

ORIGINAL ARTICLE

INCIDENCE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE LA RIVIÈRE DONGHORA, LABÉ-GUINÉE



IMPACT OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON WATER QUALITY OF THE DONGHORA RIVER, LABÉ-GUINEA

| Nathalie Sia Doumbou TENKIANO ^{1,2*} | Abdourahamane BARRY ³ | et | Youssouf CAMARA ¹ |

¹. Université Julius Nyerere de Kankan | Guinée |

². Centre National de Documentation Environnementale | Guinée |

³. Université de Labé | Guinée |

| DOI: 10.5281/zenodo.15106476 | | Received March 22, 2025 | | Accepted March 28, 2025 | | Published March 30, 2025 | | ID Article | Nathalie-Ref7-4-20ajiras280425 |

RESUME

Introduction : La rivière Donghora subit une pression environnementale significative due à l'absence d'une gestion efficace des déchets, la transformant en réceptacle de rejets variés. **Objectif** : Cette étude vise à évaluer l'influence des activités anthropiques sur la qualité des eaux de ce cours d'eau. **Méthodes** : Des prélèvements d'eau ont été effectués dans cinq stations (S1, S2, S3, S4 et S5) réparties d'amont en aval de la rivière, sélectionnées en fonction de la nature et de l'intensité des activités anthropiques locales. Les paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, oxygène dissous, matières en suspension, turbidité, dureté, nitrates, nitrites, phosphates) et les éléments traces métalliques (cadmium et plomb) ont été analysés. Des analyses bactériologiques (streptocoques fécaux et coliformes fécaux) ont également été réalisées. Les résultats ont été comparés aux normes internationales. **Résultats** : L'étude révèle que les eaux sont minéralisées avec une conductivité électrique variant de 50 à 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$, une turbidité de 4 à 25 NTU, une concentration en matières en suspension de 2 à 31 mg/L et une dureté totale de 1,3 à 18 ppm. La présence de plomb et de cadmium a été détectée à l'état de traces. Les analyses bactériologiques montrent des niveaux élevés de contamination fécale, avec des concentrations comprises entre 42 et 48 UFC/100 ml pour les streptocoques fécaux et entre 18 et 26 UFC/100 ml pour les coliformes fécaux, dépassant les seuils établis par les normes internationales (OMS, UE). **Conclusion** : Les résultats démontrent que les activités anthropiques contribuent significativement à la dégradation de la qualité des eaux de la rivière Donghora par l'apport de divers polluants.

Mots clés : pollution aquatique, paramètres physico-chimiques, contamination bactériologique, activités anthropiques, rivière Donghora, Guinée.

ABSTRACT

Introduction: The Donghora River is experiencing significant environmental pressure due to the absence of effective waste management, transforming it into a receptacle for various types of discharge. **Objective**: This study aims to evaluate the influence of anthropogenic activities on the water quality of this watercourse. **Methods**: Water samples were collected from five stations (S1, S2, S3, S4, and S5) distributed from upstream to downstream of the river, selected according to the nature and intensity of local anthropogenic activities. Physicochemical parameters (temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, suspended solids, turbidity, hardness, nitrates, nitrites, phosphates) and trace metal elements (cadmium and lead) were analyzed. Bacteriological analyses (fecal streptococci and fecal coliforms) were also performed. Results were compared to international standards. **Results**: The study reveals that the waters are mineralized with electrical conductivity ranging from 50 to 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$, turbidity from 4 to 25 NTU, suspended solids concentration from 2 to 31 mg/L, and total hardness from 1.3 to 18 ppm. The presence of lead and cadmium was detected in trace amounts. Bacteriological analyses show high levels of fecal contamination, with concentrations between 42 and 48 CFU/100 ml for fecal streptococci and between 18 and 26 CFU/100 ml for fecal coliforms, exceeding thresholds established by international standards (WHO, EU). **Conclusion**: Results demonstrate that anthropogenic activities significantly contribute to the degradation of water quality in the Donghora River through the input of various pollutants.

Keywords: aquatic pollution, physicochemical parameters, bacteriological contamination, anthropogenic activities, Donghora River, Guinea.

1. INTRODUCTION

Les eaux continentales représentées par les fleuves, les rivières, les lacs, les étangs, constituent 2% des eaux de surface du globe terrestre et sont d'une importance capitale pour la vie et le fonctionnement des écosystèmes, une valeur économique irremplaçable (Costanza et al. 1997) [1]. Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (Dynesius et Nilsson, 1994) [2] et jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité, le fonctionnement des organismes et le cycle de la matière organique. En dépit des biens et services qu'ils offrent, ces milieux sont de nos jours fortement influencés par les activités humaines qui altèrent à la fois la quantité et la qualité de l'eau. L'urbanisation, la croissance démographique (Ghazali et Zaid, 2013) [3], les rejets domestiques (eaux usées, effluents, déjections animales), industriels non contrôlés (Godin et al., 1985) [4], l'utilisation excessive d'engrais chimiques en agriculture (François, 2013) [5] ainsi que le manque de sensibilisation à la protection de l'environnement (Reggam et al., 2015) [6] sont autant d'activités pouvant conduire au déséquilibre des écosystèmes aquatiques et affecter la qualité physico-chimique et biologique des eaux (Mullis et al., 1997 [7]) mais aussi altérer les usages de l'eau (Makhoukh et al.,

2011) [8]. Dans les villes et agglomérations, la production des déchets domestiques devient importante du fait de l'augmentation rapide et densité des populations qui s'accompagnent d'un besoin équivalent en production alimentaire, en surface des terres exploitables et en eau (Nwamo et al. 2016) [9]. Par insuffisance de moyens de gestion, la plupart des communautés déposent les ordures aux bords des routes et rivières lesquels se retrouvent dans les rivières par ruissellement.

En Guinée, les rivières urbaines sont menacées par diverses formes de pollution. La rivière Donghora, située dans la commune urbaine de Labé, l'une des plus grandes villes de la Guinée est devenue un véritable réceptacle pour des rejets variés, tels que des ordures ménagères, des plastiques, des eaux usées domestiques, les effluents agricoles et aussi les rejets de produits chimiques utilisés dans l'artisanat qui altèrent la qualité de l'eau et nuisent aux habitats aquatiques, constituant ainsi un danger pour la santé des populations riveraines. Ainsi, dans un contexte d'urbanisation très poussée le long de cette rivière et du fait que ses eaux sont utilisées par les riverains, il est nécessaire d'orienter les recherches vers ce domaine.

