

Peuplement du phytoplancton dans le lac Nokoué au Sud du Bénin : mise à jour et dynamique spatio-temporelle

Submitted on 9th July 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st July 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.175.7>

RESUME

L'objectif: L'objectif général est d'établir un répertoire actualisé des taxons et d'évaluer la diversité du phytoplancton du lac Nokoué soumis aux multiples menaces de dégradation écologique.

Méthodologie et résultats: L'étude a été réalisée de mars au juillet 2019. Cinq campagnes d'échantillonnage ont été effectuées au niveau de 11 stations. La collecte des échantillons de phytoplancton a été faite avec un filet à plancton de 30 µm de maille et de 13 cm de rayon. Les indices de diversité alpha ont été calculés pour analyser la biodiversité de la communauté et l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été appliquée sur matrice présence-absence pour le regroupement des stations en fonction de leurs similarités floristiques. L'inventaire a relevé 141 taxa (genres, espèces) appartenant à 7 embranchements, 16 classes, 41 ordres et 56 familles. Les embranchements recensés sont constitués de Diatomophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta et des Rhodophyta. Trois embranchements ont fourni les fortes richesses représentés par les Diatomophyta (66,99%), les Chlorophyta (12,42%) et les Cyanophyta (11,80). Ces embranchements ont présenté aussi les densités les plus élevées; Diatomophyta (43361.10^6 cel/ litre), Chlorophyta (804.10^6 cel/litre), Cyanophyta (764.10^6 cel/litre).

Conclusion et applications des résultats: Les grands phylums échantillonnés tels que les Diatomophyta, les Chlorophyta, les Cyanophyta et les Euglenophyta, indicateurs de pollution, traduisent un stress écologique du plan d'eau et un degré élevé d'eutrophisation. Ces résultats constituent un précieux outil de base pour des politiques ultérieures de biomonitoring, d'aménagement, de conservation et de gestion durable des ressources du lac Nokoué et de restauration de ses services écosystémiques.

Mots-clés: Biodiversité, phytoplancton, taxonomie, stress écologique, lac Nokoué.

Population of phytoplankton in Lake Nokoué in southern Benin: update and spatio-temporal dynamics

ABSTRACT

Objective: The general objective is to establish an updated inventory of taxa and to assess the diversity of phytoplankton in Lake Nokoué subject to multiple threats of ecological degradation.

Methodology and results: The study was carried out from March to July 2019. Five sampling campaigns were carried out at 11 stations. The collection of the phytoplankton samples was done with a plankton net of 30 µm mesh and 13 cm radius. Alpha diversity indices were calculated to analyze the biodiversity of the community and Factorial Correspondence Analysis (FCA) was applied to the presence-absence matrix for the grouping of stations according to their floristic similarities. The inventory identified 141 taxa (genera, species) belonging to 7 branches, 16 classes, 41 orders and 56 families. The listed phyla consist of Diatomophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta and Rhodophyta. Three presented the strong wealth represented by Diatomophyta (66.99%), Chlorophyta (12.42%) and Cyanophyta (11.80). These phyla also presented the highest densities; Diatomophyta (43361.106 cels/litre), Chlorophyta (804.106 cels/litre), Cyanophyta (764.106 cels/litre).

Conclusions and application of findings: The major phyla sampled such as Diatomophyta, Chlorophyta, Cyanophyta and Euglenophyta, indicators of pollution, reflect ecological stress in the lake and a high degree of eutrophication. These results constitute a valuable basic tool for any subsequent policy of biomonitoring, development, conservation and sustainable management of the resources of Lake Nokoué and restoration of its ecosystem services.

Keywords: Biodiversity, phytoplankton, taxonomy, ecological stress, Lake Nokoué

INTRODUCTION

Les milieux aquatiques continentaux procurent une variété de biens et de services à l'homme, ce qui leur confère une valeur économique irremplaçable (Gleick, 1993 ; Costanza *et al.*, 1997). Ainsi, ils jouent un rôle capital dans la régulation de l'effet de serre, les grands équilibres climatiques, la satisfaction de nombreux besoins des populations locales et constituent le grand réservoir de la biodiversité de la planète (Costanza *et al.* 1997). En outre, ces écosystèmes aquatiques abritent un ensemble diversifié d'organismes en interaction entre eux et avec leur milieu de vie. Chacun de ces organismes, à travers sa niche écologique et indépendamment de sa taille, joue un rôle spécifique dans le fonctionnement et l'équilibre de l'écosystème Gleick, 1993). Mais dans les pays en voie de développement, l'intégrité de la plupart des cours et plans d'eau est menacée par les pressions anthropiques (Adjahouinou *et al.*, 2012 ; Capo-Chichi *et al.*, 2022). Ces actions anthropiques conduisent à

coup sûr à une dégradation de la qualité de l'eau, une modification des peuplements et le plus souvent, une diminution de la biodiversité (Adandedjan *et al.*, 2017 ; Capo-Chichi *et al.*, 2022 ; Agblonon Houelome *et al.*, 2022). Par ailleurs, le Lac Nokoué serait le plan d'eau le plus productive de l'Afrique de l'Ouest avec un rendement annuel d'environ une tonne à l'hectare contre 290 kg/ha/an pour l'ensemble des lagunes ouest-africaines (Lalèyè *et al.*, 2003). Malheureusement, ce lac est sujet à toutes sortes de pollutions qui sont à la base de son appauvrissement. Les activités qui se déroulent autour de cet écosystème ne sont pas sans influence négative sur la faune et la flore de ce plan d'eau. L'intensification croissante de l'exploitation des produits halieutiques par des populations locales en augmentation permanente et l'accélération alarmante de tous les processus de dégradation du milieu naturel font planer un risque majeur de raréfaction des stocks (Lalèyè, 1995 ; Capo-Chichi *et al.*,

2022). Par conséquent, leur suivi doit se faire à travers l'évaluation d'indicateurs fiables et adéquats comme les indicateurs biologiques (Butterwick *et al.*, 1982 ; Grogan, 2012). Or le phytoplancton, abondant dans les écosystèmes aquatiques est très sensible aux variations des conditions de son milieu (Houssou *et al.*, 2015 ; Olodo *et al.*, 2019). De ce fait, il sert d'outils d'évaluation de l'état de santé des écosystèmes, donc de bioindicateurs (Dahdouh-Guebas, 2013). Dans les eaux continentales, le phytoplancton constitue la base de la chaîne trophique et est responsable de la production primaire (Azam et Malfatti, 2007 ; Singh, 2013). Le phytoplancton représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue, non seulement dans le milieu aquatique, mais aussi dans tous les domaines de notre vie (qualité d'environnement, alimentation des poissons, bien-être, ressource industrielle). Le phytoplancton est donc la base de l'édifice que constitue l'ensemble des organismes aquatiques (Ouattara *et al.*, 2001 ; Grogan, 2012). Il peut être considéré comme un

