Article de recherche **Rev. Cong. Sci. Technol., Vol. 05, No. 04, pp. 1771-1780 (2026)**

OPEN ACCESS

Revue Congolaise des Sciences & Technologies

ISSN : 2959-202X (Online); 2960-2629 (Print)

https://www.csnrdc.net/

REVUE CONGOLAISE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Influence des paramètres physico-chimiques sur la structure et la dynamique des Chlorophyta dans les eaux du haut-Bandama (Côte d'Ivoire)

[Influence of Physicochemical Parameters on the Structure and Dynamics of Chlorophyta in the Waters of the Upper Bandama, Côte d'Ivoire]

Ali Tieligounon Soro[1*] , N'Guessan Roméo lozo[2], Sibiri Touplé Kone[3], Delphine Adandedjan[4] & Gouli Goore Bi[1]

[1]UFR Sciences et Technologies, Université Alassane OUATTARA de Bouaké

[2]Laboratoire des Milieux Naturels et de la Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université FÉLIX HOUPHOUËT-BOIGNY.

[3]Laboratoires de Biologie et Cytologie Animales, Département des Sciences de la Nature, UFR Sciences Naturelle, Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan.

[4]Laboratoire d'hydrobiologie et Aquaculture, Université d'Abomey-Calavi

Résumé

Le phylum des Chlorophyta se distinguent des autres phylums phytoplanctoniques par leur écologie et leur caractéristique biochimique. En raison de leurs importances en écologie aquatique, il est paru important d'examiner l'influence des principaux paramètres physico-chimiques sur la dynamique de ses classes dans les eaux du Haut-Bandama. Pour ce faire, des échantillons de phytoplancton ont été prélevés dans les eaux de la rivière Lokpoho et du cours principal du fleuve Bandama, de novembre 2022 à octobre 2023. Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés avec le matériel adapté sur le terrain et au laboratoire. Il ressort des résultats que le peuplement des Chlorophyta a une densité moyenne de 768 648 cel/L. Les principales classes identifiées sont *Chlorophyceae* et Conjugatophyceae, avec une dominance des *Conjugatophyceae*. La survie de ces deux familles est fortement dépendante de la saison. Pour les *Chlorophyceae*, la saison sèche est favorable pour leur reproduction avec une fluctuation convenable des valeurs des nitrites, du silicium, de zinc, du chlore, de l'oxygène dissous et la température. En saison des pluies, leur reproduction est réduite et les eaux vertes deviennent moins transparentes et chaude. Concernant la classe des *Conjugatophyceae*, l'augmentation de l'oxygène dissous et du zinc ont une influence négative et significative sur sa reproduction en saison sèche. En saison des pluies, un effet négatif du potassium et un effet positif du chlore est observé sur la densité des *Conjugatophyceae*. En somme, les Chlorophyta semblent bien s'd'adaptation aux variations des paramètres environnementaux pour leur survie dans les eaux du Haut-Bandama.

Mots-clés : Phytoplancton, Chlorophyta, Chlorophyceae, Conjugatophyceae, physico-chimique

Abstract

The phylum Chlorophyta can be distinguished from other phytoplankton phyla by their ecology and biochemical characteristic. Because of their importance in aquatic ecology, it seemed important to examine the influence of the main physico-chemical parameters on the dynamics of these classes in the waters of Haut-Bandama. To do this, phytoplankton samples were taken from the waters of the Lokpoho River and the main stem of the Bandama River, from November 2022 to October 2023. The physico-chemical parameters were measured with the appropriate equipment in the field and in the laboratory. The results show that the Chlorophyta population has an average density of 768,648 cel/L. The main classes identified are Chlorophyceae and *Conjugatophyceae*, with a dominance of *Conjugatophyceae*. The survival of these two families is highly dependent on the season. For Chlorophyceae, the dry season is favourable for their reproduction, with suitable fluctuations in the values of nitrites, silicon, zinc, chlorine, dissolved oxygen and temperature. In the rainy season, their reproduction is reduced and the green waters become less transparent and warmer. Concerning the *Conjugatophyceae* class, the increase in dissolved oxygen and zinc have a negative and significant influence on its reproduction in the dry season. In the rainy season, a negative effect of potassium and a positive effect of chlorine is observed on the density of *Conjugatophyceae*. In short, Chlorophyta seem to adapt well to variations in environmental parameters for their survival.

Keywords: Phytoplankton, Chlorophyta, Chlorophyceae, Conjugatophyceae, physicochemical

*Auteur correspondant: Ali Tieligounon Soro, (tieligounon@yahoo.fr). Tél. : (+225) 07-09-56-29-09

https://orcid.org/ 0000-0002-8605-870X ; Reçu le 25/08/2026; Révisé le 21/09/2026 ; Accepté le 16/10/2026

DOI: https://doi.org/10.59228/rcst.026.v5.i4.362

Copyright: ©2026 Soro et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

Le phytoplancton est un groupe d'organismes généralement photosynthétiques, qui joue un rôle fondamental dans les écosystèmes aquatiques (Kiran & Venkata, 2021). Parmi eux, les espèces du phylum des Chlorophyta se distinguent par leur écologie et leurs caractéristiques biochimiques. Ces algues vertes eucaryotes contiennent des pigments photosynthétiques, notamment les Chlorophylles a et b, ainsi que des caroténoïdes, leur conférant leur couleur caractéristique. Le rôle écologique des Chlorophyta est majeur. En tant que producteurs primaires, elles sont à la base du réseau trophique aquatique, convertissant l'énergie solaire en biomasse. Elles servent également de bioindicateurs. Leur présence et leur densité pouvent refléter l'état de la qualité de l'eau (Bouvy et al., 2006 ; Sarmento et al., 2006 ; Zongo et al., 2019 ; Cachazo et al., 2023).

