

Caractérisation physico-chimique des eaux et recherche d'indicateur d'eutrophisation d'un environnement lacustre du cordon littoral ivoirien: Cas du lac Hébé (Sud-est de la Côte d'Ivoire)

Ella ODJOHOU^{1*}, Clarisse KRA¹, Oi ADJIRI², Sylvain MONDÉ¹

¹Laboratoire des Géosciences marines, UFR SRTM, Université Félix Houphouët -Boigny, 22 BP. 582 Abidjan 22 (Côte d'Ivoire).

²Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement (LSTE), UFR de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP. 150 Daloa (Côte d'Ivoire)

*Auteur correspondant : Ella ODJOHOU

RESUME

La présente étude se propose d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau du lac Hébé (Sud-est de la Côte d'Ivoire) afin de rechercher d'éventuels indicateurs d'eutrophisation. Pour y parvenir, des analyses physico-chimiques ont été réalisées in-situ sur quinze (15) stations de prélèvements au cours des grandes saisons climatiques. Les échantillons ont été conditionnés dans des bouteilles ambrées et dans des glacières à 4 ± 2 °C. Au laboratoire, ils ont été conservés au réfrigérateur à 4 ± 2 °C pendant 24h. Les paramètres concernés sont : le pH, la température, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, la turbidité (déterminés in-situ), le NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{2-} , le Carbone Organique Total (COT), l'Indice de Permanganate (IP), les Matières en Suspension (MES) et la Chlorophylle a (dosés au laboratoire). Les résultats des différentes analyses indiquent que les eaux du lac Hébé sont relativement chaudes, riches en O_2 , très douces, alcalines et présentent un risque d'eutrophisation malgré qu'elles soient au stade oligotrophe.

Mots clés : Caractéristiques physico-chimiques, Saisons, Eutrophisation, Lac, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the physicochemical quality of the water of the Lake Hébé (South-East of Côte d'Ivoire) in order to find possible eutrophication indicators. To do this, in-situ physicochemical analyses were conducted on fifteen (15) stations of water sampling during the major climatic seasons. Amber bottles were used for water sampling and kept at 4 ± 2 °C and sent to the laboratory for analysis. In laboratory they were also kept at 4 ± 2 °C during 24 hours. The analysed parameters were pH, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, turbidity (measured in-situ), NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{2-} , Total Organic Carbon (TOC), Permanganate Index (IP), Suspended Materials and a-Chlorophyll (measured in laboratory). Results of analyzes indicate that waters of Lake Hébé are relatively warm, enriched in O_2 , very soft, alkaline and present a risk of eutrophication despite its oligotrophic stage.

Key works: Physicochemical, Seasons, Eutrophication, Lake Hebe, Côte d'Ivoire.

Date of Submission: 25-03-2020

Date of Acceptance: 14-04-2020

I. INTRODUCTION

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie dans tout écosystème. Bien que l'on se tourne le plus souvent vers les eaux souterraines pour l'approvisionnement en eau potable, les eaux de surface demeurent une ressource très importante pour le développement durable. En effet, le Sud de la Côte d'Ivoire regorge de nombreux plans d'eau renfermant d'importantes ressources biologiques, précieuses et diversifiées. Ces étendues d'eau se distinguent les unes des autres de par leur nature douce, saumâtre, salée ou hyper salée. Les eaux douces sont largement exploitées pour l'irrigation, les activités domestiques (lessive, vaisselle, bain...) et même pour la consommation humaine. Cependant, les forçages naturels et anthropiques impactent fortement les caractéristiques physico-chimiques de ces plans d'eaux. Il est donc nécessaire, de nos jours, de préserver la qualité des eaux de surface afin de garantir une sécurité hydrique (Adjiri, 2004). En Côte d'Ivoire, des travaux de recherche portant sur la contamination des écosystèmes aquatiques ont été menés (Adjiri, 2004 ; Coulibaly et al., 2009 ; Touré et al., 2010 ; Keumean et al., 2013). Ainsi, selon Adjiri (2004), les plans d'eaux subissent depuis 1980 une forte pollution. Les eaux de ruissellement drainent donc les produits agropharmaceutiques issus des champs. Cela a pour conséquences majeures l'eutrophisation des milieux

lacustres traduite par la prolifération des végétaux aquatiques flottants (jacinthe d'eau : *Eichhorniacrassipes*, salade d'eau : *Pistiastratiotes*, fougère d'eau : *Salviniamolesta*).