En Guinée, les travaux sur l'évaluation de la qualité des eaux de surface en particulier les rivières sont peu nombreuses. Les quelques travaux réalisés concernent beaucoup plus les grandes rivières, affluents du Niger (SOW, 2018) [10]. Les petites rivières n'ayant reçu aucune attention. Cependant, la qualité des eaux des grandes rivières est tributaire de celle des petits cours d'eau du bassin versant. L'évaluation de la qualité des eaux de ces systèmes s'avère donc indispensable pour une exploitation durable des ressources en eau. Aouissi et Houhamdi (2014) [11] affirment que, le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui vise à évaluer, pour la première fois, la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière Donghora, tout en identifiant les principales sources de contamination.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Zone d'étude

La rivière Donghora constitue l'un des principaux cours d'eau traversant la ville de Labé (Guinée). Cette région est caractérisée par un climat foutanien avec l'alternance de deux saisons bien distinctes : une saison sèche dominée par l'Harmattan (novembre à mai) et une saison des pluies (juin à octobre). L'humidité atmosphérique relative est élevée, atteignant parfois 100%. Les températures moyennes minimales oscillent entre 10°C et 20°C. Le relief de la zone d'étude est compartimenté avec une altitude moyenne supérieure à 700 mètres. Le substratum géologique est principalement constitué d'argilite noire et de schistes reposant sur des formations doléritiques. Ces roches sont recouvertes d'une couche latéritique d'épaisseur variant de 5 à plus de 10 mètres (Orange, 1992) [12], formant un ensemble sédimentaire datant du Précambrien et du Primaire (Maignien, 1958) [13]. Les sols prédominants sont de type ferralitique ou hydromorphe.

Diverses activités anthropiques s'exercent le long de la rivière, notamment l'agriculture, les activités domestiques (lessive, vaisselle), les activités de service (lavage d'engins motorisés) et l'artisanat. Pour cette étude, cinq stations d'échantillonnage (S1, S2, S3, S4 et S5) ont été établies entre 11° de Latitude Nord et 12° de Longitude Ouest, à une altitude moyenne de 1045 m. Ces stations ont été sélectionnées selon un gradient amont-aval en tenant compte du degré d'urbanisation et de l'intensité des activités anthropiques présentes (Figure 1). La Figure 2 illustre la nature et l'intensité des pressions exercées par les activités humaines sur les ressources de la rivière Donghora dans la ville de Labé.

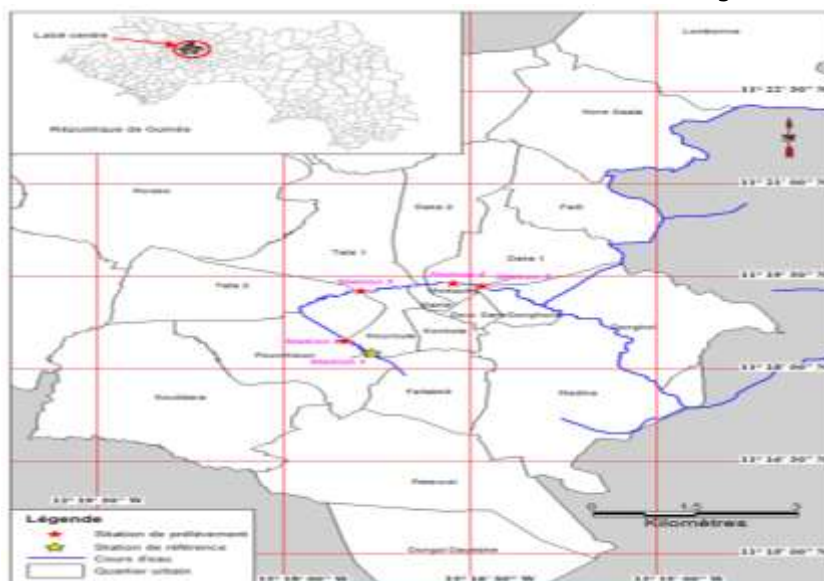


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.



Figure 2. Actions Anthropiques sur la rivière Donghora (Station S3).

1.2. Méthodes

1.2.1. Stratégie d'échantillonnage

L'étude a été conduite durant deux périodes distinctes en 2020 : la saison sèche (mars) et la saison des pluies (juin), afin d'évaluer l'influence saisonnière sur la qualité des eaux. Les prélèvements ont été effectués selon les protocoles standardisés (AFNOR, 2001) [14].

Pour les analyses physico-chimiques, les échantillons d'eau ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène de haute densité (HDPE) de 1 litre, préalablement lavés avec une solution d'acide nitrique à 10% puis rincés plusieurs fois à l'eau distillée. Sur le terrain, les flacons ont été rincés trois fois avec l'eau à analyser avant d'être remplis jusqu'au bord, en évitant la formation de bulles d'air susceptibles d'altérer certains paramètres.

Pour les analyses des éléments traces métalliques, les échantillons ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène de 500 ml, préalablement décontaminés à l'acide nitrique (10%) et conservés à pH < 2 par ajout d'acide nitrique suprapur (0,5% v/v) afin de minimiser l'adsorption des métaux sur les parois du flacon. Pour les analyses microbiologiques, des flacons en verre borosilicaté de 500 ml, préalablement stérilisés à 121°C pendant 15 minutes en autoclave, ont été utilisés. Les prélèvements ont été effectués en conditions aseptiques, en maintenant les flacons fermés jusqu'au moment du prélèvement et en évitant tout contact avec le fond ou les berges de la rivière. Tous les échantillons ont été conservés à 4±2°C dans des glacières isothermes contenant des accumulateurs de froid et acheminés au laboratoire dans un délai maximal de 6 heures après le prélèvement, conformément aux recommandations de la norme ISO 5667-3.

1.2.2. Analyses physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés selon les méthodes normalisées suivantes :

Paramètres mesurés in situ : La température (thermomètre numérique calibré, précision ±0,1°C, norme NF T90-100), le pH (pH-mètre WTW 340i équipé d'une électrode combinée, précision ±0,01 unité pH, norme NF T90-008), la conductivité électrique (conductimètre Hach Sension 3, précision ±1 µS/cm, norme NF EN 27888), l'oxygène dissous (oxymètre WTW Oxi 340i à sonde polarographique, précision ±0,1 mg/L, norme NF EN ISO 5814) et la turbidité (turbidimètre Hach 2100N, précision ±0,1 NTU, norme NF EN ISO 7027).

