

## EVALUATION DE L'ETAT TROPHIQUE DES EAUX DU FLEUVE COMOIE (COTE D'IVOIRE) A PARTIR DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUE ET MICRO-ALGALE

### [ ASSESSMENT OF THE TROPHIC STATUS OF THE WATERS OF THE COMOIE RIVER (COTE D'IVOIRE) USING PHYSICO-CHEMICAL AND MICRO-ALGAL ANALYSES ]

Mamadou KAMAGATE<sup>1</sup>, Koffi KOMOE<sup>1</sup>, and Blé Alexis Tardy KOUASSI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 918 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>UFR Sciences Biologiques, Université Péléforo Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Demographic pressure on watercourses in Côte d'Ivoire is causing increasing degradation of water quality. One of the indicators of water quality is the micro-algal population. The aim of this study is to assess the trophic status of the waters of the Comoé River, based on physico-chemical parameters and micro-algal populations. Four sampling campaigns were carried out from February 2020 to January 2021 at ten selected stations on the river. Abiotic variables were measured in situ and in the laboratory. Microalgae were collected using a plankton net and observed under photonic and electron microscopes for identification. Several indices for assessing the trophic status of the waters were calculated. The study revealed that the waters are relatively warm, rich in nutritive salts and not very transparent. A total of 190 taxa in 79 genera, 39 families, 23 orders, 10 classes and 5 phyla were identified. The Euglenophyceae class, with 58 taxa (30.52%), is the most diverse. The calculated A and B indices range from 6.14 to 7.69 and from 1.14 to 2.23 respectively. The C index fluctuates between 0.20 and 1.18. Nutrient concentration, transparency values and the A, B and C indices indicate that the river's waters are eutrophic, with more pronounced eutrophy in the middle and lower reaches.

**KEYWORDS:** Microalgae, trophic status, Comoie River, Ivory Coast.

**RESUME:** La pression démographique sur les cours d'eau en Côte d'Ivoire est à l'origine de la dégradation croissante de la qualité de ces eaux. L'un des indicateurs de la qualité des eaux est le peuplement micro-algal. La présente étude a pour but d'évaluer l'état trophique des eaux du fleuve Comoé à partir des paramètres physico-chimiques et du peuplement de micro-algues. Quatre campagnes d'échantillonnages ont été effectués de février 2020 à janvier 2021 dans dix stations choisies sur le fleuve. Les variables abiotiques ont été mesurées in situ et au laboratoire. Les micro-algues ont été prélevées à l'aide d'un filet à plancton et observées aux microscopes photonique et électronique pour identification. Plusieurs indices d'appréciation de l'état trophique des eaux ont été calculés. L'étude a révélé que les eaux sont relativement chaudes, riches en sels nutritifs et faiblement transparentes. Au total, 190 taxons répartis en 79 genres, 39 familles, 23 ordres, 10 classes et 5 embranchements ont été identifiés. La classe des Euglenophyceae comptant 58 taxons (30,52 %) est la plus diversifiée. Les indices A et B calculés varient respectivement de 6,14 à 7,69 et de 1,14 à 2,23. Quant à l'indice C, il oscille entre 0,20 et 1,18.

La concentration en nutriments, les valeurs de la transparence ainsi que les indices A, B et C indiquent que les eaux du fleuve sont eutrophes avec une eutrophie plus accentuée dans les cours moyen et inférieur.

**MOTS-CLEFS:** Micro-algues, état trophique, Fleuve Comoé; Côte d'Ivoire.

## 1 INTRODUCTION

La qualité des eaux dans le monde connaît une grande détérioration. Ce constat est fait dans plusieurs pays dont le Sénégal [1] le Togo [2], le Cameroun [3] etc, où les cours d'eau sont sujets à de fortes pressions démographiques [4]. En effet, les rejets industriels non traités, l'utilisation intensive d'intrants agricoles (pesticides, herbicides, engrais chimiques, etc) et l'exploitation abusive des ressources aquatiques ont des conséquences négatives sur les hydrosystèmes et les ressources en eau [5].

A l'instar de ces pays, les cours d'eau en Côte d'Ivoire subissent une pression humaine très poussée. En effet, les nombreuses activités anthropiques sur les bassins versants, associés aux risques hydro-climatiques amplifient dangereusement la dégradation de la qualité de ces milieux [6]. Par ailleurs, les régimes fluviaux connaissent des variations interannuelles très sensibles avec pour conséquences, les inondations et l'assèchement des lits [6]. Cette situation entraîne une importante perte de la diversité biologique et la détérioration de l'état écologique des fleuves. Le fleuve Comoé, l'un des principaux fleuves de Côte d'Ivoire n'échappe pas à cette triste réalité. Ces dernières années, son bassin versant est confronté à de fortes crues et des inondations, entraînant entre autres des dégâts matériels, d'importantes pertes de cultures maraîchères et des maladies liées au débordement des eaux usées [7]. Cette situation a des conséquences sur la biodiversité et l'écologie du fleuve dont la sauvegarde nécessite un suivi pour le maintien de la qualité des eaux. La surveillance de la qualité de l'eau a longtemps été basée sur les analyses physico-chimiques [8]. Cependant, l'analyse biologique permet d'identifier les perturbations et leurs effets sur les communautés vivantes du milieu. Il paraît donc judicieux d'utiliser des organismes vivants tels que les micro-algues dont on connaît les exigences écologiques [9] pour juger de l'état d'un hydrosystème et de ses perturbations. En effet, dans des conditions de stabilité et d'enrichissement du milieu en substances nutritives favorables, une population de micro-algues peut se développer et selon le cas être bénéfique ou préjudiciable pour l'Homme [10]. En outre, plusieurs indices basés sur la réaction de certaines espèces d'algues aux conditions du milieu, sont utilisés pour la surveillance biologique des eaux ([11]; [12]). Pour contribuer à une meilleure connaissance de son écologie, cette étude a été initiée en vue d'estimer le niveau de trophie des eaux du fleuve Comoé par l'analyse des données physico-chimiques et du peuplement de micro-algues.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Cette étude a pris en compte la partie du fleuve comprise entre Kafolo (frontière Ivoirio-burkinabè) et Grand-Bassam (embouchure) (Figure 1).

