

Activités anthropiques, sources de pollutions chimiques des rivières Sô et Djonou tributaires du lac Nokoué

Wilfrid Noudéhouénou Atchichoe, PhD Student
Flavien Edia Dovonou, PhD, Maître de conférence
Firmin Adadedji, PhD

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

Dansou Sourou Barthélémy, PhD Student

Ecole Doctorale Pluridisciplinaire Espaces, Cultures et Développement

Firmin Eninhou, Master

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

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p274](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p274)

Submitted: 15 March 2024

Accepted: 28 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Atchichoe W.N., Dovonou F.E., Adadedji F., Barthélémy D.S. & Eninhou F. (2024). *Activités anthropiques, sources de pollutions chimiques des rivières Sô et Djonou tributaires du lac Nokoué*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 274.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p274>

Résumé

Les activités anthropiques constituent les principales sources de pollution des hydrosystèmes. La présente étude a pour objectif d'inventorier les différentes pressions qui s'exercent sur les tributaires (Sô et Djonou) du lac Nokoué. Ainsi, les études antérieures sur la qualité de ces rivières sont mises à contribution et sont complétées par une enquête d'observation. La formule de Schwarz (Kresic, 2007) et les données du RGPH4 ont permis de soumettre 255 ménages vivant dans les périmètres immédiats et rapprochés des deux rivières (Sô et Djonou) à un questionnaire d'enquête. Onze arrondissements à savoir sept dans la commune de Sô-Ava et quatre dans la commune d'Abomey-Calavi abritant les deux rivières sont parcourus et une moyenne de vingt-quatre (24) ménages par arrondissement sont soumis au questionnaire. Le dépouillement des données s'est accentué autour des thématiques telles que : Présence ou non d'un système d'assainissement, mode de gestion des

déchets, diverses activités susceptibles de polluer les rivières, Cas fréquents de maladies et le traitement informatique est fait via un tableur Excel. Le lac Nokoué et ses affluents sont soumis à des pollutions chimiques, bactériologiques et organiques ayant majoritairement pour source les activités anthropiques (Études antérieures); 64% des ménages ne disposent pas d'un système d'assainissement et pratiquent la défécation à l'air libre ; 72% des ménages font une mauvaise gestion des déchets ; 20% des ménages utilisent de l'engrais NPK dans l'agriculture et le maraîchage; 69% des ménages abreuvent le cheptel directement à la rivière; 3% des ménages font le commerce de carburants avec des risques de déversement de ces produits pétroliers dans les rivières occasionnant de forte pollution chimique ; 14,41% des ménages utilisent des branchages d'acajou et des produits (1,80% des ménages) comme moyen de pêche ; 80,7% des ménages souffrent de façon récurrente du paludisme, diarrhée chronique et des infections cutanées. Des sensibilisations continues et l'appui des décideurs sont sollicités pour construire davantage les ouvrages d'assainissement et bien gérer les déchets afin de réduire les divers cas de maladies.

Mots-clés: Pollution, activités anthropiques, assainissement, déchets, maladies

Anthropogenic activities, sources of chemical pollution of the Sô and Djonou rivers tributaries of Lake Nokoué

Wilfrid Noudéhouéno Atchichoe, PhD Student

Flavien Edia Dovonou, PhD, Maître de conférence

Firmin Adandedji, PhD

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

Dansou Sourou Barthélémy, PhD Student

Ecole Doctorale Pluridisciplinaire Espaces, Cultures et Développement

Firmin Eninhou, Master

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

Abstract

Anthropogenic activities are the main sources of pollution of hydrosystems. The objective of this study is to inventory the different pressures exerted on the tributaries (Sô and Djonou) of Lake Nokoué. Thus, previous studies on the quality of these rivers are drawn on and are supplemented by an observation survey. The Schwarz formula (Kresic, 2007)

and RGP4 data made it possible to submit 255 households living in the immediate and close perimeters of the two rivers (Sô and Djonou) to a survey questionnaire. Eleven districts, namely seven in the commune of Sô-Ava and four in the commune of Abomey-Calavi sheltering the two rivers, are covered and an average of twenty-four (24) households per district are submitted to the questionnaire. Data processing was intensified around themes such as the presence or absence of a sanitation system, waste management method, various activities likely to pollute rivers, Frequent cases of illness, and computer processing done via an Excel spreadsheet. Lake Nokoué and its tributaries are subject to chemical, bacteriological and organic pollution, mainly due to anthropogenic activities (Previous studies); 64% of households do not have a sanitation system and practice open defecation; 72% of households mismanage waste; 20% of households use NPK fertilizer in agriculture and market gardening; 69% of households water their livestock directly from the river; 3% of households trade in fuel with the risk of these petroleum products being spilled into rivers, causing heavy chemical pollution; 14.41% of households use acadja branches and products (1.80% of households) as a means of fishing; 80.7% of households suffer recurrently from malaria, chronic diarrhea and skin infections. Continuous awareness raising and support from decision-makers are requested to further build sanitation works and properly manage waste in order to reduce various cases of diseases.

Keywords: Pollution, human activities, sanitation, waste, diseases

Introduction

Le lac Nokoué est bordé par la ville de Cotonou, capitale économique du Bénin, avec une population de 679012 habitants et une croissance démographique annuelle de 0,18% (INSAE 2016) ; il est considéré comme lagune la plus productive de l'Afrique de l'Ouest. (Lalèyè *et al.* 2003) . Les rejets domestiques sont directement déversés dans le lac et il y reçoit un volume d'eaux usées par an, soit 217 tonnes de DBO5 (Direction des pêches, 2004). Il existe d'autres sources de menaces notamment les effluents, industriels et agricoles, les pesticides et la pêche mais aussi à une forte intrusion saline (MAMA, 2010).

Les principaux tributaires du lac Nokoué sont les fleuves Ouémé, Sô et la lagune de Djonou. Ainsi, l'eau de la rivière Sô est fortement polluée des points de vue chimique, organique et bactériologique avec des risques élevés de contamination fécale qui pourraient conduire à l'intoxication des populations consommatrices des ressources halieutiques ; ces dernières sont exposées également au risque d'asphyxie (Sérìki, 2018).

Au niveau de la commune de Sô-Ava, la pollution du lac Nokoué et de la rivière Sô est due essentiellement à la défécation dans la nature par les populations, à la prolifération des ordures ménagères et autres déchets, à l'encombrement du lac par les acadjas, la divagation des animaux et l'invasion du lac par les jacinthes d'eau (SGP's , 2021). Aussi, Sous le pont qui relie Godomey et Abomey Calavi, l'insalubrité gagne du terrain et menace l'existence de la rivière Djonou. Au quotidien, les déchets ménagers y sont jetés, polluant ainsi l'atmosphère et le lac Nokoué (journal fraternité, octobre 2016).