instrument fiable en biomonitoring pour l'évaluation de la qualité écologique des milieux aquatiques reflétant la condition écologique moyenne de l'eau et par conséquent peut être utilisé comme indicateur de la qualité de l'eau (Stickney *et al.*, 2000 ; Gailhard, 2003). Ainsi, pour une meilleure compréhension du fonctionnement écologique du Lac Nokoué, plusieurs travaux ont été réalisés. Parmi ceux-ci, figurent les travaux de Hountogan (2015) sur : diversité phytoplanctonique et qualité écologique du Lac Nokoué et de Adjahouinou *et al.* (2012) sur : diversité phytoplanctonique et niveau de pollution des eaux du collecteur de Dantokpa. Cependant, la connaissance sur la diversité et la dynamique du peuplement phytoplanctonique qui est gage du maintien de la vie de ce lac, reste rudimentaire malgré les efforts de recherche fournis dans ce domaine. D'où l'intérêt de ce travail qui vise à actualiser le répertoire des taxons du phytoplancton du lac Nokoué et à analyser la diversité de la communauté.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude : Le Lac Nokoué, considéré comme le plus grand plan d'eau du Bénin, couvre une superficie de 150 km² (Lalèyè, 1995; Niyonkuru et Lalèyè, 2010). D'une longueur de 20 km dans sa direction Est-Ouest et d'une largeur de 11 km dans sa direction Nord-Sud, il représente le plus large plan d'eau lagunaire du Bénin et le plus important du point de vue de son aménagement. Situé au

Sud-Est du pays, il est compris entre les parallèles 6°20' et 6°30' Nord et les méridiens 2°20' et 2°35' Est. Pour cette étude, 11 stations d'échantillonnage ont été choisies sur le Lac Nokoué (Figure 1). Cinq campagnes d'échantillonnage ont été effectuées de mars à juillet 2019 à raison d'un prélèvement par mois.

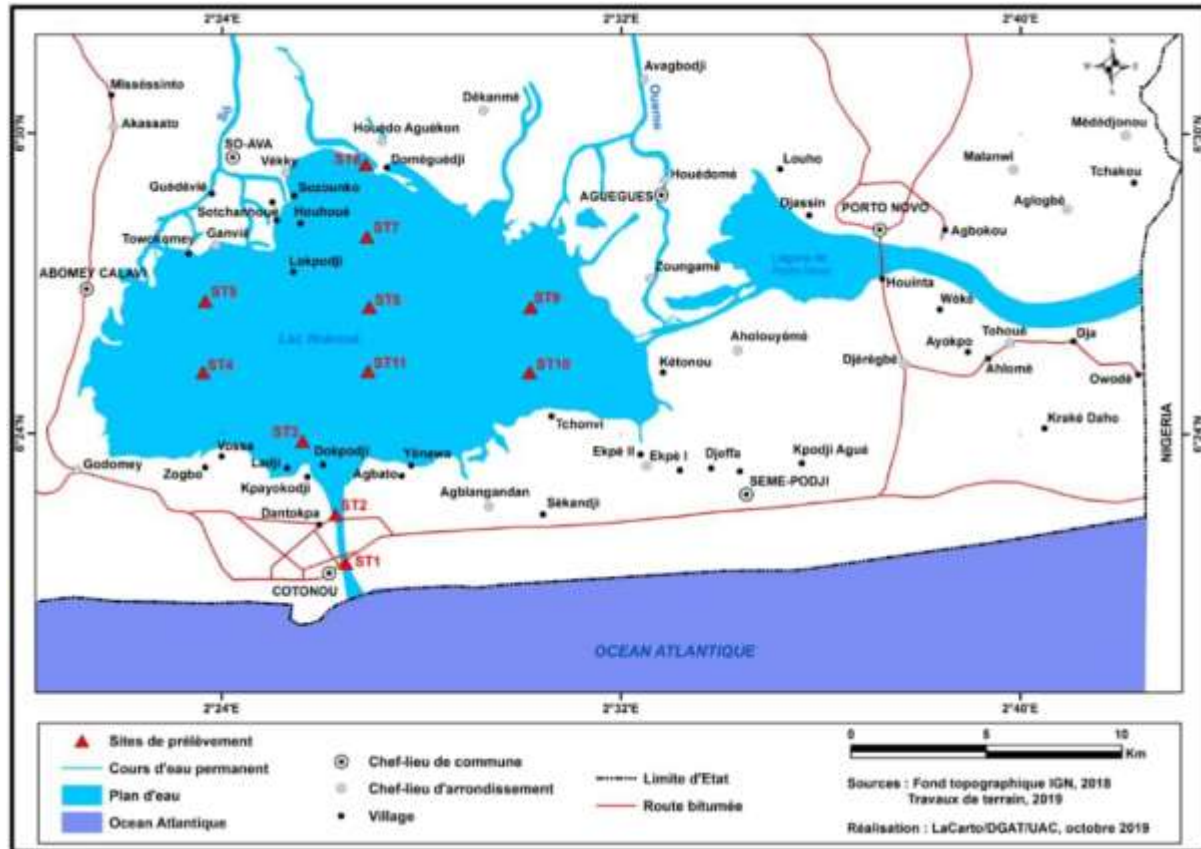


Figure 1 : Carte du lac Nokoué avec les stations d'échantillonnage

Échantillonnage du phytoplancton :

L'échantillonnage du phytoplancton est fait au niveau de chaque station dans la zone euphotique. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'un filet à plancton de maille 30 µm et de rayon 13 cm. Pour la collecte du plancton, le filet a été manipulé sur un trait vertical et un trait horizontal. Enfin, un prélèvement de 10 L d'eau a été fait dans un plastique gradué et filtré puis le concentré est récupéré dans un pilulier de 100 mL. Les échantillons du plancton ont été fixés au formol à 5%.

Observation du plancton : L'observation et l'indentification des échantillons ont été effectués sous un microscope Nikon, E200. Pour cela, deux gouttes d'eau de l'échantillon sont prélevées à l'aide d'une pipette Pasteur après homogénéisation. Les gouttes d'eau du concentré sont ainsi déposées entre lame et lamelle puis observées au microscope photonique aux grossissements 10 et 40. Les

déterminations taxonomiques ont été faites à partir de plusieurs clés d'identification telles que Bourrelly (1966, 1968, 1970), Ouattara *et al.* (2001), Kouassi *et al.* (2013).

Analyse quantitative : L'analyse quantitative a été effectuée sous un microscope photonique à partir des sous-échantillons (15 mL) sur une cellule de comptage de type Neubauer. Le comptage des taxons a été fait champ par champ. En cas de forte abondance de taxons dans le sous-échantillon, le dénombrement des individus se fait dans un champ représentatif de la cellule de comptage et cette opération est répétée trois fois. Dans le cas où l'abondance est faible, le dénombrement prend en compte toute la cellule de comptage.

Analyse de la structure : La richesse taxonomique (S), le nombre d'espèces/genres/familles de phytoplancton, a été déterminée par station et par mois. Le pourcentage d'occurrence ou fréquence des

taxons (F) qui permet d'obtenir la constance d'une espèce ou d'un taxon dans un milieu donné ; a été déterminée par la relation :

$$F = (Pa / P) \times 100$$

avec Pa = nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération et P le nombre total de prélèvements faits. Trois groupes d'espèces sont définis selon la valeur de F :

- des espèces constantes ($F \geq 50 \%$);
- des espèces accessoires ($25 \% \leq F < 50 \%$);
- des espèces accidentelles ($F < 25 \%$).