Paramètres analysés au laboratoire :

La dureté totale a été déterminée par titrimétrie à l'EDTA (norme NF T90-003).

Les matières en suspension (MES) ont été quantifiées par filtration sur membrane en fibre de verre de porosité 0,45 µm, puis séchage à 105±2°C jusqu'à masse constante (norme NF EN 872). La concentration en MES (mg/L) a été calculée selon l'équation :

$$MES = [(M_1 - M_0) \times 1000] / V \quad (1)$$

Où :

M₁ : masse du filtre après filtration et séchage (g),

M₀ : masse du filtre avant filtration (g),

V : volume d'échantillon filtré (L).

Les nitrites (NO₂⁻) ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à 540 nm après diazotation avec la sulfanilamide et couplage avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine (norme NF EN 26777).

Les nitrates (NO₃⁻) ont été déterminés par spectrophotométrie UV à 220 nm après réduction des nitrates en nitrites sur colonne de cadmium (norme NF T90-012).

Les orthophosphates (PO_4^{3-}) ont été analysés par spectrophotométrie à 880 nm après formation d'un complexe phosphomolybdique réduit en présence d'acide ascorbique (norme NF EN ISO 6878).

Éléments traces métalliques : Le plomb (Pb) et le cadmium (Cd) ont été analysés par spectrométrie d'absorption atomique. Pour le plomb, la méthode à flamme (SAAF) a été utilisée (norme NF EN ISO 11885) avec une limite de détection de 0,05 mg/L. Pour le cadmium, en raison de ses concentrations plus faibles, la méthode d'absorption atomique avec atomisation électrothermique (SAA-ET) a été employée (norme NF EN ISO 5961), offrant une limite de détection de 0,1 µg/L. Les échantillons ont été préalablement filtrés (0,45 µm) et acidifiés (HNO_3 , pH < 2). Toutes les analyses ont été réalisées en triplicata.

1.2.3. Analyses microbiologiques

Les indicateurs de contamination fécale ont été quantifiés selon les normes suivantes :

Les streptocoques fécaux (entérocoques intestinaux) ont été dénombrés par filtration sur membrane en ester de cellulose (0,45 µm) et culture sur milieu Slanetz-Bartley à $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures, suivie d'une confirmation sur milieu bile-esculine-azide à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 2 heures (norme NF EN ISO 7899-2).

Les coliformes fécaux (E. coli) ont été dénombrés par filtration sur membrane (0,45 µm) et culture sur milieu sélectif chromogène à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 24 heures (norme NF EN ISO 9308-1).

Les résultats ont été exprimés en nombre d'unités formant colonies (UFC) pour 100 ml d'échantillon. Toutes les analyses ont été effectuées en duplicata.

1.2.4. Analyse statistique et traitement des données

Les données ont été traitées statistiquement à l'aide du logiciel Excel 2019. Pour chaque paramètre, les statistiques descriptives (moyenne, écart-type, minimum, maximum) ont été calculées.

Les résultats ont été comparés aux normes de qualité des eaux de surface définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2017) [15] et aux Directives de qualité pour les eaux de surface de l'Union Européenne (Directive 2000/60/CE) [16].

3. RÉSULTATS

Les valeurs moyennes des différents paramètres physico-chimiques mesurés dans les 5 stations sont présentées dans le Tableau 2 ; celles des analyses microbiologiques dans le tableau 3.

3.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Donghora

Résultats physico-chimiques des eaux de la rivière Donghora

Le Tableau 1 présente les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la rivière Donghora, effectuées en saison sèche (SS) et en saison des pluies (SP) au niveau des cinq stations d'échantillonnage (S1 à S5). Pour chaque paramètre, les normes internationales de référence (OMS et UE) sont indiquées, permettant d'évaluer la conformité des eaux analysées.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux en fonction des saisons et des stations.

Paramètres	Saison Sèche (SS)					Saison des Pluies (SP)					Normes OMS	Normes UE
Stations	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5		
T° (°C)	20	27,1	27	29,1	29,1	25	26,1	30	29,1	29,18	25-30	≤ 25
pH	5,75	6,75	5,8	6,25	6	7,78	6	5,8	5,25	7	6,5-8,5	6,5-9,0
Cond. (µS/cm)	51	50	350	278	500	58	50	680	308	373	1000	1000
O ₂ (mg/l)	8	6	4	6	4	7	5	4	5	6	≥ 5	≥ 6
Turbidité (NTU)	3	3	18	6	7	4	8	25	7	7	≤ 5	≤ 1
Dureté totale (mg/L CaCO ₃)	1,3	1,25	8,36	6,96	5,58	4,3	2,35	18,36	8,96	6,58	100-500	-
MES (mg/l)	3	2	22	16	4	4	6	31	25	4	-	≤ 25
NO ₃ ⁻ (mg/l)	21,22	19,02	41,55	35,33	23,87	12,27	21,05	31,05	35,33	31,51	50	50
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0	0,002	0,006	0,005	0,006	0	0,003	0,006	0,004	0,004	0,2	0,1
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,03	0,04	0,12	0,09	0,08	0,02	0,06	0,12	0,1	0,06	-	0,5
Pb (mg/l)	0,006	0,007	0,001	0,003	0,003	0,008	0,009	0,001	0,002	0,003	0,01	0,0072
Cd (mg/l)	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,003	0,001	0,003	0,00025

MES: Matières En Suspension, Cond.: Conductivité électrique, T°: Température.

Analyse des résultats physico-chimiques

• Température

Les températures mesurées varient de 20°C (S1, saison sèche) à 30°C (S3, saison des pluies). Une augmentation générale de la température est observée de l'amont vers l'aval, ce qui peut s'expliquer par une exposition croissante au rayonnement solaire et par l'influence des rejets d'eaux usées. Certaines valeurs dépassent la norme européenne ($\leq 25^{\circ}\text{C}$) mais restent majoritairement dans la gamme recommandée par l'OMS (25-30°C).