Les excréments rejetés dans le lac Nokoué constituent la plus importante source de pollution bactériologique et les dépôts de branchages d'acadjas sont la principale source de pollution organique (*Kouchade ,2002*). L'impact du trafic des produits pétroliers sur le lac Nokoué et la lagune de Cotonou a engendré une très forte pollution chimique occasionnée par le déversement des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le lac (*Tossou, 2000*). Les métaux lourds (plomb, cuivre et zinc) au niveau de la zone urbaine du lac Nokoué et du chenal de Cotonou ont un impact négatif sur les huîtres (*Senouvo, 2002*). L'état des lieux des plans d'eau du Sud Bénin (*Roche internationale, 2000*) a révélé dans le lac Nokoué, la présence de polluants chimiques, microbiologiques et des matières organiques. Le système qualité de la pollution du lac Nokoué est pollué par des agents chimiques et bactériologiques.

Ainsi, plusieurs recherches se sont intéressées à la pollution du lac Nokoué et de ses tributaires mais très peu ont étudié la source de pollution des rivières Sô et Djonou tributaires du lac Nokoué. C'est ce qui justifie le choix de notre sujet de recherche intitulé : **Les activités anthropiques, sources de pollutions chimiques des rivières Sô et Djonou tributaires du lac Nokoué**, dont l'objectif général est d'inventorier les différentes pressions qui s'exercent sur les tributaires (Sô et Djonou) du lac Nokoué.

Situation géographique des rivières Sô et Djonou

La commune de Sô-Ava est comprise entre 6°24' et 6°38' latitudes Nord et entre 2° 27' et 2°30' longitude Est (Bénin Topo-foncier, 2006). Elle est située dans les départements de l'Atlantique et du Littoral et occupe la basse vallée du fleuve Ouémé (Bénin Topo-foncier, 2006). Elle se caractérise par sa richesse en plans d'eau (65% du territoire) d'où son appellation de commune lacustre et couvre une superficie de 218 km² avec une population estimée en 2006 à quatre-vingt-dix mille soixante-dix habitants (90.0070) (Bénin Topo-foncier, 2006). Elle est limitée au Nord par la commune de Zè et d'Adjohoun, au Sud par la commune de Cotonou, à l'Est par les communes lacustres des Aguégus, de Dangbo et à l'Ouest par la commune d'Abomey-Calavi (Bénin Topo-foncier, 2006). Elle est subdivisée en 42 villages répartis

sur sept (07) arrondissements. Il s'agit des arrondissements de Sô-Ava, Veky, Houédo-Aguékou, Dékanmè, Ganvié I, Ganvié II et Ahomey-Lokpo (Bénin Topo-foncier, 2006). La rivière Sô prend sa source dans le lac Hlan et est reliée au fleuve Ouémé par des marigots (Figure 1). Cette rivière est l'un des anciens bras du fleuve Ouémé, qui entre temps s'en est détaché, et qui déverse ses eaux au Nord-Ouest du lac Nokoué au niveau de la cité lacustre de Ganvié (Lalèyè, 1995). La rivière Sô est reliée à l'Ouémé par des marigots. Les débits les plus importants sont observés pendant les crues. Au moment de ces crues, elle inonde les terres et améliore le rendement des trous à poissons et des « acadjas ». La rivière Sô possède plusieurs bras, tous navigables pendant la période de crue. Il s'agit des bras d'Akassato, de Gbéssou et de celui de Zoungomey. Au nord, dans la localité de Kinto, la rivière Sô bifurque en deux bras formant un Y. Le bras de la droite conduit à la localité d'Adjohoun; celui de la gauche mène à Kpomè dans la localité de Sèhouè.

Le réseau hydrographique de la Commune d'Abomey-Calavi est constitué essentiellement de deux plans d'eau que sont le lac Nokoué et la lagune côtière Djonou. La commune se retrouve sur deux bassins versants. Plus de la moitié de la commune (307 km²) est drainée vers l'océan Atlantique et le reste (224 km²) s'écoule vers le lac Nokoué. Par ailleurs, la commune dispose d'une façade maritime juxtaposée à la lagune côtière, des marais, des ruisseaux et des marécages.

Sur le plan hydrologique, l'Océan Atlantique, le lac Nokoué, les lagunes Djonou et Todouba et les dépressions à hydromorphie temporaire ou permanente constituent les importants plans d'eau qui influencent les activités humaines dans la commune d'Abomey -Calavi. Les principaux tributaires du lac Nokoué, sont les fleuves Ouémé, Sô et la lagune Djonou. Le lac communique avec la lagune de Porto-Novo à l'est par canal de Totché. Les rivières Todouba, Dati et Ahouangan sont à leurs tours tributaires de la lagune Djonou. (ACDT, 2019)

La rivière Djonou est comprise entre 6°22'31'' Nord et 2°19'40''Est. Elle prend sa source dans les arrondissements de Hevié, de Ouédo et de togba et longe l'arrondissement de Godomey dans la commune d'Abomey Calavi localisée dans le département de l'Atlantique du Sud Bénin avant de se jeter dans le lac Nokoué. Tout au long de cette rivière, beaucoup d'activités se développent.

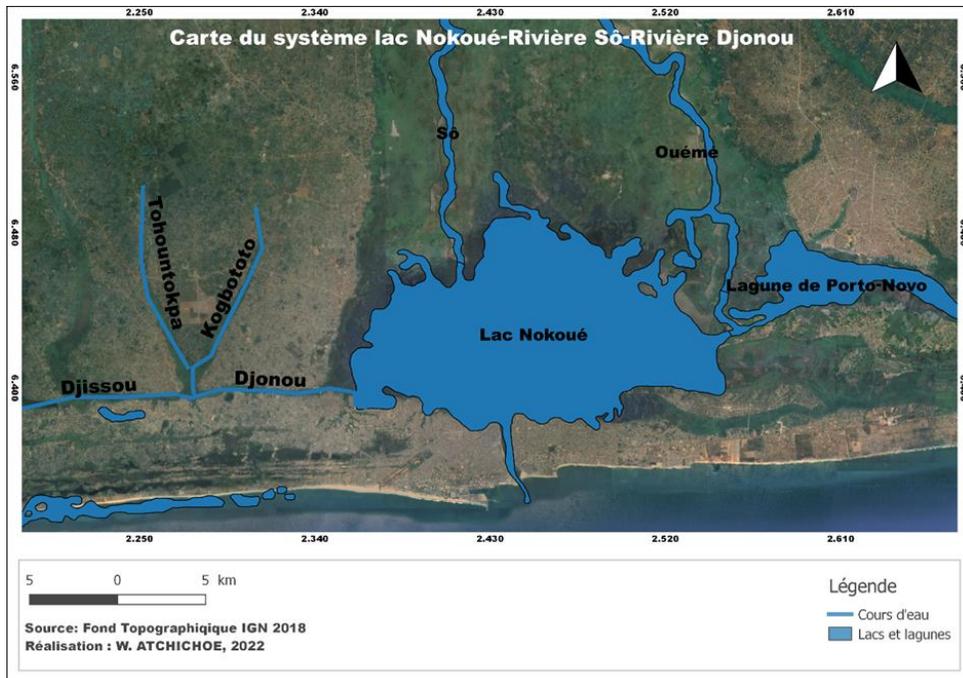


Figure 1: Carte du système lac Nokoué-Rivière Sô-Rivière Djonou

Méthodologie

1-1 Matériel de terrain

Sur le terrain, le matériel est constitué de :

- Un GPS pour la prise de coordonnées géographiques
- Barque motorisée pour le déplacement dans les ménages lacustres
- Moto pour le déplacement dans les ménages vivants sur terre ferme dans le périmètre immédiat des deux rivières
- Un appareil photographique numérique: pour la prise de vues
- Le questionnaire "ménage" : administré aux chefs de ménages et leurs conjointes, le questionnaire "ménage" aborde tous les axes de recherche en recueillant l'opinion et les comportements des ménages sur les activités susceptibles de polluer les rivières.