L'étude quantitative du phytoplancton a consisté à déterminer la densité après identification et numération des espèces récoltées. Elle a été calculée suivant la formule:

$$D = (N/V) * (1/Fc)$$

avec D = densité en nombre d'individus par litre ; N = nombre moyen d'individus de l'espèce comptée ; V = volume de la cellule de comptage converti en litre ; Fc = Facteur de concentration ($Fc = V/v$ avec V = volume

d'eau filtrée en litre et v= volume du filtrat converti en litre).

La densité relative (Dr en %) a été déterminée. Elle est le rapport entre la densité des organismes dans un échantillon ou à une station et la densité obtenue à la station ou dans le lac. Les indices de diversité ont été calculés pour caractériser la structure de la communauté. Il s'agit de : l'indice de Shannon-Weiner (H'), l'indice d'Equitabilité de Pielou (E), l'indice de Simpson (1/D) et l'indice de Margalef.

Analyse statistique : L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été appliquée à la matrice présence-absence afin de regrouper les stations d'échantillonnage en fonction de leurs similarités floristiques. L'analyse a été effectuée avec le logiciel Statistica version 7. Le test de Kruskal-Wallis a permis de tester la variabilité spatio-temporelle des indices entre les différents groupes de stations. Le seuil de significativité de ces deux derniers tests est de 5%.

RESULTATS

Composition taxonomique du phytoplancton du Lac Nokoué : Le résultat d'inventaire des taxons du phytoplancton du Lac Nokoué durant l'étude est présenté dans le tableau 1. Au total, 141 taxa (genres et variétés) ont été identifiés et répartis en 7 Embranchements, 16 Classes, 41 Ordres et 56 Familles. Les embranchements recensés sont constitués de Diatomophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta et des Rhodophyta. Les Diatomophyta sont représentés par quatre (4) Classes à savoir : Coscinodiscophyceae, Diatomophyceae, Mediophyceae et Phaeophyceae. Les Chlorophyta sont

composés de cinq (5) Classes. Il s'agit de : Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Conjugatophyceae, Klebsormidiophyceae et Ulvophyceae. Deux (2) Classes ont représenté respectivement les Pyrrophyta (Cryptophyceae et Dinophyceae) et Rhodophyta (Florideophyceae et Bangiophyceae).

Quant aux Chrysophyta, Euglenophyta et Cyanophyta, ils sont représentés respectivement chacun par une Classe ; Chrysophyceae, Euglenophyceae et Cyanophyceae. Les embranchements les plus riches sont les Diatomophyta (66,99%), les Chlorophyta (12,42%) et les Cyanophyta (11,80).

Tableau 1 : Répertoire actualisé des taxons du phytoplancton du lac Nokoué

Ordres	Familles	Espèces	Stations											%F			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Closteriopsis</i> sp.	*													7,27	
		<i>Closteriopsis longissima</i>				*				*	*		*			5,45	
		<i>Actinastrum</i> sp.	*					*									3,64
		<i>Chlorella vulgaris</i>			*												1,82
Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Zygnema</i> sp.				*	*	*				*				18,18	
		<i>Mougeotia</i> sp.					*		*	*	*					5,45	
		<i>Spirogyra</i> sp.						*				*		*		7,27	
Chlamydomonadales	Volvocaceae	<i>Eudorina elegans</i>										*		*		3,64	
		<i>Pandorina</i> sp.										*				5,45	
	Haematococcaceae	<i>Haematococcus pluvialis</i>											*			23,64	
Chaetophorales	Schizomeridaceae	<i>Schizomeris</i> sp.						*	*			*	*		23,64		
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Pediastrum duplex</i>				*	*	*	*	*						20,00	
		<i>Pediastrum</i> sp.										*				1,82	
		<i>Coelastrum reticulatum</i>					*									1,82	
		<i>Scenedesmus</i> sp.													*	1,82	
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>					*										3,64
	Hydrodictyaceae	<i>Tetraedron</i> sp.		*		*					*					9,09	
	Palmellopsidaceae	<i>Asterococcus</i> sp.												*		1,82	
Oocystales	Oocystaceae	<i>Monoraphidium</i> sp.			*								*			14,55	
		<i>Oocystis</i> sp.								*						12,73	
Trebouxiales	Botryococcaceae	<i>Botryococcus</i> sp.											*			3,64	
Prasiolales	Prasiolaceae	<i>Prasiola</i> sp.				*										1,82	
Desmidiales	Desmidiaceae	<i>Closterium</i> sp.		*												16,36	
		<i>Closterium gracile</i>						*				*				5,45	
		<i>Cosmarium</i> sp.						*						*		10,91	
Klebsormidiales	Klebsormidiaceae	<i>Klebsormidium flaccidum</i>		*	*	*	*	*							18,18		
Ulothricales	Gomontiaceae	<i>Monostroma</i> sp.	*	*												5,45	
	Ulothricaceae	<i>Ulothrix</i> sp.		*	*			*								7,27	
		<i>Ulothrix zonata</i>		*		*	*	*			*	*				18,18	
	Gloeotilaceae	<i>Binuclearia</i> sp.			*					*						5,45	
Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i> sp.		*										*		3,64	
		<i>Rhizoclonium</i> sp.				*										3,64	
Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Chrysococcus</i> sp.	*		*											12,73	
	Chromulinaceae	<i>Uroglena</i> sp.										*				5,45	
Mischococcales	Pleurochloridaceae	<i>Goniochloris gigas</i>	*		*	*										7,27	
Vaucheriales	Vaucheriaceae	<i>Vaucheria</i> sp.	*	*		*	*	*			*		*	*		21,82	
Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Microcystis incerta</i>	*	*	*			*		*			*	*		10,91	
		<i>Synechococcus aeruginosus</i>						*	*		*			*	*	5,45	
		<i>Aphanothece</i> sp.											*			1,82	
Nostocales	Nostocaceae	Rivulariaceae	<i>Calothrix</i> sp.	*	*	*		*								20,00	
		<i>Raphidiopsis</i> sp.	*			*										5,45	
		<i>Anabaena</i> sp.	*	*		*										7,27	
		<i>Pseudanabaena</i> sp.	*	*					*		*					25,45	
Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Snowella</i> sp.									*				1,82		
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	32,73		