Cependant, dans des conditions d'eutrophisation, caractérisées par un excès de nutriments (notamment l'azote et le phosphore), certaines classes de Chlorophyta, comme les Chlorophyceae et les Conjugatophyceae, peuvent proliférer de manière excessive (Houelome et al., 2022 ; Khereif et al., 2018). Une telle prolifération peut entraîner une dégradation de l'écosystème. Les conséquences incluent la diminution de la transparence (Pinay et al., 2017) de l'eau (réduction de la pénétration lumineuse), la perturbation des réseaux trophiques et l'anoxie des eaux due à la décomposition de la biomasse algale (Rahmouni et al., 2016). Compte tenu de l'importance écologique des Chlorophyta et des risques liés à leur prolifération, il est essentiel de comprendre les facteurs qui régulent leur abondance.

La problématique de cette étude réside dans la compréhension des paramètres environnementaux qui favorisent le développement des Chlorophyta dans les eaux douces ivoirienne, qui sont en grande partie exposées à des apports nutritifs importants en provenance des activités anthropiques. Il s'agira pour nous de mettre en évidence les variations spatio-saisonnières des densités et d'identifier les paramètres physico-chimiques qui influencent significativement la dynamique des populations de Chlorophyta dans les eaux du Haut-Bandama, en Côte d'Ivoire. Ce document vise à alimenter la compréhension scientifique face aux problématiques de la gestion durable des ressources en eaux et la protection des écosystèmes.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Le bassin du fleuve Bandama, entièrement situé en Côte d'Ivoire, occupe une superficie de 97 500 km2. Il est situé entre les longitudes 3°50' et 7° Ouest et les latitudes 5° et 10°20' Nord (Lévêque et al., 1983). Notre milieu d'étude se situe en amont du fleuve Bandama (Haut-Bandama) dans les régions de Ferkessédougou et Korhogo (ex-région des savanes). L'échantillonnage a concerné le cours principal du fleuve Bandama, jusqu'au barrage Morrisson (premier barrage hydroagricole sur le fleuve Bandama) et son deuxième affluent principal de la rive gauche (la rivière Lopkoho) (figure 1). Le climat de la région est de type tropical sub-humide ou sub-soudanien de transition (Guillaumet & Adjanohoun, 1971), avec deux saisons : l'une humide ou pluvieuse (juin à septembre) et l'autre sèche (octobre à mai). La région est soumise à le harmattan (alizé boréal) de décembre à février. La pluviométrie annuelle cumule 1 200 mm, avec un régime unimodal centré en août-septembre où 600 à 700 mm de pluie sont enregistrés (environ 50 à 60 % de la pluviométrie annuelle totale) (Péné & Kéhé, 2005).

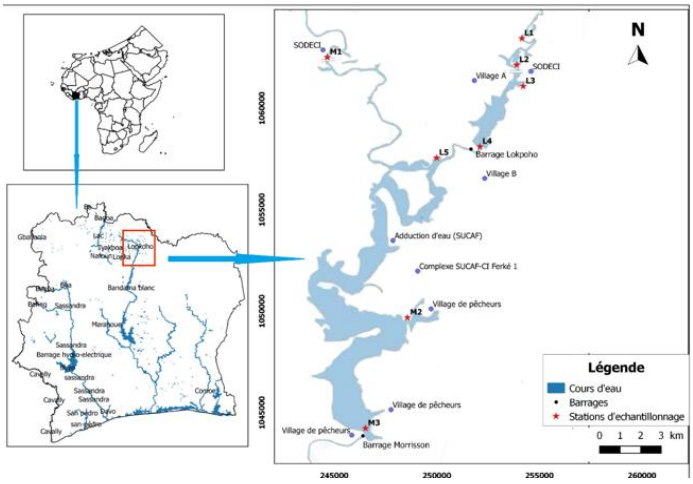


Figure 1. Carte hydrographique d'une partie du bassin du haut-bandama (rivière Lokpoho et une partie du fleuve Bandama Nord), présentant les stations d'échantillonnage.

L = Stations de la rivière Lokpoho et M = Stations du fleuve Bandama (barrage Morrisson).

Échantillonnage, collecte et analyse des données

Au total huit stations ont été échantillonnées dans le Haut-Bandama, dont cinq stations dans la rivière Lokpoho et trois stations dans le cours principal du fleuve Bandama. Les stations de la rivière Lokpoho sont reparties de la façon suivante : les stations L1 et