1-2 Recherche documentaire

La recherche documentaire s'intéressera aux mémoires, aux thèses, aux articles, aux rapports et autres documents scientifiques qui ont abordé la problématique de la pollution anthropique des cours d'eau. Elle est faite dans les centres de documentation et bibliothèques de l'UAC, de la Société Nationale des Eaux du Bénin, de la Direction Générale de l'Eau, de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi ainsi que sur des moteurs de recherche courants. Cette recherche permettra de faire une synthèse des recherches

antérieures sur la question de recherche afin de mieux orienter la collecte et le traitement des données.

1-3 Méthode pour inventorier les différentes pressions qui s'exercent sur les tributaires du lac Nokoué :

1-3.1 Taille d'échantillon et méthode d'échantillonnage

Il s'agit de faire un inventaire des différentes pressions qui s'exercent les rivières Sô et Djonou. Ainsi, les études antérieures (si elles existent) sur la qualité de ces rivières seront mises à contribution et seront complétées par une enquête d'observation selon une démarche scientifique qui permettra d'avoir une connaissance large des différentes pressions qui s'exercent sur les deux rivières. Les diverses activités (en amont et sur les rivières) seront recensées et connues et celles susceptibles de polluer ces deux rivières seront également connues. La taille de l'échantillon ainsi que la taille minimale à enquêter sont données par la formule de Schwarz (Kresic, 2007)

$$N = t^2 \times p (1-p)/m^2$$

N : taille minimale de l'échantillon

t : niveau de confiance à 95% (valeur type de 1,96)

P : proportion des ménages vivant dans les périmètres immédiats et rapprochés des rivières

m : marge d'erreur à 5 % (valeur type de 0,05)

en considérant les chiffres du RGPH4, il s'en suit que $p = 88\%$ (rivière Sô) $p = 69,5\%$ (rivière Djonou, donc on retient une proportion moyenne $p = 78,75\%$ dans le cadre de notre étude

N= 255 ménages

La collecte des données est effectuée à l'aide d'un questionnaire structuré testé avec succès, au préalable, auprès des habitants situés à proximité des rivières Sô et Djonou selon une démarche scientifique qui permet d'avoir une connaissance large des différentes pressions qui s'exercent sur les deux rivières. La méthode d'action consiste à faire un interrogatoire oral au chef de ménages rencontrés. L'observation directe de l'enquêteur est beaucoup mise à contribution pour effectuer des constats in situ. Onze arrondissements (Figure 2) à savoir sept (Sô-Ava, Veky, houédo aguékou, dékanmè, ganvié 1 , ganvié 2 et Ahomey Lokpo) dans la commune de Sô-Ava et quatre (Godomey, Togba, ouédo et Hêvié) dans la commune d'Abomey-Calavi abritant les deux rivières sont parcourus et une moyenne de vingt-quatre (24) ménages par arrondissement sont soumis au questionnaire. Les diverses activités (en amont et sur les rivières) sont recensées et celles susceptibles de polluer ces deux rivières sont également identifiées.

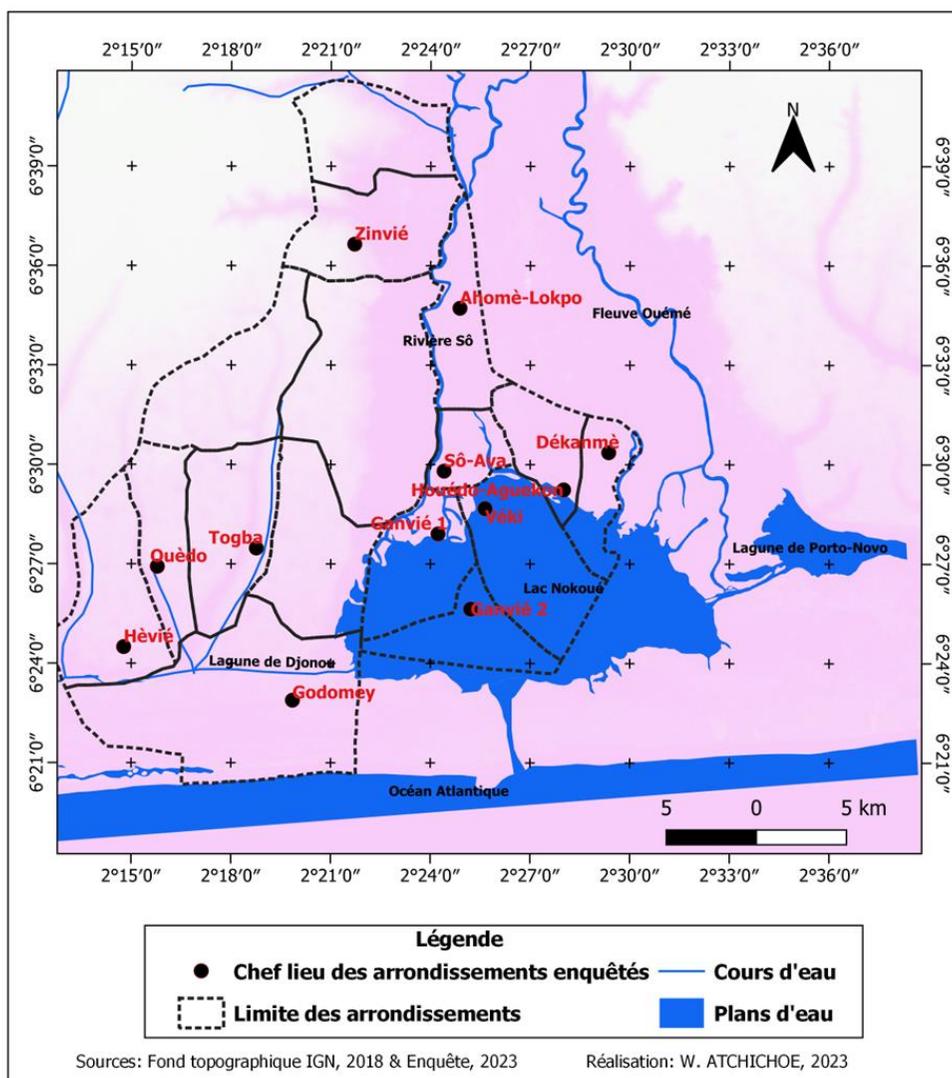


Figure 2 : Carte de la Zone d'enquête

1-3. 2 Traitement des données

Un dépouillement des fiches d'enquêtes a été fait manuellement. Les résultats issus du dépouillement constituent la base de données exploitée complétée quantitativement et qualitativement par les données statistiques recueillies au niveau des institutions spécialisées (INSAE, 2016) et sur le terrain.

