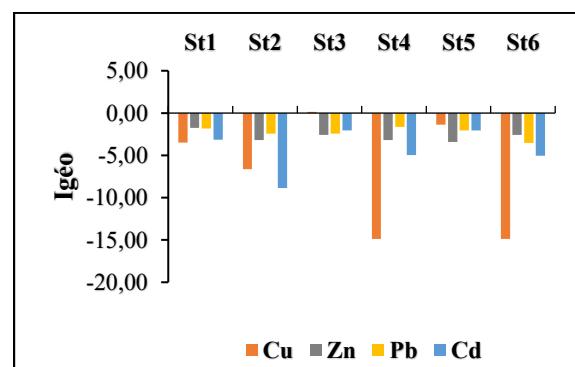


Figure 12 : Variation de l'Igéo dans les sédiments (Novembre)

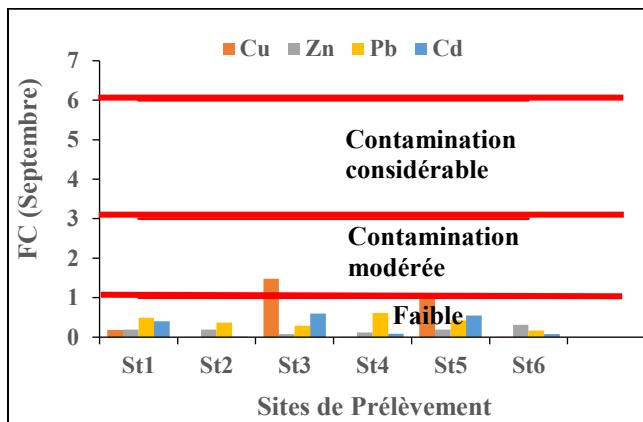


Figure 13 : Facteur de contamination (FC) en élément trace des sédiments

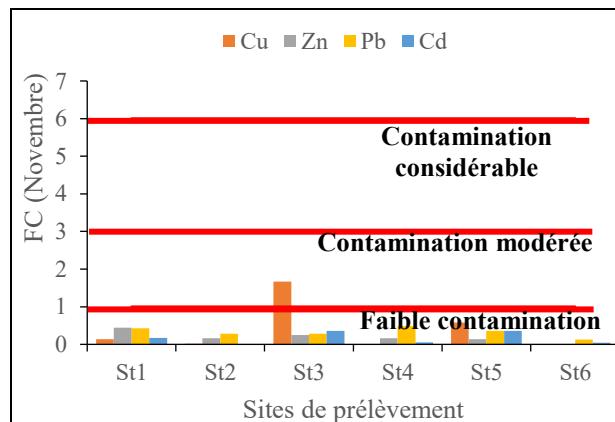


Figure 14 : Facteur de contamination (FC) en élément trace des sédiments

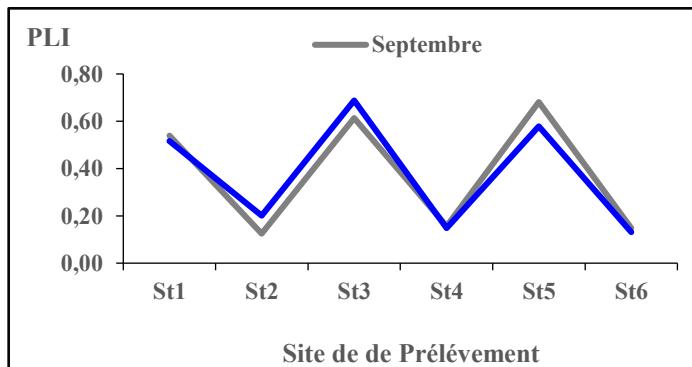


Figure 15 : Variation de l'indice de charge polluantes des sédiments

2.5 Relation entre les caractéristiques de l'eau et la teneur en éléments traces métalliques des sédiments

L'Analyse en Composante Principale présentée par la figure 16, révèle des informations importantes sur les relations entre les différents paramètres étudiés. La première ACP (gauche) montre le biplot des axes F1 et F2, qui représentent 64,56% de la variance totale. On peut y identifier plusieurs groupes de variables actives. Un premier groupe comprenant les sites St3 et St1 qui sont caractérisés par les teneurs plus ou moins élevées en métaux tels que le cuivre (Cu) et le fer (Fe) qui varient de manière similaire ; un deuxième groupe avec la conductivité (CE), le pH, NO_2^- , DBO_5 et OD significativement corrélé à l'axe factoriel F1. Ce groupe est défini par les sites St5, St6 et St4. La seconde ACP (droite) montre le biplot des axes F2 et F3, représentant 49,78% de la variance. On y observe des groupements similaires, avec notamment le St5 marqués par les teneurs Cd et en nitrites NO_2^- qui corrélées positivement sur l'axe factoriel F2, et une corrélation négative de la température, NO_3^- et NH_4^+ sur l'axe F3, et un groupe comprenant le plomb (Pb), Zinc, la Turbidité, corrélés négativement sur l'axe F3.