L2 sont situées en amont du lac de barrage Lokpoho, les stations L3 et L4 sont localisées dans le lac de barrage Lokpoho et la station L5 est située en aval du lac de barrage Lokpoho. Ces stations sont comprises entre la longitude 5º14' et 5º17' Ouest et entre la latitude 9º33 et 9º36' Nord. Concernant les stations du fleuve Bandama, les stations M2 et M3 sont localisées dans le lac de barrage Morrisson et la station M1 est située en amont du lac de barrage Morrisson. Elles sont situées entre la longitude 5º18' et 5º19' Ouest et entre la latitude 9º26' et 9º30' Nord. Toutes les stations sont entourées d'activités agricoles (champs de canne à sucre, de maïs, de culture maraichère, de coton,...) et pastorales (élevage de bœufs et mouton). Ces activités anthropiques sont des sources potentielles de Nitrite, Nitrate, Phosphore, etc. En outre, les stations reçoivent les ruissèlements des eaux de pluie de la ville de Ferkessédougou et des villages sucriers. L'échantillonnage a eu lieu de novembre 2022 à octobre 2023. Celui-ci s'est déroulé trois fois pendant la saison sèche (début saison sèche = novembre, pleine saison sèche = janvier et fin saison sèche = avril) et trois fois pendant la saison des pluies (début saison des pluies = juin, pleine saison des pluies = août et fin saison des pluies = septembre). Pour chaque station, les paramètres physico-chimiques ont été mesurés dans l'eau de surface avec le matériel adapté. La température et l'oxygène dissous ont été mesurés avec un oxymètre de marque AZ 8403. Le pH et la conductivité ont été mesurés respectivement avec un pH-mètre et un conductimètre de marque PANCELENT. La transparence a été évaluée avec un disque de Secchi de 30 cm de diamètre. Pour les paramètres chimiques (nitrate, nitrite, phosphate, ammonium, chlorure, potassium, manganèse, zinc et silicium) un litre d'eau a été prélevé à chaque station et conservé dans une glacière. L'analyse au laboratoire a été faite avec un spectrophotomètre de marque NALCO et de modèle DR 900. Le phytoplancton a été récolté, dans chaque station, par filtration de 100 L d'eau de surface avec un filet à plancton de 30 µm de vide de maille. Le concentré obtenu a été recueilli dans un pilulier de 350 mL de volume, puis conservé par ajout du formaldéhyde dilué à 5 %.

2.1.1. Laboratoire

Au laboratoire, les organismes phytoplanctoniques, ont été identifiés puis comptés sous un microscope de marque Motic aux grossisement 100×, 400×, puis 1000×. Le sous échantillon prélevé est de 100 ml. Celui-ci a été réduit par sédimentation jusqu'à 5 ml avant observation et comptage sur une lame quadrillée. Les différentes identifications ont été faites à l'aide de clés de détermination et des ouvrages des auteurs suivant : Komoé (2010), Lozo (2016), Djima (2013), Zongo (2007), Bourrelly (1966).

2.1.2. Analyses statistiques

Les tests statistiques d'Anova et de Student ont été réalisés après la transformation et la vérification de la normalité des données. Le test d'Anova a été utilisé pour faire la comparaison spatiale des densités des Chlorophytes. Le test de Student a été utilisé pour réaliser les comparaisons saisonnières des paramètres environnementaux et des densités des Chlorophytes. L'analyse de régression multiple pas à pas a été utilisée, afin d'établir l'influence des facteurs environnementaux sur la densité des classes de Chlorophyta. Pour toutes ces analyses, les valeurs de p sont significatives lorsqu'elles sont inférieurs 0,05. Les valeurs de F servent à tester la significativité globale du modèle de régression. Toutes ces analyses ont été réalisées avec le logiciel Statistica version 7.1.

3. Résultats

3.1. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres qui présentent une différence significative entre les saisons sèche et pluvieuse sont : la vitesse de l'eau, la température, la transparence, les nitrites, les nitrates, l'ammonium, l'orthophosphate, le chlorure et le silicium (Test-t ; $p < 0,05$). Les valeurs de la vitesse, des nitrites, des nitrates, de l'ammonium, de l'orthophosphate, du chlorure et du silicium sont plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche. Les valeurs de la température et de la transparence sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies.

Tableau I. Paramètres physico-chimiques des saisons sèche et pluvieuse dans les eaux du Haut-Bandama, de novembre 2022 à octobre 2023

Paramètres physico-chimiques	Moyennes ± Ecart-types		*p*
	saison des pluies	Saison sèche	
Vitesse (m/s)	0,25±0,21	0,05±0,07	**0,0001**
Profondeur (m)	4,85 ±1,44	4,12±1,45	0,0902
Température (oC)	27,96 ±1,73	29,58±2,25	**0,0080**
Oxygène (mg/L)	4,13±2,72	3,82±1,55	0,6415
pH	6,60 ±0,44	6,68±0,12	0,3947
Transparence (m)	0,23±0,04	0,70 ±0,25	**0,00001**
Potassium (mg/L)	2,94±0,58	3,14±0,98	0,3917
Nitrites (mg/L)	0,01±0,001	0,00	**0,00001**
Ammonium (mg/L)	0,33±0,05	0,24±0,10	**0,0004**
Orthophosphate (mg/L)	3,86±1,78	2,41±1,43	**0,0038**
Chlorure (mg/L)	5,40 ±4,22	1,59 ±0,96	**0,0001**
Silicium (mg/L)	20,13±12,94	12,87±2,26	**0,0110**
Nitrate (mg/L)	0,07 ±0,03	0,03±0,01	**0,00001**
Conductivité (µS/cm)	51,31 ±16,32	58,71±9,28	0,0637
Zinc (mg/L)	0,03 ±0,04	0,02±0,01	0,0739
Manganèse (mg/L)	0,23±0,27	0,22±0,22	0,9454

3.1.1. Variation de la densité des classes de L'embranchement des Chlorophyta

Les observations ont permis d'identifier deux (02) classes dans l'embranchement des Chlorophyta : la classe des Chlorophyceae et celle des Conjugatophyceae.

En saison des pluies, la densité des Chlorophyta a varié de 445 282 cel/L (Station M1) à 1 385 409 cel/L (station L4), avec une moyenne de 818 012±290 948 cel/L. La classe des Conjugatophyceae reste la plus abondante au niveau de toutes les stations. Celle-ci a des densités oscillantes entre 312 734 cel/L (station M1) et 1 100 782 cel/L (station L3), avec une moyenne de 602 821 ± 116 017cel/L.