1-3.3 Traitement manuel des données qualitatives

Le dépouillement des données s'est accentué autour des thématiques suivantes:

- Identification du chef ménage (Homme ou femme)
- Présence ou non d'un système d'assainissement

- Mode de gestion des déchets
- Diverses activités susceptibles de polluer les rivières
- Cas fréquents de maladie

Ensuite, les données ont été recensées par thématique, ce qui a permis d'avoir une vue globale pour l'analyse et le commentaire de ces thématiques.

1-3.4 Traitement informatique des données

Une fois la collecte des données achevée par thématique, à l'aide du tableur excel, elles ont été saisies. La base de données ainsi obtenue est présentée sous forme de tableaux pertinents à l'atteinte des objectifs de l'enquête. Ces procédés de traitement et d'analyse des données ont généré des indicateurs qui ont servi de base à l'interprétation des résultats. Les diagrammes ont été réalisés avec le logiciel Microsoft Excel.

2- RESULTATS

2-1 Etat des lieux de la pollution du lac Nokoué et ses affluents

Les études antérieures ont permis de constater que le lac Nokoué et ses affluents sont soumis à divers types de pollution comme l'indique le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Etat des lieux de la pollution du lac Nokoué et ses affluents

Lac Nokoué et Affluents	Etat des lieux de la pollution
Lac Nokoué et lagune de Cotonou	pollution chimique occasionnée par le déversement des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le lac (Tossou, 2000).
Lac Nokoué (Ganvié)	les déjections animales et humaines constituent les principales sources de pollution (Folal, 2001)
Lac Nokoué	pollution bactériologique (excrétas) et pollution organique (Kouchade, 2002).
Lac Nokoué	pollution par des agents chimiques et bactériologiques (Todjinou, 2004).
Lac Nokoué	Pollution par les métaux (plomb, aluminium et cadmium) (Agonkpahoun, 2006)
Lac Nokoué	les ions ammonium, nitrate et phosphate en concentration très élevées dans la zone méridionale du lac (Dovonou 2010)
Rivière Sô	Elle est fortement anthropisée, avec des eaux de très mauvaise qualité consécutive aux apports excessifs en matières organiques d'origines diverses (Koudénoukpo, 2017).
Rivière Sô	pollution organique liée à l'usage abusif des engrais chimiques ainsi qu'à l'élevage des porcs et bœufs (Koudénoukpo et al, 2017).

2-2 inventaire des différentes pressions qui s'exercent sur les tributaries (rivières Sô et Djonou) du lac Nokoué

2-2.1 Identification du sexe du chef ménage et de son groupe socio-professionnel

La répartition de chefs ménages selon le sexe et la proportion des divers groupes socio-professionnels des ménages enquêtés sont respectivement représentées sur les figures 3 et 4 ci-dessous

2-2.2 Existence ou non d'un système d'assainissement adéquat

Les figures 5, 6 , 7, présentent les résultats de notre enquête sur l'existence ou non d'un système d'assainissement dans les ménages. Il en résulte que 64% (Figure 5) ne disposent pas d'un système d'assainissement adéquat et défèquent majoritairement (figure 7) au bord des cours d'eau (BDC) et directement dans le Cour d'Eau (DCE). 36% des ménages (Figure 5) disposent d'un système d'assainissement adéquat et on note majoritairement dans ces ménages la présence des WC, des fosses septiques et des puisards (figure 6).

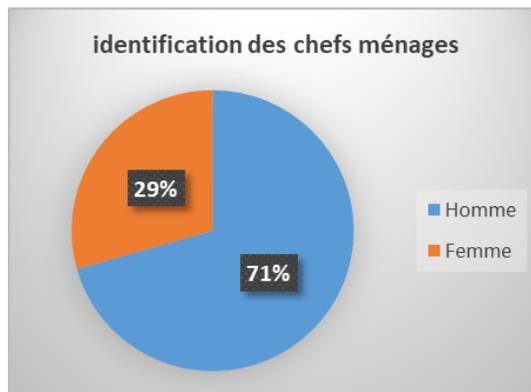


Figure 3: Répartition des chefs ménages selon le sexe

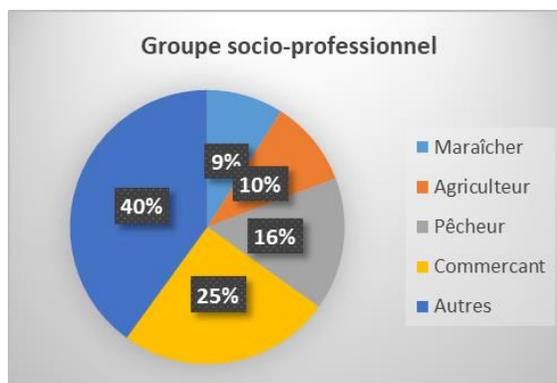


Figure 4: Proportion des divers groupes socio-professionnels des ménages enquêtés



Figure 5: Proportion des ménages disposant ou non d'un système d'assainissement adéquat

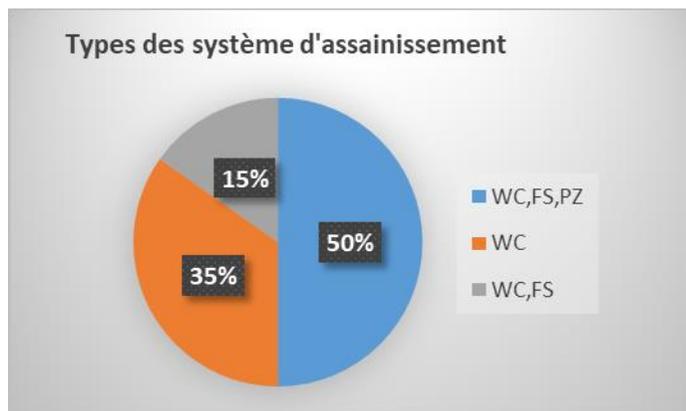


Figure 6: Répartition des ménages disposant d'un système par catégorie de système d'assainissement