Cette étude a donc été initiée afin de caractériser les paramètres physico-chimiques qui peuvent gouverner la pollution du lac Hébé. L'objectif principal est de suivre l'évolution saisonnière de ces paramètres. Il s'agit donc de façon spécifique de :

- ✓ déterminer les paramètres physico-chimiques en surface au cours des grandes saisons sèche et pluvieuse ;
- ✓ évaluer le niveau d'eutrophisation du lac Hébé.

II. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Situé au Sud-est de la Côte d'Ivoire, le lac Hébé s'étend sur une superficie de 2,60 km² et est compris entre la latitude 5°12'13'' et 5°13'05,07 Nord et la longitude 3°31'42,91'' et 3°33'2'' Ouest. Il est limité au Nord par la ville de Bonoua et la lagune Kodjoboué, à l'Ouest par la ville de Grand-Bassam, à l'Est par la route d'Assinie et au Sud par l'Océan Atlantique (Figure 1). Quinze (15) stations réparties de façon homogène, ont permis les mesures des différents paramètres physico-chimiques réalisées au cours des grandes saisons sèche et pluvieuse.

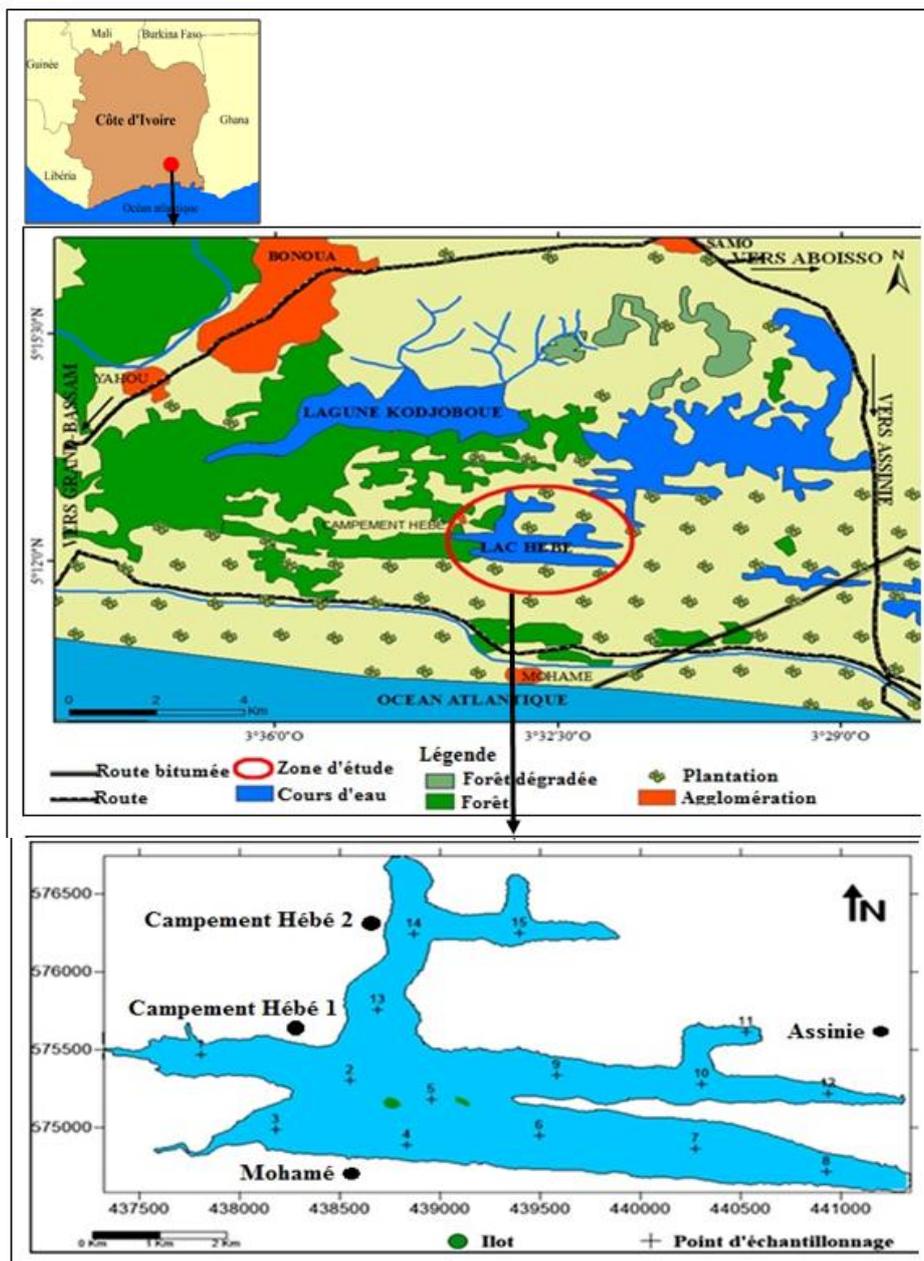


Figure 1 : Localisation et station d'échantillonnage du lac Hébé

III. METHODOLOGIE

3.1 Analyse des paramètres physico-chimiques

Mesure in situ

La mesure *in-situ* des paramètres (pH, température, conductivité électrique, oxygène dissous, et turbidité) a été fait à l'aide d'un multi-paramètre de type HACH. Cet appareil, calibré depuis l'embarcation, est introduit dans le plan d'eau puis les résultats