

Niveau de contamination des poissons par les pesticides et par les métaux lourds dans le fleuve Sénégal et ses affluents, Mali

Hanni KONE*, Farmata Koro YARO, Aminata SY, Agnès TOGO, Bintou BERTHE
et Fily Balla DEMEBELE

Laboratoire National des Eaux (LNE), BPE 4161, Sotuba Mali Univers, Bamako, Mali

(Reçu le 07 Juillet 2025 ; Accepté le 11 Août 2025)

* Correspondance, courriel : hannikone21@yahoo.fr

Résumé

L'étude évalue le niveau de contamination des poissons par les pesticides et par les métaux lourds dans le fleuve Sénégal et ses affluents, Mali. Depuis quelques années, les effets de changement climatique, la croissance démographique et les activités anthropiques ont eu un impact néfaste considérable sur les ressources en eau au Mali. L'utilisation de ces eaux pour des besoins en eau potable ou d'autres usages est devenue une préoccupation majeure pour les utilisateurs et la vie aquatique est menacée. Des prélèvements des échantillons de poissons et de l'eau ont été faits sur le Bakoye, Bafing, Falémé et le fleuve Sénégal. La caractérisation des pesticides dans les eaux et dans les poissons a été faite par la méthode NF EN 15662. La méthode de la spectroscopie de fluorescence X (XRF) a été utilisée pour déterminer les métaux lourds dans les poissons. La teneur moyenne en mercure et en cadmium étaient respectivement à 375 mg/kg dont la moyenne maximale a été décelée à Diangola dans le poisson chien avec 526 mg/kg dépassant la norme (0,50 mg/kg) et à 14,8 mg/kg dépassant nettement la norme (0,25 mg/kg). La teneur moyenne en aldrine dans les poissons était à 1,47 mg/kg dépassant la valeur Guide de l'OMS (0,00003 mg/L). L'étude révèle que ces cours d'eau subissent une pollution liée aux pesticides et aux métaux lourds engendrant la contamination des poissons. Ces résultats permettront d'actualiser les données scientifiques de la zone et d'amener les autorités à la prise des mesures fortes afin de protéger ces cours d'eau.

Mots-clés : *contamination, poissons, pesticides, métaux lourds, fleuve Sénégal, affluents.*

Abstract

Level of contamination of fish by pesticides and heavy metals in the Senegal River and its tributaries, Mali

The study evaluates the level of contamination of fish by pesticides and heavy metals in the Senegal River and its tributaries, Mali. In recent years, the effects of climate change, population growth, and anthropogenic activities have had a considerable negative impact on water resources in Mali. The use of this water for potable needs or other uses has become a major concern for users, and aquatic life is threatened. Samples of fish and water have been collected from the Bakoye, Bafing, Falémé, and the Senegal River. The characterization of pesticides in water and fish has been carried out using the NF EN 15662 method. The

method of X-ray fluorescence spectroscopy (XRF) was used to determine heavy metals in fish. The average mercury and cadmium contents were 375 mg/kg, with the maximum average detected in Diangola in dogfish at 526 mg/kg, exceeding the standard (0.50 mg/kg), and at 14.8 mg/kg, significantly exceeding the standard (0.25 mg/kg). The average aldrin content in fish was 1.47 mg/kg, exceeding the WHO guideline value (0.00003 mg/L). The study reveals that these waterways are suffering from pollution related to pesticides and heavy metals, leading to fish contamination. These results will allow for the updating of scientific data for the area and prompt authorities to take strong measures to protect these waterways.

Keywords : *contamination, fish, pesticides, heavy metals, Senegal River, tributaries.*

1. Introduction

Dans l'agriculture, les pesticides sont de plus en plus employés dans le cadre d'usages urbains, ce qui rend plus difficile l'identification des sources conduisant à leur introduction dans les cours d'eaux [1]. La dégradation des écosystèmes aquatiques devient de plus en plus avancée avec le temps [2]. Les plans et cours d'eau deviennent de plus en plus pollués faute d'une mauvaise gestion [3]. Des voies majeures d'apport sont identifiées, soit en tant que sources diffuses (lessivage des surfaces traitées par les précipitations, retombées atmosphériques en périodes de traitement), soit en tant que rejet ponctuel (exutoires pluviaux collectant les eaux urbaines de ruissellement) [1]. Il y a aussi la contamination des eaux souterraines (nappe phréatique) par des produits chimiques (pesticides, engrais azotés, métaux lourds etc.). Pour remédier à la pénurie d'eau, les pouvoirs publics envisagent l'utilisation des eaux de surface comme source de ravitaillement en eau potable. Cette solution paraît difficile à réaliser [4]. Les pesticides et des métaux lourds présents dans l'environnement ont des conséquences néfastes sur les êtres vivants, en particulier chez l'Homme où l'exposition aux pesticides peut causer des maladies neurodégénératives, congénitales et divers types de cancer [5]. L'accumulation des HAP pétrogéniques et leur dégradation et/ou transformation dans le lac ont des influences à court ou à long terme sur les poissons et les populations qui exploitent et utilisent cette ressource naturelle [6]. La diversité biologique du lac Nokoué connaît une érosion depuis des années due à plusieurs facteurs dont le plus important aujourd'hui est la pollution organique, chimique et biologique dont les plus dangereux sont ceux chimiques (métaux toxiques, des pesticides chimiques, micro polluants industriels dont les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les polychlorobiphényles, les détergents industriels, les dioxines et autres produits dérivés) [7]. La pollution des eaux de surface par les métaux lourds, les pesticides, les engrais, les hydrocarbures et les organismes pathogènes, constitue un véritable problème environnemental et sanitaire [8]. Ces « menaces environnementales » constituent un risque majeur pour la santé (apparition et/ou recrudescence de pathologies diverses : maladies cancéreuses, maladies métaboliques, malformations congénitales, pathologies cardio-vasculaires et respiratoires [9]. Le cadmium peut provoquer un stress oxydatif chez les rats Wistar et les cellules lymphocytaires humaines réduisant ainsi le système de défense antioxydant des cellules [10]. Le mercure persiste dans l'environnement où il circule, sous diverses formes, entre l'air, l'eau, les sédiments, le sol et le biote. Il pénètre dans l'organisme par plusieurs voies dont la principale est l'inhalation des vapeurs de mercure métallique et près de 80 % des vapeurs de mercure inhalées sont absorbées par les poumons (alvéoles) [11]. En 2017, des pesticides sont retrouvés dans 80 % des masses d'eaux souterraines avec environ un quart d'entre elles dépassant le seuil réglementaire de 0,5 µg/l pour la somme des pesticides dont de leurs métabolites détectés et quantifiés [12]. La population est exposée aux pesticides via l'alimentation, même si la contribution de l'apport alimentaire à l'exposition totale est souvent mal identifiée. Elle est également exposée à d'autres sources telles que l'eau, l'air extérieur (particulièrement en zone rurale), l'air intérieur et son utilisation dans les jardins ou sur les animaux domestiques [13]. En effet, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) indique 250 000 décès