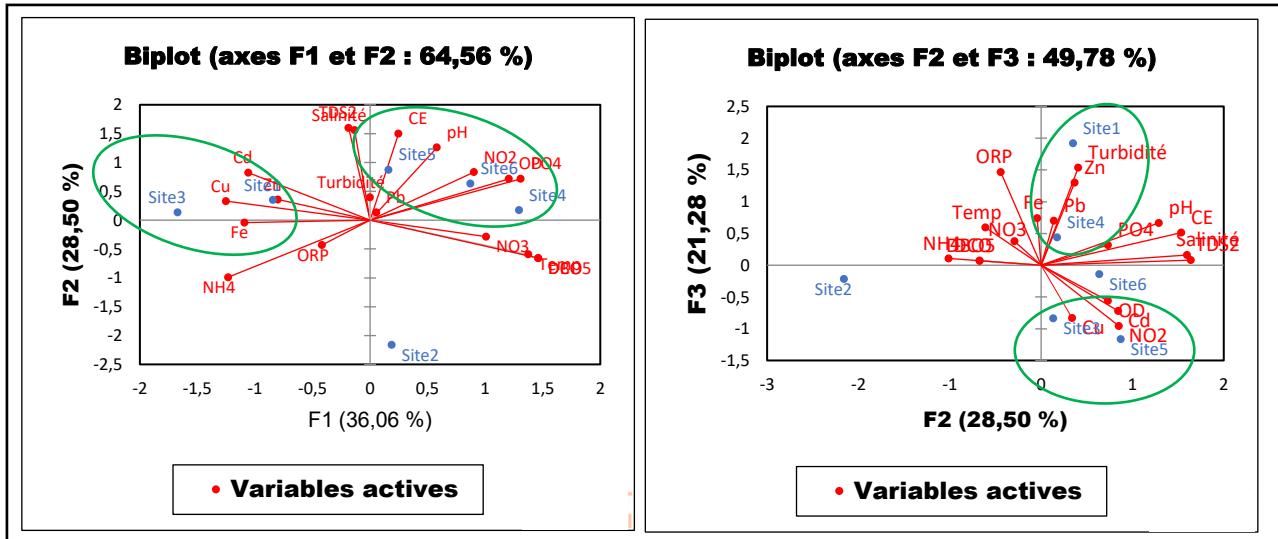


Figure 16 : Résultats d'ACP produit par les variables étudiées au niveau de l'eau et du sédiment du lac Sélé

III. DISCUSSION

Les résultats de l'analyse physico-chimiques de l'eau montre qu'au cours des deux mois de campagnes les valeurs de pH varient entre 6,47 et 7,22 avec une moyenne de 6,85 et sont comprises dans la plage (6,5 à 8,5) admise par l'OMS (2017). On note aussi que le pH des eaux étudiées est faiblement acide et varie peu au cours des deux mois. Ces résultats corroborent ceux de C. B. Adidekon 2018, p.26 qui conclut que les eaux du lac Sele sont acide proche du neutre (pH compris entre 6 et 7). Selon C. B. Adidekon 2018, p.26, ce pH est peu favorable au développement normal de la faune et de la flore aquatique.

Les températures mesurées au cours des travaux varient entre 30,64°C et 31,20°C avec une moyenne de 30,95°C soit de 30,66 à 31,20°C en Septembre et 30,64 à 31,16 °C en Novembre. On observe une très faible variabilité des valeurs de la température au cours des deux mois. Selon C. B. Adidekon, 2018, p.26 et F. Dimon et al., 2014, p.40, les températures enregistrées bien que supérieures aux valeurs admises par l'OMS (25 à 30°C) sont dans la fourchette tolérée par les espèces aquatiques tropicales (25 à 40°C) dans les conditions générales pour leur développement car elle affecte la densité de l'eau, sa viscosité, les vitesses des réactions chimiques et biochimiques ainsi que la solubilité de l'oxygène en particulier. Ces valeurs élevées sont dues aux différents facteurs environnementaux tels que la température ambiante au moment de l'échantillonnage.

La teneur en oxygène dissous renseigne sur l'activité métabolique du milieu. Elle varie entre 5,89 et 7,203 mg/L avec une moyenne de 6,39 mg/L au cours des deux campagnes. Les valeurs les plus élevées sont observées en Novembre. Les valeurs d'oxygène dissous sont pour la plupart légèrement inférieures aux recommandations de l'OMS et dénote de la faible qualité de l'eau. Ces valeurs sont conformes aux travaux de O. B. M. L. Bocodaho et al., 2020, p2620. Montrant que des eaux ayant une teneur proche de 7 mg/L signale une eutrophisation du milieu qui se traduit par une photosynthèse intense.

Les teneurs en nitrates et nitrites sont toutes en dessous des valeurs guides de l'OMS qui sont respectivement de 50 mg/L pour les nitrates et de 3,2 mg/L pour les nitrites. Au cours de la

deuxième campagne les teneurs de l'eau du lac en ces deux éléments sont pour la plupart inférieures aux limites de détection (0,001 mg/L). Ceci est particulièrement vraies pour les teneurs en nitrites au cours du mois Novembre. Les résultats sont en dessous des valeurs obtenues par C. A. Dedjiho, 2014, p.2070. Au cours du mois de Septembre, on observe des teneurs en nitrite supérieures à 0,06 mg/L qui selon R. Djibril, 2001, p.160 correspond au seuil inférieur de la gamme de toxicité aiguë. Selon G. André 1995, p.351 des valeurs de nitrite supérieures à ce seuil constituent un frein au développement de la vie aquatique. En effet, les nitrites proviennent de la réduction des nitrates sous l'effet des bactéries et agissent directement sur l'hémoglobine en oxydant l'ion ferreux, il se forme de la méthémoglobin qui est incapable de transporter les gaz respiratoires (E. F. Dovonou, 2008).