Prenant sa source à 420 m d'altitude dans la falaise de Banfora (Burkina Faso), le fleuve Comoé traverse la Côte d'Ivoire du Nord au sud et se jette dans la lagune Ébrié à Grand-Bassam [13]. Ce fleuve, le plus long de la Côte d'Ivoire (1160 km au total dont 150 km au Burkina Faso), draine un bassin versant de 78000 km<sup>2</sup> dont 57300 km<sup>2</sup> en Côte d'Ivoire [14]. A part une forte pente à la source, la pente moyenne est assez faible avec 0,25 m/km [15].

La Comoé connaît trois régimes hydrologiques en relation avec les différents régimes climatiques auxquels il est soumis [15]:

- Le régime tropical de transition au cours supérieur du bassin. Ce régime comporte une crue unique, d'août à octobre et une longue période d'étiage, de janvier à mai.
- Le régime équatorial de transition atténué au cours moyen. Avec deux saisons des pluies, ce régime compte deux crues en juin-juillet et en septembre-octobre.
- Le régime équatorial de transition au cours inférieur. Deux périodes de hautes eaux sont observées avec la crue la plus importante en juin-juillet et la seconde en octobre-novembre [16].

### 2.2 ÉCHANTILLONNAGE ET TECHNIQUES D'ANALYSE DES DONNEES

Quatre campagnes d'échantillonnage ont été effectuées suivant le rythme climatique dans chacune des dix (10) stations choisies en tenant compte de leur accessibilité et d'éventuelles pressions anthropiques (tableau I). Ces campagnes se sont déroulées en juillet, septembre et novembre 2020 et en janvier 2021.

Pour chaque campagne, les prélèvements ont été faits entre 8 heures et 10 heures de la journée. Les paramètres tels que la température, le pH, la conductivité, l'oxygène dissous, ont été mesurés *in situ* avec un multiparamètre portable de type HANNA HI 9829.

Un disque de Secchi de 29 cm de diamètre a servi pour la mesure de la transparence de l'eau.