s'affichent à l'écran après quelques minutes de stabilité. Quant à la transparence, elle a été mesurée au disque de Secchi. Le principe consiste à plonger le disque dans l'eau à l'aide d'une corde graduée et à l'observer jusqu'à sa disparition. La hauteur d'eau à partir de laquelle le disque n'est plus visible est notée en mètre (m). Le repérage des stations de mesure a été possible grâce au GPS.

Mesure au laboratoire

Des échantillons d'eau ont été prélevés avec la bouteille de Niskin puis conservés dans des bouteilles ambrées d'un litre (1L) et conditionnés dans une glacière à une température de $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Ces échantillons sont acheminés au laboratoire pour être analysés. Les paramètres dosés sont : NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{2-} , Carbone Organique Total (COT), Indice de Permanganate (IP), Matières en Suspension (MES) et Chlorophylle a. Ces paramètres ont été analysés en suivant les méthodes décrites par RODIER (2009) et AFNOR (2001).

3.2 Recherche d'indicateurs d'eutrophisation

En Côte d'Ivoire, il n'est pas établi à ce jour de références prises servant d'indicateurs d'eutrophisation dans les milieux lacustres. Ainsi, Daniel et Le Goff(2002) présentent différents seuils reconnus par plusieurs pays du Nord de l'Europe et par les Etats Unis (Ménesguen et *al.*, 2001) qui serviront à proposer une grille d'évaluation (Tableau I) du niveau d'eutrophisation des eaux du lac Hébé.