En saison sèche, la densité maximale de l'embranchement des Chlorophyta est atteinte à la station L4 (1 367 865 cel/L) de la rivière Lokpoho. La densité minimale a été obtenue à la station M1 (308 124 cel/L) du fleuve Bandama. La densité moyenne des Chlorophyta est de 719 284±266 389 cel/L. Tout comme en saison des pluies, la classe des *Conjugatophyceae* domine le peuplement des Chlorophyta sur toutes les stations échantillonnées. La densité des *Conjugatophyceae* a varié, en saison sèche, de 198 526 cel/L (station M1) à 1 230 643 cel/L (station L4). Sa densité moyenne est de 562 017±216 017 cel/L dans les eaux du Haut-Bandama.

Durant l'année, les densités ne sont pas significativement différentes d'une saison à l'autre pour les *Chlorophyceae* (test-t ; p = 0,22), pour les Conjugatophyceae (test-t ; p = 0,90) et pour l'embranchement des Chlorophyta (test-t, p = 0,69). Egalement au niveau spatiale, aucune différence significative n'a été observée entres les densités des Chlorophyta (768 648 cel/L ; Anova ; p = 0,29), entre les densités des Chlorophyceae (186 229 cel/L ; Anova ; p = 0,81) et entre les densités des *Conjugatophyceae* (582 419 cel/L ; Anova ; p = 0,53). Cependant, la densité moyenne des *Conjugatophyceae* est significative plus élevée que celle des *Chlorophyceae* (test-t, p = 0,003).

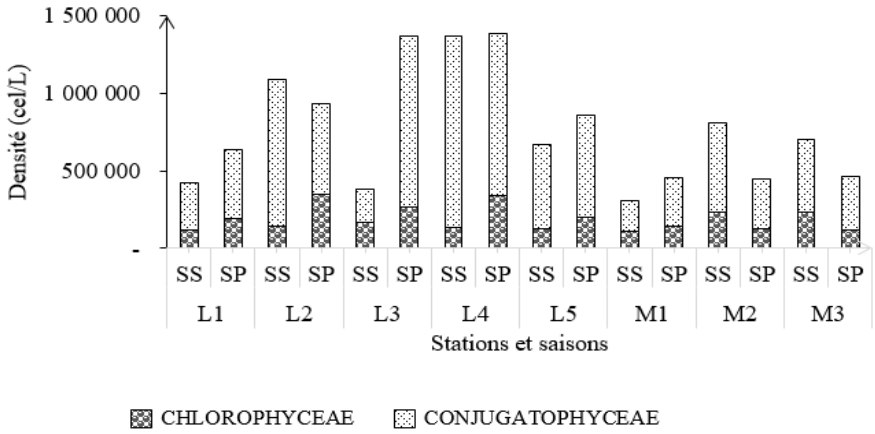


Figure 2. Variations spatio-saisonnières des densités des cellules des Chlorophyta dans les eaux du Haut-Bandama, de novembre 2022 à septembre 2023

L1 à L5 : les stations de la rivière Lokpoho ; M1 à M3 : les stations du fleuve Bandama ; SS : saison sèche ; SP : saison pluivieuse ; cel/L : cellules par Litre

3.1.2. Influence des paramètres physico-chimiques sur l'abondance des classes de l'embranchement des Chlorophyta

Les tableaux II, III, IV et V présentent les résultats des analyses des régressions multiples pas-à-pas réalisées entre les densités des classes de Chlorophyta et les variables environnementales dans les eaux du Haut-Bandama.

Tableau II. Régression multiple pas-à-pas réalisée entre la densité des Chlorophyceae et les paramètres physico-chimiques dans les eaux du Haut-Bandama en saison sèche

	Bêta	Err-Type de Bêta	B	Err-Type de B	t(6)	*p-value*
Ordonnée à l'Origine.			123353	358017	0,3445	0,742191
Conductivité	-0,1326	0,186958	-759	1070	-0,7096	0,504586
Nitrate	-1,2724	0,343499	-8094368	2185153	-3,7043	**0,010038**
vitesse	-1,5485	0,134990	-1203671	104923	-11,4719	**0,000026**
Ammonium	0,07040	0,085408	38423	46616	0,8242	0,441327
température	1,09415	0,120846	25801	2850	9,0541	**0,000102**
Oxygène dissous	0,89698	0,160180	30763	5494	5,5998	**0,001381**
chlorure	1,26993	0,510390	69914	28099	2,4882	**0,047280**
transparence	-1,0894	0,213564	-229032	44897	-5,1013	**0,002219**
Silicium	0,97039	0,171778	22773	4031	5,6491	**0,001320**
Nitrite	0,67040	0,150209	43700434	9791428	4,4631	**0,004269**
Potassium	-1,1821	0,238595	-64047	12927	-4,9545	**0,002566**
Zinc	1,20561	0,201050	4973551	829399	5,9966	**0,000967**
Orthophosphate	-1,6922	0,554880	-62711	20563	-3,0497	**0,022520**
pH	-0,1961	0,114971	-88307	51762	-1,7060	0,138882
Manganèse	-0,2574	0,137062	-63376	33745	-1,8781	0,109443
Profondeur	-0,1320	0,100837	-4840	3696	-1,3093	0,238346

Gras : les valeurs de la p-value significative (p < 0,05).