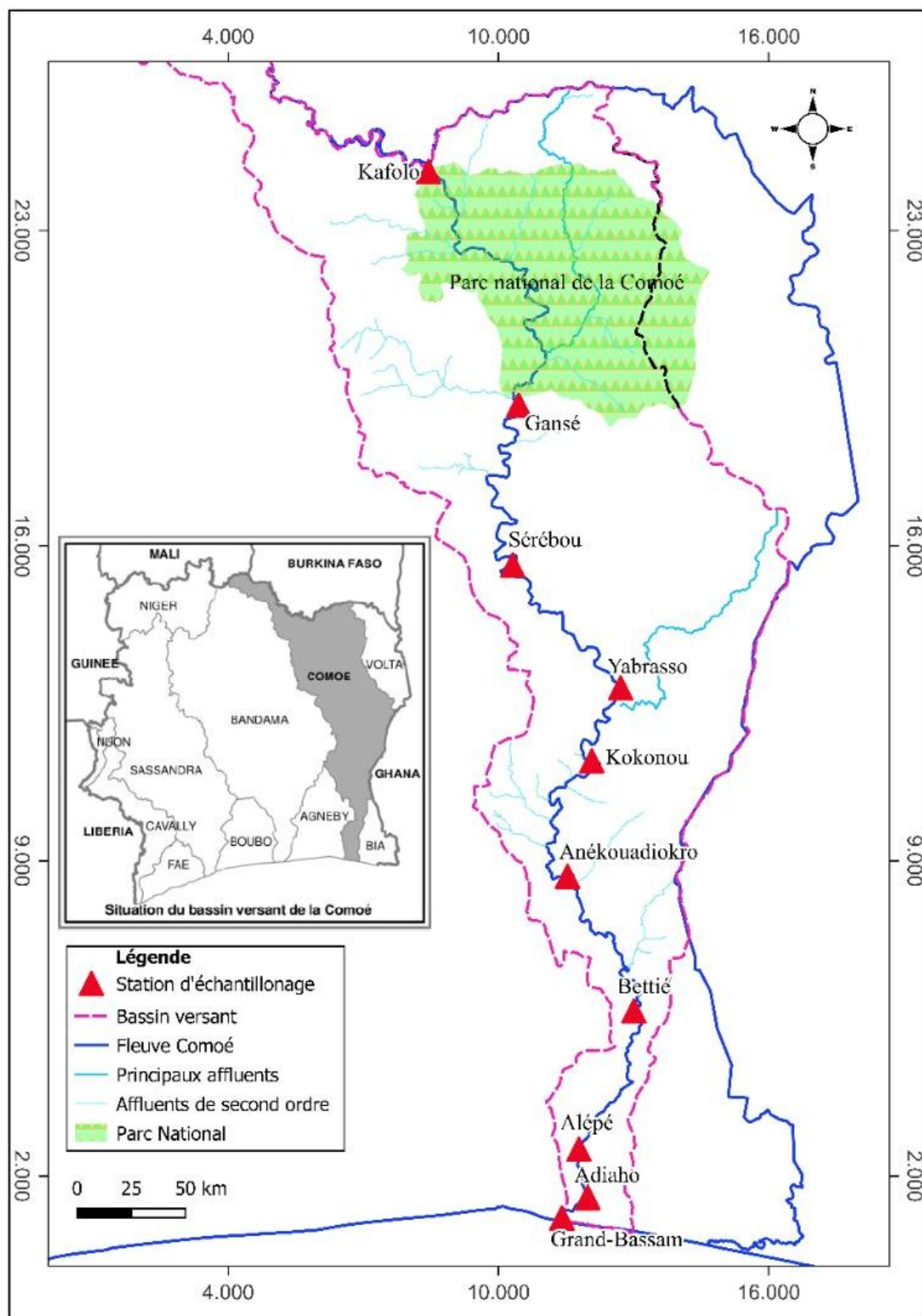


Fig. 1. Carte du bassin versant de la Comoé avec les stations d'échantillonnage

Source: Kamagaté et Bamba  
 Conception: Gnamba, 2023

Tableau 1. Coordonnées et caractéristiques des stations d'échantillonnage

Partie du fleuve	Stations	Code station	Coordonnées des stations	Activités anthropiques
Cours supérieur	Kafolo	Kafo	09°58'847 N – 04°30'820 W	- élevage de Bovin - culture de cotonniers
	Gansé	Gans	08°61'493 N – 03°92'148 W	- Parc national de la Comoé - Cultures de riz et de cotonniers
Cours moyen	Sérébou	Séré	07°56'247 N – 03°56'257 W	- pêche artisanale - plantation de cacaoyers - lessive
	Yabrasso	Yabr	07°26'525 N – 03°30'317 W	- pêche artisanale - plantation de cacaoyers - transport par pirogues motorisées
	Kokonou	Koko	07°07'186 N – 03°37'177 W	- pêche artisanale - plantations de cacaoyers, d'hévéa, de manioc - lessive
	Anékouadiokro	Anék	06°38'135 N – 03°42'457 W	- pêche artisanale - plantation de cacaoyers - construction de pont
Cours inférieur	Béttié	Bétt	06°03'594 N – 03°25'227 W	- pêche artisanale - plantations de cacaoyers, d'hévéa - lavage d'engins (motos, véhicule)
	Alépé	Alép	05°50'260 N – 03°65'683 W	- pêche artisanale - plantation de cacaoyers - extraction de sable - lessive
	Adiaho	Adia	05°28'544 N – 03°61'570 W	- Production de briques - pêche artisanale - plantation de cacaoyers - culture d'ananas - lessive
	Grand-Bassam	GrdB	05°21'544 N – 03°71'611 W	- pêche artisanale - culture de riz - cultures maraîchères

En ce qui concerne les sels nutritifs, les échantillons d'eau destinés à l'analyse des paramètres chimiques ont été prélevés à 50 cm en dessous de la surface de l'eau et recueillis dans des bouteilles en plastiques de 1 litre puis conservés dans des glacières. Au laboratoire, la mesure des orthophosphates s'est faite par colorimétrie suivant la norme française T 90 023 [17]. Le dosage des nitrates a été effectué selon la méthode de réduction au cadmium [18].

Quant aux micro-algues, les récoltes pour l'étude qualitative ont été effectuées à l'aide d'un filet à plancton de 20 µm de vide de maille dans lequel ont été filtrés 100 L d'eau à l'aide d'un seau d'une capacité de 10 litres. Des piluliers d'une contenance de 40 mL ont été utilisés pour recueillir et conserver les prélèvements. Quelques gouttes de formol à 5 % ont été ajoutées à ces prélèvements pour la fixation et la conservation des organismes contenus dans ces échantillons.

Les observations ont été faites au microscope photonique de type Olympus CKX41 et au microscope électronique à balayage (MEB). L'identification des taxons a été faite grâce aux clés de détermination et/ou divers ouvrages sur les micro-algues: [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]. Les informations actualisées sur les différents taxons ont été obtenues à partir de [27].

Pour déterminer l'état de trophie des eaux, [11] suivant [28] a proposé plusieurs indices dont le plus largement utilisé est l'indice composé: c'est le rapport de la somme du nombre d'espèces de quatre groupes d'algues typiques des conditions eutrophes (Cyanophycées, Chlorococcales, Centrales, Euglénophycées) sur le nombre d'espèces d'un groupe typique des conditions oligotrophes (Desmidiacées):

$$A = \frac{\text{Cyanophycées} + \text{Chlorococcales} + \text{Centrales} + \text{Euglénophycées}}{\text{Desmidiacées}} \quad (1)$$

A = indice composé. Cet indice définit 3 états de trophie:

$0,3 < A < 1$  = milieu oligotrophe.

$1 < A < 2,5$  = milieu mésotrophe

$2,5 < A < 5$  = milieu eutrophe

Un second indice B a été utilisé pour reconnaître le type de trophie:

$$B = \frac{\text{Chlorococcales}}{\text{Desmidiacées}} \quad (2)$$

$B < 1$  = milieu oligotrophe

$B > 1$  = milieu eutrophe

Un troisième indice C, dérivant des Diatomées, traduit le rapport du nombre d'espèce des Centrales sur celui des Pennales:

$$C = \frac{\text{Centrales}}{\text{Pennales}} \quad (3)$$

C:  $0 - 0,2$  = milieu oligotrophe

C:  $0,2 - 3$  = milieu eutrophe

## 2.3 TRAITEMENT STATISTIQUE

Les tests non paramétriques de Kruskal-Wallis ont permis de tester la variance des paramètres physico-chimiques entre les différents points de prélèvements sur le fleuve. Ces tests sont significatifs pour  $p < 0,05$ . Toutes ces analyses ont été réalisées avec le logiciel R version 4.2.1.

## 3 RESULTATS

### 3.1 VARIATION SPATIALE DES PARAMÈTRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

La variation spatiale des paramètres abiotiques étudiés est présentée par les **Figures 2 à 7**. Des paramètres comme l'oxygène dissous, les nitrates, des orthophosphates varient significativement d'une station à une autres ( $p < 0,05$ ). Entre revanche, la température, la transparence et la conductivité ne varient pas significativement entre les stations ( $p > 0,05$ ).

La température varie de  $26,36^\circ\text{C}$  à  $33,4^\circ\text{C}$  (**Figure 2**), avec une moyenne de  $28,93^\circ\text{C}$ . La température maximale est enregistrée à la station de Kafolo et la minimale à Sérébou.

La transparence des eaux oscille entre  $8,5\text{ cm}$  (Yabrasso) et  $45,5\text{ cm}$  (Adiaho) (**Figure 3**). La valeur moyenne est de  $17,51\text{ cm}$ .

Le taux d'oxygène dissous oscille entre  $4,48\text{ mg/L}$  (à Adiaho) et  $7,76\text{ mg/L}$  (à Grand-Bassam). Avec une moyenne de  $5,93\text{ mg/L}$ , ce taux baisse légèrement vers l'aval (**Figure 4**).