Tableau I : Indicateurs d'eutrophisation (Ménesguen et *al.*, 2001)

		Aucun symptôme d'eutrophisation	Risque d'eutrophisation	Etat d'eutrophisation marquée
Chlorophylle	valeur max	<10 µg/L	entre 10 et 20 µg/L	>à 20 µg/L
	valeur moyenne. période productive	<5 µg/L	entre 5 et 10 µg/L	>à 10 µg/L
	nombre de blooms	3-4 blooms printaniers d'intensifié décroissante suivis d'une période productive estivale limitée	Période productive très étendue dans le temps	Nombreux blooms de période brève et d'intensité anarchique
Phytoplancton	toxique	Absence d'espèces toxiques	Présence d'espèces toxique sans toxicité des coquillages	Présence d'espèces toxiques avec toxicité des coquillages
	eau colorées	Concentration <100 000 cell/L d'espèces susceptibles de générer des eaux colorées	Présence d'eau colorées sans impacts environnementaux ou économiques	Présence d'eaux colorées provoquant des impacts environnementaux ou économiques
Macroalgues		Absence	Présence sans nuisance	Nuisance nécessitant un ramassage intensif
O ₂	fond 70 %	Aucune mesure < 70% (soit environ 5 mg/L)	Quelques mesures comprises entre 25% et 70% (soit entre 2 et 5 mg/L)	Mesure < 25 % (soit 2 mg/L)
	surface >150 %	seulement 1 ou 2 valeurs > 150% en période productive	entre 2 valeurs et 50% des valeurs > 150% en période productive	Plus de 50% des valeurs > 150% en période productive
Richesse en sels nutritifs		Limitation de plus de 4 semaines de la production par plusieurs sels	Limitation ponctuelle de la production par au moins un sel	Recharge continue du système d'un ou plusieurs sels à des concentrations proches des teneurs hivernales

IV. RESULTATS

Les variations (minimum, maximum) des paramètres physico-chimiques du lac Hébé pendant les saisons sèches et pluvieuses sont contenues dans le tableau II. Tout en se référant aux normes décrites par l'OMS (2004), la majorité des paramètres mesurés présentent de bonne caractéristiques.

Tableau II : Evolution des paramètres au cours des deux saisons

	SAISON SECHE			SAISON PLUVIEUSE			Normes OMS (2004)
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	
pH	6,48	8,05	7,21	6,13	7,21	6,81	6,5-8,5
Température	30,1	32,1	31,26	29,8	31,4	30,52	25
Oxygène dissous	8,34	9,36	8,76	6,47	8,96	7,96	7
CE	35,9	36,8	36,30	35,1	36,6	36,02	1000
Turbidité	4,17	6,34	5,51	2,17	4,02	3	5
Transparence	1	1,5	1,2	0,8	1,5	1,1	2
MES	9	18	12,73	10	18	13,45	15
Nitrite	0,002	0,005	0,0032	0,003	0,011	0,004	3
Nitrate	0,8	2,3	1,62	0,3	3,7	2,1	50
Phosphate	0,11	0,22	0,16	0,17	5,62	0,93	50
Ammonium	0	0,03	0,02	0,01	0,08	0,04	0,2
COT	3,6	12,4	10,77	6,1	11,9	8,41	7
IP	21,03	33,45	25,59	6,8	14,29	9,03	
Chlorophylle a	2,97	9,27	5,06	3,27	5,39	4,12	4

*pH : Potentiel d'hydrogène ; CE : Conductivité électrique; MES : Matière en suspension ; COT : Carbone organique total ; IP : Indice de permanganate ;

4.1. Variation des paramètres physiques pH, T°, OD et CE

Répartition spatiale du pH au cours des saisons sèche et pluvieuse

Le pH varie de 6,48 à 8,05 pendant la saison sèche et de 6,13 à 7,21 pendant la saison pluvieuse. Au cours de ces saisons, les faibles pH sont enregistrés dans la partie Ouest du lac Hébé.

Le pH de l'eau présente une évolution quasi-identique d'une saison à l'autre (Figure 2).