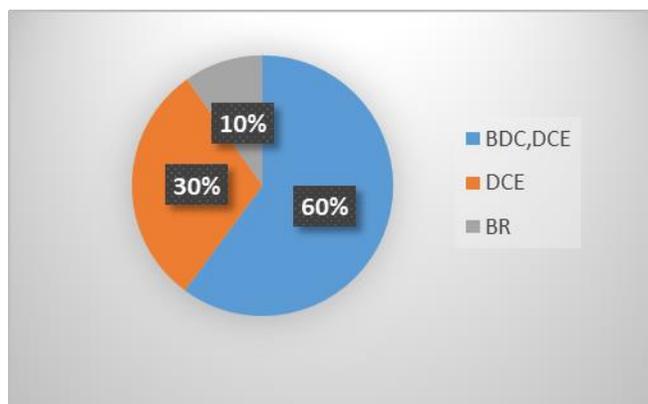


Figure 7: Répartition des ménages ne disposant pas d'un système d'assainissement par lieu de défécation



Figure 8: Proportion des ménages abonnés ou non à une société de gestion des déchets

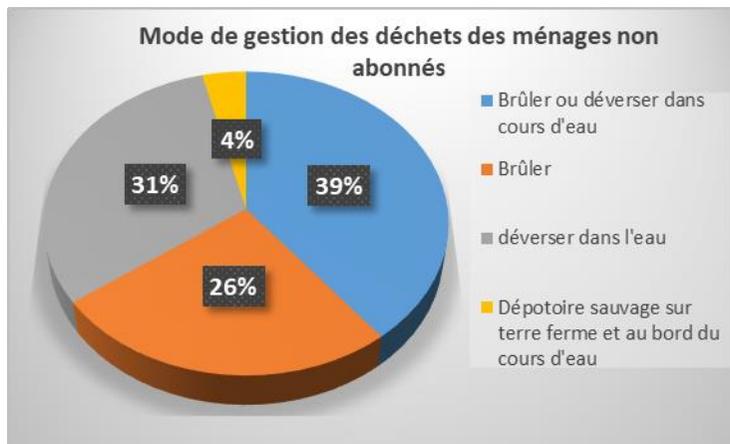


Figure 9: Mode de gestion des déchets des ménages non abonnés à une société de gestion des déchets

Gestion des 2

2-2.3 Mode de gestion des déchets

En ce qui concerne la gestion des déchets, 72% des ménages gèrent très mal leurs déchets (Figure 8) en les brûlant ; en les déversant dans le cours d'eau ou au niveau des dépotoirs sauvages (Figure 9)

2-2.4 Diverses activités susceptibles de polluer les cours d'eau (Rivière Sô et Djonou)

Les figures 10 ; 11 ; 12 et 13 montrent respectivement que ce sont les activités telles que : l'agriculture et le maraîchage à travers l'utilisation d'engrais NPK (53% des ménages) ; l'élevage (à travers le mode d'abreuvement) ; la pêche à (travers les techniques utilisées) ; et le commerce des hydrocarbures (à travers les accidents de déversement) qui sont susceptibles de polluer les rivières Sô et Djonou.

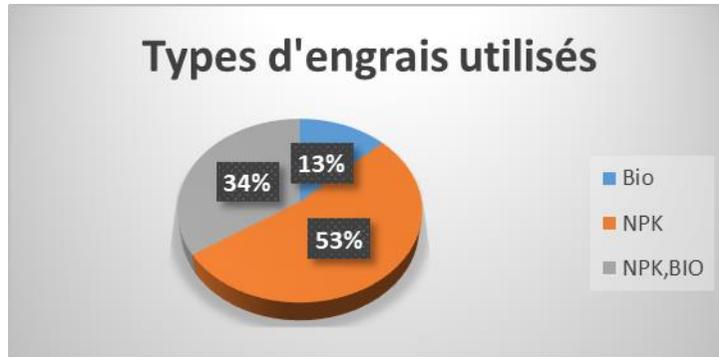


Figure 10: Proportion des ménages (agriculteurs et maraîchers) utilisateurs des divers types d'engrais



Figure 11: Proportion des ménages éleveurs disposant d'abreuvoir ou non

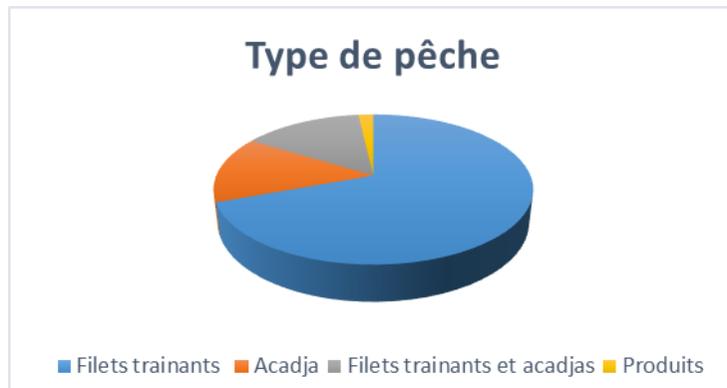


Figure 12: Proportion des ménages Pêcheurs avec leurs techniques de pêche

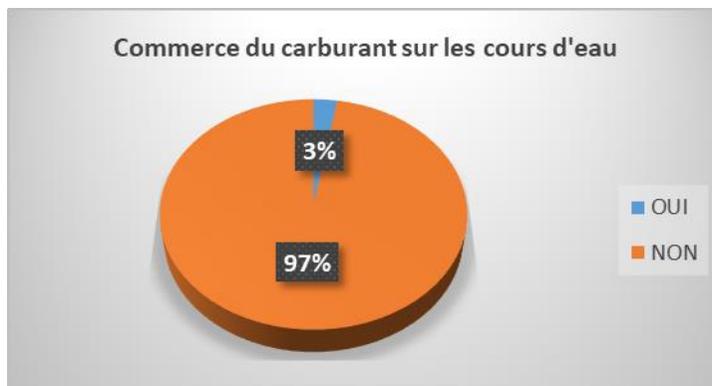


Figure 13: Proportion des ménages vendeurs d'essence ou de gasoil sur la rivière Sô

Maladies et concept de pollution selon les ménages

- Approvisionnement en Eau de consommation et maladies

Les résultats issus de l'enquête montrent que :

- ✓ 95% des ménages utilisent une source d'eau potable contre 5% qui utilisent comme source l'eau des rivières (figure 14).
- ✓ Les maladies fréquentes (Figure 15) dont souffrent ces ménages sont Paludisme (61%), diarrhée (24%) et les infections cutanées (15%)



Figure 14: Proportion des ménages selon leur source d'approvisionnement en eau

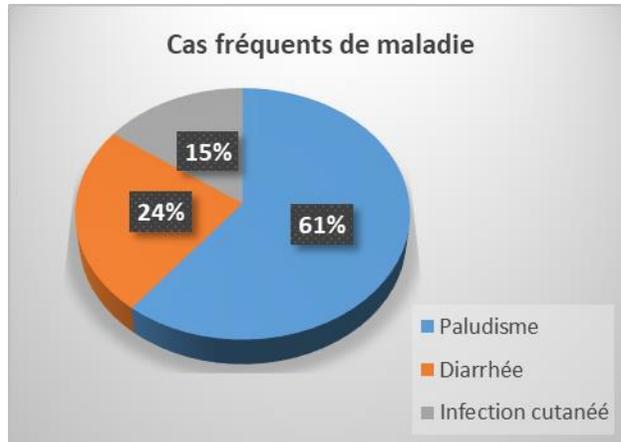


Figure 15: Proportion des différents cas fréquents de maladies

3- Discussions

- Etat des lieux de la pollution du lac et ses affluents

Le lac Nokoué est un milieu lacustre très dynamique (Bokonon-ganta, 1989) où les populations sont très exposées aux maladies hydriques (Cledjo, 1999). L'impact du trafic des produits pétroliers sur le lac Nokoué et la lagune de Cotonou a occasionné la très forte pollution chimique occasionnée par le déversement des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le lac (Tossou, 2000).