La conductivité varie de  $41,51\text{ }\mu\text{S/cm}$  à  $187,38\text{ }\mu\text{S/cm}$  (**Figure 5**). La moyenne est de  $70,69\text{ }\mu\text{S/cm}$ . La valeur maximale est enregistrée à la station de Grand-Bassam.

La concentration en nitrates oscille entre  $1,6\text{ mg/L}$  et  $6,17\text{ mg/L}$  (**Figure 6**). La moyenne est de  $4,26\text{ mg/L}$ . Avec la minimale notée à Gansé, le taux en nitrates croit de l'amont vers l'aval.

La teneur en orthophosphates évolue de  $0,09\text{ mg/L}$  à  $0,75\text{ mg/L}$  avec une moyenne de  $0,46\text{ mg/L}$  (**Figure 7**). La plus grande valeur est notée à la station d'Alépé et la plus petite valeur à Kafolo. Le taux d'orthophosphates augmente de l'amont vers l'aval.

### 3.2 COMPOSITION TAXINOMIQUE DU PEUPLEMENT DE MICRO-ALGUES

Au total, 190 taxons (espèces, variétés et formes), repartis en 79 genres, 39 familles, 23 ordres, 10 classes et 5 embranchements, ont été inventoriés dans les eaux du fleuve Comoé. Les embranchements les plus riches en taxons sont les Euglenophyta avec 59 taxons soit

31,05 %, les Chlorophyta avec 55 taxons soit 28,94 % et les les Hétérokontophyta avec 51 taxons soit 26,84 %. La classe des Euglenophyceae comptant 58 taxons (30,52 %) est la plus diversifiée, suivie des Bacillariophyceae avec 43 taxons (22,63 %) et des Chlorophyceae, 37 taxons (19,47 %). Au niveau des ordres, les plus diversifiés sont respectivement les Euglenales avec 58 taxons (30,52 %), les Sphaeropleales, 30 taxons (15,78 %), les Naviculales, 16 taxons (8,42 %), les Desmidiiales, 13 taxons (6,84 %) et les Bacillariales avec 12 taxons (6,18 %). La famille des Euglenaceae comptant 45 taxons (23,68 %) et celle des Scenedesmaceae, 14 taxons (7,36 %) sont les plus diversifiées. Les genres *Trachelomonas* et *Strombomonas* enregistrent les plus grands nombres de taxons avec respectivement 24 et 16 taxons.

Les nombres de taxons de certains de ces groupes d'algues (**Tableau 2**) ont servi au calcul des indices de trophie.

### 3.3 ÉTUDE DE L'ÉTAT TROPHIQUE DES EAUX DU FLEUVE COMOÉ

#### 3.3.1 ÉTAT TROPHIQUE DES EAUX SELON L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Les valeurs moyennes annuelles des paramètres physico-chimiques soumises aux grilles d'évaluation selon [29] et selon [30] indiquent que les eaux sont eutrophes. Notons que les paramètres ayant servi à cette analyse sont les teneurs en orthophosphates, en nitrates et la transparence des eaux. De cette analyse, il ressort que les valeurs de ces paramètres sont toutes supérieures aux seuils indiqués par [29] et [30] pour des eaux eutrophes (**tableaux 3 et 4**).