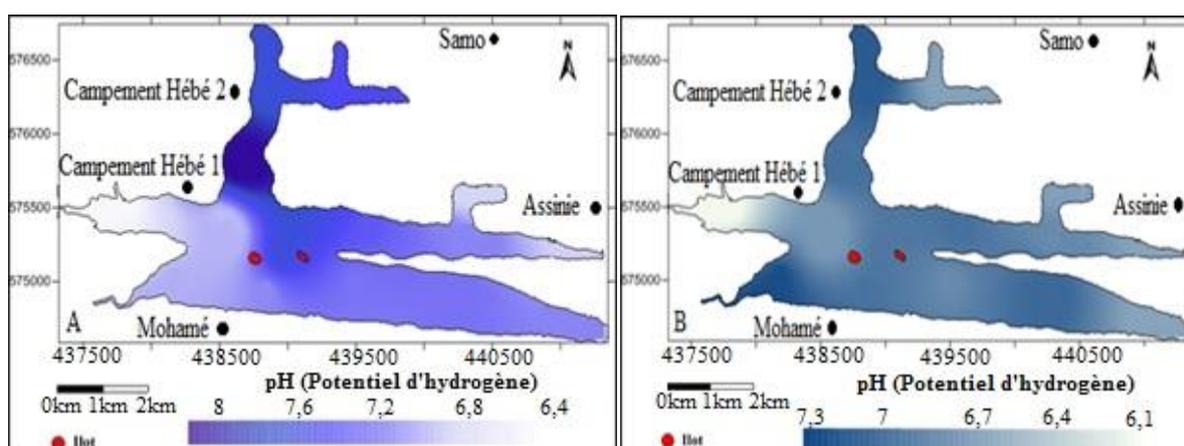


Figure 2 : Répartition spatiale du pH (A : saison sèche ; B : saison pluvieuse)

Répartition spatiale de l'Oxygène dissous pendant les saisons sèche et pluvieuse

Les concentrations en oxygène dissous varient majoritairement de 8,34 à 9,36 mg/L au cours des saisons étudiées. Seul l'Ouest du lac Hébé présente une valeur minimale de 6,47 mg/L pendant la saison pluvieuse (Figure 3).

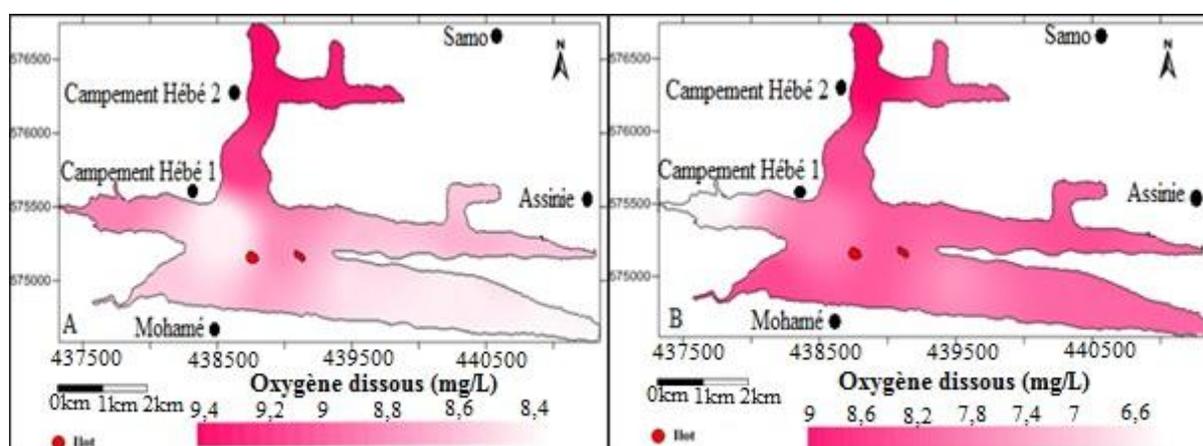


Figure 3 : Répartition spatiale de l'oxygène dissous (A : saison sèche ; B : saison pluvieuse)

Répartition spatiale de la Température au cours des saisons sèche et pluvieuse

La répartition spatiale de la température de l'eau reste homogène et plus élevée pendant la grande saison sèche que la grande saison pluvieuse, avec une moyenne pondérée supérieures à 30°C pour chaque saison. Les plus faibles températures sont observées pour chaque saison dans les zones ayant une couverture végétale assez importantes (Figure 4).