chaque année dans le monde par empoisonnement dû aux pesticides [14]. En Côte d'Ivoire, les données sur le quotient de risque suggèrent que les rivières Bia, Tanoé et Comoé présentent des risques élevés chroniques pour les organismes aquatiques ; Les concentrations de pesticides dans la rivière Bia sont susceptibles de présenter des risques chroniques pour la santé des enfants de 0 à 11 ans [15]. La protection des écosystèmes aquatiques est essentielle à la fois pour l'équilibre des espèces aquatiques et une alimentation saine des populations [16]. En Guyane, ces poissons représentent une ressource essentielle pour les populations locales mais ils sont mis en danger par différentes activités anthropiques et en particulier par le développement d'activités minières [17]. En Afrique, le poisson pourrait jouer un rôle important dans l'amélioration de la sécurité alimentaire et du statut nutritionnel car plus de 200 millions d'africains le consomment régulièrement. Il est une source importante de protéines et de minéraux pour les communautés rurales sous toutes les formes de consommation : frais, séché ou réduit en poudre [18]. En Afrique de l'Ouest, la pêche et la transformation artisanale des captures contribuent significativement à l'auto-emploi, à la rentrée de devises et aux stratégies pour atteindre la sécurité alimentaire et nutritionnelle [19]. Le poisson représente une part importante de la consommation alimentaire journalière pour les populations du Mali et environnant [20]. Par le ruissellement ou par le drainage des eaux de pluie, ces substances chimiques peuvent se retrouver dans les cours d'eau et pour mettre en danger la vie aquatique. A ce jour, il existe peu de données sur des pesticides et des métaux lourds sur le fleuve Sénégal et affluents. Dans ce contexte qu'une évaluation du niveau de contamination des poissons par les pesticides et par les métaux lourds s'est avérée nécessaire. La limite de cette étude était le manque de moyens adéquats pour la conservation des poissons frais sur le terrain. Malgré ces conditions, certains poissons ont fait l'objet de l'analyse au laboratoire. Les résultats ne concernent que les échantillons soumis à l'analyse au niveau de nos laboratoires. Cependant, il serait très important de renforcer la surveillance de la qualité des eaux pour une meilleure prévention en cas de danger.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

Cette partie représente la description de la zone d'étude, la liste des sites avec leurs coordonnées géographiques, la cartographie des sites de prélèvement, les matériels in situ, les solvants et les réactifs utilisés.

2-1-1. Description de la zone d'étude

Le découpage en zones homogènes du bassin du fleuve Sénégal a été effectué sur la base de principales conditions hydrologiques et hydriques qui peuvent être liées aux aménagements hydrauliques et qui entraînent des modifications dans la situation environnementale. La plus grande partie du haut bassin est située au Mali. Cette partie occupe la presque totalité de la région de Kayes (Kayes, Bafoulabé, Diéma, Kéniéba, Kita, Yélimané soit 6 cercles sur 7) et une partie de la région de Koulikoro (Koulikoro, Kati, Banamba, Kolokani soit 4 cercles sur 7). Sa superficie est estimée à 155 000 km² soit plus de 10 % du territoire national. La partie malienne du bassin est couverte par trois zones agro - climatiques : la zone sahélienne au nord, où l'activité dominante est l'élevage, la zone soudanienne au centre, zone de cultures céréalières et la zone pré-guinéenne au sud, avec comme activités dominantes l'agriculture et l'orpaillage. Le climat est de type soudanien et très contrasté avec une saison sèche de 5 mois et une saison pluviale de 6 mois (mi-mai à mi-octobre). La pluviométrie annuelle passe de 800 mm au nord à 1 200 mm au sud. L'évaporation annuelle est de 1 800 mm. La température moyenne est de 28°C. Une zone sub-humide au sud et une zone sub-aride au nord. Le suivi de cette partie du bassin se justifie par la nécessité de mieux connaître les conditions hydrauliques à travers le réseau hygrométrique et les crues à travers le réseau des stations hydrologiques. Le substratum géologique

du bassin du fleuve Sénégal est principalement constitué de roches sédimentaires du primaire avec des roches intrusives du secondaire ayant donné naissance par endroit à des schistes. Les principales formations rencontrées sont les roches sédimentaires, les dolorites, les formations granitiques et les roches métamorphiques. Très accidenté et tourmenté dans la partie sud du Bafing, le relief s'adoucit légèrement à l'approche des plateaux et des plaines de Diakaba, Bakouroufata, Maïna. Un réseau hydrographique dense, formé de multiples cours d'eau torrentiels, alimente le Bafing. La savane souvent arborée, recouvre les plateaux et s'accroche aux pentes accentuées de petites vallées étroites, et encaissées. La succession de plateaux dominés par des massifs rocheux, de vallées étroites et de petites plaines rend certains sites pittoresques. Avec un bassin fluvial de près de 337 000 km² et une longueur de 1800 km, le Sénégal est le deuxième grand fleuve de l'Afrique de l'ouest. Son bassin versant s'étend d'amont en aval sur le territoire de la Guinée (11 %), du Mali (53 %), du Sénégal (10 %) et de la Mauritanie 26 %. Par an, le fleuve Sénégal déverse en moyenne de 22 milliards de mètres cubes avec un débit moyen de 7 milliards de mètres cubes et un maximum de 41 milliards de mètres cubes. Il devient fleuve à Bafoulabé (Mali) avec les apports du Bafing et du Bakoye. En aval de Bafoulabé, les principaux affluents sont la Kolombiné, le Karakoro, et la Falémé [21]. La présente étude a été réalisée dans les cercles de Kita, Kéniéba, Bafoulabé, et Kayes. Le **Tableau 1** représente les sites de prélèvement et leurs coordonnées géographiques.