• pH

Les valeurs de pH oscillent entre 5,25 (S4, saison des pluies) et 7,78 (S1, saison des pluies). La majorité des stations présentent un pH légèrement acide, particulièrement en saison sèche, ce qui pourrait s'expliquer par la nature géologique du bassin (sols ferralitiques). Plusieurs stations (S1, S3, S4 et S5 en saison sèche ; S2, S3 et S4 en saison des pluies) présentent des valeurs inférieures à la limite minimale recommandée par l'OMS et l'UE (6,5), ce qui indique une acidification des eaux.

• Conductivité électrique

La conductivité électrique varie considérablement selon les stations, de 50 $\mu\text{S/cm}$ (S2, saison sèche et des pluies) à 680 $\mu\text{S/cm}$ (S3, saison des pluies). Cette grande variabilité témoigne de charges minérales différentes selon les stations. Les valeurs les plus élevées sont observées aux stations S3 et S5, situées dans des zones à forte activité anthropique. Cependant, toutes les valeurs restent inférieures au seuil de 1000 $\mu\text{S/cm}$ fixé par l'OMS et l'UE.

• Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous varient de 4 mg/L (S3 et S5, saison sèche ; S3, saison des pluies) à 8 mg/L (S1, saison sèche). Les stations S3 et S5 présentent des teneurs en oxygène préoccupantes, inférieures au seuil minimal recommandé par l'UE (≥ 6 mg/L) et à la limite de celui recommandé par l'OMS (≥ 5 mg/L), indiquant une possible dégradation de la matière organique et/ou une eutrophisation.

• Turbidité

La turbidité varie de 3 NTU (S1 et S2, saison sèche) à 25 NTU (S3, saison des pluies), avec des valeurs généralement plus élevées en saison des pluies en raison du lessivage des sols. La plupart des stations dépassent la norme de l'OMS (≤ 5 NTU), et toutes excèdent largement la norme plus stricte de l'UE (≤ 1 NTU). Ces fortes turbidités peuvent nuire à la photosynthèse aquatique et constituer un support pour les micro-organismes.

• Dureté totale

La dureté totale varie de 1,25 mg/L CaCO_3 (S2, saison sèche) à 18,36 mg/L CaCO_3 (S3, saison des pluies). Ces valeurs sont extrêmement faibles par rapport aux recommandations de l'OMS (100-500 mg/L CaCO_3), caractérisant des eaux très douces. Cette faible dureté est cohérente avec la nature géologique du substrat et les sols ferralitiques de la région.

• Matières en suspension (MES)

Les concentrations en MES varient de 2 mg/L (S2, saison sèche) à 31 mg/L (S3, saison des pluies). Les valeurs sont généralement plus élevées en saison des pluies, ce qui s'explique par l'érosion accrue et le lessivage des sols. Les stations S3 et S4 présentent des concentrations qui dépassent la norme européenne (≤ 25 mg/L) en saison des pluies.

• Nitrates (NO_3^-)

Les concentrations en nitrates varient de 12,27 mg/L (S1, saison des pluies) à 41,55 mg/L (S3, saison sèche). Bien que toutes les valeurs restent inférieures au seuil de 50 mg/L fixé par l'OMS et l'UE, certaines stations (S3 et S4) présentent des concentrations relativement élevées, probablement liées aux activités agricoles et aux rejets d'eaux usées domestiques.

• Nitrites (NO_2^-)

Les concentrations en nitrites sont faibles, variant de 0 mg/L (S1, saison sèche et des pluies) à 0,006 mg/L (S3, saison sèche et des pluies ; S5, saison sèche). Toutes les valeurs sont bien en-dessous des limites fixées par l'OMS (0,2 mg/L) et l'UE (0,1 mg/L).

• Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les teneurs en orthophosphates varient de 0,02 mg/L (S1, saison des pluies) à 0,12 mg/L (S3, saison sèche et des pluies). Ces valeurs restent inférieures à la norme européenne (0,5 mg/L), mais les concentrations plus élevées aux stations S3 et S4 suggèrent des apports anthropiques, potentiellement liés à l'utilisation de détergents phosphatés et d'engrais.

Éléments traces métalliques

Plomb (Pb) : Les concentrations varient de 0,001 mg/L (S3, saison sèche et des pluies) à 0,009 mg/L (S2, saison des pluies). Bien que toutes les valeurs soient inférieures à la norme de l'OMS (0,01 mg/L), certaines dépassent la norme plus stricte de l'UE (0,0072 mg/L), notamment aux stations S1 et S2 en saison des pluies.

Cadmium (Cd) : Les concentrations varient de 0,001 mg/L (S5, saison des pluies) à 0,004 mg/L (S1, saison sèche ; S2, saison des pluies). La majorité des valeurs dépassent la norme de l'OMS (0,003 mg/L) et toutes excèdent largement la norme très stricte de l'UE (0,00025 mg/L), indiquant une contamination préoccupante, potentiellement liée aux activités industrielles ou artisanales.

Variation spatiale et saisonnière

Une tendance générale à la dégradation de la qualité de l'eau est observée de l'amont vers l'aval, avec des valeurs particulièrement préoccupantes à la station S3, qui présente les concentrations les plus élevées pour la plupart des paramètres de pollution (turbidité, MES, nitrates, phosphates). Cette station est située dans une zone à forte densité d'activités anthropiques. Des variations saisonnières significatives sont également observées. La saison des pluies est généralement caractérisée par une augmentation de la turbidité et des MES due au ruissellement et à l'érosion, ainsi que par une dilution des concentrations en nitrates. En revanche, certains paramètres comme le pH et la conductivité électrique ne montrent pas de tendance saisonnière claire.

3.2. Analyse bactériologique

Résultats des analyses microbiologiques des eaux de la rivière Donghora

Le Tableau 2 présente les résultats des analyses microbiologiques, spécifiquement les concentrations en streptocoques fécaux (SF) et coliformes fécaux (CF) dans les eaux de la rivière Donghora. Les échantillons ont été prélevés en saison sèche (SS) et en saison des pluies (SP) au niveau des cinq stations d'échantillonnage (S1 à S5). Pour chaque indicateur, les normes internationales de référence (OMS et UE) sont indiquées, permettant d'évaluer le niveau de contamination fécale des eaux analysées.

Tableau 2 : Concentrations en Streptocoques Fécaux et Coliformes Fécaux (UFC/100 ml) et leur ratio.