L'analyse de régression multiple de la saison sèche (tableau II), réalisée entre la classe des *Chlorophyceae* et les paramètres environnementaux, présente 94,83 % des variances (R2 = 0,9483 ; F(16,6) = 26,248; p < 0,00031). Elle montre que les nitrites (Bêta = 0,67 ; p =0,004), le silicium (Bêta = 0,97 ; p =0,001), le zinc (Bêta = 1,20 ; p =0,0009), le chlorure (Bêta = 1,26 ; p =0,04), l'oxygène dissous (Bêta = 0,89 ; p =0,001) et la température (Bêta = 1,09 ; p =0,0001) influencent positivement et significativement la densité des *Chlorophyceae*, tandis que les paramètres comme le nitrate (Bêta = - 1,27 ; p =0,01), la vitesse (Bêta = -1,54 ; p =0,0001), la transparence (Bêta = -1,08 ; p =0,002), le potassium (Bêta = -1,18 ; p =0,002) et l'orthophosphate (Bêta = -1,69 ; p =0,02) influencent négativement et significativement la densité de ceux-ci.

L'analyse de régression multiple de la saison des pluies (tableau III), réalisée entre la classe des *Chlorophyceae* et les paramètres environnementaux, présente 42,43 % des variances (R2 = 0,4243 ; F(4,19) = 5,23; p < 0,005). Durant cette saison, la température (Bêta = 0,42 ; p =0,01) et la transparence (Bêta = 0,51 ; p =0,005) influencent significativement et positivement la densité des *Chlorophyceae* dans les eaux du Haut-Bandama. L'influence négative du pH et de la profondeur n'est pas significative.

Tableau III. Régression multiple pas-à-pas réalisée entre la densité des Chlorophyceae et les paramètres physico-chimiques dans les eaux du Haut-Bandama en saison des pluies

	Bêta	Err-Type de Bêta	B	Err-Type de B	t(19)	niveau p
Ordonnée à l'origine.			-756232	1028367	-0,73537	0,471094
température	0,424958	0,164850	61138	23717	2,57784	**0,018436**
transparence	0,510236	0,164157	2936398	944723	3,10821	**0,005788**
pH	-0,322569	0,167019	-181446	93949	-1,93133	0,068499
Profondeur	-0,225045	0,162210	-38807	27971	-1,38737	0,181389

Gras : les valeurs de la p-value significative (p < 0,05).

Au niveau des *Conjugatophyceae*, les résultats de la régression multiple en saison sèche présentent une variance ajustée de % 62,92(R2 = 0,6292 ; F(7,15) = 6,33; p < 0,001). En saison des pluies cette variance s'élève à 79,28% (R2 = 0,7928 ; F(7,16) = 13,57; p < 0,0001).

Ces analyses montrent que la densité de la classe des *Conjugatophyceae* est significativement influencée par l'oxygène dissous et le taux de zinc des eaux (tableau IV), en saison sèche. La densité est négativement influencée par l'oxygène dissous (Beta = - 0,42 ; p = 0,008), et le taux de zinc (Beta = -0,73 ; p

= 0,0007). Elle est positivement influencée par les nitrates (Beta = 0,36 ; p = 0,17), les nitrites (Beta = 0,44 ; p= 0,056), mais leurs influences n'est pas statistiquement significative.

En saison des pluies (tableau V), la densité des *Conjugatophyceae* est influencée significativement et négativement par le potassium (Beta = - 0,59 ; p = 0,0008). L'influence du chlore est positive et significative sur leur densité (Beta = 0,69 ; p = 0,04).

Tableau IV. Régression multiple pas-à-pas réalisée entre la densité des Conjugatophyceae et les paramètres physico-chimiques dans les eaux du Haut-Bandama, en saison sèche

	Bêta	Err-Type de Bêta	B	Err-Type de B	t(15)	niveau p
Ordonnée à l'origine.			3354499	2147297	1,56220	0,139089
Oxygène dissous	-0,42429	0,140117	-257441	85015	-3,02817	**0,008472**
Zinc	-0,73447	0,175247	-5360453	127901	-4,19109	**0,000787**
Nitrate	0,362956	0,254367	40848148	2862720	1,42690	0,174093
Température	-0,22343	0,204828	-93212	85450	-1,09083	0,292559
Nitrite	0,44778	0,217163	51639308	2504379	2,06196	0,056980
Manganèse	-0,28221	0,171751	-1229218	748089	-1,64314	0,121145
Ammonium	-0,20517	0,166020	-1981184	1603089	-1,23585	0,235518

Gras : les valeurs de la p-value significative (p < 0,05)

Tableau V. Régression multiple pas-à-pas réalisée entre la densité des Conjugatophyceae et les paramètres physico-chimiques dans les eaux du Haut-Bandama, en saison des pluies

	Bêta	Err-Type de Bêta	B	Err-Type de B	t(16)	niveau p
Ordonnée à l'origine.			748025	418346	1,78805	0,092719
Zinc	0,404752	0,292976	5969781	4321169	1,38152	0,186108
Potassium	-0,59978	0,147362	-548734	134818	-4,07017	**0,000891**
Chlorure	0,695385	0,316305	87633	39861	2,19846	**0,042974**
Manganèse	0,150228	0,131095	293924	256490	1,14595	0,268667
Ammonium	0,278251	0,152452	2841663	1556928	1,82517	0,086700
Silicium	-0,16810	0,117765	-6904	4837	-1,42744	0,172680
Orthophosphates	-0,15245	0,14643	-45537	43737	-1,04115	0,31328

Gras : les valeurs de la p-value significative (p < 0,05)

4. Discussion

Les valeurs de la vitesse, des nitrites, des nitrates, de l'ammonium, de l'orthophosphate, du chlorure et du silicium sont plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche dans les eaux du haut-Bandama. Cela serait le résultat des apports accrus d'eau de ruissellement et des lessivages des terres agricoles environnantes (Soro, 2021). Ce résultat est typique des zones tropicales humides d'Afrique de l'Ouest (Konan et al., 2012). L'entrée des éléments nutritifs par ruissèlement favorise la croissance phytoplanctonique, notamment les Chlorophytes, en fournissant les élements nutritifs essentiels à leur métabolisme. Par ailleurs, les valeurs de la température et de la transparence sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies. Cela met en évidence la moindre dilution des eaux et une forte pénétration lumineuse. Ces conditions sont favorables pour le développement de certaines algues vertes (Adjé et al., 2018).