Tableau 1 : Sites de prélèvement sur les cours et leurs coordonnées géographiques

Sites	Coordonnées		Cours d'eau
	Latitude Nord	Longitude Ouest	
Diangola	12,8638889	-9,47722222	Bakoye
Oualia	13,8277778	-10,5875	
Daka-saidou	11,948333	-10,860556	Bafing
Mahina	13,8638889	-11,0633333	
Moussala	12,6669444	-11,4111111	Falémé
Fadougou	12,6255556	-11,3888889	
Mahinamine	13,127222	-11,585278	
Djidjan-barrage	13,2172222	-11,4947222	
Gourbassi	13,5894444	-11,6919444	
Ambidédi	14,6013889	-11,8069444	Sénégal
Félou Aval	14,4938889	-11,5855556	
Galougo	13,9988889	-11,1119444	

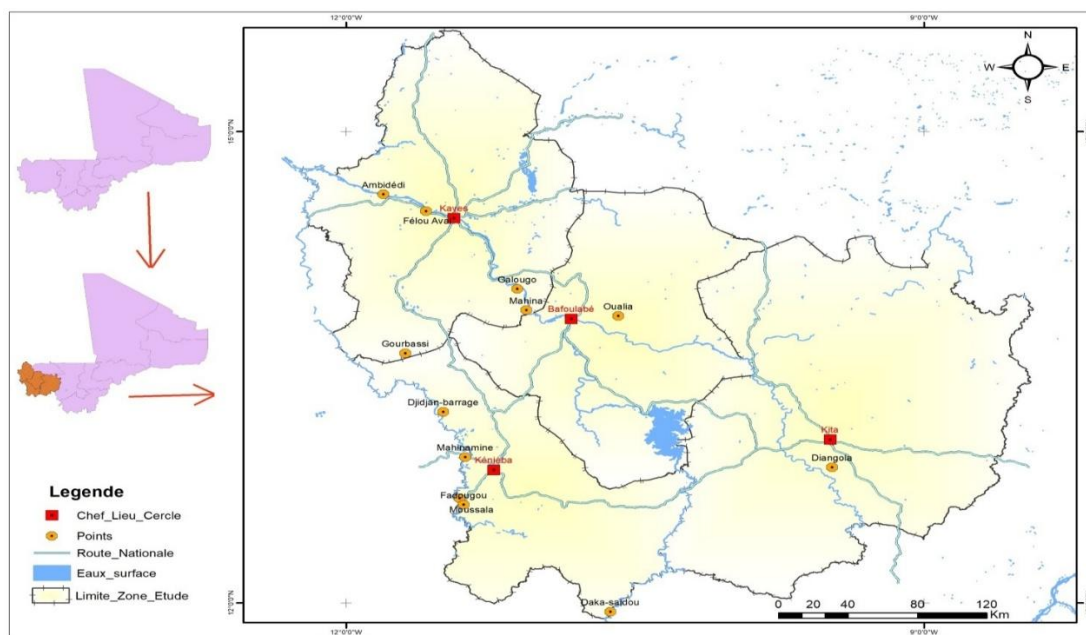


Figure 1 : Localisation des points de prélèvement [22]

2-1-2. Matériel

Des plastiques biodégradables, des flacons d'un litre pour les échantillons d'eau, des Marqueurs, des gants, cache nez, pipettes jaugées, fioles jaugées, acide nitrique concentré à 4 %, les sachets plastiques, packs de glace et des glacières pour le stockage des échantillons de poissons, Chromatographe en Phase Gazeuse (CPG). Les solvants et réactifs sont :

a. Solvants et réactifs pour extraction des eaux

Acétone, Hexane, Dichlorométhane, Florisil, Sulfate de sodium (Na_2SO_4), Chlorure de sodium (NaCl) saturé et Diéthyl éther.

b. Solvants et réactifs pour extraction des poissons

Dichlorométhane, Hexane, Na_2SO_4 , Laine de verre, Diéthyl éther, Acétone, Acide Sulfurique. Pour les pesticides, la norme utilisée pour apprécier la qualité des poissons et de l'eau est le tableau ci-après.

Le **Tableau 2** représente les limites de quantification et les normes de qualité environnementale des résidus de pesticides.

Tableau 2 : Limites de quantification et des normes des pesticides recherchés

Résidus de pesticides	LOQ (mg/kg)	NQE (mg/kg)
Aldrine	0,002	0,08
Dieldrine	0,003	0,00667
Endrine	0,003	0,0624
Endosulfane A	0,003	0,006
Heptachlor	0,002	0,00274
Lindane	0,002	0,00138
Malathion	0,008	0,00067
Endosulfane B	0,002	-
op'DDT	0,003	-
pp'DDT	0,002	-
Deltaméthrine	0,004	-
Parathion éthyle	0,007	-

LOQ : Limite de Quantification ; NQE : Normes de Qualité Environnementale.

Le **Tableau 3** représente des limites de quantification et des valeurs Guides/OMS pour les poissons.

Tableau 3 : Limites de quantification et les valeurs Guide/OMS pour les poissons

Résidus de pesticides	LOQ (mg/kg)	Valeurs Guide/OMS (mg/L)
Aldrine	0,002	0,00003
Dieldrine	0,003	0,00003
Endrine	0,003	0,0006
Lindane	0,002	0,002
Deltaméthrine	0,004	-
Endosulfane A	0,003	-
Heptachlor	0,002	-
Malathion	0,008	-
Endosulfane B	0,002	-
op'DDT	0,003	-
pp'DDT	0,002	-
Parathion éthyle	0,007	-

LOQ : Limite de Quantification ; LMR : Limites Maximales de Résidus ; 1 mg/kg = 0,001 ml/l.

2-2. Méthodes

Dans le cadre de cette étude, les travaux ont été menés suivant deux phases principales : sur le terrain et au laboratoire. Sur le terrain, des prélèvements des échantillons de poissons et des eaux ont été faits. Les métaux lourds déterminés dans les poissons sont le mercure (Hg), le fer (Fe), le chrome (Cr), la manganèse (Mn), le nickel (Ni), l'arsenic (As), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et les matières actives recherchées dans les poissons et dans les échantillons d'eau sont les résidus de pesticides à savoir l'aldrine, le dieldrine, l'endrine, l'endosulfan A, l'endosulfan B, l'heptachlor, le lindane, l'op'DDT, le pp'DDT, le deltaméthrine, le malathion et le parathion éthyle. Il n'y a pas eu de techniques appropriées pour pêcher les poissons dans les cours d'eau mais la plupart des poissons a été acheté dans les marchés des sites correspondants ou acheté directement auprès des pêcheurs. Les types de poissons analysés sont entre autrement *Konkan* : (Synodontis), *Zarani* : (Alestes), *Baman* : (Labeo), *Poisson chien* : (Hydrocynus), Silure : (Clarias) et Carpe : (Tilapia). Les poissons prélevés ont été mis dans les papiers aluminiums, étiquetés et conservés au frais dans un mini congélateur et les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles teintées en polyéthylène de 1000 millilitres préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés avec de l'eau distillée. Les bouteilles ont été remplies jusqu'au bord avec l'eau et en inscrivant sur chaque flacon un numéro de référence et dans le cahier toutes les informations concernant l'endroit de prélèvement telle que : le nom de la région, du cercle, la commune, le type de pompage, la date, et l'heure. Le marquage des flacons est fait à l'encre indélébile et l'étiquette est de type imperméable, afin d'éviter toute hésitation lors de l'identification des échantillons au moment des analyses. Les échantillons d'eau prélevés ont été impérativement conservés au froid dans des glacières isolées contenant de la glace ou des packs de glace et à l'abri de la lumière, y compris pendant leur transport vers le lieu d'analyse. Les échantillons d'eau destinés pour caractérisation des éléments traces métalliques ont été acidifiés avec de l'acide nitrique concentré à 4 % et peuvent être conservés jusqu'à six mois avant d'être analysés. Les méthodes utilisées sont la méthode NF EN 15662 pour les pesticides et celle de la spectroscopie de fluorescence X (XRF) pour déterminer les métaux lourds. La campagne d'échantillonnage a été réalisée du 05 au 20 mars 2021. Au total, douze (12) sites ont l'objet de prélèvement des échantillons de poissons et d'eau.