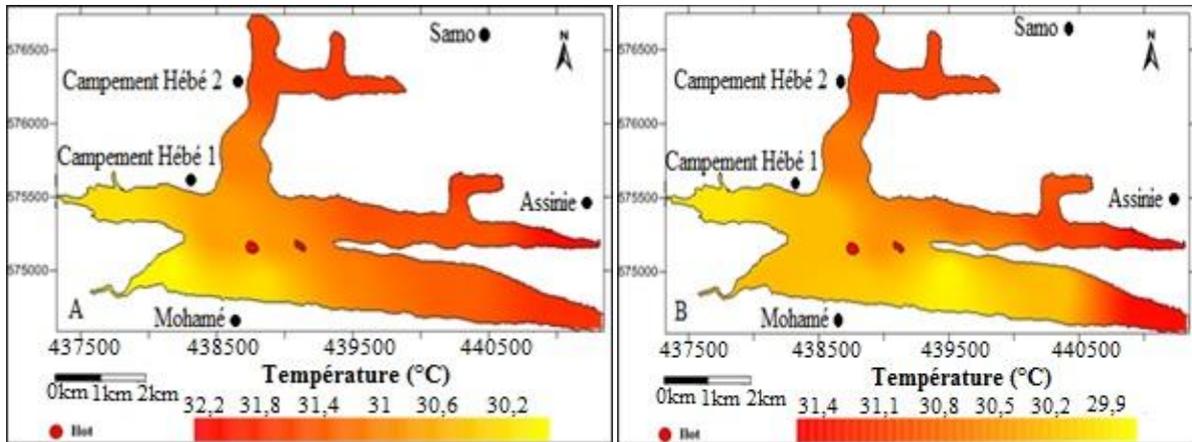


Figure 4 : Répartition spatiale de la température (A : saison sèche ; B : saison pluvieuse)

Répartition spatiale de la Conductivité électrique pendant les saisons sèche et pluvieuse

La conductivité électrique varie très peu dans l'ensemble (35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 36,83 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ces valeurs sont relativement faibles et indiquent que les eaux du lac sont très douces. La variation de la conductivité est sensiblement identique au cours des deux (02) saisons (Figure 5).

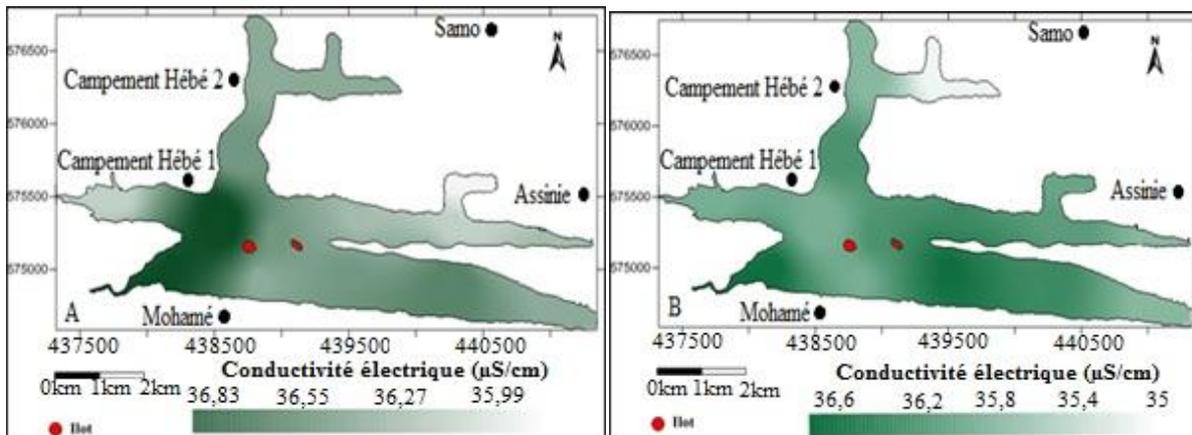


Figure 5 : Répartition spatiale de la Conductivité (A : saison sèche ; B : saison pluvieuse)