Stations	Saison Sèche (SS)			Saison des Pluies (SP)			Normes	
	CF	SF	Ratio CF/SF	CF	SF	Ratio CF/SF	OMS	UE
S1	18	48	0,38	24	45	0,53	0	0
S2	27	47	0,57	20	42	0,48	0	0
S3	25	43	0,58	34	40	0,85	0	0
S4	24	47	0,51	20	40	0,50	0	0
S5	19	42	0,45	15	38	0,39	0	0
Valeurs guides pour les eaux de baignade							≤ 100	≤ 100
Valeurs guides pour les eaux de surface destinées à la production d'eau potable							≤ 20	≤ 20
Valeurs impératives pour les eaux de surface destinées à la production d'eau potable							≤ 2000	≤ 1000

CF: Coliformes Fécaux, **SF:** Streptocoques Fécaux, **UFC:** Unités Formant Colonies.

Analyse des résultats microbiologiques

• Coliformes Fécaux (CF)

Les concentrations en coliformes fécaux varient de 15 UFC/100 ml (S5, saison des pluies) à 34 UFC/100 ml (S3, saison des pluies). En saison sèche, les valeurs oscillent entre 18 UFC/100 ml (S1) et 27 UFC/100 ml (S2). Ces concentrations dépassent les valeurs guides recommandées par l'OMS et l'UE pour les eaux de surface destinées à la production d'eau potable (≤ 20 UFC/100 ml), particulièrement aux stations S2, S3 et S4 en saison sèche, et à la station S3 en saison des pluies. Néanmoins, elles restent inférieures aux valeurs impératives maximales (≤ 2000 UFC/100 ml) et aux seuils définis pour les eaux de baignade (≤ 100 UFC/100 ml).

• Streptocoques Fécaux (SF)

Les concentrations en streptocoques fécaux sont significativement plus élevées que celles des coliformes fécaux, variant de 38 UFC/100 ml (S5, saison des pluies) à 48 UFC/100 ml (S1, saison sèche). Toutes les stations présentent des concentrations supérieures aux valeurs guides recommandées par l'OMS et l'UE pour les eaux de surface destinées à la production d'eau potable (≤ 20 UFC/100 ml), mais inférieures aux valeurs impératives maximales (≤ 1000 UFC/100 ml) et aux seuils définis pour les eaux de baignade (≤ 100 UFC/100 ml).

• **Ratio CF/SF**

Le ratio coliformes fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF) est un indicateur permettant d'identifier l'origine probable de la contamination fécale :

- Ratio $< 0,7$: contamination d'origine animale prédominante,
- Ratio $> 4,0$: contamination d'origine humaine prédominante,
- Ratio entre 0,7 et 4,0 : contamination d'origine mixte (humaine et animale).

Dans notre étude, les ratios CF/SF varient de 0,38 (S1, saison sèche) à 0,85 (S3, saison des pluies). La majorité des valeurs sont inférieures à 0,7, ce qui suggère une contamination fécale principalement d'origine animale (bétail, animaux sauvages). Seule la station S3 en saison des pluies présente un ratio (0,85) indiquant une contamination d'origine mixte, avec une contribution humaine plus importante, probablement due à la proximité de zones résidentielles et à l'intensification des rejets d'eaux usées domestiques.

Variation spatiale et saisonnière

Variation spatiale

Une légère variation spatiale est observée pour les deux indicateurs bactériologiques :

- Pour les coliformes fécaux, les concentrations les plus élevées sont généralement observées aux stations S2 et S3, situées dans des zones à forte activité anthropique.
- Pour les streptocoques fécaux, une tendance décroissante est observée de l'amont vers l'aval, avec les concentrations les plus élevées aux stations S1 et S2.

Cette distribution spatiale suggère des sources de contamination différentes selon les stations et les indicateurs. Les concentrations plus élevées de SF en amont pourraient être liées à des activités pastorales, tandis que l'augmentation des CF aux stations intermédiaires pourrait refléter l'influence croissante des rejets domestiques.

Variation saisonnière

Les tendances saisonnières varient selon les indicateurs :

- Pour les coliformes fécaux, les concentrations sont généralement plus élevées en saison des pluies aux stations S1 et S3, probablement en raison du lessivage des sols et de l'augmentation des rejets, tandis qu'elles diminuent aux stations S2, S4 et S5, suggérant un effet de dilution.
- Pour les streptocoques fécaux, une tendance à la diminution est observée en saison des pluies à toutes les stations, ce qui pourrait s'expliquer par l'effet de dilution dû à l'augmentation du débit.

Implications sanitaires et environnementales

La présence systématique d'indicateurs de contamination fécale à toutes les stations et durant les deux saisons indique une pollution microbiologique chronique de la rivière Donghora. Bien que les concentrations observées ne dépassent pas les valeurs impératives pour les eaux de surface destinées à la production d'eau potable après traitement, elles représentent néanmoins un risque sanitaire potentiel pour les populations qui utiliseraient ces eaux sans traitement préalable. Les ratios CF/SF suggèrent une contribution prédominante de la contamination d'origine animale, probablement liée aux activités d'élevage dans le bassin versant et à la présence d'animaux domestiques. Cependant, l'influence croissante de la contamination d'origine humaine à certaines stations, particulièrement en saison des pluies, souligne l'impact des rejets d'eaux usées domestiques non traitées. Cette contamination fécale, combinée aux altérations physico-chimiques précédemment décrites, contribue à la dégradation globale de la qualité écologique de la rivière Donghora et pourrait compromettre certains usages de l'eau, notamment pour l'irrigation agricole, la baignade ou la consommation humaine sans traitement adéquat.

4. DISCUSSION

Paramètres physico-chimiques

Température

La température constitue un facteur écologique déterminant qui influence significativement les processus biologiques et biochimiques dans les écosystèmes aquatiques (Kadlec et Reddy, 2001) [17]. Les valeurs enregistrées dans la rivière Donghora (20°C à 30°C) dépassent parfois la limite recommandée de 25°C fixée par l'Union Européenne, mais restent conformes aux normes de l'OMS (25-30°C) et sont caractéristiques des écosystèmes aquatiques en zone tropicale (Inza et al., 2009 ; Aka et al., 2019) [18,19]. L'augmentation progressive de la température observée de l'amont vers l'aval, particulièrement aux stations d'intense activité anthropique (S3, S4 et S5), peut être attribuée à deux facteurs principaux : la dégradation du couvert végétal riverain qui augmente l'exposition au rayonnement solaire (Rodier et al., 2009) [20] et

les apports thermiques des rejets d'eaux usées domestiques et artisanales (Inza et al., 2009) [18]. Ces élévations de température, même modérées, peuvent avoir des répercussions écologiques importantes en réduisant la solubilité de l'oxygène et en accélérant les processus métaboliques des organismes aquatiques (Leynaud, 1968) [21].