Dans le village de Ganvié, sur le lac, les déjections animales et humaines constituent les principales sources de pollution (Folal, 2001). Il est notamment démontré que les excréta rejetés dans le lac constituent la plus importante source de pollution bactériologique et que les dépôts de branchages d'acadjas sont la principale source de pollution organique (Kouchade, 2002). Le système qualité de la pollution du lac Nokoué est pollué par des agents chimiques et bactériologiques (Todjinou, 2004).

L'évaluation de la pollution des eaux continentales par les métaux toxiques dans la rivière Okpara et le lac Nokoué a abouti au résultat selon lequel les métaux lourds se retrouvent dans l'eau du lac Nokoué, dans les sédiments du lac et dans l'organisme des poissons de ce lac à des concentrations supérieures à la normale (Agonkpahoun, 2006). Ainsi dans les échantillons d'eau du lac Nokoué, les teneurs en plomb, aluminium et cadmium dépassent le seuil (Agonkpahoun, 2006). Dans les sédiments du même lac, l'aluminium, le cadmium et le zinc sont présents à des concentrations non négligeables. Des poissons prélevés dans le lac Nokoué contiennent dans leur chair du cuivre à une concentration élevée (Agonkpahoun, 2006). Or, Les métaux lourds dans l'organisme humain remplacent ou substituent les minéraux essentiels ; ont un effet antibiotique, ce qui augmente la résistance des bactéries, changent notre code génétique ;

produisent des radicaux libres ; neutralisent les acides aminés utilisés pour la détoxification ; causent des allergies ; endommagent les cellules nerveuses. (Dovonou, 2010).

Le risque écotoxicologique lié à la pollution du lac Nokoué est très grand car il y a risque de toxicité pour la faune aquatique à cause de l'ion ammonium provenant de la décomposition des excréta qui passe sous la forme de gaz ammoniac à la faveur d'une élévation du pH (par exemple grâce à l'absorption du CO₂ par la photosynthèse). Le gaz ammoniac est toxique et peut entraîner la mort des poissons, des crevettes et d'autres organismes. Les concentrations de nitrate sont au-dessus de la norme à cause du rejet des excréta dans le lac. Les risques de prolifération de plantes aquatiques par eutrophisation sont élevés dans le lac Nokoué. En effet, les ions ammonium, nitrate et phosphate en concentration très élevées dans la zone méridionale du lac peuvent induire un développement exagéré des végétaux aquatiques tels que la jacinthe d'eau qui entraînera des difficultés de navigation réduisant les activités économiques. Les risques d'asphyxie pour la faune et la flore benthiques sont liés au manque d'oxygène dissous provoqué par la forte demande en oxygène pour l'oxydation de cette grande quantité de matière organique que sont les végétaux pourris au fond du lac, les excréta jetés dans le lac, car à ce rythme, l'auto épuration du lac finira par disparaître (Dovonou, 2010).

Egalement, les analyses physico-chimiques révèlent que le secteur amont présente des valeurs compatibles à la vie aquatique tandis que les cours moyen et inférieur de la rivière Sô sont fortement anthropisés, avec des eaux de très mauvaise qualité consécutive aux apports excessifs en matières organiques d'origines diverses (Koudénoukpo, 2017).

La partie amont de la rivière Sô présente des eaux d'une bonne productivité piscicole tandis que les cours aval et moyen présentent des eaux de fortes teneurs en composés azotés et phosphorés perturbant le biotope ce qui pourrait créer un déséquilibre de la faune aquatique. Ces résultats constituent des données de base pour la mise en place d'un plan de gestion durable de la rivière et son bassin versant.(Koudénoukpo et al,2017)

Ainsi, les valeurs retrouvées dans les eaux de la rivière Sô sont supérieures aux valeurs tolérantes admises et traduisent donc l'apport excessif du lessivage et du ruissellement des terres agricoles fertilisées. Sur la rivière Sô, on note que les eaux sont beaucoup plus influencées par les différentes saisons (pluvieuse et sèche) de l'année. En effet, durant la grande saison pluvieuse et la petite saison sèche, les teneurs en sels nutritifs surtout azotés et phosphorés, deviennent importantes. Ces sels nutritifs sont drainés par les eaux de ruissellement chargées de produits de lessivage des bassins versants et par l'arrivée des eaux continentales, riches en matières organiques. Ce qui crée une pollution organique dans le cours inférieur et moyen de la rivière telle que

démontré par la typologie abiotique réalisée. Elle est également liée à l'usage abusif des engrais chimiques lors des activités agricoles qui se développent le long du bassin versant de la rivière ainsi qu'à l'élevage des porcs et bœufs qui sont laissés en divagation laissant d'importantes quantités de déjections dans la rivière. (Koudénoukpo et al, 2017).

- **Identification du sexe du chef ménage et de son groupe socio-professionnel**

Les résultats de l'enquête montrent que sur l'ensemble des chefs ménages (255) enquêtés; 71% sont des hommes et 29% sont des femmes (Figure 3). Ils appartiennent à différents groupes professionnels à savoir: maraichers (9%), agriculteurs (10%), pêcheurs (16%), commerçants (25%) et les autres activités (40%). Comme autres activités, nous avons les maçons, les menuisiers, les instituteurs, mécaniciens, dépanneurs, staffeurs, professeurs, soudeurs, agents de santé, vitriers, zémidjans etc).

- **Existence ou non d'un système d'assainissement adéquat**

La faible disponibilité de latrines fonctionnelles conduit les populations de vekky (Sô-Ava) à pratiquer beaucoup plus la défécation à l'air libre et surtout dans le cours d'eau (Dovonou et al 2022).