La dominance significative des *Conjugatophyceae* comparée aux *Chlorophyceae*, avec une densité moyenne près de trois fois plus élevée des Conjugatophyceae, s'inscrit dans les observations des eaux douces de façon générale. En effet, les Conjugatophyceae prospèrent dans les plans d'eau plus riches en matières organiques et nutritives, notamment dans les lacs (Kherief et al., 2018). Les stations L3, L4, et M3 situées dans les lacs, où la biomasse des Chlorophytes est plus dense, illustrent bien l'explication précédente. Cela pourrait être dû à la meilleure accumulation de nutriments et à la stabilité

hydrologique plus importante dans ces lacs par rapport aux cours d'eau à courant fort.

En saison sèche, la forte influence positive des nitrites, silicium, zinc, chlore, oxygène dissous, et température sur la densité des *Chlorophyceae* indique que ces paramètres contribuent à créer un environnement favorable pour le développement des Chlorophyceae. Le silicium, souvent étudié pour son rôle essentiel dans la croissance des diatomées, peut aussi favoriser indirectement la compétition interspécifique au sein des algues vertes (Sunda et al., 2020). L'effet positif du zinc souligne l'importance des oligo-éléments dans la physiologie des algues, confirmant les études africaines de Kumar et al. (2014).

En saison des pluies, la réduction globale de l'explicabilité du modèle (R2 plus faible) peut témoigner d'une variabilité plus complexe liée aux apports hydrologiques. La température et la transparence sont les seuls facteurs positifs. Cela pourrait indiquer que malgré l'augmentation des nutriments, en saison des pluies, la lumière et la température restent des facteurs clés pour la croissance des Chlorophyceae dans ces conditions (Marzetz et al., 2020).

Au niveau des *Conjugatophyceae*, les résultats montrent que l'oxygène dissous et le zinc ont une influence négative significative en saison sèche. Ceci peut s'expliquer par une sensibilité plus élevée de cette classe à des conditions oxydantes ou à des concentrations excessives de métaux lourds (Adjé et al., 2018). Bien que la littérature donne une position principale aux nitrates et nitrites dans le contrôle du développement des Chlorophytes, l'influence de ceux-ci reste non-significative, avec une influence positive. Cela suggère que ces nutriments pourraient ne pas être les facteurs limitants pour les Chlorophytes dans les eaux du haut-Bandama.

En saison des pluies, la forte explicabilité du modèle (R2 plus élevé qu'en saison sèche) avec un effet négatif du potassium et un effet positif du chlorure sur la densité des *Conjugatophyceae* confirme que la composition ionique de l'eau joue un rôle direct dans leur développement. Le potassium pourrait influencer négativement par compétition ionique ou toxicité alors que le chlorure pourrait indiquer une qualité d'eau favorable à ces algues (Niamien et al., 2021).

Des études similaires à celle-ci ont été réalisées par Marinov et al. (2010), Smith et al. (2020), Breton et al. (2022). Les différents résultats révèlent des tendances comparables avec des influences différentes des paramètres physico-chimiques sur les groupes d'algues vertes. Par exemple, Marinov et al. (2010) ont montré que dans divers systèmes d'eaux douces tropicales, la température, la disponibilité des nutriments et la transparence lumineuse constituent des facteurs majeurs de contrôle de la distribution des algues vertes. De même, des travaux européens et américains ont montré que la classes des *Chlorophyceae* est souvent plus sensibles à la lumière et à la température, tandis que les *Conjugatophyceae* peuvent mieux tolérer des conditions changeantes de nutriments et de qualité d'eau (Smith et al., 2020).

D'un point de vue écologique, cette étude illustre le rôle bioindicateur du phytoplancton. Les fluctuations de densité des Chlorophyta révèlent la réponse directe de la biocénose aux changements physico-chimiques des milieux aquatiques soumis à la pression anthropique et climatique.

5.Conclusion

Cette étude a permis de mieux comprendre la dynamique des Chlorophyta en lien avec la variabilité environnementale dans les eaux du Haut-Bandama. Deux classes principales ont été identifiées : *Chlorophyceae* et *Conjugatophyceae*, avec une prédominance significative de ces dernières. Les analyses révèlent qu'en saison sèche, la température, l'oxygène dissous, le silicium, le zinc, les nitrites et le chlore exercent une influence positive significative sur la densité des *Chlorophyceae*. En saison des pluies, seule la transparence et la température restent des facteurs positifs notables. Chez les *Conjugatophyceae*, l'oxygène dissous et le zinc influencent négativement la densité en saison sèche, tandis qu'en saison pluvieuse, le potassium agit négativement et le chlore positivement. Ces résultats démontrent la plasticité écologique et la résilience adaptative des Chlorophyta. La présente étude est une réponse à la surveillance de la qualité de l'eau et à la gestion des écosystèmes aquatiques. Les résultats peuvent être utilisés comme support pédagogique dans les formations en écologie aquatique et en sciences de l'environnement, afin de renforcer la culture scientifique autour de la biodiversité et de la qualité des eaux continentales.