pH

Le pH des eaux de la rivière Donghora présente une tendance générale à l'acidité, avec des valeurs oscillantes entre 5,25 et 7,78. Cette acidité, plus marquée en saison sèche, est en partie attribuable à la nature géologique du bassin versant, caractérisée par des sols ferrallitiques typiques de la région (Chapman et Kimstach, 1996) [22]. La majorité des valeurs mesurées se situent en dessous de la plage recommandée par l'OMS et l'UE (6,5-8,5), ce qui pourrait compromettre le développement normal de nombreux organismes aquatiques, notamment les populations piscicoles et les macro-invertébrés sensibles aux conditions acides. L'acidification observée aux stations S3 et S4 pourrait également être exacerbée par la décomposition de la matière organique issue des rejets domestiques, qui libère des acides organiques et du CO₂, contribuant ainsi à l'abaissement du pH (Buhungu et al., 2018) [23].

Oxygène dissous

L'oxygène dissous représente un paramètre crucial et particulièrement sensible à la pollution organique. Les concentrations mesurées (4 à 8 mg/L) révèlent une hétérogénéité spatiale marquée. Conformément aux principes physico-chimiques établis, une relation inverse entre la température et la solubilité de l'oxygène a été confirmée (Leynaud, 1980 ; Hébert et Légaré, 2000) [21, 24], avec des concentrations maximales (8 mg/L) observées à la station S1, caractérisée par des températures plus basses (20°C) et une moindre pression anthropique. À l'inverse, les concentrations minimales (4 mg/L), observées aux stations S3 et S5, sont préoccupantes car elles approchent le seuil critique pour la vie aquatique fixé par l'OMS (5 mg/L) et sont inférieures aux recommandations de l'UE (6 mg/L). Cette hypoxie relative peut être attribuée à la consommation accrue d'oxygène par les processus de biodégradation de la matière organique issue des rejets domestiques et artisanaux, conformément aux observations de Dallas et Day (2004) [25] dans des écosystèmes aquatiques soumis à des pressions anthropiques similaires en Afrique du Sud.

Conductivité électrique

La minéralisation des eaux, évaluée par la conductivité électrique, présente une variabilité spatiale importante (50 à 680 µS/cm), avec des valeurs maximales aux stations S3 et S5. Ces concentrations, bien qu'inférieures au seuil de 1000 µS/cm fixé par l'OMS et l'UE, sont supérieures à celles rapportées par Aka et al. (2019) [19] dans des eaux soumises à une forte pression anthropique en Côte d'Ivoire (118,70 µS/cm), mais restent significativement inférieures aux 3920 µS/cm mesurés au Maroc par Makhoukh et al. (2011) [8] dans des contextes plus minéralisés. L'augmentation de la conductivité aux stations urbanisées (S3, S4 et S5) corrobore avec les conclusions de Frank et Kemmer (1992) [26] concernant l'impact des déchets domestiques sur la minéralisation des eaux de surface. Cette minéralisation peut être attribuée à la dissolution des sels minéraux issus des rejets domestiques, des détergents, et potentiellement des intrants agricoles utilisés dans le bassin versant.

Turbidité et matières en suspension

Les valeurs de turbidité (3 à 25 NTU) et de matières en suspension (MES) (2 à 31 mg/L) dépassent significativement les normes recommandées par l'OMS (≤ 5 NTU) et l'UE (≤ 1 NTU pour la turbidité, ≤ 25 mg/L pour les MES), particulièrement en saison des pluies et aux stations S3 et S4. Cette augmentation saisonnière et spatiale est cohérente avec les observations d'Adingra et al. (2010) [27] et s'explique par deux mécanismes principaux : le lessivage des sols et l'érosion accrue pendant la saison des pluies, et l'intensification des rejets chargés en matières particulaires dans les zones urbanisées.

Comme l'a souligné Rodier (1984) [28], les concentrations en MES dépendent de multiples facteurs, notamment la nature des terrains traversés, la pluviométrie, le régime d'écoulement et la nature des rejets. Les valeurs élevées observées aux stations S3 et S4, situées dans la partie fortement urbanisée du cours d'eau, sont particulièrement préoccupantes car elles dépassent le critère de qualité de 13 mg/L établi par Hébert (1996) [29] et peuvent engendrer des effets délétères sur la faune aquatique, notamment par colmatage des branchies, réduction de la pénétration lumineuse et accumulation de polluants adsorbés sur les particules (Wong, 2006) [30].

Dureté

La dureté des eaux de la rivière Donghora (1,25 à 18,36 mg/L CaCO_3) caractérise des eaux exceptionnellement douces, bien en deçà des valeurs recommandées par l'OMS (100-500 mg/L CaCO_3). Ces faibles valeurs, cohérentes avec la nature géologique du substrat dominé par des roches silicatées et des sols ferralitiques, indiquent une faible teneur en calcium et magnésium. L'augmentation de la dureté observée en saison des pluies, particulièrement à la station S3 (18,36 mg/L CaCO_3), pourrait résulter d'un apport accru en ions calcium et magnésium par le lessivage des sols et des rejets domestiques contenant des détergents. Des eaux aussi douces peuvent présenter une faible capacité tampon (pouvoir alcalin), les rendant plus susceptibles aux variations de pH et potentiellement moins favorables à certains organismes aquatiques nécessitant du calcium pour leur développement (mollusques, crustacés).

Nutriments

Les concentrations en nitrates (12,27 à 41,55 mg/L) et nitrites (0 à 0,006 mg/L) demeurent inférieures aux limites fixées par l'OMS (50 mg/L pour les nitrates, 0,2 mg/L pour les nitrites) et l'UE. Néanmoins, les concentrations relativement élevées en nitrates aux stations S3 et S4 suggèrent un enrichissement significatif en azote, probablement lié aux rejets d'eaux usées domestiques et potentiellement aux activités agricoles dans le bassin versant. Les concentrations en orthophosphates (0,02 à 0,12 mg/L), bien qu'inférieures aux normes de l'UE (0,5 mg/L), dépassent la teneur naturelle de 0,025 mg/L identifiée par Meybeck (1989) [31] pour les cours d'eau non perturbés. Cette élévation des concentrations en phosphore, particulièrement marquée aux stations S3 et S4, est caractéristique d'une influence anthropique et peut être attribuée à l'utilisation de détergents phosphatés dans les activités domestiques et au rejet d'eaux usées non traitées. Le déséquilibre nutritif observé, avec un enrichissement relatif en phosphore par rapport à l'azote, pourrait favoriser le développement d'espèces algales adaptées à ces conditions et potentiellement conduire à une eutrophisation localisée du milieu, particulièrement dans les zones à faible courant.