		<i>Oscillatoria laxissima</i>	*	*								*	5,45
		<i>Oscillatoria limosa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	65,45
		<i>Oscillatoria proboscidea</i>									*	*	9,09
		<i>Lyngbya sp.</i>	*	*							*		1,82
		<i>Lyngbya orientalis</i>			*	*	*		*				3,64
		<i>Phormidium sp.</i>									*		1,82
Hormogonales	Cyanophyceae	<i>Spirulina princeps</i>					*						1,82
Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira granulata</i>						*				*	1,82
Coscinodiscales		<i>Actinoptychus sp.</i>			*						*		10,91
		<i>Actinoptychus senarius</i>		*		*							7,27
		<i>Coscinodiscus concinnus</i>	*		*	*	*	*	*		*		25,45
		<i>Coscinodiscus rudolfii</i>		*	*		*	*	*	*	*	*	56,36
		<i>Coscinodiscus radiatus</i>			*		*		*	*	*	*	18,18
		<i>Actinocyclus sp.</i>									*		7,27
	Heliopeltaceae												
	Hemidiscaceae										*		7,27
	Aulacodiscaceae	<i>Aulacodiscus sp.</i>		*						*			3,64
Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	<i>Ditylum sp.</i>		*									5,45
Melosirales		<i>Melosira varians</i>	*	*		*	*	*		*	*		16,36
		<i>Melosira moniliformis</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	30,91
		<i>Melosira granulata</i>			*	*			*	*			5,45
		<i>Hyalodiscus subtilis</i>	*	*									10,91
		<i>Hyalodiscus laevis</i>	*		*			*		*			5,45
		<i>Hyalodiscus radiatus</i>		*		*	*	*	*	*	*		18,18
Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros sp.</i>		*	*	*					*	12,73	
Achnantales		<i>Achnanthes sp.</i>							*			*	9,09
		<i>Cocconeis placentula</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	43,64
		<i>Biddulphia mobiliensis</i>	*	*		*							9,09
Biddulphiales	Biddulphiaceae		*									1,82	
Diatomales		<i>Tabellaria sp.</i>		*									5,45
		<i>Fragilariopsis sp.</i>		*		*	*						7,27
		<i>Fragilaria sp.</i>								*			5,45
		<i>Bacillaria paxillifer</i>				*						*	5,45
		<i>Asterionella formosa</i>	*	*	*	*					*		18,18
		<i>Asterionella sp.</i>			*						*		5,45
Eunotiales		<i>Actinella sp.</i>				*	*	*					10,91
		<i>Eunotia bilunaris</i>		*		*	*	*		*	*	*	23,64
		<i>Eunotia sp.</i>		*	*		*	*		*	*		14,55
	Peroniaceae	<i>Peroniopsis sp.</i>					*			*		1,82	
Entomoneidales	Entomoneidaceae	<i>Entomoneis sp.</i>					*					1,82	
Naviculales	Epithemiaceae	<i>Epithemia sp.</i>							*				9,09
		<i>Amphora sp.</i>			*							*	3,64
		<i>Diploneis sp.</i>		*			*						3,64
		<i>Gyrosigma attenuatum</i>							*	*	*		14,55
		<i>Navicula sp.</i>											

		<i>Gyrosigma</i> sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*								36,36
		<i>Gyrosigma acuminatum</i>										*			*				7,27
		<i>Gyrosigma balticum</i>		*	*		*		*		*								12,73
		<i>Gyrosigma scalproides</i>		*	*		*		*	*		*							20,00
		<i>Gomphonema intricatum</i>										*							1,82
		<i>Navicula radiosa</i>		*	*	*			*		*								7,27
		<i>Navicula cryptocephala</i>							*										1,82
		<i>Navicula</i> sp.						*	*		*	*	*						21,82
		<i>Petrodictyon gemma</i>					*	*	*	*		*							12,73
	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia viridis</i>	*			*	*		*						*				5,45
		<i>Synedra ulna</i>	*				*		*						*				27,27
		<i>Synedra acus</i>	*	*								*		*					10,91
		<i>Synedra fulgens</i>		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*				29,09
		<i>Synedra</i> sp.		*				*				*	*						10,91
		<i>Synedra capitata</i>		*			*	*		*									10,91
		<i>Nitzschia sigmoidea</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	45,45
		<i>Nitzschia sigma</i>		*	*	*	*	*	*	*	*		*	*		*	*		40,00
		<i>Nitzschia</i> sp.		*		*	*	*				*		*			*	*	10,91
		<i>Nitzschia vermicularis</i>			*	*													3,64
	Nitzchiaceae	<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzch					*												1,82
		<i>Surirella</i> sp.												*					23,64
		<i>Surirella elegans</i>		*		*			*	*	*	*	*	*					9,09
		<i>Stenopterobia</i> sp.					*						*						5,45
	Surirellales	<i>Surirella robusta</i>					*	*				*							1,82
		<i>Urosolenia</i> sp.	*																5,45
		<i>Rhizosolenia</i> sp.		*															10,91
	Rhizosoleniales	<i>Rhizosolenia imbricatum</i>															*		3,64
		<i>Lauderia annulata</i>		*		*													7,27
		<i>Thalassiosira</i> sp.		*															7,27
		<i>Cyclotella</i> sp.		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	21,82
		<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thw	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	67,27
		<i>Cyclotella meneghiniana</i>						*			*	*							10,91
		<i>Stephanodiscus astraea</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	23,64
	Thalassiosirales	<i>Stephanodiscus</i> sp.					*												5,45
		<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	*								*	*							3,64
		<i>Ceratium</i> sp.	*	*															1,82
		<i>Ceratium tripos</i>		*			*												9,09
		<i>Ceratium trichoceros</i>		*		*													3,64
		<i>Ceratium horridum</i>		*															9,09
		<i>Ceratium lineatum</i>		*			*												5,45
	Gonyaulacales	<i>Ceratium longipes</i>			*														3,64

Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium</i> sp.				*														9.09		
		<i>Peridinium umbonatum</i>											*								1.82	
Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp.				*	*						*	*							10.91	
		<i>Euglena gracilis</i>													*						1.82	
		<i>Euglena oxyuris</i>											*								3.64	
		<i>Lepocinclis</i> sp.		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*							20.00
		<i>Trachelomonas intermedia</i>				*	*	*	*				*	*								16.36
		<i>Trachelomonas superba Swir</i>				*	*	*			*											1.82
		<i>Trachelomonas</i> sp.				*							*	*	*							12.73
		<i>Trachelomonas stokesii</i>		*			*				*		*	*	*							14.55
		<i>Phacus</i> sp.											*	*								7.27
Hildenbrandiales	Hildenbrandiaceae	<i>Hildenbrandia rivularis</i>		*		*				*	*	*								7.27		
Ceramiales	Rhodomelaceae	<i>Bostrychia</i> sp.				*	*		*		*									10.91		
Bangiales	Bangiaceae	<i>Bangia</i> sp.				*														3.64		
		Total par station	2	6	3	5	4		3		5											
		Total du lac Nokoué	7	0	4	3	7	45	6	36	1	45	42									

Occurrence des taxons : Le pourcentage d'occurrence des taxons a été calculé pour déterminer les taxons selon leur constance dans le lac. Au niveau des familles, 8 familles ont été constantes, 11 familles accessoires et 37 familles accidentelles ou rares (Tableau 2).

Du point de vue spécifique, 3 espèces ont été constantes. Il s'agit de *Oscillatoria limosa*, *Coscinodiscus rudolfii* et *Cyclotella kuetzingiana*. Ensuite, 8 espèces ont été accessoires et 130 espèces accidentelles (Tableau 1).