Remerciements

Les auteurs remercient les pêcheurs locaux de Ferké, notamment le pécheur LAMOUSSA, pour leur contribution dans la réalisation de cette recherche.

Financement

Les auteurs déclarent n'avoir reçu aucun financement spécifique de la part d'un organisme

public, commercial ou à but non lucratif. La recherche a été conduite avec le fond propre des auteurs.

Conflit d'Intérêt

Les Auteurs rapportent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt.

Considérations éthiques

La recherche a été conduite dans le strict respect de la considération éthique et morale en ce qui concerne le prélèvement et la manipulation des échantillons d'eau du bassin du Haut-Bandama.

Contribution des auteurs

A.T.S. : a réalisé les échantillonnages du phytoplancton et les mesures des paramètres physico-chimiques

N.R.L. : à contribuer à l'identification des taxons phytoplanctoniques

S.T.K., D.A. et G.G.B. ont apporté un appui scientifique à la rédaction et à la révision du manuscrit.

ORCID des Auteurs

Soro T.A. : https://orcid.org/0000-0002-8605-870X;

Lozo R.N. : https://orcid.org/0009-0006-1297-4138;

Adandedjan D.: https://orcid.org/0009-0005-1465-1028;

Bi G.G.: https://orcid.org/0000-0002-7638-6822;

Kone T.S. : N/A

Références bibliographiques

Adjanohoun, E. J., Aké-Assi, L., Chibon, P., de Vecchy, H., Guinko, S., Keita, A., Koudogbo, B., Le Bras, M., Mourambou, I., Mve-Mengome, E., Nguema, M.-G., Ollome, J.-B., Posso, P., & Sita, P. (1984). *Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques du Gabon*. ACCT.

Adomou, A. C., Yedomonhan, H., Djossa, B. S., Legba, S. I., Oumorou, M., & Akoegninou, A. (2012). Étude ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, *6*(2), 745–772.

Adossides, A. (2003). *La filière plantes aromatiques & médicinales*. FAO.

APG II. (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *141*, 399–436.

Benaradj, A., Boucherit, H., Bouazza, M., & Hasnaoui, O. (2015). *Ethnobotanique du pistachier*. Benkhnigue, O., Akka, F. B., Salhi, S., Fadli, M., Douira, A., & Zidane, L. (2014). Catalogue des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète dans la région d'Al Haouz Rhamna (Maroc). *Journal of Animal & Plant Sciences*, *23*(1), 3539–3568.

Bouvy, M., Ba, N., Ka, S., Sane, S., Pagano, M., & Arfi, R. (2006). Phytoplankton community structure and species assemblage succession in a shallow tropical lake (Lake Guiers, Senegal). *Aquatic Microbial Ecology*, *45*(2), 147–161.

Breton, E., Goberville, E., Sautour, B., Ouadi, A., Skouroliakou, D. I., Seuront, L., Beaugrand, G., Kléparski, L., Crouvoisier, M., Pecqueur, D., & Salmeron, C. (2022). Multiple phytoplankton community responses to environmental change in a temperate coastal system: A trait-based approach. *Frontiers in Marine Science*, *9*.

Byg, A., & Balslev, H. (2001). Diversity and use of palms in Zahamena, eastern Madagascar. *Biodiversity and Conservation*, *10*, 951–970.

Cachazo, M. L., Makati, K., Chadwick, M. A., Catford, J. A., Price, B. W., Mackay, A. W., Guiry, M. D., Murray-Hudson, M., & Murray-Hudson, F. (2023). A review of the freshwater diversity in the Okavango Delta and Lake Ngami (Botswana): Taxonomic composition, ecology, comparison with similar systems and conservation status. *Aquatic Sciences*, *5*(4), 115.

Camara, A. K., Keita, T., Tonguino, T. G., Kourouma, A., Kolie, A., Soumah, A., … Traore, M. S. (2023). Enquête ethnobotanique sur l'utilisation des plantes médicinales dans le traitement des affections bucco-dentaires dans la commune de Kindia en République de Guinée. *Pharmacopée et Médecine Traditionnelle Africaine*, *21*(2), 107–115.

Covis, R. (2023). Les alcaloïdes, un moyen de défense chez les plantes et des vertus thérapeutiques chez l'homme. *Lemag'*, 41–44.

Dean, M. (2024). Exploring ethnobotanical knowledge: Qualitative insights into the therapeutic potential of medicinal plants. *Golden Ratio of Data in Summary*, *4*(2), 154–166.

Delaude, C., & Breyne, H. (1971). Plantes médicinales et ingrédients magiques du Grand Marché de Kinshasa. *Africa-Tervuren*, *17*(4).

Delaude, C. J., Delaude, C., & Breyne, H. (1978). Plantes médicinales et ingrédients magiques du Grand Marché de Kisangani (Zaïre). *Lejeunia, Nouvelle Série*, *9*, 1–7.

Diafouka, A. J. P. (1997). *Des usages des plantes médicinales dans quatre régions du Congo-Brazzaville* [Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles].

Djarmouni, M., BanayaD, F., & Bara, F. (2023). Enquête sur les aspects toxicologiques de la phytothérapie dans la région de Sétif-Algérie. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, *45*, 1–21.

Djihounouck, Y., Diop, D., Dieng, S. D., Sane, S., Bassène, C., Mbaye, M. S., & Noba, K. (2018). Diversité et importance socio-économique des espèces fruitières sauvages comestibles en zone kasa (sud-ouest du Sénégal). *European Scientific Journal, 14*, 36.