Éléments traces métalliques

La présence d'éléments traces métalliques, notamment le plomb (0,001 à 0,009 mg/L) et le cadmium (0,001 à 0,004 mg/L), est particulièrement préoccupante. Si les concentrations en plomb restent majoritairement inférieures à la norme de l'OMS (0,01 mg/L), certaines valeurs dépassent la norme plus stricte de l'UE (0,0072 mg/L). Plus inquiétantes sont les concentrations en cadmium qui dépassent fréquemment la norme de l'OMS (0,003 mg/L) et systématiquement celle de l'UE (0,00025 mg/L). Ces contaminations peuvent être attribuées aux activités artisanales, notamment la teinturerie et la fabrication textile traditionnelle qui utilisent des colorants contenant potentiellement des métaux lourds, ainsi qu'aux rejets liés à l'entretien et au lavage des véhicules. La bio-accumulation potentielle de ces métaux dans la chaîne trophique représente un risque écotoxicologique significatif pour l'écosystème aquatique et potentiellement pour la santé humaine en cas d'utilisation de ces eaux ou de consommation d'organismes aquatiques contaminés.

Paramètres microbiologiques

Les analyses bactériologiques révèlent une contamination fécale significative et généralisée. Les concentrations en streptocoques fécaux (38 à 48 UFC/100 ml) et en coliformes fécaux (15 à 34 UFC/100 ml) dépassent largement les normes de l'OMS et de l'Office Fédéral Allemand de la Santé (OFMMDA, 1995) [32] qui préconisent l'absence totale de ces indicateurs (0 UFC/100 ml) dans les eaux destinées à la consommation humaine. Ces niveaux de contamination, bien qu'inférieurs aux seuils critiques pour les eaux récréatives (100 UFC/100 ml), indiquent néanmoins une pollution fécale chronique. L'analyse des ratios coliformes fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF), qui varie de 0,38 à 0,85 (et non de 1 à 2) et indiquant une pollution fécale d'origine mixte sont similaires aux valeurs trouvées par Adingra et al. (2010) [27].

4. CONCLUSION

Cette étude met en évidence l'impact significatif des activités anthropiques sur la qualité des eaux de la rivière Donghora dans la région de Labé, en Guinée. L'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques révèle une dégradation progressive de la qualité de l'eau de l'amont vers l'aval, avec une détérioration particulièrement marquée aux stations situées dans les zones fortement urbanisées (S3 et S4).

Les résultats démontrent une altération des paramètres essentiels à la vie aquatique, notamment une diminution de l'oxygène dissous, une acidification des eaux, une augmentation de la turbidité et des matières en suspension, ainsi qu'un enrichissement en nutriments. La contamination par des éléments traces métalliques, particulièrement le cadmium,

constitue un risque écotoxicologique préoccupant. Par ailleurs, la présence généralisée d'indicateurs de contamination fécale souligne l'insuffisance des infrastructures d'assainissement et pose des questions de santé publique pour les populations riveraines utilisant ces eaux.

Cette étude met en évidence l'impact significatif des activités anthropiques sur la qualité des eaux de la rivière Donghora dans la région de Labé, en Guinée. L'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques révèle une dégradation progressive de la qualité de l'eau de l'amont vers l'aval, avec une détérioration particulièrement marquée aux stations situées dans les zones fortement urbanisées (S3 et S4).

Les résultats démontrent une altération des paramètres essentiels à la vie aquatique, notamment une diminution de l'oxygène dissous, une acidification des eaux, une augmentation de la turbidité et des matières en suspension, ainsi qu'un enrichissement en nutriments. La contamination par des éléments traces métalliques, particulièrement le cadmium, constitue un risque écotoxicologique préoccupant. Par ailleurs, la présence généralisée d'indicateurs de contamination fécale souligne l'insuffisance des infrastructures d'assainissement et pose des questions de santé publique pour les populations riveraines utilisant ces eaux.

Ces perturbations multifactorielles, agissant en synergie, compromettent l'intégrité écologique de cet écosystème aquatique et les services qu'il fournit aux communautés locales. L'origine de cette pollution est clairement liée aux activités humaines non régulées, notamment les rejets domestiques non traités, les activités artisanales (teinturerie, entretien de véhicules) et potentiellement les pratiques agricoles et pastorales dans le bassin versant.

Face à cette situation, il apparaît urgent de mettre en œuvre des mesures de gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin versant, incluant l'amélioration des infrastructures d'assainissement, la sensibilisation des populations aux bonnes pratiques environnementales, et l'établissement d'un système de surveillance régulière de la qualité des eaux. De telles actions permettraient de préserver ce cours d'eau vital pour la région, tout en garantissant sa durabilité écologique et sanitaire pour les générations futures.

Remerciements : Les auteurs expriment toute leur gratitude et reconnaissance aux autorités des Universités de Labé et Kankan ; au laboratoire des milieux récepteurs du Centre d'Etude et de Recherche en Environnement (CERE) de l'Université de Conakry pour les différentes analyses chimiques et bactériologiques.