Les teneurs de l'ammonium dans les eaux étudiées montrent que ce paramètre fluctue entre 0,17 et 0,781 mg/L avec une moyenne de 0,43 mg/L. Au cours du mois de Septembre, ces teneurs (entre 0,604 et 0,781 mg/L) sont supérieures aux limites de 0,5 mg/L fixées par l'OMS. Cependant elles y sont inférieures au cours du mois de Novembre soit des teneurs variantes entre 0,166 et 0,229 mg/L. Quant aux phosphates, les résultats des différentes analyses montrent que leurs valeurs oscillent entre 0,09 et 0,365 mg/L. A l'exception des sites St3 et St4 où les teneurs en orthophosphates excèdent les limites de 0,1 mg/L tolérée par l'OMS en Novembre, elles suivent la même dynamique d'évolution que l'ammonium au cours de la période d'étude. Les résultats obtenus pour ces deux paramètres sont similaires que ceux obtenus par F. Dimon *et al.*, 2014, p.40 sur le lac Ahémé. Les valeurs élevées d'ammonium obtenues au détriment des teneurs de nitrite et de nitrate proviennent de la décomposition des excréta et autres déchets azotés qui passe sous la forme de gaz, à la faveur d'une élévation de pH. Selon E. F. Dovonou *et al.*, 2011, p.1596 le gaz ammoniac est toxique et peut entraîner la mort des poissons, des crevettes et d'autres organismes présents dans l'écosystème. En ce qui concerne les concentrations en phosphates aussi bien que celle des autres nutriments, elles subissent les effets de dilution en saison de hautes eaux et de concentration en saison sèche (D. Mama *et al.*, 2011, p.157). Ce qui peut expliquer la diminution des teneurs de nitrites, de nitrates, d'ammonium et d'orthophosphates en Novembre où de forte pluie ont été enregistrer entraînant la montée du niveau de l'eau du lac. Une concentration en phosphate supérieure à 0,5 mg/L d'eau suffit, en présence de nitrate et d'ammonium, pour déclencher une croissance excessive de la végétation conformément à la directive-cadre européenne. C'est le processus de l'eutrophisation de l'eau, caractérisé par une croissance rapide des jacinthes et laitues d'eau (F. Dimon *et al.*, 2014, p.40). Les phosphates rencontrer pourraient avoir une origine naturelle (phosphate calcique) et/ou anthropique (engrais chimique issus des activités agricoles, détergents issus des activités domestiques menées aux abords du lac).

La DBO₅ au cours de la période d'étude présente des valeurs relativement élevées qui varient entre 12,90 et 41,7 mg/L avec une moyenne de 23,18 mg/L. Pour ce qui est de la DCO, elle varie entre 43 et 139 mg/L avec une moyenne de 77,25 mg/L. Les plus fortes valeurs de DCO dépassent largement les 80 mg/L. Les valeurs de ces deux paramètres sont similaires à celles obtenues par D. Mama *et al.*, 2011, p.157 et E. F. Dovonou *et al.*, 2011, p.1596 sur le lac Nokoué. Ces valeurs élevées de DBO₅ et de DCO observées dans les eaux peuvent s'expliquer par la décomposition des macrophytes dans le lac sous l'effet d'une forte température de l'eau et va s'accompagner d'une désoxygénéation du milieu, en particulier de l'interface eau/sédiment (B.P. Capo-Chichi *et al.* 2022, p.23).

Les sédiments sont la mémoire des événements hydro-sédimentaires et constituent à la fois un lieu d'accumulation et d'émission des polluants. Toute évolution des quantités ou de la nature des apports (terrigenes, industriels et urbains) dans l'environnement est enregistrée dans les sédiments

(B. Beliae et al., 2011, p.169). L'analyse des sédiments du lac Sele a montré des teneurs variantes entre 0,001 et 0,12 mg/kg avec une moyenne de 0,054 mg/kg pour le cadmium et entre 3,251 et 15,358 mg/kg avec une moyenne 8,979 pour le plomb. Les teneurs des sédiments en ces deux métaux sont largement inférieures au CER et au CSE. Ces résultats sont largement inférieurs à ceux obtenus par F. Dimon et al, 2014, p.40 dans les sédiments du lac Ahémé et par M. Anhichem *et al*, 2017, p.199 au cours de ses travaux sur les sédiments de la Baie de Dakhla.

En ce qui concerne la concentration du cuivre et du Zinc dans les sédiments, elle varie respectivement 0,001 et 33,333 mg/kg avec une moyenne de 8,036 mg/kg et entre 6,667 et 26,667 mg/kg avec une moyenne de 14,861 mg/kg. A l'exception du site St3 où la teneur en cuivre excède la CER tous les autres sites présentes des teneurs inférieures à la CER et la CSE et varient peu au cours des deux campagnes. La teneur en fer des sédiments varie entre 195 et 606,665 mg/kg avec une moyenne de 376,166 mg/L. La forte valeur de Cuivre au niveau du site St3, largement supérieures à la valeur du bruit du fond géochimique (20 mg/kg), suggère une contamination d'origine anthropique (C. Harguinteguya et al., 2013, p.10). Cette accumulation peut être due aux activités locales telles que l'usage des herbicides et des engrains, aux activités domestiques. Les faibles concentrations de métaux (Cd ; Pb et Zn) observées en période de basse eau peuvent s'expliquer par la diffusion de chaque élément dans la phase dissoute, en raison des conditions physico-chimiques (température élevée) et le relargage du matériel particulaire sous l'action des courants. et pendant la montée des eaux pourraient s'expliquer certainement par les phénomènes de dilution qui s'opèrent par des apports de sédiments moins ou non contaminés (Yao et al ., 2009 in Keumean *et al.*, 2013). Les valeurs élevées de fer des sédiments peuvent s'expliquer par la composition minéralogique des sols de la commune de Houinhi qui sont en majorité constitués de sols ferralitiques et ferrugineux.