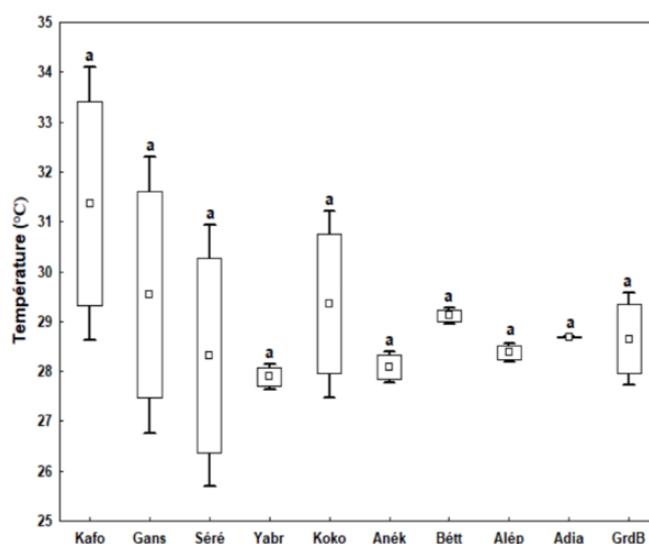


Fig. 2. Variation spatiale de la température des eaux du fleuve Comoé

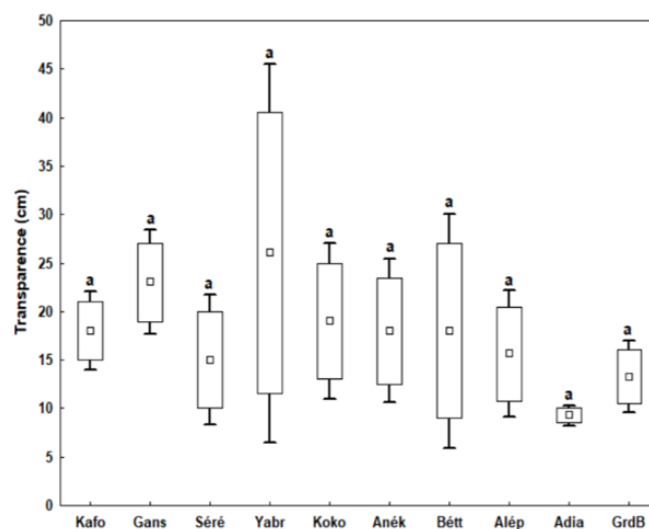


Fig. 3. Variation spatiale de la transparence des eaux du fleuve Comoé

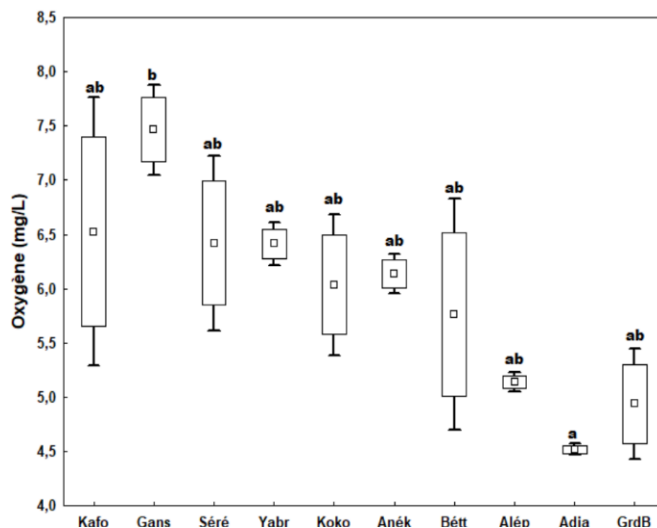


Fig. 4. Variation spatiale de l'oxygène dissous des eaux du fleuve Comoé

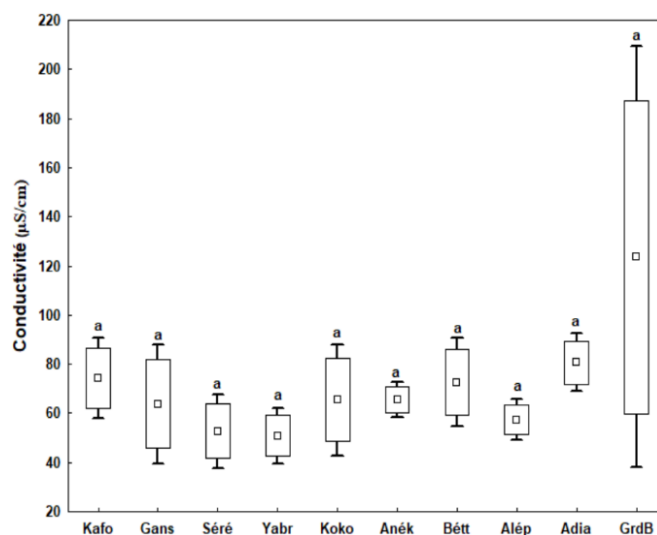


Fig. 5. Variation spatiale de conductivité des eaux du fleuve Comoé

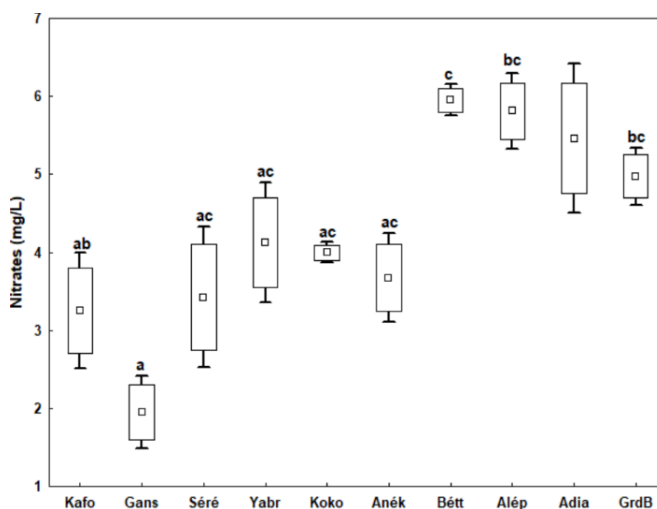


Fig. 6. Variation spatiale de la teneur en nitrates des eaux du fleuve Comoé

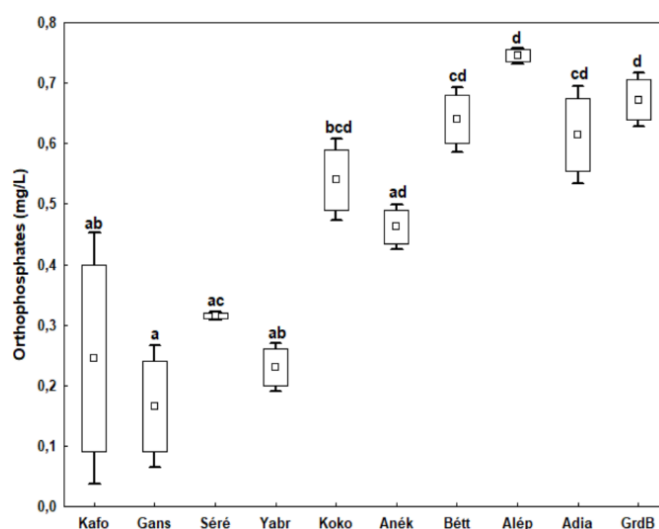


Fig. 7. Variation spatiale de la teneur en orthophosphates des eaux du fleuve Comoé

### 3.3.2 ETAT TROPHIQUE DES EAUX SELON LA COMPOSITION MICRO-ALGALE

La taxinomie étant en perpétuelle évolution, certains groupes taxinomiques considérés par [11] ont connu des modifications dans leurs compositions. Ainsi, les taxons appartenant aux ordres des Desmidiaceae et des Zygnematales, inventoriés dans le fleuve Comoé, sont considérés comme des Desmidiaceae par [11]. Ceux appartenant aux ordres des Chlorococcales et des Sphaeropleales forment l'ordre des Chlorococcales; les Anulales, Aulacoseirales, Chaetocerales et Stephanodiscales constituent l'ordre des Centrales selon [11]. Quant aux ordres des Bacillariales, Cymbellales, Lichnophorales, Naviculales et Surirellales, ils appartiennent à l'ordre des Pennales considéré par [11].

Les valeurs des indices *A*, *B* et *C* suggèrent un état globalement eutrophe des eaux (tableau 5). Pour chacun de ces indices, les valeurs sont plus élevées dans le cours moyen et le cours inférieur. Le test de Kruskal-Wallis réalisé avec ces valeurs indique que l'état de trophie ne varie pas significativement dans les différentes parties du fleuve ( $p > 0,05$ ).

## 4 DISCUSSION

### 4.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU FLEUVES COMOÉ

La mesure des paramètres physico-chimiques a permis de connaître la variation de ces paramètres le long du fleuve Comoé.