3. Résultats et discussion

3-1. Teneurs des pesticides recherchés dans les cours d'eau

Les résultats de résidus de pesticides des eaux prélevées sur les sites d'échantillonnage de Bakoye, de Bafing, de la Falémé et du fleuve Sénégal sont consignés dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Résultats de résidus de pesticides recherchés dans les eaux [22]

Résidus de pesticides recherchés	E1	E12	E2	E11	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
	Cours d'eau											
	Bakoye		Bafing		Falémé				Fleuve Sénégal			
Aldrine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	2,38	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Deltamethrine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Dieldrine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1,66	1,68	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Endrine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Endosulfane A	< LOQ	< LOQ	< LOQ	2,26	0,81	< LOQ	2,41	0,86	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1,24
Endosulfane B	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Heptachor	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Lidane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Op'DDT	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	3,38	2,81	1,27	1,38	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Parathion éthyle	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Pp'DDT	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

Source : Laboratoire Central Vétérinaire (LCV)

E : Echantillon, LOQ : Limite de Quantification, < : Inférieur

Les résultats montrent que des concentrations de résidus de pesticides ont été retrouvées dans les cours d'eau. Des concentrations élevées de dieldrine et d'endosulfan A ont été trouvées respectivement dans l'échantillon E11 avec 1,66 mg/kg et 2,26 mg/kg. Des concentrations élevées de dieldrine avec 1,68 mg/kg, de l'endosulfan A avec 0,81 mg/kg et de op'DDT avec 3,38 mg/kg ont été décelées dans l'échantillon E3. De même, l'aldrine avec 2,38 mg/kg et de op'DDT avec 2,81 mg/kg ont été trouvées dans l'échantillon E4. Des concentrations élevées de l'endosulfan A avec 2,41 mg/kg ; 0,86 mg/kg et de op'DDT avec 1,27 mg/kg ; 1,38 mg/kg ont été trouvées respectivement dans les échantillons E5 et E6. Des concentrations élevées de l'endosulfan A avec 1,24 mg/kg ont été aperçues dans l'échantillon E10. Ces valeurs sont supérieures aux normes (NQE). Ces résultats peuvent s'expliquer par la présence d'intenses activités agricoles dans la zone. Au Niger, les résultats des travaux réalisés ont montré qu'en saison sèche, les teneurs en résidus de pesticides ont varié pour l'Aldrine entre 0,048 et 0,18 mg/Kg à Tabalak, elles étaient sensiblement de 0,088 mg/Kg à Guidimouni. En saison pluvieuse, l'Aldrine, la DDT et le Dicofol ont été détectés au niveau de toutes les parties de ces plans d'eaux [23]. En côte d'Ivoire, les résultats des travaux réalisés ont montré que les valeurs moyennes des pesticides quantifiés dans l'eau sont supérieures aux normes de qualité de l'eau potable (NQEau) de l'OMS fixées à 0,5 µg L⁻¹ pour l'ensemble des matières actives et à 0,1 µg L⁻¹ pour les matières actives individuelles à l'exception de l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et l'heptachlor-époxyde fixées à 0,03 µg L⁻¹ [14]. A l'Ouest de l'Algérie, les résultats des travaux réalisés ont montré que les pesticides appartenant à plusieurs familles détectées dans la plupart des échantillons, en eaux de surface comme souterraines. Les concentrations mesurées dépassent de loin les normes en vigueur de 1,0 µg/L. Les concentrations maximales de certains pesticides souvent détectés durant la période de cette étude sont : le Phénylthiophosphate de O-éthyle et de O-4-nitro phényle (EPN) 195,98 µg/L, le méthyl parathion 89,01 µg/L et l'Azinophosphate-méthyl 56,66 µg/L dans les eaux superficielles [24]. Les résultats de ces études antérieures cités corroborent avec les résultats de la présente étude.

3-2. Teneurs des pesticides recherchés dans les poissons étudiés

Les résultats de résidus de pesticides dans les poissons étudiés sur les sites d'échantillonnage de Bakoye, de Bafing, de la Falémé et du fleuve Sénégal sont consignés dans le **Tableau 5**. Les noms des poissons étudiés sont Konkou : (Synodontis), Zarani : (Alestes), Baman : (Labeo), Poisson chien : (Hydrocynus), Silure : (Clarias) et Carpe : (Tilapia).

Tableau 5 : Résultats de résidus de pesticides recherchés dans les poissons

Matières actives recherchées	E1	E12	E2	E11	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
	Cours d'eau											
	Bakoye		Bafing		Falémé				Sénégal			
	Carpe	Carpe	Carpe	Zarani	Silure	Silure	Konkon	Silure	Carpe	Silure	Silure	Carpe
Aldrine	< LOQ	< LOQ	1,59	< LOQ	1,54	1,83	< LOQ	0,91	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Deltamethrine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Dieldrine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Endrine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Endosulfane A	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,21	1,94	2,56	1,98	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1,24
Endosulfane B	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Heptachlor	< LOQ	< LOQ	0,53	< LOQ	0,83	2,31	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Lidane	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Malathion	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Op'DDT	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	4,28	3,48	0,57	3,28	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Parathion éthyle	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Pp'DDT	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

Source : Laboratoire Central Vétérinaire (LCV)