Djima, I. T. (2013). *Les algues du fleuve Niger et des milieux humides connexes de l'ouest du Niger* [Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey].

Eba, O. Y. (2022). Enquête ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des morsures de serpents à Mongong (Région du Sud, Cameroun). *Health Sciences and Disease, 23*(11), 49–53. https://www.hsd.fmsb.org/index.php/hsd/article/view/4013

Guillaumet, J. L., & Adjanohoun, E. (1971). La végétation. In *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire* (Mémoire No. 50, pp. 161–262). ORSTOM.

Hamel, T., Sadou, S., Seridi, R., Boukhdir, S., & Boulemtafes, A. (2021). Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la péninsule de l'Edough (nord-est algérien). *Ethnopharmacologia, 59*, 65–71.

Houelome, T. M. A., Adandedjan, D., Noukpo, M., Capo-Chichi, H. B. P., Chikou, A., & Laleye, P. (2022). Peuplement du phytoplancton dans le lac Nokoué au sud du Bénin : Mise à jour et dynamique spatiotemporelle. *Journal of Applied Biosciences, 175*(1), 18192–18208.

Ilumbe, G. B., et al. (2014). Contribution à l'étude des plantes médicinales dans les soins des hémorroïdes par les Pygmées Twa et leur voisin Oto de Bikoro, en République démocratique du Congo. *Congo Sciences, 2*(1), 46–54.

Javed, A., Naeem, I., Benkerroum, N., Riaz, M., Akhtar, S., Ismail, A., & Ismail, Z. (2021). Occurrence and health risk assessment of aflatoxins through intake of Eastern herbal medicines collected from four districts of Southern Punjab—Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(18), 9531.

Khereif, N. S., Djeddi, H., Benayache, Y., & Afri-Mehennaoui, F. Z. (2018). Dynamique des éléments nutritifs et du phytoplancton dans le barrage Béni-Haroun dans l'est algérien. *European Scientific Journal, 12*, 1857–7431.

Kiran, B. R., & Venkata Mohan, S. (2021). Microalgal cell biofactory—Therapeutic, nutraceutical and functional food applications. *Plants, 10*(5), 836.

Komoé, K. (2010). *Diversité du phytoplancton du complexe lagunaire de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire* [Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody].

Konan, E. S., Da, K. P., & Aka, N. M. (2012). Étude systématique Chlorophyceae et Euglenphyceae d'une lagune tropicale. *Journal of Applied Biosciences, 49*, 3406–3414.

Kumar, D., Santhanam, P., Ananth, S., Devi, A. S., Nandakumar, R., Prasath, B. B., Jeyanthi, S., Jayalakshmi, T., & Ananthi, P. (2014). Effect of different dosages of zinc on the growth and biomass in five marine microalgae. *International Journal of Fisheries and Aquaculture, 6*(1), 1–8.

Lévêque, C., Dejoux, C., & Iltis, A. (1983). Limnologie du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire). *Hydrobiologia, 100*, 113–141.

Lozo, R. N. (2016). *Composition floristique et distribution des peuplements de micro-algues du fleuve Bandama* [Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny].

Marinov, I., Doney, S. C., & Lima, I. D. (2010). Response of ocean phytoplankton community structure to climate change over the 21st century: Partitioning the effects of nutrients, temperature and light. *Biogeosciences, 7*(12), 3941–3959.

Marzetz, V., Spijkerman, E., Striebel, M., & Wacker, A. (2020). Phytoplankton community responses to interactions between light intensity, light variations, and phosphorus supply. *Frontiers in Environmental Science, 8*.

Péné, C. B., & Kéhé, M. (2005). Performances de trois variétés de canne à sucre soumises au rationnement hydrique en pré-maturation au nord de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine, 17*, 7–18.

Pinay, G., Gascuel, C., Menesguen, A., Souchon, Y., Le Moal, M., Levain, A., Moatar, F., Pannard, A., & Souchu, P. (2017). *L'eutrophisation : Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité*. CNRS–Ifremer–INRA–Irstea.

Rahmouni, R., Bouden, S., Oueslati, W., Sbei, A., & Chaabani, F. (2016). Les algues indicatrices de l'eutrophisation et de la contamination de la lagune de Korba (Cap Bon, Tunisie). *European Scientific Journal, 12*(17).

Sarmento, H., Isumbisho, M., & Descy, J. (2006). Phytoplankton ecology of Lake Kivu (eastern Africa). *Journal of Plankton Research, 28*, 815–829.

Smith, R., & Johnson, K. (2020). Light and temperature controls on freshwater green algae communities across different ecosystems. *Journal of Phycology, 56*(2), 256–268.

Soro, T. A. (2021). *Effets des activités agropastorales sur le peuplement zooplanctonique et la qualité des eaux des lacs de barrage Lokpoho et Morrisson (Côte d'Ivoire)* [Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody].

Sunda, W. G. (2012). Feedback interactions between trace metal nutrients and phytoplankton in the ocean. *Frontiers in Microbiology, 3*, 204.

Zongo, B., Zongo, F., Thiombiano, A., & Boussim, J. I. (2019). Phytoplankton assemblages and community structure in tropical temporary

freshwater ponds in sub-Saharan Africa. *Journal of Phycology*, *55*(4), 789–800.

Zongo, F. (2007). *Inventaire et systématique des micro-algues dulçaquicoles du réservoir de Bagré au Burkina Faso (Province du Boulgou)* [Thèse d'État, Université de Ouagadougou].