L'état de pollution organiques des eaux du lac Sele, évalué à partir de l'indice de pollution organique IPO, montrent que 100% des sites étudiés présentent une forte pollution organique ($2 \leq IPO \leq 3$) au cours de la première campagne. Cependant au cours de la seconde campagne, on remarque que les eaux étudiées présentent une pollution organique modérée ($3 \leq IPO \leq 4$). Les faibles indices observés en septembre traduisent une forte pollution des eaux et sont dues aux charges élevées en nutriments ($(PO_4^{3-}, NH_4^+, NO_3^-$ et $NO_2^-)$ issues du lessivage des terres agricoles et des effluent domestiques conjugué aux facteurs environnementaux. Des résultats similaires ont été obtenu par A. H. Attingli et al, 2017, p.12, lors de ces travaux sur les eaux dans la zone de pêcherie de la basse vallée de l'Ouémé. La pollution organique modérée des eaux observées en Novembre serait due aux effets de dilution subit par les nutriments ($PO_4^{3-}, NH_4^+, NO_3^-$ et NO_2^-) au cours de cette période occasionnée par l'augmentation des précipitations.

Les différents indices de contaminations ont montré un fort apport anthropique surtout pour le Cu dans les sédiments au niveau du Site St3 situé proche de la berge. En plus des apports issus des activités agricoles (engrais et pesticides), les populations font la plupart des activités domestiques et récréatives telles que la baignade, la lessive et la vaisselle. Cette contamination est favorisée par les conditions physicochimiques du milieu. En effet, le pH alcalin des eaux favorise la précipitation des métaux et limite leur libération dans les eaux, ce qui induit un enrichissement intense des sédiments en métaux (S. Djeddi et al., 2018, 1510).

L'analyse en composante principale (ACP) effectuée sur une matrice de données constituées de 12 prélèvements nous a permis de déterminer la relation entre les paramètres physico-chimiques de l'eau et les métaux dans les sédiments ainsi que les mécanismes d'enrichissement de ces derniers. Les matrices de corrélation issues de cette analyse montrent qu'au cours des deux campagnes les paramètres tels que ($PO_4^{3-}, NH_4^+, NO_3^-$ et NO_2^-) et la (DBO₅ et la DCO) évoluent dans le même sens positif (Corrélation positive), ce qui traduit une origine commune de ces

derniers. En effet, la dégradation de la matière organique peut induire une augmentation des nutriments. On observe la relation inverse entre la plupart métaux, à l'exception de Cu et du Cd. Par ailleurs, une augmentation de la matière organique dans le milieu entraîne une augmentation de la turbidité. On note une faible corrélation entre les nutriments dans le lac et le pH. En effet, une oxydation de la matière organique mène vers une diminution du pH qui est négativement corrélé aux éléments Cu, Zn, Pb et Cd ; ce qui confirme le rôle très important que joue ce dernier dans l'augmentation des teneurs des métaux et leur accumulation dans le sédiment.

CONCLUSION

Au terme de notre étude portant sur l'évaluation de la qualité des eaux et des sédiments du lac Séle, il ressort que ce dernier présente un indice de pollution organique relativement faible traduisant une forte pollution organique de l'eau. Cette pollution anthropique observée sur le lac est due aux teneurs très élevées en certains paramètres physico-chimiques (Ammonium, Orthophosphate, DCO et DBO₅) dépassants les normes et sont en relation directe avec les fertilisants azotés et phosphatés utilisés en agricultures. La répartition spatiale des teneurs en métaux lourds révèle une faible contamination des sédiments. Les indices d'évaluation de la contamination métallique Igeo et FC suggèrent que les taux élevés de Cu sont essentiellement d'origine anthropique. La corrélation positive significative observée entre les éléments métalliques Cu, Cd et Zn, confirme que ces métaux sont issus de sources similaires.

Au regard des différents résultats, nous suggérons :

- de promouvoir des engrains biologiques et de sensibiliser les paysans sur l'utilisation des engrains chimiques afin de réduire les problèmes de pollutions ;
- de sensibiliser la population sur les conséquences à moyen et à long terme des éléments traces métalliques ;
- de faire un suivi régulier des pratiques nocives pour la qualité de l'eau et renforcer l'interdiction de l'utilisation des filets à mailles serrées et des nasses lors des activités de pêches ;
- de faire un suivi régulier de la qualité des eaux du lac permettant de suivre le niveau de pollution afin de préserver la vie des espèces aquatiques et de ces populations utilisant les ressources du lac ;
- de faire d'une gestion intégrée de cet écosystème menacé par des substances chimiques

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADIDEKON Codjo Basile, 2018 : Ecologie et exploitation des poissons du lac Séle. Mémoire de Master, UAC, FSA, 29-30 pp

AMOUSSOU Robertson, ADOUNKPE Julien, AZON Nadia, DEGLA Hermione et HOUNKPE Peace, 2021 : Assessment of the temporal and spatial Variation of the Mercury Content of lake Nokoué in Southern Benin Republic (Wet Africa). The Scientific World Journal. Volume 2021, p.1359-1372.