Les résultats montrent que des concentrations de résidus de pesticides ont été retrouvées dans les poissons. Des concentrations élevées de l'aldrine ont été trouvées dans l'échantillon E2 avec 1,59 mg/kg pour le carpe et dans les échantillons E3 avec 1,54 mg/kg, E4 avec 1,83 mg/kg et E6 avec 0,91 mg/kg pour les silures. Des concentrations élevées de l'endosulfan A ont été trouvées dans les échantillons E3, E4, E6, E5 et E10 respectivement avec 0,21 mg/kg ; 1,94 mg/kg ; 1,98 mg/kg pour les silures ; avec 2,56 mg/kg pour le konkou et 1,24 mg/kg pour le carpe. Des concentrations élevées de heptachlor ont été aperçues dans les échantillons E2 avec 0,53 mg/kg pour le carpe ; avec 0,83 mg/kg et 2,31 mg/kg pour les silures. Des concentrations élevées de op'DDT ont été décelées dans les échantillons E3 avec 4,28 mg/kg ; E4 avec 3,48 mg/kg ; E6 avec 3,28 mg/kg pour le silure et E5 avec 0,57 mg/kg pour le konkou. Les activités agricoles peuvent être la source principale de cette contamination. Les résultats de la présente étude confirment les résultats des travaux réalisés en Côte d'Ivoire où les concentrations de métoxuron, de simazine, d'aldicarbe, de déséthylatrazine et de métolachlore dans l'eau variaient de 0 à 159 µg L⁻¹ et de 0 à 40,66 µg kg⁻¹ dans les tissus musculaires des poissons [25]. Dans le District de Bongo au Ghana, les résultats des travaux réalisés ont montré que les concentrations moyennes de pesticides dans le poisson variaient de 0,007 mg·kg⁻¹ à 1,026 mg·kg⁻¹ pour les OC, de 0,002 mg·kg⁻¹ à 0,190 mg·kg⁻¹ pour les OP et de 0,004 mg·kg⁻¹ à 0,032 mg·kg⁻¹ pour les SP [26]. Des études similaires menées dans le Nord du Ghana ont montré que les niveaux plus élevés de métabolites du DDT ; p,p'-DDD et p,p'-DDE ont été enregistrés dans les quatre échantillons d'espèces de poissons. Ces résultats indiquent que l'accumulation de p, p'-DDE était la plus élevée est dans tous les échantillons de poissons. Sa valeur la plus élevée a été observée chez *C. anguilaris* à un niveau de 0,310 ± 0,090 µg/g, tandis que la valeur moyenne la plus basse de 0,170 ± 0,000 µg/g a été observée chez *S. galilaeus* [27]. Toutes ces études antérieures et similaires mentionnées corroborent avec la présente étude. Le **Tableau 6** représente les valeurs moyennes de résidus de pesticides des poissons étudiés.

Tableau 6 : Concentrations moyennes de quelques résidus de pesticides

Résidus de pesticides recherchés	Types de poissons		Normes FAO/OMS (mg/kg)
	Carpes	Silures	
Aldrine	1,59	1,43	0,5
Endosulfane A	1,24	1,67	2
Heptachor	0,53	1,57	-
Op'DDT	-	3,68	-

Les résultats de l'analyse des concentrations moyennes montrent que les résidus de pesticides de l'aldrine, endosulfan A, heptachor et op'DDT ont été décelés dans les carpes et dans les silures avec des valeurs dépassant les limites maximales de résidus (LRM). La plus forte valeur a été trouvée dans les silures avec 3,68 mg/kg de l'op'DDT. La plus faible valeur a été aperçue dans les carpes avec 0,53 mg/kg de l'heptachor. Ces résultats montrent que les poissons étudiés ont été certainement contaminés par les pesticides à travers la bioaccumulation. La **Figure 2** représente les graphiques des concentrations moyennes de résidus de pesticides dans les carpes et dans les silures étudiés.

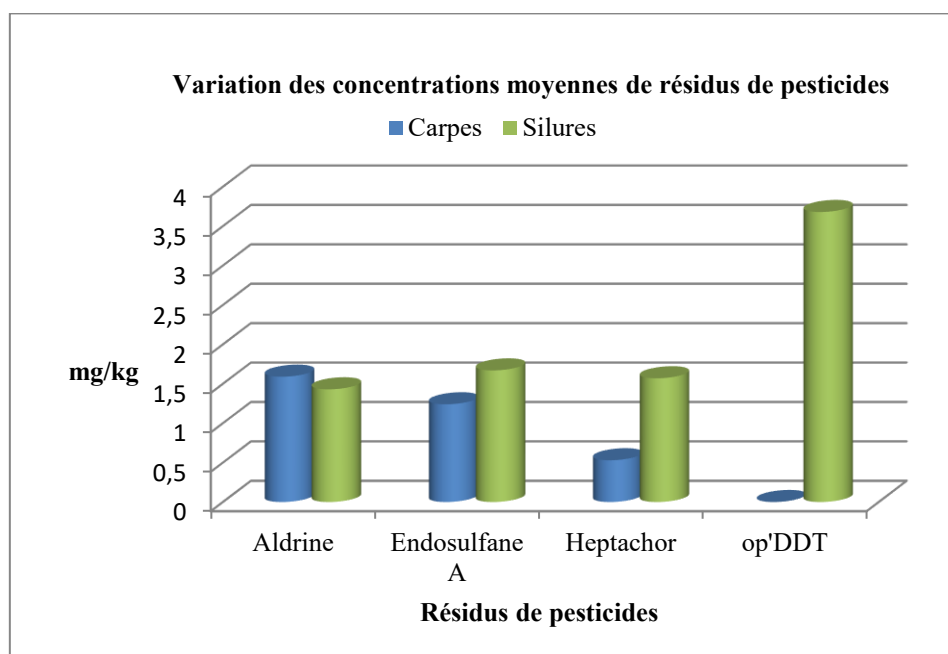


Figure 2 : Contamination de carpes et de silure par les pesticides

La **Figure 2** montre les concentrations moyennes de résidus de pesticides dans les carpes et dans les silures.

3-3. Teneurs des éléments traces métalliques dans les poissons étudiés

Les résultats des ETM des poissons étudiés provenant des sites d'échantillonnage de Bakoye, de Bafing, de la Falémé et du fleuve Sénégal sont consignés dans le **Tableau 7**.

Tableau 7 : Résultats des ETM recherchés dans les poissons étudiés

ETM µg/kg	Cours d'eau											(UE) 2023/915 du 25 avril 2025/ (CE) n°1881/2006 (mg/kg)
	Bakoye				Bafing				Sénégal			
	E1	E12			E2			E11	E8	E9	E10	
	Carpe	Poisson chien	Carpe	Konkon	Carpe	Baman	Silure	Zarani	Silure	Konkon	Carpe	
Hg	87,5	526	79,5	123	72,5	59,5	139,5	169	302,5	296,5	185	0,50
Cd	<1	9	21	18	16,5	18,5	7,5	7,5	18,5	15	16,5	0,25
Pb	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,30
As	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
Zn	61	61,75	179,5	34	109,5	228	141,5	99	59,5	14,5	123	-
Cu	<1	<1	<1	<1	<1	<1	45,5	<1	1	<1	<1	-
Fe	26,5	168	387	<1	338	79	572	536,5	68	140	350,5	-
Cr	7	0,5	<1	<1	38	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
Mn	<1	14	<1	<1	644	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
Ni	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-

Hg : Mercure, Fe : Fer, Cr : Chrome, Mn : Manganèse, Ni : Nickel, As : Arsenic, Zn : Zinc, Cu : Cuivre, Cd : Cadmium, Pb : Plomb