Les eaux de la Comoé sont moyennement bien oxygénées (5,93 mg/L). Cela serait dû au caractère lotique des eaux. En effet, selon [31], l'écoulement de l'eau favorise l'apport d'oxygène à travers l'interface air-eau. Nos valeurs sont en congruence avec celles obtenues dans les rivières Soumié (3,6 à 6 mg/L), Éholié (5 à 9,2 mg/L), Éhania (4,1 à 9,8 mg/L) et Noé (6,3 à 9,8 mg/L) au Sud de la Côte d'Ivoire [32].

Elles sont légèrement au-dessus de celles obtenues par [33] sur le Bandama (3,62 mg/L en moyenne) et par [34] dans la rivière Nkam (3,54 à 4,22 mg/L) au Cameroun.

Concernant les sels nutritifs (nitrates et orthophosphates), les valeurs moyennes (respectivement 4,26 mg/L et 0,46 mg/L) sont supérieures aux seuils fixés à 0,45 mg/l pour les nitrates et 0,03 mg/l pour les orthophosphates [35]. Ce résultat indique que les eaux du fleuve Comoé sont assujetties à un risque d'eutrophisation par les nitrates et les orthophosphates [36]. De plus, les concentrations de ces sels sont plus élevées de l'amont vers l'aval. Ce gradient amont-aval de minéralisation, serait attribuable au fait que sous l'action des eaux de ruissellement, ces sels nutritifs sont transportés dans le lit du fleuve [37], puis drainés par le courant vers la partie aval.



**Tableau 2.** Nombre de taxons de quelques grands groupes de micro-algues des eaux du fleuve Comoé récoltées de février 2020 à janvier 2021

Partie du fleuve	Cyano	Eugléno	Centra	Penna	Chloroco	Desmi
Cours Supérieur	1	32	2	10	8	7
Cours Moyen	16	47	8	37	29	13
Cours Inférieur	18	39	7	38	23	14
Tout le Long	22	59	9	42	35	15

**Cyano:** Cyanophycées; **Eugléno:** Euglénophycées; **Centra:** Centrales; **Penna:** Pennales, **Chloroco:** Chlorococcales; **Desmi:** Desmidiacées

**Tableau 3.** Caractérisation de l'état trophique des eaux du fleuve Comoé selon la grille de [29]

	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Cours supérieur	Cours moyen	Cours inférieur
Phosphore total (µg/l) < 10		10 – 20	> 20	<b>205</b>	<b>386,88</b>	<b>668,13</b>
Azote total (µg/l) < 200		200 - 500	> 500	<b>2600</b>	<b>3805,63</b>	<b>5548,75</b>
Transparence (m) > 3,7		2 - 3,7	< 2	<b>0,205</b>	<b>0,195</b>	<b>0,14</b>

**Tableau 4.** Caractérisation de l'état trophique des eaux du fleuve Comoé selon la grille de [30]

Etats trophiques	Azote total (mg/L)	Phosphore total (µg/L)
Oligotrophe	< 0,70	< 25
Mésotrophe	0,70 - 1,50	25 – 75
Eutrophe	> 1,50	> 75
<b>Fleuve Comoé</b>		
<b>Cours supérieur</b>	<b>2,6</b>	<b>205</b>
<b>Cours moyen</b>	<b>3,80563</b>	<b>386,88</b>
<b>Cours inférieur</b>	<b>5,54875</b>	<b>668,13</b>

Le pluviolavage des produits issus des activités humaines sur le bassin versant serait à la base de l'enrichissement des eaux en ces sels [38]. Ce phénomène pourrait traduire la présence massive de macrophytes observées dans les stations de Grand-Bassam et d'Adiaho [2].

Les plus fortes valeurs de conductivité sont relevées dans la partie Sud du fleuve en saison sèche. En effet la zone estuarienne du fleuve constitue à ce jour une sorte de réceptacle, recevant des rejets domestiques et des matières organiques issues du lessivage des terres cultivées ([38]; [39]). Ce fait serait lié à la fermeture de l'embouchure [41], qui rompt le contact fleuve-mer. La dissolution de ces produits dans le milieu, entrainerait une augmentation de la conductivité. Ce qui est plus marqué en saison sèche où les eaux sont moins diluées.

Les eaux du fleuve Comoé sont peu transparentes (17,5 cm en moyenne). Les plus faibles valeurs de ce paramètre sont mesurées en saisons pluvieuses et sont plus marquées dans les stations de la partie Sud. En effet, l'accumulation des particules (sable, détritus,...), provenant des zones en amont, les activités menées sur les berges et l'éboulement des berges par les eaux de ruissellement en période de crue [42], seraient la cause de cette faible transparence des eaux. Ce résultat corrobore ceux de [15] sur les cours d'eau côtiers de la Côte d'Ivoire, de [32] sur les rivières Soumié, Eholié, Ehania et Noé et ceux de [39] sur les rivières Mé et Boubo.

#### 4.2 ETAT TROPHIQUE DES EAUX DU FLEUVE COMOÉ

Lorsque l'eutrophisation survient, elle impacte aussi bien les organismes vivants que les paramètres abiotiques ([22]; [43]).

Dans le présent travail, l'analyse des paramètres abiotiques (nitrates, orthophosphates et transparence) a permis de classer le fleuve Comoé dans la catégorie des milieux eutrophes selon [29] et [30]. Par ailleurs, l'état d'eutrophie est plus marqué au niveau du cours moyen et du cours inférieur. De plus, une baisse de la transparence des eaux du cours supérieur vers le cours inférieur est observée. Ces observations traduiraient une qualité moindre des eaux dans les zones Centre et Sud du fleuve. En effet, il a été remarqué au cours de cette étude, une intense activité d'orpaillage clandestin et d'autres pratiques agricoles dans la partie centrale du bassin du fleuve. Le drainage par les eaux de ruissellement des déchets issus de ces activités aurait fortement contribué à la dégradation de la qualité de l'hydrosystème. Aussi les teneurs en nitrates et en orthophosphates croissent du Nord au Sud. Cela expliquerait la présence massive de macrophytes sur le plan d'eau dans la partie Sud du fleuve (Grand-Bassam, Adiaho, Alépé). En effet, selon [22] et [43], un apport excessif

de nitrates et de phosphates entraîne une prolifération des algues et un développement des végétaux aquatiques. Toutefois la valeur moyenne de l'oxygène dissous (6,11 mg/L) sur l'ensemble du fleuve indique que les eaux sont de bonne qualité (norme OMS 2004). Nos observations sont similaires à celles faites par [44] sur la rivière Mfoundi au Cameroun. Ces auteurs ont remarqué un état d'eutrophisation des eaux graduellement accentué de l'amont vers l'aval de cette rivière.