Il est constaté que 36% des ménages enquêtés disposent d'un système d'assainissement (WC, Fosse Septique (FS), puisard (PZ) et 64% (Figure 5) ne disposent pas d'un système d'assainissement adéquat. Notons que la majorité des ménages qui disposent d'un système d'assainissement sont dans les quatre arrondissements de la commune d'Abomey Calavi ; par contre, ceux de la commune de Sô-Ava ne disposent pas en majorité d'un système d'assainissement adéquat. Au nombre des ménages disposant d'un système d'assainissement, 50% disposent d'un WC, d'une fosse septique(FS) et d'un puisard (PZ), 35% disposent uniquement d'un WC et 15% disposent d'un WC et d'une fosse septique (FS). Au nombre des ménages ne disposant pas d'un système d'assainissement, 60% défèquent au bord des cours d'eau (BDC) et directement dans les cours d'eau (DCE), 10% font leur besoin dans la brousse (BR) et 30% défèquent uniquement dans les cours d'eau(DCE) (figure 7) ces résultats sont en accord avec ceux de Dovonou et al. (2022). Cet état de chose n'est pas reluisant et expose les cours d'eau à une forte pollution fécale.

- **Gestion des déchets**

Dans les Zones lacustres au Bénin, il se pose un problème d'habitats décents, d'assainissement, de gestion des déchets organiques et ménagers. (PNUD Bénin, 2021)

Ainsi, la gestion des déchets demeure un problème majeur dans la plupart des arrondissements de la commune de Sô-Ava. En effet, 72% des ménages enquêtés (figure 8) déclarent n'être pas abonnés à une société de collecte des ordures. Ceci est dû à l'absence des sociétés de collectes d'ordures dans les

arrondissements de la commune de Sô-Ava à cause du caractère lacustre de ces régions mais aussi au manque de moyens de certains ménages dans les quatre arrondissements de la commune d'Abomey-Calavi.

Par contre, 28% des ménages enquêtés sont abonnés à une société de collecte des ordures. Signalons que ces ménages abonnés à une société de collecte et de gestion des ordures sont exclusivement dans les quatre arrondissements de la commune d'Abomey Calavi.

La gestion des ordures par les ménages non abonnés à une société de gestion des ordures reste un problème environnemental. Néanmoins, ces ménages n'ignorent pas les risques liés à l'intoxication et à la pollution des cours d'eau. Ainsi, 4% de ces ménages jettent leurs ordures au niveau des dépotoirs sauvages, 31% déversent leur ordures directement dans le cours d'eau, 26% brûlent leurs ordures en période de décrue et 39% des ménages non abonnés brûlent ou déversent leurs ordures directement dans le cours d'eau (Figure 9). Ces différents résultats montrent les différentes pressions anthropiques qui s'exercent sur les rivières Sô et Djonou. Les déchets produits par l'ensemble des ménages sont des déchets biodégradables (déchets d'animaux, aliment pourris) et non biodégradables (sachets plastiques, verreries,) ainsi que des déchets électroménagers susceptibles de contenir des métaux lourds.

- **Diverses activités susceptibles de polluer les cours d'eau (Rivière Sô et Djonou)**

Les activités principales qui dominent en amont et sur les cours d'eau sont le commerce (25%), la pêche (16%), l'agriculture (10%) et le maraîchage (9%) comme indiqué au niveau de la figure 4. En réalité, 53,3% des ménages font de façon directe (activité principale) ou indirecte (activité secondaire) l'élevage des bœufs, des porcs et de la volaille et 43,52 % des ménages font la pêche de manière directe ou indirecte.

Ces activités polluent les cours d'eau à travers les manières dont elles sont menées ou à travers les différents produits qui sont utilisés.

C'est le cas des activités agricoles et de maraîchage, où environ 20% des ménages enquêtés utilisent de l'engrais pour accroître la productivité. Ainsi 53% des ménages ayant comme activités le maraîchage et l'agriculture utilisent de l'engrais NPK, 13% utilisent de l'engrais biologique (fientes d'animaux et laitue d'eau en décomposition) et 34% de ces ménages utilisent simultanément l'engrais NPK et Bio. Ces périmètres cultivables se retrouvent dans un rayon très rapproché des deux rivières; l'eau de ruissellement pourrait alors conduire le surplus des engrais non utilisés par les cultures vers les cours d'eau, ce qui engendrerait un enrichissement en azote et en phosphore favorisant ainsi le phénomène d'eutrophisation remarqué sur les divers tributaires (Rivière Sô et Djonou) du lac Nokoué. En ce qui concerne les activités d'élevage, 69% des ménages qui la pratiquent comme activité principales ou secondaires ne disposent pas d'abreuvoir pour abreuver le

cheptel contre seulement 31% qui en disposent (figure 11). La majorité déclare conduire directement le cheptel au bord de la rivière afin qu'ils boivent l'eau. Cette pratique favoriserait beaucoup le phénomène de pollution de ces cours d'eau.

En ce qui concerne les activités de pêche, 69,36% des ménages qui les pratiquent utilisent les filets à petites mailles ou les filets trainants, 14,41% utilisent la technique des Acadjas, 14,41% utilisent les deux techniques et seulement 1,80% utilisent les produits (débris, fientes de bœuf, provende) pour attirer les poissons. En effet les branchages d'acadja et les produits utilisés pourraient occasionner une forte pollution organique des rivières Sô et Djonou.

En ce qui concerne le commerce d'essence ou de gasoil sur les rivières, seulement 3% de l'ensemble des ménages font ce commerce contre 97% qui ne le font pas (Figure 13). L'ensemble de ceux qui font ce commerce ont avoué qu'il y a fréquemment des accidents de déversement de ces carburants dans les cours d'eau et qu'ils sont souvent passifs face aux cas d'accident de déversement. Ce constat du commerce de carburant est également fait par Koudénoukpo (2017). Ainsi, ces produits pétroliers pourraient favoriser la pollution chimique des cours d'eau (rivières Sô et Djonou) tributaires du lac Nokoué.

Ces résultats confirment ceux de Benin Topo (2006) qui stipule que sur le plan économique dans la commune de Sô ava, la pêche, l'agriculture, l'élevage, d'une part, le commerce et le tourisme, d'autre part, dominent les activités économiques. Ces deux groupes occupent respectivement 49,44% et 45,07% de la population active.

- **Maladies et concept de pollution selon les ménages**

En ce qui concerne l'approvisionnement en eau, 95% des ménages s'approvisionnent au niveau des forages contre 5% qui continuent de s'approvisionner avec l'eau de la rivière (Figure 14). Ce constat bien que reluisant, ne les épargne pas des nombreux cas de maladies directement ou indirectement liées à l'eau. Ainsi, 80,7% des ménages (figure 15) souffrent de façon récurrente des maladies suivantes: le paludisme, la diarrhée chronique, les infections cutanées, ce qui est au-dessus des résultats de Dovonou et Al (2022). Cette différence pourrait être expliquée par une limite de temps (deux dernières semaines) imposée dans le questionnaire d'enquête par ces derniers. Ces cas de maladies seraient dus à l'utilisation d'eau non potable mais aussi aux mauvaises conditions d'hygiène dans les ménages. Enfin, tous les ménages sont conscients du danger qu'est la pollution des cours d'eau. Ainsi, ils qualifient cet état de chose comme un risque progressif qui pourra nuire aux espèces halieutiques ainsi qu'aux espèces humaines. En effet, ils ont tous reconnu que c'est la pollution des rivières qui crée des nombreux cas de maladies récurrentes.