4.2. Paramètres chimiques (NO_3^- , PO_4^{2-} , NH_4^+ et Chlorophylle a)

Variation en surface du nitrate sur le lac Hébé

Les teneurs en nitrates pendant la grande saison sèche, varient de 0,6 à 2,4 mg/L. Quant à la saison pluvieuse, elles varient de 0,2 mg/L à 3,7 mg/L avec une moyenne de 2,7 mg/L. La répartition des nitrates n'est pas homogène sur l'ensemble des saisons (Figure 6).

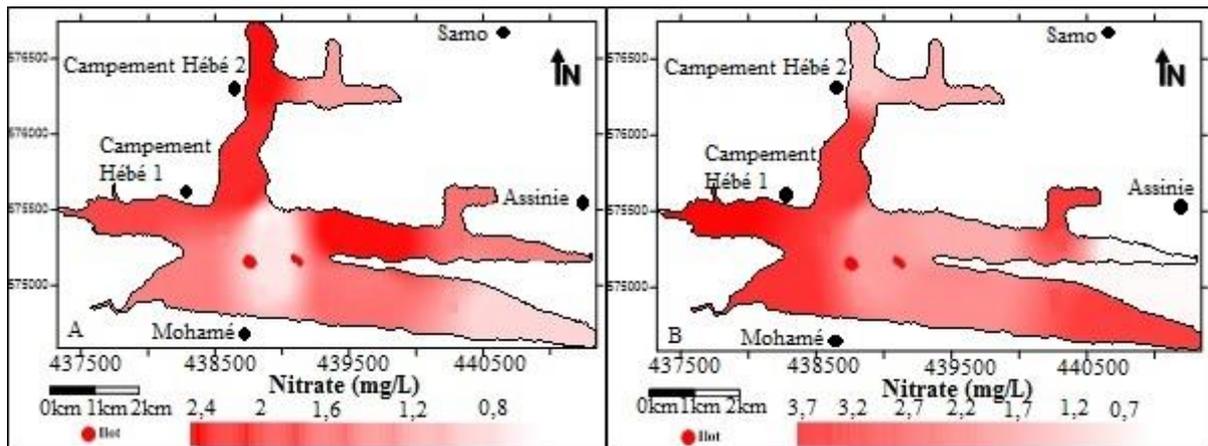


Figure 6 : Variation spatiale du Nitrate (A : Saison sèche ; B : Saison pluvieuse)

Variation en surface de l'ortho-phosphate sur le lac Hébé

L'évolution spatiale de l'ortho-phosphate (PO_4^{2-}) n'est pas homogène sur l'ensemble des saisons (Figure 7). L'ortho-phosphate varie de 0,11 mg/L à 0,22 mg/L au cours de la grande saison sèche et de 0 mg/L à 5,5 mg/L pendant la saison pluvieuse avec une moyenne de 0,93 mg/L.