4. REFERENCES

1. Costanza, R., Arge, Rd., Groot, Rd., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Shahid Naeem, S., Robert V. O'Neill, RV., Jose Paruelo, J., Robert G. Raskin, RG., Suttonkk P. & Belt. Mvd. The value of the world's ecosystem services and natural capital. NATURE. 1997. vol 387
2. Dynesius, M. et Nilson, C. "Fragmentation Qualitatives et Quantitatives de La Faune Benthique D'un Ruisseau À Truites, La Couse Pavin (PUY-DE-DOME) Dues Aux Pollutions Agricoles et Urbaines." Lab. De Zool. Biol. Animal et Écologique. 1994b. INA-INRA : 24p.
3. Ghazali, D, Zaid, A. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès –Maroc). Larhyss Journal. 2013. ISSN 1112-3680, n° 12, pp 25-36
4. Godin, P., Feinberg, M., Ducauze, C. Modeling of soil contamination by airborne lead and cadmium around several emission sources. Environ. Pollut Ser. 1985. 10 : 97-114
5. François, L. Agriculture et pollution de l'eau : modélisation des processus et analyse des dynamiques territoriales, ESO LE MANS - UMR 6590. 2013, pp 27-29
6. Reggam, A., Bouchelaghem, H., Houhamdi, M. Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (North eastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis)). J. Mater. Environ. Sci. 2015. 6 (5) 1417-1425 ISSN : 2028-2508
7. Mullis RM., Revitt DM, Shutes RBE. The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. Water Sci. Technol. 1997. 36 : 195-199
8. Makhoukh, M., Sbaa, A., Berrahou, M. Van. Clooster. Contribution à l'étude Physico-Chimique des Eaux Superficielles de L'oued Moulouya (Maroc Oriental). Larhyss Journal. 1997. ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre 2011, pp. 149-169
9. Nwamo, R D., Ba'ana, E M L., Tchoumboungang, F., Dibong, D S. Impacts des actions anthropiques sur les zones humides de la ville de Douala et solutions de gestion durable : cas de la rivière Kondi. Journal of Applied Biosciences. 2016. 99 :9423 – 9432 ISSN 1997-5902
10. Sow, M.A. Hydrologie et géochimie des transports fluviaux dissous et particulaires dans le bassin versant du Milo (République de Guinée). Sciences de la Terre. Institut National Polytechnique de Toulouse- INPT, 2018. Français. NNT: 2018INPT0039., tel-04200980
11. Aouissi, A. et Houhamdi, M. Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien). Université 8 Mai 1945 Guelma (Algérie). 2014, p12.
12. Orange, D. Hydroclimatologie du Fouta Djallon et dynamique actuelle d'un vieux paysage latéritique (Afrique de l'ouest). Strasbourg : Institut de Géologie-Université Louis-Pasteur. 1992. pp. 3-200. (Sciences Géologiques. Mémoires, 93)
13. Maignien, R. Le cuirassement des sols en Guinée. Afrique Occidentale [monographie] Sciences Géologiques, bulletins et mémoires. Année 1958, 16
14. Association Française de Normalisation (AFNOR). Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 1 : Guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnage des eaux, NF EN ISO 5667-1. Paris: AFNOR; 2001. Lien URL : <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-iso-56671/qualite-de-leau-echantillonnage-partie-1-guide-general-pour-letablissement-des-p/fa024810/1522>.
15. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Directives de qualité pour l'eau de boisson ; quatrième édition intégrant le premier additif. Genève : OMS ; 2017. Lien URL : <https://www.who.int/fr/publications/i/item/9789241549950>
16. Union Européenne. Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal officiel des Communautés européennes : 22 déc 2000;L327:1-73. Lien URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>
17. Leynaud, G., Verrel, J. L. Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions, 1-28. In PESSON P., la pollution des eaux continentales ; incidence sur les biocénoses aquatique. Gautier- Villard. 1980. Paris, 345p.
18. Kadlec, R. H. et Reddy, K. R. Temperature effects in treatment wetlands, Water Environment Research, 2001. 73, pp. 543-557. DOI : 10.2175/106143001X139614

19. Inza, B., SORO, MB., Etchian, A O., Albert Trokourey, A. et Bokra, Y. . Caracterisation Physico-Chimique des Eaux et des sédiments de surface de la Baie des Milliardaires, Lagune Ébrie, Cote d'Ivoire. *Revue Ivoirienne Sciences Technologie.*, 2009, 13 (2009) 139 – 154 ISSN 1813-3290
20. Aka, N., Gboho, Y D A., Bamba, S B., SORO, N. Impact des activités anthropiques sur les ressources en eau de la périphérie ouest d'Abidjan (Sud-est de la Côte d'Ivoire). *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement (JISTEE)*. 2019 : Volume IV - Numéro 2 – Décembre 2019
21. Rodier, J., Legube, B. et Merlet, N. *L'analyse de l'eau*. 9ème Ed. Dunod, Paris. 2009, 1579p
22. Chapman, D., Kimstach, V. 1996. Selection of water quality variables. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2nd ed. E & FN
23. Hébert, S. et Légaré, S. Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq no ENV-2001-0141, rapport. 2000, n° QE-123, 24 p.
24. Dallas, H.F., Day, J.A. The effects of Water quality variables on aquatic ecosystems. WRC Report No. TT 224/04. Water Research Commission. 2004, Pretoria
25. Buhungu, S., Montchouwui, E., Barankanira, E., Claver, S. Caractérisation spatio-temporelle de la qualité de l'eau de la rivière Kinyankonge, affluent du Lac Tanganyika, Burundi. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2018. 12 (1). DOI : 10.4314/ijbcs. V12 : 1-44
26. Frank, J., Kemmer, N. *Manuel de l'eau*. Edition : Lavoisier. 1992. P 3 .102.105.
27. Adingra, A.A., Sako, A. et Kouassi, A.M. Qualité bactériologique des eaux de surface de la rivière Banco, Abidjan, Cote d'Ivoire. *F. Tech. & Doc. Vulg.* 2010 ; 37-42
28. Hébert, S., 1996. Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec, Québec, ministère de l'environnement et de la faune. Direction des écosystèmes aquatiques, ministère de l'environnement et de la faune, envirodoq no EN/970102, 20p., 4 annexes. http://repository.upi.edu/1360/1/sd5451_0604180, chapter 1.pdf
29. Rodier J. *Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 7ème édition, Dunot, 1984, Paris.
30. Wong, THT. *Australia Runoff Quality. A Guide to Water Sensitive Urban Design*. Engineers Australia : Melbourne. 2006.
31. Meybeck, M. The quality of rivers: from pristine stage to global pollution. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.* 1989. 75(4) : 283-309.
32. OFMHMDA. Office Fédéral Allemand de la Santé Critères d'appréciation pour l'eau de boisson : composition microbiologique. *OHyg.* réf. 817.051, 1995



How to cite this article: Nathalie Sia Doumbou TENKIANO, Abdourahamane BARRY et |Youssef CAMARA. INCIDENCE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE LA RIVIÈRE DONGHORA, LABE-GUINÉE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2025; 20(3): 07-17. Doi : <https://doi.org/10.5281/zenodo.15106476>

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>