Pour pallier cet état de choses, les ménages ont souhaité qu'une sensibilisation soit faite à leur endroit suivie des sanctions pour les éventuels acteurs de la pollution; néanmoins, ils sollicitent l'appui de l'état central pour Construire davantage les ouvrages d'assainissement, bien gérer les déchets, lutter contre l'eutrophisation afin de réduire les diverses maladies hydriques.

Conclusion

L'état des lieux de la pollution du système lac Nokoué et de ses affluents révèle qu'il est pollué du point de vue chimique, bactériologique et organique et toutes ces formes de pollution ont pour sources les activités anthropiques.

L'inventaire des différentes pressions qui sont exercées sur les tributaires du lac Nokoué (Rivières Sô et Djonou) montre qu'elles sont anthropiques. Ainsi, il est remarqué un manque criard ((surtout au niveau de la rivière Sô) de système d'assainissement (WC, fosse septique et puisard); ce qui oblige la population riveraine à déféquer au bord du cours d'eau ou directement dans le cours d'eau exposant ainsi la rivière Sô à des risques élevés de contamination fécale.

Aussi, la mauvaise gestion des déchets par la population riveraine: dépotoirs sauvages (Aux abords de la rivière Djonou); déversement direct dans le cours d'eau (Rivière Sô) sont autant de pressions anthropiques que subissent les tributaires du lac Nokoué.

Enfin, diverses activités exercées par les riverains telles que l'agriculture, le commerce d'essence, la pêche, le maraîchage et l'élevage polluent les cours d'eau à travers la manière dont elles sont pratiquées mais également à travers les divers produits qui sont utilisés.

Conflit d'intérêt: Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêt

Disponibilité des données: Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article

Déclaration de financement: cette recherche est financée par le Centre excellence pour l'eau et l'Assainissement (Banque mondiale et AFD)

Déclaration relative aux participants humains: Cette étude a été approuvée par l'Institut National de l'Eau (Laboratoire d'Hydrologie Appliquée) et les principes d'Helsinki ont été respectés.

References:

1. ACDT. 2019. Construction du pôle agroalimentaire de l'agglomération du grand Nokoué à Abomey Calavi. Rapport d'EIESA.225P.
2. AGONKPAHOUN, E. 2006. *Evaluation de la pollution des eaux continentales par les métaux toxiques : Cas de la rivière Okpara et du lac Nokoué au Bénin*. Thèse de Doctorat en pharmacie, FSS /UAC, 87p.
3. BENIN TOPO-FONCIER. (2006). Monographie de la commune de Sô-Ava.108 p.
4. BOKONON, G. 1989. L'environnement et sa dynamique en milieu lacustre ouest africain : le cas de Ganvié au Bénin. Revue Géo-Eco-Trop N°13 Tome 1-4,PP.
5. CLEDJO, F.A. P. 1999. *La gestion de l'environnement dans les cités du lac Nokoué (région du littoral du sud-Bénin)*. Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement FLASH / UAC.55p.
6. Direction des pêches, 2004. *Rapport Annuel d'Activité Ministère de l'Agriculture, Elevage et Pêche, Bénin*.65P
7. DOVONOU F., ADJIMEHOSSOU F., KINDOHO M., ATCHICHOE W. 2022 .Problèmes d'Assainissement de base : contribution à l'éducation à la santé environnementale à Vekky (Sô-Ava), Journal of Applied Biosciences 174: 18069 – 18092 ISSN 1997-5902. 24P
8. DOVONOU F., 2010 .*la pollution des plans d'eau du Bénin*. Mémoire de DEA en Environnement Santé et Développement, UAC (Bénin), 67p.
9. FOLAL H. 2001 : *La pollution des eaux liées à l'évacuation des excréta en milieu lacustre : Cas du village de Ganvié sur le lac Nokoué (Bénin)*.Mémoire DIT /EPAC/UAC, 86 p.
10. FRATERNITE JOURNAL : pollution des cours d'eau de Djonou : les ressources halieutiques menaces : octobre 2016
11. INSAE.2016. Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH4-2013),85P
12. KOUCHADE M.,2002. *Evaluation de la pollution organique et bactériologique due aux excréta, eaux usées et aux déchets solides dans la lagune de Cotonou*. Mémoire DIT / EPAC
13. KOUDENOUKPO Z. C., 2017.Evaluation de la qualite ecologique de la riviere sô au sud benin (afrique de l'ouest) : diversite et distribution des assemblages de zooplancton et des macroinvertebres benthiques. Thèse de doctorat, 230P
14. KOUDENOUKPO Z., CHIKOU A., ADANDEDJAN D. 2017. Caractérisation physico chimique d'un système lotique en région

- tropicale : la rivière Sô au sud Bénin, Afrique de l'ouest. Journal of Applied Biosciences 113-11111-11122 2017. ISSN 1997-5902 18P
15. KRESIC N. , 2007. Hydrogeology and groundwater modeling. Second edition. 450p.
 16. LALEYE P., 1995. Écologie comparée de deux espèces de Chrysichthys, poissons Siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire « Lac Nokoué-Lagune de Porto-Novo » au Bénin. Thèse de doctorat, Université de Liège, 199p.
 17. LALEYE, P., C. NIYONKURU, J. MOREAU , TEUGELS G.2003. *Spatial and seasonal distribution of the ichthyofauna of Lake Nokoué, Benin, West Africa*. African Journal of Aquatic Sciences 28 (2): 151-161
 18. MAMA D., 2010. *Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin)*. Mémoire de Thèse de l'Université de Lausanne, 157p.
 19. PNUD BENIN, 2021. Les zones lacustres du Benin face aux défis du développement. Rapport d'activité 23P
 20. ROCHE INTERNATIONAL, 2000. *Etude du projet d'aménagement des plans d'eau du Sud-Bénin. Synthèse de l'état des lieux et cadre de développement, volume I*. 87 p.
 21. SENOUVO P., 2002. *Etude de l'impact des pollutions en métaux lourds (plomb, cuivre et zinc) sur l'écologie des huîtres Crassestrea gascar en zones urbaines du lac Nokoué et du chenal de Cotonou (Bénin)*. Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement FLASH/UAC, 64p
 22. SERIKI S. A., 2018 .Pollution des eaux et vulnérabilités des ressources halieutiques de la rivière So dans la commune de SO-AVA, Journal de la recherche scientifique de l'université de Lomé, 17P
 23. SGP's, 2021: Quality assured data from annual monitoring process as of june 30 ; 2021
 24. TODJINOU L., 2004. Le système qualité de la pollution du lac Nokoué. Mémoire de maitrise/FLASH/UAC,102P
 25. TOSSOU S., 2000. *Impact du trafic des produits pétroliers sur les écosystèmes lacustres : Cas du lac Nokoué et de la lagune de Cotonou (Bénin)*. Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement FLASH / Université d'Abomey-Calavi, 132 p.