Tableau 2: Occurrence des Familles de phytoplancton du lac Nokoué

Familles Constantes	Familles Accessoires	Familles accidentelles/ rares
Oscillatoriaceae (100%)	Eunotiaceae (49,10%)	Haematococcaceae (23,65%)
Heliopeltaceae (100%)	Diatomaceae (43,52%)	Schizomeridaceae (23,65%)
Naviculaceae (100%)	Surirellaceae (40%)	Vaucheriaceae (21,82%)
Nitzchiaceae (100%)	Nostocaceae (38,17%)	Rhizosoleniaceae (20%)
Stephanodiscaceae (100%)	Hyalodiscaceae (34,54%)	Chlorellaceae (18,18%)
Euglenaceae (85,46%)	Ceratiaceae (32,73%)	Rhodomelaceae (10,91%)
Achnanthaceae (52,73%)	Desmidiaceae (32,72%)	Peridiniaceae (10,91%)
Melosiraceae (52,72%)	Zygnemataceae (30,90%)	
	Schizomeridaceae (29,10%)	
	Oocystaceae (27,28%)	
	Scenedesmaceae (29,10%)	

Densité des principaux groupes : Au total, 6 472.10⁶ cellules par litre ont été recueillies au cours de l'étude. Ce sont toujours les Diatomophyta qui ont présenté les densités les plus élevées (43361.10⁶ cellules par litre). Ensuite, les Chlorophyta et les Cyanophyta

avec respectivement 804.10⁶ cellules par litre et 764.10⁶ cellules par litre, ont été aussi des groupes importants de l'écosystème. Les moins importants tels que Euglenophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta et Rhodophyta sont constitués respectivement 22.10⁷ cellules par

litre, 16.10^7 cellules par litre, 144.10^6 cellules par litre et 44.10^6 cellules par litre. Six (6) Classes ont été importantes (Figure 2). Il s'agit : des Diatomophyceae (38,50%), des Coscinodiscophyceae (15,76%), des Mediophyceae (12,60%), des Cyanophyceae (11,80%), des Chlorophyceae (6,36%) et des

Euglenophyceae (3,39%). Les résultats ont aussi révélé cinq Ordres prépondérants. Il s'agit des Ordres : de Naviculales (18,54%), de Coscinodiscales (13,59%), de Thalassiosirales (12,60%), de Oscillatoriales (8,22%), et de Achnantales (6,36%).

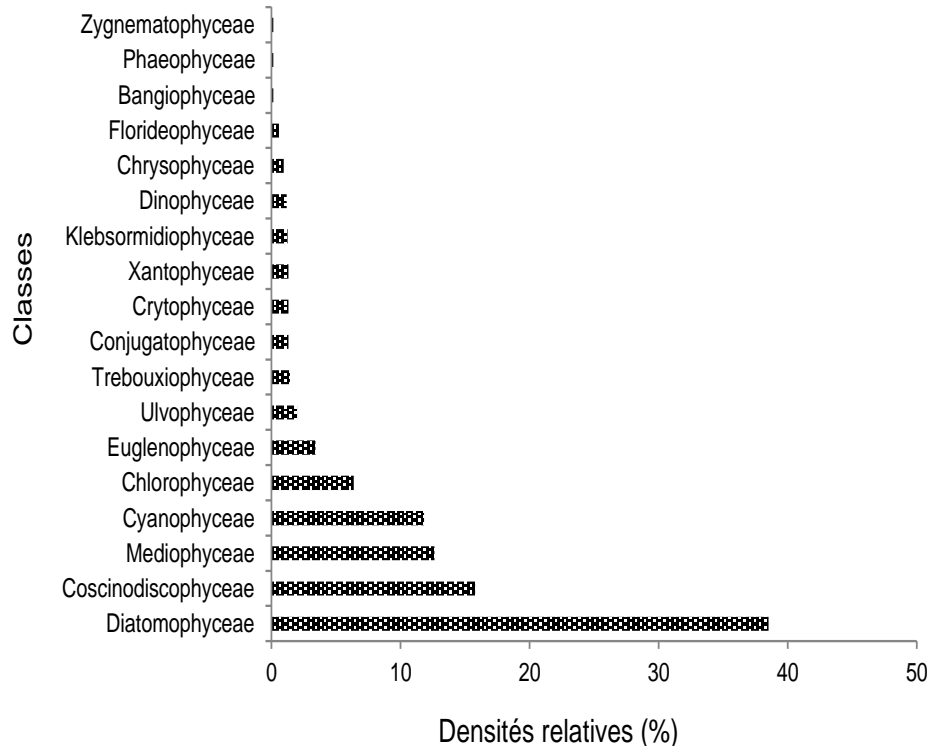


Figure 2 : Variation de la densité relative (%) des principales Classes de la communauté du phytoplancton du lac Nokoué

Principaux taxons du phytoplancton du lac Nokoué : Cinq (5) Familles de phytoplancton ont été abondantes ($Nr \geq 5\%$) au cours de l'étude. Il s'agit des Familles : de Stephanodiscaceae, de Nitzschiaceae, de Oscillatoriaceae, de Naviculaceae et la famille de Achnanthaceae. Suivent ensuite les Familles de Rhizosoleniaceae et de Euglenaceae qui constituent respectivement 4,16% et 4,02% de l'abondance totale. Enfin, 29 Familles ont moins de 1% d'abondance relative. Sur le plan spécifique, seules 3 espèces ont plus de 5% d'abondance relative. Quatre ont au moins 2% d'abondance relative.

Elles sont constituées de : *Oscillatoria limosa* ($Nr=4,97\%$) ; *Nitzschia sigmoidea* ($Nr=3,29\%$) ; *Stephanodiscus astraea* ($Nr=2,98\%$) et *Rhizosolenia imbricatum* ($Nr = 2,61\%$). En outre, 116 espèces soit 82,27% de la richesse taxinomique ont moins de 1% d'abondance relative dans ce peuplement.

Variation de la richesse et de la densité : La figure 3 a présenté les variations spatiales de la richesse taxinomique et de la densité relative du phytoplancton du lac. La richesse spécifique a varié de 60 espèces à la station ST1 à 27 espèces à la station ST2. La densité relative a oscillé de 14,21% à la station ST1 et

4,82% à la station ST10. Ces variations spatiales n'ont pas été significatives ($p > 0,05$). En ce qui concerne les variations mensuelles de la richesse taxinomique et de la densité, la richesse spécifique du phytoplancton a connu sa plus grande valeur (96 taxons) en juillet et

sa plus petite valeur (70 taxons) en avril. C'est aussi en juillet, que la forte densité des cellules (27,19%) a été observée et en avril, sa plus faible valeur (13,53%). Ces variations mensuelles ont été significatives ($p < 0,05$).

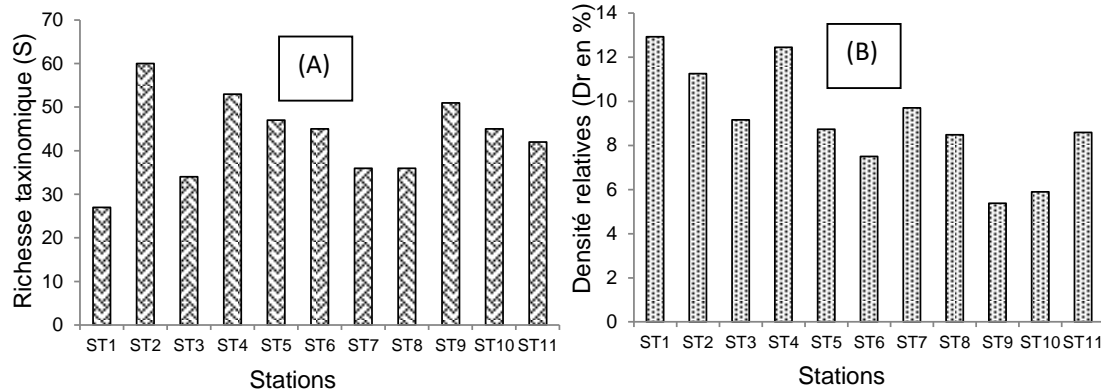


Figure 3: Variations spatiales de la richesse et de la densité relative du phytoplancton au lac Nokoué

Analyse de la diversité : La figure 4 exprime les variations spatiales de l'indice de Shannon et d'Equitabilité de Piélu. L'indice de Shannon le plus faible (4,11 bits) a été obtenu à la station ST8 et le plus élevé (5,39 bits) a été noté à la station ST4. Ces valeurs montrent que la communauté phytoplanctonique est relativement diversifiée. Quant à l'Equitabilité

de Piélu, elle varie de 0,7 à la station ST8 à 0,9 à la station ST10. Ce qui permet de dire que la dominance est moyenne au sein de la communauté dans le milieu. Du point de vue mensuel, l'indice de Shannon le plus élevé (5,5 bits) est obtenu en mars et le plus faible (5,2 bits) en juin. L'Equitabilité de Piélu a varié de 0,79 en juin à 0,89 en mars.