NB : 1 mg/kg = 1000 µg/kg; 1 µg/kg = 0,001 mg/kg

La recherche des ETM dans les poissons étudiés se présente comme suit : des traces de mercure (Hg) ont été trouvées dans tous les échantillons E1 avec 87,5 µg/kg pour le carpe ; E12 avec 526 µg/kg pour le poisson chien, avec 79,5 µg/kg pour le carpe et avec 123 µg/kg pour le konkon ; E2 avec 72,5 µg/kg pour le carpe, avec 59,5 µg/kg pour le baman et avec 139,5 µg/kg pour le silure ; E11 avec 169 µg/kg pour le zarani ; E8 avec 302,5 µg/kg pour le silure ; E9 avec 296,5 µg/kg pour le konkon et E10 avec 185 µg/kg pour le carpe. Ces valeurs sont supérieures aux normes Européennes (0,50 mg/kg). Des concentrations élevées de cadmium (Cd) ont été aperçues dans les échantillons E12 avec 9 mg/kg pour le poisson chien, avec 21 mg/kg pour le carpe et avec 18 mg/kg pour le konkon ; E2 avec 16,5 mg/kg pour le carpe, 18,5 mg/kg pour le baman et avec 7,5 mg/kg pour le silure ; E11 avec 7,5 mg/kg pour le zarani ; E8 avec 18,5 mg/kg pour le silure ; E9 avec 15 mg/kg pour le konkon et E10 avec 16,5 mg/kg pour le carpe. Ces valeurs sont supérieures aux normes Européennes (0,25 mg/kg). La valeur moyenne en cadmium était à 14,8 mg/kg soit 59,2 fois supérieures aux normes (0,25 mg/kg). Les concentrations en cadmium (Cd) doivent faire l'objet de séries de plusieurs analyses pour être confirmées. En République Démocratique de Congo, les résultats des travaux réalisés ont montré que les résultats d'analyses toxicologiques des poissons de la station de Kingabwa ont la présence de Cd et Pb à des concentrations assez importantes et ces concentrations oscillent entre 0,173 et 0,179 mg/kg pour le Cd et entre 0,219 et 0,249 mg/kg pour le Pb [28]. En République Démocratique de Congo, des études ont révélé que la plus grande concentration moyenne en Pb a été enregistré à Mongole chez *Clarias gariepinus*, soit $0,226 \pm 0,091$ mg/kg ; tandis que $0,195 \pm 0,082$ mg/kg à Baramoto pour le Cd [29]. Au Bénin, les résultats des travaux réalisés ont montré que les teneurs en cadmium chez les poissons dépassent les normes dans les 80 % des cas (0,1 à 0,3 mg/kg) [30]. Au Sénégal, les résultats des travaux réalisés ont montré que les tilapias du Parc Hann sont les plus contaminés en Pb (145 µg.kg⁻¹ de poids frais) et les plus riches en fer (3308 µg.kg⁻¹) alors que les tilapias du site proche de l'usine de traitement des eaux usées (Cambérène) sont les plus contaminés en Cd [31]. En République Démocratique de Congo, des études ont révélé que l'analyse toxicologique d'échantillons des poissons montrent des fortes teneurs globales en Cd et Pb par rapport aux limites tolérables fixées par l'OMS (Cd : 0,05 mg/kg ; Pb : 0,2 mg/kg) [32]. En République de Guinée, les résultats des travaux réalisés ont montré que des concentrations moyennes minimales et maximales de plomb (0,053 à 0,613 µg/Kg) et de cadmium (0,135 à 0,67 µg/Kg) ont été trouvés dans les poissons de mer

[33]. En Côte d'Ivoire, les résultats des travaux réalisés ont montré que les concentrations moyennes en Hg (0,056 µg/g p.p.) et en Cd (0,01 µg/g p.p.) dans le muscle de *Chrysichthys nigrodigitatus* et des espèces de *Tilapia* étaient respectivement élevée à la concentration moyenne de Hg des espèces de *Tilapia* (benthopélagique) (0,038 µg/g p.p.) et celle du *Chrysichthys nigrodigitatus* (0,004 µg/g p.p.) [34]. Toutes ces études antérieures et similaires mentionnées corroborent avec la présente étude. La **Figure 3** est une illustration de contamination des produits halieutiques.

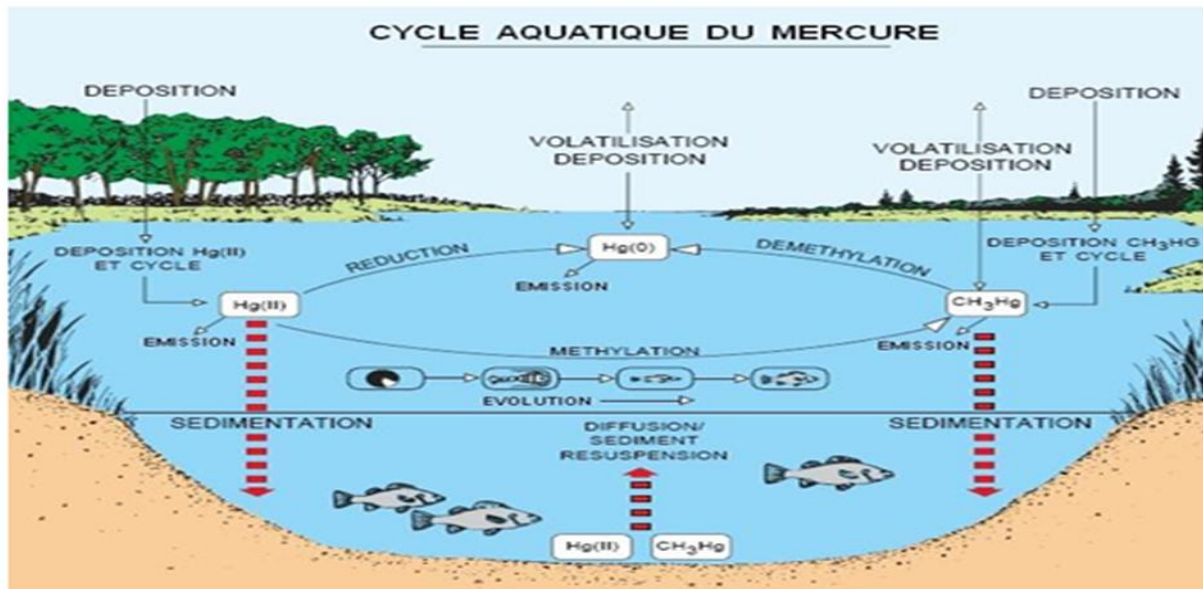


Figure 3 : Exposition des poissons au mercure [35]

Le **Tableau 8** représente les valeurs moyennes de mercure (Hg), de cadmium (Cd), de Fer (Fe) et de zinc (Zn) dans les poissons étudiés.