ANDRE Gilles 1995 : Ecolochimie. Paris ; 351 P.

ANHICHEM Mimouna, Dellal Mina, Chfiri Rachid, Yahyaoui Ahmed Et Benbrahim Samir, 2017 : Étude de la qualité des eaux et des sédiments de la baie de dakhla au maroc. Qualité physico-chimique et contamination métallique, Article, 199 pp

- ATTINGLI Arthur Hermas, AHOUANSOU MONTCHO Simon, AGADJIHOUEDE Hypolite, 2017) : Paramètres physico-chimiques déterminants et état de pollution de l'eau des zones de pêcherie dans la Basse vallée de l'Ouémé au Bénin. Article. Université d'Abomey-Calavi. 12p.
- BEACHLER Laurent, 2017 : La gouvernance de l'accès à l'eau, 141-174.
- BELIAE Benoit., BOUVET Guénolé, FERNANDEZ Jean-Michel, DAVID Carine, LAUGIER Thierry, 2011 : Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT le Nickel. 169 pages.
- BOCODAHO OBM. Lucinde, CHOUTI Waris et MAMA Daouda, 2020 : Evaluation de l'état trophique des eaux du complexe lagunaire côtier du Sud-Ouest Bénin en période de hautes eaux (de Togbin à l'Embouchure Mono) ; V 14 N°7, P 2618-2628
- CAPO-CHICHI Bénédicta Priscilia, ADANDEDJAN Delphine, AGBLONON HOUELOME Matinkpon Thierry, LALEYE Philippe, 2022 : Physico-chimie et pollution organique du lac Nokoué au Sud du Bénin., 23p
- DEDJIHO Comlan. Achille. 2013 : Influence de l'état d'eutrophisation de la lagune de Gbèzoumè (Ouidah) sur sa faune aquatique. P.65
- DIMON Fidel., DOVONOU Flavien Edia., ADJAHOSSOU N., CHOUTI Waris., MAMA Daouda., ALASSANE Abdulkarim., BOUKARI Moussa, 2014 : Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé (Sud Bénin) et mise en relief de la pollution des sédiments par le plomb, le zinc et l'arsenic, Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie. P.36-42 ;
- DJEDDI Hamsa, KHERIEF Nacereddine, KEDARI Dounia et AFRI-MEHENNAOUI Fatima 2018 : Caractérisation hydrogéologique et modélisation des écoulements souterrains dans la plaine de Guelma-Bouchegouf (Nord-Est algérien). Hydrogeology Journal, 26(5), 1501-1517.
- DJIBRIL Roufai (2001) : Impact de l'utilisation des engrains chimiques et des pesticides sur la qualité de l'eau de surface dans la réserve de la biosphère de la Pendjari ; Mémoire de fin de formation CPU/UAC, P.160
- DOVONOU Edia Flavien. 2008 : Santé et Développement dans la catégorie de la géographie à la FLASH/UAC au Bénin.
- DOVONOU Flavien Edia., AINA M., BOUKARY Moussa., et ALASSANE Abdulkarim. 2011 : Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques : Cas du lac Nokoué au Sud Benin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 5(4), 1590-1602.
- DPRPIB & Gtz, 1996 : Sous-préfecture de Ouinhi : Etude de mise en valeur 119 pp
- DUPONT Ryan, WEIDHAAS Jennifer, MCLEAN Joan., ALLEN Niel, AHMADI Leila., OLSEN McKinley et KWAME Duodu, 2022: Microbial and chemical risk from reclaimed water use for residential irrigation, 298-303.
- FASSINOU Martial Nonvignon., GOUISSI Modeste Fadéby, OROU GOURA Souradjou., YESSOUFOU Bolatito Wakili., BIAOU Sylvain Tayéwo., KAKPO Hopson Kpessou, AKODOGBO Hotèkpo Hervé, TOFFA Damien Dagbédji, (2023) : Qualité physico-chimique des eaux de surfaces de l'Ouémé Supérieur au Bénin, 211-223.
- GLEICK, Peter, 2021. The World's water Volume 9 : The Biennial Report on Freshwater resources. Washington, DC : Island Press. P.319-348
- HARGUINTEGUYA Carlos, SCHREIBER René, PIGNATA Luis Maria. 2013 : Myriophyllumaquaticum as a biomonitor of water heavy metal input related to agricultural activities in the Xanaes River (Córdoba,Argentina). Ecological Indicators,27 :8–16.DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.11.018>.
- KOUAKOU Séraphin Konan, KOUAKOU Bénoit Kouamé, FELIX Koffi Konan, KOFFI Charles Boussou, (2021) : Pollution des eaux à usages domestiques par les éléments traces métalliques des

activités anthropiques : cas du sous bassin versant du fleuve Sassandra en amont du barrage de Buyo, Côte d'Ivoire. Proc. IAHS, 384 : 85–92. DOI : <http://dx.doi.org/10.5194/piahs-384-85> 2021

LECLERCQ L. (2001). Les eaux courantes : caractéristiques et moyens d'étude, dans les zones humides. Actes des colloques organisés en 1996 par le Ministère de la Région Wallonne dans le cadre de l'Année Mondiale des Zones Humides, Jambes, Région Wallonne, DGRNE. pp. 67-82.

MAMA Daouda. 2011. Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin). Thèse de doctorat de l'université de Limoges (France). 157p.