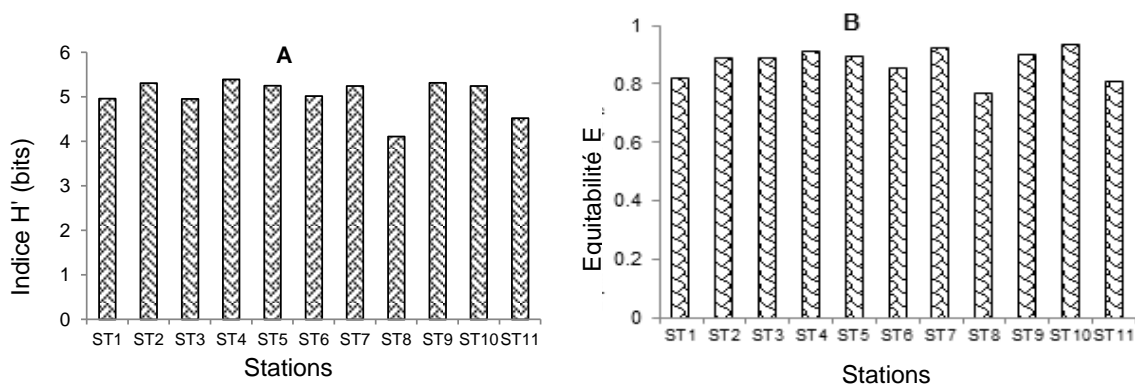


Figure 4: Variations spatiales de l'indice de Shannon et d'Equitabilité de Piélu

La valeur minimale (9,01) de l'indice de Simpson est obtenue à la station ST8 et sa valeur maximale (39) à la station ST10. Quant à l'indice de Margalef, la plus faible valeur (9,01) est enregistrée à la station ST11 et sa valeur maximale (12,30) à la station ST2. Ce qui montre que la communauté est plus diversifiée à la station ST2 qu'à la station ST11. Les variations mensuelles des indices de

Simpson et de Margalef sont illustrées à la figure 5. L'indice de Simpson le plus faible (22,611) est obtenu en juin et le plus élevé (36,36) en mars. L'indice de Margalef a oscillé entre 12,80 et 16,95. Les valeurs minimale et maximale ont été respectivement notées en avril et juin. Ce qui montre que la biodiversité est plus élevée en juin qu'en avril.

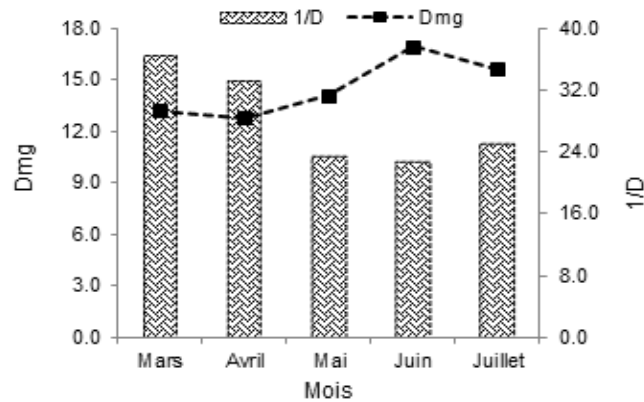


Figure 5: Variations mensuelles des indices de Simpson et de Margalef

Structure du peuplement : Le résultat de l'analyse factorielle des correspondances basée sur la matrice présence-absence indique que les deux axes factoriels expriment 75% de la variabilité totale (Figure 6A). Ces deux axes ont été considérés pour l'ordination des échantillons. Les stations ST6 en mars et ST8 en juillet se démarquent des autres observations et sont respectivement, fortement et négativement, corrélés aux axes F1 et F2 (Figure 6B). Elles correspondent respectivement aux espèces *Epithemia* sp. et *Trachelomonas superba* (Figure 6C). La partie substantielle des taxons se concentre autour de

l'origine des axes. Toutefois, des taxons appartenant aux échantillons des stations (ST9, ST10, ST8) situées vers le Nord du lac en mars et avril, comme *Gomphonema intricatum*, *Asterococcus* sp., *Closteriopsis longissima*, *Peridinium umbonatum*, *Prasiola* sp. sont positivement corrélés à l'axe F2. Aussi, les stations situées au sud du lac (ST1, ST2) sont négativement corrélées à l'axe F2 et positivement à l'axe F1 ; elles s'expliquent par la présence des taxons comme *Ceratium lineatum*, *Ceratium* sp., *Ditylum* sp., *Gyrosigma* sp. et *Tetraedron* sp.