Tableau 8 : Valeurs moyennes des ETM retrouvés dans les poissons

ETM µg/kg	Types de poissons						(UE) 2023/915 du 25 avril 2025/ (CE) n°1881/2006 (mg/kg)
	Carpe	Poisson chien	Konkon	Baman	Silure	Zarani	
Hg	106	526	210	60	221	169	0,50
Cd	18	9	17	19	13	8	0,25
Fe	276	168	140	79	320	537	-
Zn	118	62	24	228	101	99	-

Il ressort que les valeurs moyennes en mercure (Hg) et en cadmium (Cd) dans les différentes espèces de poissons étudiées sont supérieures aux normes européennes. Les fortes valeurs de mercure (Hg) ont été trouvées dans le poisson chien avec 526 mg/kg et dans les silures avec 221 mg/kg. La plus faible valeur en cadmium (Cd) a été trouvée dans le zarani avec 8 mg/kg. Cela peut être dû aux activités anthropiques notamment l'orpaillage. Les **Figures (4) et (5)** représentent les graphiques des concentrations moyennes de mercures (Hg) et de cadmium (Cd) dans les poissons étudiés.

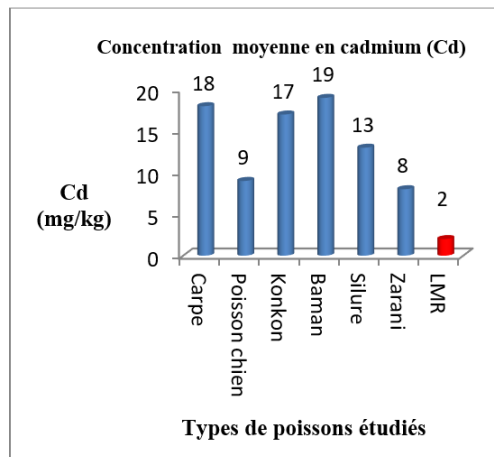
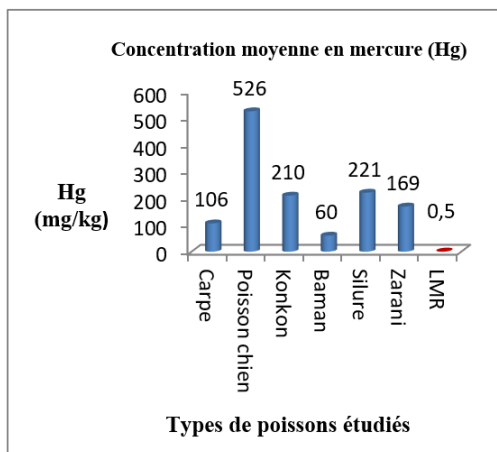


Figure 4 : Contamination des poissons par le mercure

Figure 5 : Contamination des poissons par le cadmium

Les **Figures (4) et (5)** montrent les concentrations moyennes en mercure (Hg) en cadmium (Cd) dans les poissons étudiés.

4. Conclusion

Le bassin du fleuve Sénégal et ses affluents représente une forte potentialité économique à mettre en valeur. Cependant, la protection cette ressource peut contribuer sans doute à soutenir l'économie locale des pays membre de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS). La présente étude a révélé que des poissons sont contaminés par les pesticides et les métaux toxiques et dénote le danger significatif causé par les activités anthropiques (agriculture, orpaillage etc.) et qui pourraient menacer les écosystèmes aquatiques. Cette contamination peut exposer la chaîne alimentaire et mettre en danger la vie des consommateurs. La situation préoccupante interpelle les parties prenantes (Etat, Société Civile, collectivités territoriales, chefs coutumiers etc.) sur le besoin de sauvegarder ces cours d'eau afin de prendre des mesures fortes garantissant la sécurité sanitaire des aliments.

Références

- [1] - D. VINCENT, C. JUSTINE, G. DAMIEN, C. MELODIE & L. MENACH, Identification des sources majoritaires en pesticides sur un cours d'eau modèle—Application à l'agglomération bordelaise. Devenir et impact des pesticides : verrous, (2015) 18 p.
- [2] - C. ANFRAY et E. VAILLANT, "Ecologie et pollution : les deux visages de la Chine", (2016) 60 p.
- [3] - L. BAECHLER, La pollution de l'eau : problème clé de la gestion de la ressource, diplôme du cycle 2", (2015) 60 p.
- [4] - K. S. YAO, A. TROKOUREY & B. C. ATSE, Evaluation de l'impact de la contamination aux pesticides des eaux, sur les poissons et la santé de l'Homme, des secteurs IV et V de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Sciences des Structures et de la Matière*, (2020) 2
- [5] - S. KOMTCHOU, A. DIRANY, P. DROGUI & P. LAFRANCE, Application des procédés d'oxydation avancée pour le traitement des eaux contaminées par les pesticides—revue de littérature. *Revue des Sciences de l'Eau*, 29 (3) (2016) 231 - 262