MÜLLER G. 1981 : Die Schwermetallbelastung der sediment des Neckars und seiner Nebenflusse : eine Bestandsaufnahme. Chemical Zeitung, 105 : 157-164.

NICOLAS Alsac (2007) : Dosage des métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn et Hg) dans les sols par ICP-MS. Annales de Toxicologie Analytique, 19(1). DOI: <https://doi.org/10.1051/ata:2007006>

VIAHO Christian Comlan, AHOUANSOU MONTCHO Simon, et SUANON Fidèle; 2021: Assessment of the physicochemical quality of water and sediments in Lake Ahémé (Southern Benin) and its tributaries. Journal of Water and Land Development, 48(I-III), 48-59.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

1- Contexte, Justification et Objectifs du journal

Le développement des territoires ruraux est une préoccupation prise en compte par de nombreux organismes internationaux que nationaux à travers les projets et programmes de développement.

En Afrique, le défi du développement est indissociable du devenir des espaces ruraux. Les territoires ruraux sont caractérisés par d'importantes activités rurales qui influencent sur la dynamique du monde rural et la restructuration des espaces ruraux.

En effet, de profondes mutations s'observent de plus en plus au sein du monde rural à travers les activités agricoles et extra agricoles. Des innovations s'insèrent dans les habitudes traditionnelles des ruraux. Cela affecte sans doute le système de production des biens et services et les relations entre les villes et campagnes.

Ainsi, dans ce contexte de mutation sociétale, de nouvelles formes d'organisation spatiale s'opèrent. Ces nouvelles formes dénotent en partie par les différents modes de faire-valoir. Aussi, plusieurs composantes environnementales sont-elles impactées et nécessitent donc une attention particulière qui interpelle aussi bien les dirigeants politiques, les organismes non étatiques et les populations locales pour une gestion durables des espaces ruraux.

Par ailleurs, le contexte de la décentralisation, le développement à la base implique toutes les couches sociales afin d'amorcer réellement le développement. Ainsi, la femme rurale, à travers le rôle qu'elle joue dans le système de production de biens et services, mérite une attention particulière sur le plan formation, information et place dans la société en pleine mutation.

Enfin, en analysant le contexte socioculturel et l'évolution de la croissance démographique que connaissent les campagnes, les questions d'assainissement en milieu rural doivent de plus en plus faire l'objet des préoccupations majeures à tous les niveaux de prises de décision afin de garantir à tous un cadre de vie sain et réduire l'extrême pauvreté en milieu rural.

Le Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement (*J_GRAD*) du Laboratoire de Géographie Rurale et d'Expertise Agricole (LaGREA) s'inscrit dans la logique de parcourir de façon profonde tous les aspects liés au monde rural. A ce titre, les axes thématiques prioritaires ci-après seront explorés.

1- Foncier et systèmes agraires, 2-Agroécologie et expertise agricole, 3-Changements climatiques et Développement Dural, 4-Dynamique des espaces frontaliers et développement socio-économique

Axe 1 : Foncier et systèmes agraires

- ✓ Mutations spatiales et dynamique des espaces ruraux ;
- ✓ Gestion du foncier rural et environnementale ;
- ✓ SIG et gestion des territoires ruraux ;
- ✓ Gouvernance et planification des espaces ruraux

Axe 2 : Agroécologie et expertise agricole

- ✓ Activités agricoles et sécurité alimentaire ;
- ✓ Ecotourisme ;
- ✓ Artisanat rural ;
- ✓ Territoires, mobilité et cultures
- ✓ Business et Agroécologie

Axe 3 : Changements climatiques et Développement Dural

- ✓ Agriculture et adaptations paysannes face aux CC
- ✓ Eau et agriculture
- ✓ Climat, aménagements hydroagricoles ;
- ✓ Femmes, activités rurales et CC ;

Axe 4 : Dynamique des espaces frontaliers et développement socio-économique

- ✓ Echanges transfrontaliers dans les espaces ruraux ;
- ✓ Hygiène et assainissement en milieu rural
- ✓ Echanges transfrontaliers et Cohésion Sociale
- ✓ Développement local et CC ;
- ✓

2. Instructions aux auteurs

2.1. Politique éditoriale

Le Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement (*J_GRAD*) publie des contributions originales en français ou en anglais dans tous les domaines de la science sociale.

Les contributions publiées par le journal représentent l'opinion des auteurs et non celle du comité de rédaction. Tous les auteurs sont considérés comme responsables de la totalité du contenu de leurs contributions.

Le Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement (*J_GRAD*) est semestrielle. Il apparaît deux fois par an, tous les six mois (juin et décembre).

2.2. Soumission et forme des manuscrits

Le manuscrit à soumettre au journal doit être original et n'ayant jamais été fait objet de publication au paravent. Le manuscrit doit comporter les adresses postales et électroniques et le numéro de téléphone de l'auteur à qui doivent être adressées les correspondances. Ce manuscrit soumis au journal doit impérativement respecter les exigences du journal.

La période de soumission des manuscrits est de : 15 juillet au 30 septembre 2025.

Retour d'évaluation : 15 octobre 2025.

Date de publication : 15 décembre 2025.

Les manuscrits sont envoyés sur le mail du journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement (*J_GRAD*) à l'adresse: jurnalgrad35@gmail.com ou jgradinfos@gmail.com avec copie à Monsieur Moussa GIBIGAYE <moussa_gibigaye@yahoo.fr>.

2.2.1. Langue de publication

J_GRAD publie des articles en français ou en anglais. Toutefois, le titre, le résumé et les mots clés doivent être donnés dans deux langues (anglais et français).