En ce qui concerne l'analyse des micro-algues, elle corrobore l'analyse physico-chimique. En effet, tous les indices calculés (*A*, *B* et *C*), indiquent un état eutrophe des eaux. Cet état d'eutrophie serait lié à la faible proportion des Desmidiacées parmi les taxons identifiés. Les micro-algues sont dans l'ensemble dominées par les Euglénophytes. La prédominance des Euglénophytes traduit la richesse du milieu en nutriments. En effet, la dominance des Euglenophyta est caractéristique des milieux eutrophes [43]. Notons que les valeurs élevées des indices de trophie dans les zones Centre et Sud du fleuve, pourraient indiquer des conditions abiotiques plus favorables au développement de certains groupes de micro-algues dans ces parties du fleuve. C'est ce qui explique la grande diversité algale dans ces zones. Les eaux sont globalement eutrophes. Cette situation serait imputable au fait que les espèces indicatrices de milieux eutrophes sont relativement plus abondantes dans le milieu [33].

## 5 CONCLUSION

Le présent travail a permis de déterminer certaines caractéristiques abiotiques et biotiques du fleuve Comoé. Il a révélé la composition floristique, l'évolution des paramètres physico-chimiques et l'état de trophie du fleuve. Les valeurs des paramètres tels que l'oxygène dissous, les nitrates et les orthophosphates ont connu des variations entre les stations pendant les différentes saisons d'échantillonnage.

Cette étude a permis d'inventorier 190 taxons répartis en 79 genres, 39 familles, 23 ordres, 10 classes et 5 embranchements, avec une prédominance des Euglenophyta.

Les analyses physico-chimiques et micro-algales ont montré un état eutrophe des eaux du fleuve Comoé. Notons que cette eutrophie des eaux est graduellement plus prononcée de l'amont vers l'aval.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ONG SOS FORET pour le co-financement de nos travaux de recherche. Nous remercions également le Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire) et le Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan (C.R.O) pour leurs contributions dans la facilitation de ces travaux.

## CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

## REFERENCES

- [1] Diagne, I., Drame, S., Ndiaye, M., Nddiaye, B., et Diop A, Caractérisation physico-chimique et contamination métallique des eaux usées déversées au niveau de la baie de Hann (Dakar/Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*; 11 (1): 462-472, 2017.
- [2] Atanle, K., Moctar L., Bawa., Kokou K., et Gbandi D. B, La caractérisation physico chimique et diversité phytoplanctonique des eaux du lac de Zowla (Lac Boko), au Togo. *J. Appl. BioSci.*, 64: 4847- 4857, 2012.
- [3] Priso, R. J., Oum, G. O., et Ndongo, D, Utilisation des macrophytes comme descripteurs de la qualité des eaux de la rivière Kondi dans la ville de Douala (Cameroun-Afrique Centrale). *J. Appl. BioSci.*, 53: 3797-38911, 2012.
- [4] Mama, D, Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin). Université de Limoges. Thèse de doctorat. 2010; 157p.
- [5] Noukeu, N. A., Gouado, I., Priso R. J., Ndongo, D., Taffouo, V. D., Dibong; S. D., and Ekodeck G.E, Characterization of effluent from food processing industries and stillage treatment trial with *Eichhornia crassipes* (Mart.) and *Panicum maximum* (Jacq.). *Water Resources and Industry*, 16: 1-18, 2016.
- [6] Amoussou, E, Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 312p, 2010.
- [7] Ahouansou, M, Modélisation du fonctionnement hydrologique dans le bassin versant de l'Ouémé à Savè: Contribution à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau. Dissertation, Université de Abomey-Calavi, 2008.
- [8] Buchez A., Dorigo, U., et Rimet F, Surveillance des impacts environnementaux d'effluents aqueux de sites industriels par les diatomées dulçaquicoles. *Etude Record*, 07 1016/1A, p. 175, 2010.
- [9] Wuhrman, N.K, Some problems and perspectives in applied limnology. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 20: 324-402, 1974.
- [10] Evangelista, V., Barsanti, L., Frassanito, A.M., Passarelli, V., and Gualtieri P, Algal Toxins, Nature, Occurrence, Effect and Detection. Springer: Netherlands. 2007.