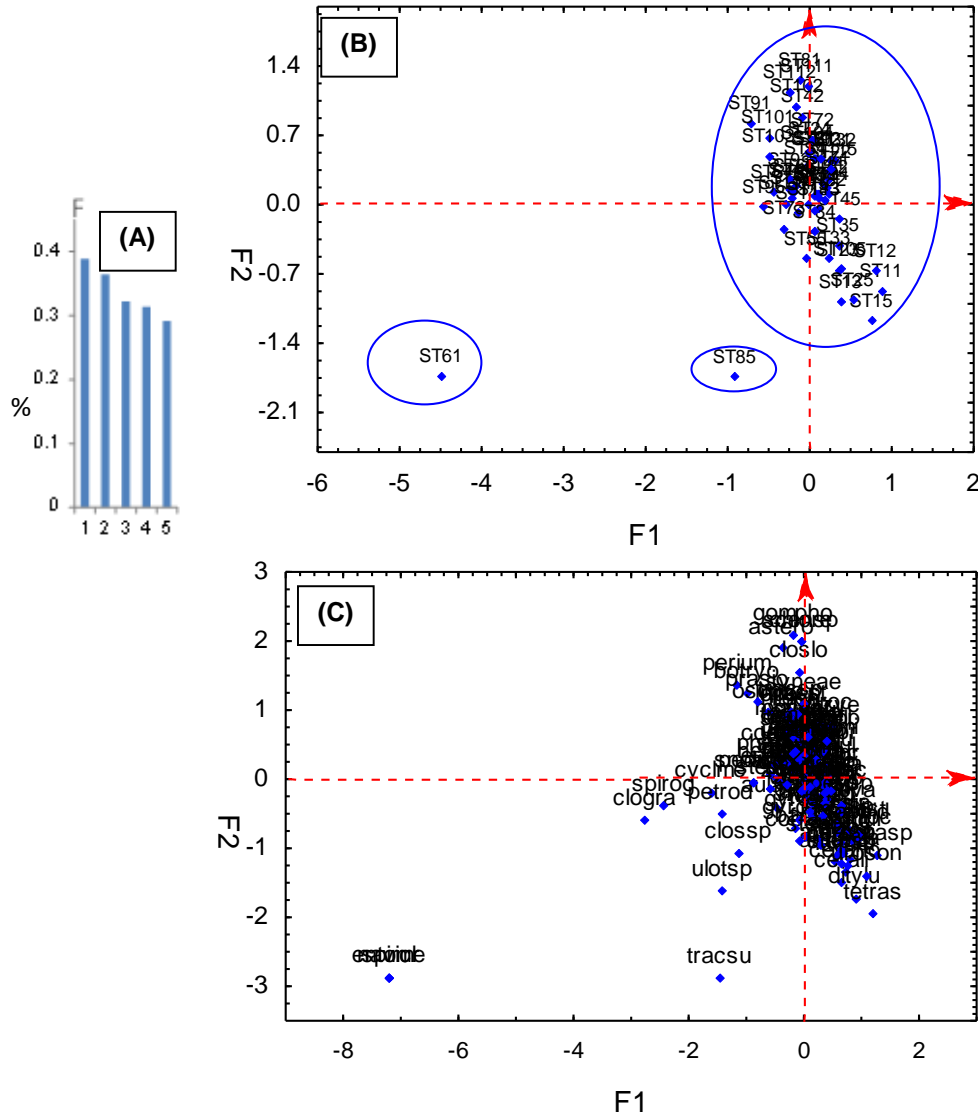


Figure 6 : Analyse factorielle des correspondances réalisée sur la matrice de présence-absence des taxons

DISCUSSION

L'importance du phytoplancton dans les milieux aquatiques est due à leur capacité de synthétiser des hydrates de carbone et de l'oxygène, à partir des éléments minéraux dissouts dans l'eau et de l'énergie lumineuse, selon l'équation de Redfield (Rolland, 2009). L'étude de la communauté du phytoplancton du Lac Nokoué a permis de récolter 141 taxons repartis en 7 embranchements, 16 classes, 41 ordres et 56 familles. Cette composition phytoplanctonique est largement supérieure à celle de Adjahouinou *et al.* (2012) qui ont recensé 39 espèces dans le Chenal de Cotonou.

Cette grande différence pourrait s'expliquer par le fait que ces auteurs se sont intéressés uniquement au chenal qui relie le lac Nokoué à l'océan atlantique et n'ont pas pris en compte le lac dans leur étude. Néanmoins, la composition reste toujours supérieure à celle évoquée par Hountogan (2015) dans le même lac. Les travaux de cet auteur ont recensé seulement 52 espèces. Cependant, les résultats de la présente étude s'apparentent à ceux de Hain *et al.* (2022) qui ont inventorié 160 espèces dans la lagune de Porto-Novo, un milieu estuarien qui fait corps avec le lac

Nokoué. Sur le lac Ahémé dans le complexe lagunaire Ouest du Bénin, Olodo et Abou (2020) ont dressé une liste plus fournie que la présente étude. Ces auteurs ont inventorié 274 taxons de phytoplancton. Ces résultats sont largement supérieurs à l'inventaire de la présente étude et indiquent le lac Ahémé comme un milieu très riche en phytoplancton. Des résultats similaires réalisés par Niamien-Ebrottié *et al.* (2013) dans les rivières côtières au Sud-Est de la Côte d'Ivoire qui ont permis de répertorier 196 espèces. En termes de diversité, la communauté phytoplanctonique du lac Nokoué est constituée de Diatomophyta (66,99%), de Chlorophyta (12,42%) de Cyanophyta (11,80), d'Euglenophyta (3,40%), de Pyrrophyta (2,47%), de Chrysophyta (2,22%) et de Rhodophyta (0,68%). Les Diatomées constituent donc l'essentiel des espèces constamment rencontrées dans les échantillons. La forte proportion des Diatomées dans la communauté s'accorde à celle signalée par Adjahouinou *et al.* (2012) dans le chenal de Cotonou, Hountogan (2015) et Akélé *et al.*, (2022) dans le lac Nokoué. La prédominance des Diatomées dans la composition taxonomique a été également observée par Ouattara *et al.* (2000) dans la rivière Agnéby et dans les zones fluviales de la rivière Bia en Côte d'Ivoire. Les Diatomées sont des organismes autotrophes les plus diversifiés dans les rivières puisqu'elles ont la possibilité de coloniser toutes les surfaces disponibles (Niamien-Ebrottié *et al.*, 2013 ; Houssou *et al.*, 2015). Aussi, les grands phylums échantillonnés tels que les Diatomophyta, les Chlorophyta, les Cyanophyta et les Euglenophyta, indicateurs de pollution, traduisent un stress écologique du plan d'eau et un degré élevé d'eutrophisation (Zongo *et al.*, 2011 ; Olodo et Abou, 2020). En

effet, la forte pression des pollutions chimiques, l'intensification de l'exploitation des ressources et l'accélération alarmante des processus de dégradation du lac font planer un risque majeur d'eutrophisation et de pollution organique élevée. Ces résultats s'accordent à ceux de Adjahouinou *et al.* (2012), Adandedjan *et al.* (2017) et Capo-Chichi *et al.*, (2022) qui soulignent un degré de perturbation avancé de l'écologie du lac Nokoué. De plus, l'indice de Shannon (variant de 4,11 à 5,39 bits) et l'Equitabilité (entre 0,7 et 0,9) calculés, indiquent une dominance moyenne du peuplement et justifient bien les abondances des différents phylums observés. De même, les indices de Simpson et de Margalef variant respectivement de 9,01 à 39 et 8,21 à 12,30, indiquent également une diversité peu élevée et une perturbation de la communauté du phytoplancton (Olodo *et al.*, 2020). L'hétérogénéité observée dans le milieu pourrait s'expliquer par la période d'échantillonnage qui a couvert une partie de la grande saison sèche où l'énergie lumineuse était favorable à la prolifération des algues. Ces résultats ont été trouvés par Hountogan (2015) dans le même lac. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) basée sur la matrice présence-absence, indique que les deux axes factoriels expriment 75% de la variabilité totale. La partie substantielle des taxons se concentre autour de l'origine des axes. Cela s'explique par le fait que les mêmes espèces se retrouvent pratiquement dans les différentes stations. Ce qui rejoint les travaux réalisés par Niamien-Ebrottié *et al.*, 2013 sur la composition et la variation spatio-saisonnaire du peuplement algal des systèmes côtiers. Les mêmes espèces se trouvent à tous les points du milieu tant que ce dernier leur offre des conditions favorables de vie.