2.2.2. Page de titre

La première page doit comporter le titre de l'article, les noms des auteurs, leur institution d'affiliation et leur adresse complète. Elle devra comporter également un titre courant ne dépassant pas une soixantaine de caractères ainsi que l'adresse postale de l'auteur, à qui les correspondances doivent être adressées.

- Le titre de l'article est en corps 14, majuscule et centré avec un espace de 12 pts après le titre (format > paragraphe > espace après : 12 pts).
- Les noms et prénoms des auteurs doivent apparaître en corps 12, majuscule et centré et en italique.
- Les coordonnées des auteurs (appartenance, adresse professionnelle et électronique) sont en corps 10 italique et alignés à gauche.

2.2.3. Résumé

Le résumé comporte de 250 à 300 mots et est présenté en Français et en Anglais. Il ne contient ni référence, ni tableau, ni figure et doit être lisible. Il doit obligatoirement être structuré en cinq parties ayant respectivement pour titres : « Description du sujet », « Objectifs », « Méthode », « Résultats » et

« Conclusions ». Le résumé est accompagné d'au plus 05 mots-clés. Le résumé et les mots-clés sont composés en corps 9, en italique, en minuscule et justifiés.

2.2.4. Introduction

L'introduction doit fournir suffisamment d'informations de base, situant le contexte dans lequel l'étude a été réalisée. Elle doit permettre au lecteur de juger de l'étude et d'évaluer les résultats acquis.

2.2.5. Corps du sujet

Le corps du texte est structuré suivant le modèle IMReD. Chacune des parties joue un rôle précis. Elles représentent les étapes de la présentation.

2.2.5.1Introduction

L'introduction doit indiquer le sujet et se référer à la littérature publiée. Elle doit présenter une question de recherche.

L'objectif de cette partie est de mettre en avant l'intérêt du travail qui est décrit dans l'article et de justifier le choix de la question de recherche et de la démarche scientifique.

2.2.5.2 Matériel et méthodes

Cette partie doit comprendre deux volets : présentation succincte du cadre de recherche et l'approche méthodologique adoptée.

2.3.5.3 Résultats

Les résultats sont présentés sous forme de figures, de tableaux et/ou de descriptions. Il n'y a pas d'interprétation des résultats dans cette partie. Il faut particulièrement veiller à ce qu'il n'y ait pas de redondance inutile entre le texte et les illustrations (tableaux ou figures) ou entre les illustrations elles-mêmes.

2.2.5.4 Discussion

La discussion met en rapport les résultats obtenus à ceux d'autres travaux de recherche. Dans cette partie, on peut rappeler l'originalité et l'intérêt de la recherche. A cet effet, il faut mettre en avant les conséquences pratiques qu'implique cette recherche. Il ne faut pas reprendre des éléments qui auraient leur place dans l'introduction.

2.2.6 Conclusion

Cette partie résume les principaux résultats et précise les questions qui attendent encore des réponses. Les différentes parties du corps du sujet doivent apparaître dans un ordre logique.

L'ensemble du texte est en corps 12, minuscule, interligne simple, sans césure dans le texte, avec un alinéa de première ligne de 5 mm et justifié (Format > paragraphe > retrait > 1ère ligne > positif > 0,5 cm). Un espace de 6 pts est défini après chaque paragraphe (format > paragraphe > espace après : 6 pts). Les marges (haut, bas, gauche et droite) sont de 2,5 cm.

- Les titres (des parties) sont alignés à gauche, sans alinéa et en numérotation décimale
- La hiérarchie et le format des titres seront les suivants :

Titre de premier ordre : (1) MAJUSCULE GRAS justifié à gauche

Titre de 2ème ordre : (1-1) Minuscule gras justifié à gauche

Titre de 3ème ordre : (1-1-1) Minuscule gras italique justifié à gauche

Titre de 4ème ordre: (1-1-1-1) Minuscule maigre ou puces.

2.2.7. Rédaction du texte

La rédaction doit être faite dans un style simple et concis, avec des phrases courtes, en évitant les répétitions.

2.2.8. Remerciements

Les remerciements au personnel d'assistance ou à des supports financiers devront être adressés en terme concis.

2.2.9. Références

Les passages cités sont présentés en romain et entre guillemets. Lorsque la phrase citant et la citation dépassent trois lignes, il faut aller à la ligne, pour présenter la citation (interligne 1) en romain, en diminuant la taille de police d'un point. Les références de citation sont intégrées au texte citant, selon les cas, des façons suivantes :

- (Initiale(s) du Prénom ou des Prénoms de l'Auteur, année de publication, pages citées);

Exemples :

1-Selon C. Mathieu (1987, p. 139) aucune amélioration agricole ne peut être réalisée sans le plein accord des communautés locales et sans une base scientifique bien éprouvée ;

2-L'autre importance des activités non agricoles, c'est qu'elles permettent de sortir les paysans du cycle de dépendance dans laquelle enferment les aléas de la pluviométrie (M. Gueye, 2010, p. 21) ;

3-K. F. Yao *et al.*, (2018, p.127), estime que le conflit foncier intervient également dans les cas d'imprécision ou de violation des limites de la parcelle à mettre en valeur. Cette violation des limites de parcelles concédées engendre des empiètements et des installations d'autres migrants parfois à l'issu du donateur.