- [11] Nygaard, G, Hydrobiological studies of some Danish ponds and lakes. II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms K. *Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr.* 7 (1): 1-293, 1949.
- [12] Bellingier, E.G. and Sigeo, D.C, *Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators* (2nd edn). Wiley Blackwell: USA, 2015.
- [13] Vanden Bossche, J. P., and Bernacsek, G. M, Source book for the inlandfishery resources of Africa. *FAO, CIFA Technical Paper*, 18 (2): 71-94, 1990.
- [14] Hauhouot, C, Les problèmes de l'aménagement de l'estuaire du fleuve Comoie à Grand-Bassam. *Les cahiers d'Outre-mer*, 307-324, 2002.
- [15] Iltis, A., et Lévêque, C, Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte d'Ivoire. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 15 (2): 115-130, 1982.
- [16] Yao, S. S, Etude de la diversité biologique et de l'écologie Alimentaire de l'ichtyofaune d'un hydrosystème Ouest africain: cas du bassin de la Comoé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 280 p, 2006.
- [17] Grasshoff, K., Ehrhardt, M., et Kremling, K, *Méthodes d'analyse de l'eau de mer*. 2è édition, *Verlag Chemie Weinheim*, New York, 419 p, 1983.
- [18] Tréguer, P., et Le Corre, P, *Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer*. Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 110 p, 1975.
- [19] Bourrelly, P, *Les Algues d'eau douce, Initiation à la Systématique*. Tome III: Les Algues Bleues et Rouges. *Éditions N. Boubée et Cie*, Paris, 512 p, 1970.
- [20] Compère, P, Algues de la région du lac Tchad. VI-Chlorophycophytes (2eme partie: Ulotrichophycées, Zygnematacées). *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M., Série Hydrobiologie*, 10 (3): 135-164, 1976b.
- [21] Compère, P, Algues de la région du lac Tchad. VII. Chlorophycophytes: 3eme partie: Desmidiées. *Cahier de l'O.R.S.T.O.M, Série Hydrobiologie.*, 11 (2): 77-177, 1977.
- [22] Ouattara, A, Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de l'Université Catholique Leuven, Belgique. 200 p, 2000.
- [23] Komárek, J., and Anagnostidis, K, Cyanoprokaryota -2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: Büdel B., Krienitz L., Gärtner G. & Schagerl M. (Eds.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 p, 2005.
- [24] John, M.D., Whitton, A.B., and Brook, A.J, *The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge University Press, 702 p, 2004.
- [25] Sophia, M.G., Dias, I.C.A., and Araújo A.M, Chlorophyceae and Zygnematophyceae from the Turvo State Forest Park, state of Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botanique, Porto Alegre*, 60 (1): 25-47, 2005.
- [26] Ciugulea, I., Nudelman, M.A., Brosnan, S. and Triemer, R.E, Phylogeny of the Euglenoid loricate genera *Trachelomonas* and *Strombomonas* (Euglenophyta) inferred from nuclear SSU and LSU rDNA. *Journal of Phycology*, 44: 406-418, 2008.
- [27] Guiry, M.D., and Guiry G.M, *AlgaeBase*. World wideelectronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 15, 16, 17 August 2023.
- [28] Thunmark, S, Zur Soziologie des Süßwasserplanktons. *Folia Limnol. Scand.*, Vol. 3: 1- 66, 1945.
- [29] Mason, C. F, *Biology of freshwater pollution*. Second edition, Longman Scientific & Technical, New York. 350 p, 1991.
- [30] Smith, V.H, Tilman G.D., and Nekola, J.C, Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental pollution*, 100 (1): 179-196, 1999.
- [31] Villeneuve, V., Legare, S., Painchaud, J., et Vincent W, Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Revue des Sciences de l'eau*, 19 (4): 259 – 2274, 2006.
- [32] Niamien-Ébrottié, J. E, Composition et distribution spatio-temporelle des peuplements d'algues de quatre rivières du Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Soumié, Eholié, Ehania et Noé). Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Cote d'Ivoire, 146 p, 2010.
- [33] Kouadio, A. V, Dynamique spatiale et temporelle des caractéristiques chimiques et du phytoplacton dans le bassin versant du Bandama (Côte d'Ivoire) dans une perspective de production d'eau potable. Thèse de doctorat de l'université Nangui abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 164 p, 2022.
- [34] Taffouo, V.D., Ikoli, S.R.A., Mbeng, O.L., et Eyango T.M, Impacts des caractéristiques physico-chimiques des eaux sur la distribution du phytoplancton et des acrophytes de la rivière Nkam (Cameroun), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11 (4): 1766-1784, 2017.
- [35] Hade, A, *Nos Lacs: les Connaître pour Mieux les Protéger*. Edition FIDES: Quebec, 2007.
- [36] Makhoukh, M., Sbaa, M., Berthoud, A., et Clooster, V.M, Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued moulouya (Maroc oriental). *Larhyss J.*, 9: 149-169, 2011.
- [37] Troeh, F.R., Hobbs, J.A., and Donahue, R.L, *Soil and water conservation for productivity and environmental protection*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2004.
- [38] Seu-Anoï, N.M, Structuration spatiale et saisonnière des peuplements phytoplanctoniques et variabilité des facteurs abiotiques dans trois complexes lagunaires de Côte-d'Ivoire (Aby, Ébrié et Grand-Lahou). Thèse de doctorat de l'Université NanguiAbrogoua (Côte d'Ivoire), 137 p, 2012.

- [39] Salla, M, Taxinomie, composition et distribution Spatio-saisonnière du phytoplancton des Rivières tropicales côtières boubo et mé (Côte d'ivoire). Thèse de doctorat de l'université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 263 p, 2015.
- [40] Keumean, K.N., Bamba, S.B., Soro, G., Metongo, B.S., Soro, N., et Biemi, J, Evolution spatio-temporelle de la qualité physico-chimique de l'eau de l'estuaire du fleuve Comoé (Sud-est de la Côte d'ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (4): 1752-1766, 2013.
- [41] Adopo K.L., Kouassi K.L., Wognin A.V.I., Monde S., Aka K. Caractérisation des sédiments et morphologie de l'embouchure du fleuve Comoé (Grand-Bassam, Côte d'Ivoire). *Revue Paralia*, 1, pp 2.1-2.10, 2008.
- [42] Affian K., Kadio B., Djagoua E.V., Digbehi Z.B., MondéS., Wognin A.V., Adonis K. D. et MobioA. Flux de la matière en suspension du fleuve Comoé dans la zone littorale ivoirienne. *Sciences et Médecine 1 Rev. CAMES - Série A*, 06, 2008.
- [43] Guergueb, S, Étude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'oued el-kébir est (wilaya d'el-tarf), Thèse de Doctorat 3ème cycle, Université Badji Mokhtar Annaba, République Algérienne Démocratique et Populaire, 126 p, 2016.
- [44] Ebang, D.M., Zébazé, T.S.H., Foto, M.S., Kemka, N., Nola, M., Boutin, C., Nguetsop, V.F., Djaouda, M., et Njiné, Bio-écologie des diatomées épilithiques de la rivière Mfoundi (Yaoundé, Cameroun): diversité, distribution spatiale et influence des pollutions organiques. *Journal of water Science*, 25 (3): 203-218, 2012.