- [6] - E. F. DOVONOU, M. IBIKOUNLE, C. G. AKOUEDEGNI, V. AISSI, M. P. DOSSOU & D. MAMA, Impacts des hydrocarbures aromatiques polycycliques sur les poissons : Cas des tilapias du lac Nokoué au Sud du Bénin (Afrique de l'Ouest). *European Scientific J*, 36 (2019) 458 - 474
- [7] - P. AGBOHESSI, L. GUEDEGBA, R. PELEBE & I. I. TOKO, Exposition de la faune ichthyenne et autres animaux aquatiques aux polluants organiques, chimiques et biologiques dans le lac Nokoué au Sud du Bénin : Synthèse documentaire. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 11 (3) (2023) 360 - 372
- [8] - A. ADJAGODO, M. A. D. TCHIBOZO, N. C. KELOME & R. LAWANI, Flux des polluants liés aux activités anthropiques, risques sur les ressources en eau de surface et la chaîne trophique à travers le monde : synthèse bibliographique. *International journal of biological and chemical sciences*, 10 (3) (2016) 1459 - 1472
- [9] - W. CHABANE, Risques des métaux lourds et des produits phytosanitaires sur la santé humaine (Doctoral dissertation, Université Mustapha Stambouli de Mascara, Département de Bi), (2016)
- [10] - B. A. BAABOUCHE RAZIKA, Etude bibliographique sur La cytotoxicité induit par les métaux lourds (le cadmium) (Doctoral dissertation), (2024)
- [11] - M. M. YASMINA, Impact sur le métabolisme des minéraux, le système immunitaire et reproducteur (Doctoral dissertation, Université de Constantine 1), (2017)
- [12] - I. BALDI, B. JEREMIE, C. CHEVRIER, X. COUMOUL, A. ELBAZ, S. GOUJON & J. SPINOSI, Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données (Doctoral dissertation, Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), (2021)
- [13] - S. BORTOLI & X. COUMOUL, Impact des pesticides sur la santé humaine. *Prat. En. Nutr*, 14 (2018) 18 - 24
- [14] - Y. A. O. KOFFI SIMPLICE, K. V. KOUAME, Y. A. O. KONAN MARCEL, B. C. ATSE, A. TROKOUREY & A. S. TIDOU, Contamination, distribution et évaluation des risques écologiques par les pesticides dans les sédiments de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 14 (6) (2018) 400 - 412
- [15] - S. KONE, U. P. GNONSORO, N. S. SANGARE & A. TROKOUREY, Contamination levels and seasonal variations of pesticides in suspended particles in the Bia, Comoe and Tanoe rivers (Côte d'Ivoire). *J. Mater. Environ. Sci.*, 15 (7) (2024) 971 - 982
- [16] - H. JB, K. NC, L. RAN & A. ARMA, Etat des lieux de la pollution des écosystèmes aquatiques au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Larhyss Journal*, (30) (2017)
- [17] - S. BROSE, Des poissons et des hommes en Amazonie française. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 155 (2019) 131 - 134
- [18] - H. O. ABDOULLAHI, F. TAPSOBA, F. GUIRA, C. ZONGO, L. I. ABAKAR, A. TIDJANI & A. SAVADOGO, Technologies, qualité et importance socioéconomique du poisson séché en Afrique. *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie*, 37 (2018) 49 - 63
- [19] - M. FALL, M. B. DIOP, D. MONTET, A. S. MAIGA & A. T. GUIRO, Fermentation du poisson en Afrique de l'Ouest et défis sociétaux pour une amélioration qualitative des produits (adjuevan, guedj et lanhouin) : *revue de la littérature*, (2019)
- [20] - Y. KONATE, S. COULIBALY, A. HARBY, F. MAIGA, D. DIOUMÉ, M. SAKO & M. COULIBALY, Etude de deux métaux lourds dans le poisson de fleuve au Mali. *Mali medical*, 31 (3) (2016)
- [21] - N. N. SANOGHO, Rapport National Final d'Analyse Diagnostique Environnementale Transfrontalière du Bassin du fleuve Sénégal-Mali. *African Water Information System : Dakar, Sénégal*, (2018)
- [22] - H. KONE, F. K. YARO, O. LY, M. M. TRAORE, D. DJIGUIBA & M. L. DOUMBIA, Contamination des sédiments par les pesticides et les métaux lourds dans le bassin du fleuve Sénégal et ses affluents, République du Mali. *Afrique SCIENCE*, 26 (4) (2025) 12 - 27

- [23] - A. Y. TAWAYE, B. ALHOU & A. E. S. ADAMOU, Niveau de contamination aux pesticides et risques écotoxicologiques dans deux écosystèmes aquatiques au Niger : Lac Guidimouni et mare de Tabalak. *Afrique SCIENCE*, 18 (2) (2021) 1 - 13
- [24] - M. HADJEL & N. BERKOK, Altération des ressources hydriques par la pollution des pesticides dans les eaux superficielles et souterraines de l'ouest Algérien. Raines de l'ouest Algérien. », (2015)
- [25] - K. S. YAO, A. TROKOUREY & B. C. ATSE, Evaluation de l'impact de la contamination aux pesticides des eaux, sur les poissons et la santé de l'Homme, des secteurs IV et V de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Sciences des Structures et de la Matière*, (2020) 2
- [26] - K. B. R. DANLADI et O. AKOTO, Évaluation des risques pour l'environnement et la santé humaine des résidus de pesticides dans les poissons et les sédiments du réservoir d'irrigation Ve. *Journal de la protection de l'environnement*, 12 (4) (2021) 265 - 279
- [27] - O. AKOTO, A. A. AZUURE & K. D. ADOLEY, Pesticide residues in water, sediment and fish from Tono Reservoir and their health risk implications. *Springer Plus*, 5 (2016) 1 - 11
- [28] - K. J. NAKWETI, S. W. LUSASI & M. J. TEMBENI, Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques (cadmium et plomb) dans l'eau, les sédiments et deux espèces de Poissons *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) dans le pool Malebo (Fleuve Congo), RD Congo. *Eur. Sci. J.*, 17 (25) (2021) 174
- [29] - K. J. NAKWETI, S. W. LUSASI & M. J. TEMBENI, Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques (Cadmium et Plomb) dans l'eau, les sédiments et deux espèces de poissons *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), RD Congo. *European Scientific Journal, ESJ*, 17 (25) (2021) 174 - 192
- [30] - B. E. MANOU, M. SOHOUNNON, F. DOVONOU, L. KOUMOLOU & P. A. EDORH, Évaluation des risques d'intoxication alimentaire liés à la consommation des produits halieutiques du lac Nokoué, Bénin, Afrique de l'Ouest. *Afrique Science*, 16 (5) (2020) 292 - 302
- [31] - C. DIOP, A. DIATTA, A. NDIAYE, M. CABRAL, A. TOURE & M. FALL, Teneurs en métaux traces des eaux et poissons de cinq étangs de Dakar et risques pour la santé humaine. *Journal of Applied Biosciences*, 137 (2019) 13931 - 13939
- [32] - W. L. SWANA, M. B. MAKUDJA, J. N. KUKATULA, B. M. N. B. MUAMBA, B. U. Y. KALALA & V. P. KIAMFU, Niveau de contamination par les éléments traces métalliques (Aluminium, Cuivre, Cadmium et Plomb) dans l'eau, le sédiment et deux espèces de poissons (*Marcusenius stanleyanus* Boulenger, 1897 et *Protopterus dolloi* Boulanger, 1900) du Pool Malebo à Kingabwa. *Revue Congolaise des Sciences et Technologies*, 3 (4) (2024) 465 - 477
- [33] - O. DOLO, R. H. CAMARA, G. KONDIANO, I. D. DIALLO, A. SANGARE & L. TRAORE, Assessment of the Presence of Trace Metal Elements (Hg, Pb, Cd) in Six Species of Fish Landed at the Artisanal Fishing Port of Boulbinet Republic of Guinea. *Journal of Water Resource and Protection*, 17 (3) (2025) 145 - 158
- [34] - K. K. BENOIT, K. K. SERAPHIN, K. K. FELIX, B. K. CHARLES et K. K. LAZARE, Contamination par les métaux lourds d'un milieu aquatique et évaluation des risques sanitaires chez deux espèces de poissons : cas du lac Guessabo, ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal oriental de chimie*, 35 (6) (2019) 1742
- [35] - A. CHAHID, Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla : Evaluation des risques sanitaires, (2016)