Les sources historiques, les références d'informations orales et les notes explicatives sont numérotées en série continue et présentées en bas de page. Les divers éléments d'une référence bibliographique sont présentés comme suit :

- Nom et Prénom (s) de l'auteur, Année de publication, Zone titre, Lieu de publication, Zone Éditeur, les pages (pp.) des articles pour une revue.

Dans la zone titre, le titre d'un article est présenté en romain et entre guillemets, celui d'un ouvrage, d'un mémoire ou d'une thèse, d'un rapport, d'une revue ou d'un journal est présenté en italique. Dans la zone Éditeur, on indique la Maison d'édition (pour un ouvrage), le Nom et le numéro/volume de la revue (pour un article). Au cas où un ouvrage est une traduction et/ou une réédition, il faut préciser après le titre le nom du traducteur et/ou l'édition (ex : 2^{nde} éd.). Les références bibliographiques sont présentées par ordre alphabétique des noms d'auteur.

2.2.10. Références bibliographiques

Citation

ATTA, K. J. M., & N'GUESSAN, K. F. (2025). IMPACT DE LA PRESSION ANTHROPIQUE SUR LA FORêt CLASSÉE DE BESSO (ADZOPÉ, COTE D'IVOIRE). Journal de géographie rurale appliquée et développement (J_GRAD), 5 (2), 1-18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14670540>

SAHABI HAROU, A., & KIARI FOUGOU, H. (2025). N OVERVIEW OF FARMER'S WATER USERS ASSOCIATION INVOLVEMENT AND EFFICIENCY IN DJIRATAWA HYDRO- AGRICULTURAL PLANNING, NIGER. Journal de géographie rurale appliquée et développement (J_GRAD), SPE(1), 95-104. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14718721>

Drs. ATCHIBA, S. J., Dr OLOUKOI, J., Dr.MAZO, I., Prof. TOKO IMOROU, I., & (2025). CARTOGRAPHIE PREDICTIVE DE L'OCCUPATION DES TERRES DANS LA COMMUNE DE KANDI. Journal de géographie rurale appliquée et développement (J_GRAD), SPE (1), 123-138. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14718878>

ABDOULAYE AMIDOU Moucktarou, KPETERE Jean, SABI YO BONI Azizou, ABOUBAKAR Sahabou, 2023, Commercialisation du bois-énergie et amélioration des conditions de vie à Karimama au nord Bénin. *Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement* N° 002, vol 4, décembre 2023, pp. 05-20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11561806>

Galtier F, David-Benz H, Subervie J, Egg J. 2014. Agricultural market information systems in developing countries: New models, new impacts. Cahiers Agricultures 23 (4-5) : 232-244. <https://doi.org/10.1684/agr.2014.0715>.

Article dans revue sans DOI

GIBIGAYE Moussa, HOUINSOU Auguste, SABI YO BONI Azizou, HOUNSOUNOU Julio, ISSIFOU Abdoulaye et DOSSOU GUEDEGBE Odile, 2017, Lotissement et mutations de l'espace dans la commune de Kouandé. *Revue Scientifiques Les Cahiers du CBRST*, 12, 237-253

Ouvrages, rapport

IGUE Ogunsola John, 2019, *les activités du secteur informel au Bénin : des rentes d'opportunité à la compétitivité nationale*, Paris, France, Karthala, 252 p.

Articles en ligne

BOUQUET Christian et KASSI-DJODJO Irène, 2014, « Déguerpir » pour reconquérir l'espace public à Abidjan. In : L'Espace Politique, mis en ligne 17 mars 2014, consultée le 04 août 2017. URL : <http://espacepolitique.revues.org/2963>

Chapitre d'ouvrage

OFOUEME-BERTON Yolande, 1993, Identification des comportements alimentaires des ménages congolais de Brazzaville : stratégies autour des plats, in Muchnik, José. (coord.). Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales, 1993, Paris, L'harmattan, 167-174.

Thèse ou mémoire :

FANGNON Bernard, 2012, *Qualité des sols, systèmes de production agricole et impacts environnementaux et socioéconomiques dans le Département du Couffo au sud-ouest du Bénin*. Thèse de Doctorat en Géographie, EDP/FLASH/UAC, 308 p.

2.3. Frais d'inscription

Les frais de soumission sont fixés à 50.000 FCFA (cinquante mille Francs CFA) et payés dès l'envoi du manuscrit.

Conformément à la recommandation du comité scientifique du Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement (*J_GRAD*), les soumissionnaires sont priés de bien vouloir s'acquitter de leur frais de publication dès la première soumission sur la plateforme de gestion des publications du Journal. Les articles ne seront envoyés aux évaluateurs qu'après paiement par les auteurs des frais d'instruction et de publication qui s'élèvent à cinquante mille francs (50.000 F CFA) par envoi, **RIA, MONEY GRAM, WU ou par mobile money (Préciser les noms et prénoms) à Monsieur GIBIGAYE Moussa, ou Mobile Money à SABI YO BONI Azizou** au numéro +229 97 53 40 77 (WhatsApp). Le reçu doit être scanné et envoyé à l'adresse suivante <journalgrad35@gmail.com> avec copie à Monsieur **Moussa GIBIGAYE <moussa_gibigaye@yahoo.fr>**

2.4. Contacts

Pour tous autres renseignements, contacter l'une des personnes ci-après,

- Monsieur Moussa GIBIGAYE +229 95 32 19 53
- Monsieur FANGNON Bernard +229 97 09 93 59
- Monsieur SABI YO BONI Azizou +229 97 53 40 77