CONCLUSION AND APPLICATION OF RESULTS

Le résultat d'actualisation des taxons du phytoplancton du Lac Nokoué a révélé 141 taxa (genres et variétés) repartis en 7 Embranchements, 16 Classes, 41 Ordres et 56 Familles. Ce répertoire actualisé a fourni les embranchements des Diatomophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta et des Rhodophyta. Parmi ces embranchements, les plus riches ont été les Diatomophyta (66,99%), les Chlorophyta (12,42%) et les Cyanophyta (11,80). 6 Familles se dégagent du lot avec de

fortes richesses. Il s'agit des Diatomophyceae (38,50%), des Coscinodiscophyceae (15,76%), des Mediophyceae (12,60%), des Cyanophyceae (11,80%), des Chlorophyceae (6,36%) et des Euglenophyceae (3,39%). Aussi, les indices montrent que la communauté phytoplanctonique du lac est relativement diversifiée et présente des traits de dominance à certaines stations. Ces résultats constituent un instrument de base à l'aménagement et à la restauration du lac Nokoué.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Université d'Abomey-Calavi qui a financé ce travail dans le cadre de son Programme Fonds Compétitifs de Recherche 3^{ème} phase (PFCR/UAC III) à

travers le Projet « Biodiversité et pressions anthropiques sur les ressources vivantes aquatiques des systèmes estuariens et lagunaires du Sud-Bénin (BioSEL) ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adandédjan D, Makponse E, Hinvi CL, Laleye P. 2017. Données préliminaires sur la diversité du zooplancton du lac Nokoué (Sud-Bénin). *Journal of Applied Biosciences*, 115: 11476-11489.
- Adjahouinou DC, Liady ND, Fiogbe ED. 2012. Diversité phytoplanctonique et niveau de pollution des eaux du collecteur de Dantokpa (Cotonou-Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(5): 1938-1949.
- Agblonon Houelome TM, P Agbohessi, D Adandedjan, R Nechifor, A Chikou, IM Lazar and P Laleye 2022. Ecological quality of the Alibori River, northern Benin, using macroinvertebrate indicators. *African Journal of Aquatic Science*, 47(2): 1–13
- Akélé D, Gougbedji A, Agadjihouédé H, Lalèyè P. Diet of the mangrove *Oyster crassostrea* gasar (Adanson, 1757) and plankton diversity in Lake Nokoué. *International Journal of Development Research*.12 (05): 56073- 56076.
- Azam F, Malfatti F. 2007. Microbial Structuring of marine ecosystems. *Nature Reviews Microbiology*, 5 : 782-791.
- Bourrelly P. 1966. Les algues d'eau douce, tome 1: les algues vertes. Initiation à la systématique. Éditions, N. Boubée et Cie, Paris, France, 572 pp.
- Bourrelly P. 1968. Les Algues d'eau douce : Initiation à la Systématique - Tome 2, Les algues jaunes et brunes, Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Éditions, N. Boubée et Cie, Paris, France, 438 pp.
- Bourrelly P. 1970. Les algues d'eau douce: Les algues bleues et rouges, les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Editions, N. Boubée et Cie, Paris, France, 606 pp.
- Butterwick C, Heaney SI, Talling J. 1982. A comparison of eight methods for estimating the biomass and growth of planktonic algae, *British Phycological Journal*, 17(1): 69-79.
- Capo-Chichi HBP, Adandedjan D, Agblonon Houelome TM, Laleye P. 2022. Physico-

- chimie et pollution organique du lac Nokoué au Sud du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 170: 17752–17774.
- Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem N, O'Neill VR, Paruelo PJ, Raskin GR, Sutton SP, van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *M, Nature*, 387, 53–260.
- Dahdouh-Guebas F. 2013. Les biens et services écosystémiques : l'exemple des mangroves. Vers une nouvelle synthèse écologique. De l'écologie scientifique au développement durable. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, France, pp 169.
- Gailhard I. 2003. Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le « Réseau de surveillance du Phytoplancton et des phycotoxines » (REPHY). Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, France, pp 293.
- Gleick PH. 1993. "Water resources: A long-range global evaluation." *Ecology Law Quarterly* Vol. 20, No. 1, pp. 141-149.
- Groga N. 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France, pp 224.
- Hain TK, Adandedjan D, Hountogan ME. 2022. Phytoplankton communities of the Porto-Novo Lagoon (South-East Bénin). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2022; 10(1): 130-141.
- Hountogan M P. 2015. Diversité phytoplanctonique et qualité écologique du lac Nokoué au Bénin. Mémoire de Master en monitoring des ressources aquatiques et aménagement des pêches. Université d'Abomey-Calavi, Bénin, pp 65.
- Houssou AM, Agadjihouédé H, Montchowui, E, Bonou CA, Lalèyè P. 2015. Structure and seasonal dynamics of phytoplankton and zooplankton in Lake Azili, small Lake of the pond of River Ouémé, Benin. *International Journal of Aquatic Biology*, 3(3): 161-171.
- Kouassi BAT, Ouattara A, Da KP. 2013. Euglenozoa occurring in Adzopé Reservoir, Côte D'Ivoire. *Turkish Journal of Botany*, 30(6):1176-1187.
- Lalèyè P, Niyonkuru C, Moreau J, Teugels GG. 2003. Spatial and seasonal distribution of the ichthyofauna of Lake Nokoué, Benin, West Africa. *African Journal of Aquatic Sciences*, 28 (2): 151-161.
- Laleye P. 1995. Écologie de deux espèces de Chrysichthys, poissons siluriformes (Clarotéidae) du complexe Lac Nokoué-Lagune de Porto-Novo au Bénin. Thèse de doctorat, Université de Liège, Belgique, pp 152.
- Niamien-Ebrottié JE, Konan KF, Edia Oi E, Ouattara A, Gourène G. 2013. Composition et variation spatio-saisonnière du peuplement algal des rivières côtières du Sud-est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 66: 5147– 5161.
- Niyonkuru C, Laleye P. 2010. Impact of acadja fisheries on fish assemblages in Lake Nokoué, Benin, West Africa. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 399(5): 0-15.
- Olodo IY, Cocquyt C, Abou Y, Kokou, Kouami. 2019. Seasonal variations and distribution of diatom flora of Lake Ahémé (Benin, West Africa). *Botany Letters* 167(1): 1-14.
- Olodo YI, Abou Y 2020. Diversity and Structure of the phytoplankton of Lake Ahémé, a part of the Ramsar 1017 (Bénin). *Journal of Materials and*

- Environmental Science, 11(8): 1277-1293.
- Olodo IY, Abou Y, Kokou K, Cocquyt C. 2020. Dynamic of phytoplankton assemblages, as a response in the change of Water Quality in Lake Ahémé (BENIN). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5(3):842-856.
- Ouattara A, Podoor N, Gourène G. 2001. Études préliminaires de la distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans un système fluvio-lacustre africain (Bassin Bia ; Côte d'Ivoire). *Hydroécologie Appliquée*, 13 :113-132.
- Rolland A. 2009. Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir Marne (Bassin versant de la Seine). Thèse de doctorat, Université de Savoie, Français, 262 pp.
- Singh. P. 2013. Seasonal status of density of phytoplanktons and zooplanktons in Gomti river of Lucknow (U.P.), India. *Journal of Applied and Natural Science*, 5 (1): 58-62.
- Stickney HL, Hood RR, Stoecker DK. 2000. The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecological Modelling*, 125 (2-3): 203-203.
- Zongo B, Zongo F, Ouéda A, Couté A, Boussim JI. 2011. Étude des genres *Actinotaenium* (Näg.) Teiling et *Cosmarium* Corda ex Ralfs (Desmidiaceae/Chlorophyta) dans les mares temporaires des régions du Centre, de l'Est et du Nord du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(2): 554-569.