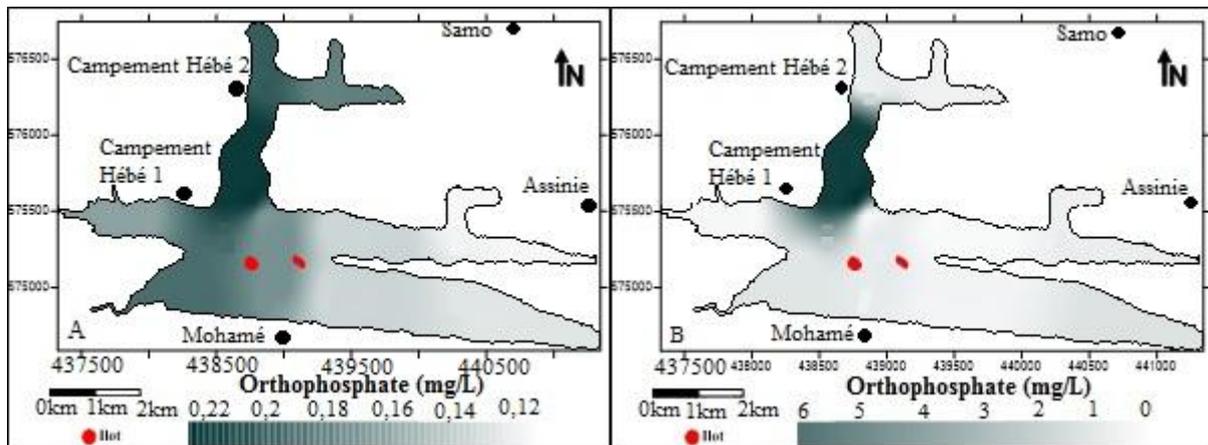


Figure 7 : Variation spatiale de l'Ortho-phosphate (A : Saison sèche ; B : Saison pluvieuse)

Variation en surface de l'ammonium (NH_4^+) sur le lac Hébé

Les teneurs en ammonium pendant la grande saison sèche sont très faibles. Elles varient de 0,001 à 0,034 mg/L. Au cours de la grande saison des pluies, on constate une légère croissance de ces teneurs qui varient de 0 à 0,08 mg/L. L'ammonium est inégalement réparti sur le plan d'eau du lac au cours des deux saisons (Figure 8)

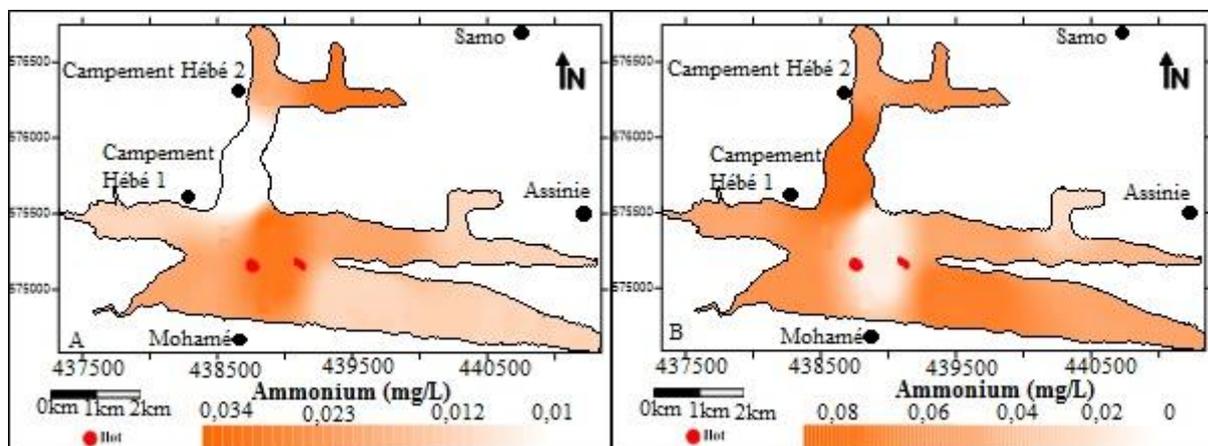


Figure 8 : Variation spatiale de l'Ammonium (A : Saison sèche ; B : Saison pluvieuse)

Variation en surface de la chlorophylle a sur le lac Hébé

Les valeurs de chlorophylle varient de 2,97 µg/L à 9,27 µg/L avec une moyenne de 5,06 µg/L pendant la saison sèche et de 3,27 µg/L à 5,39 µg/L avec une moyenne de 4,12 µg/L pendant la saison pluvieuse. Le Sud-ouest du lac Hébé présente une forte concentration en chlorophylle pendant la saison sèche (Figure 9).

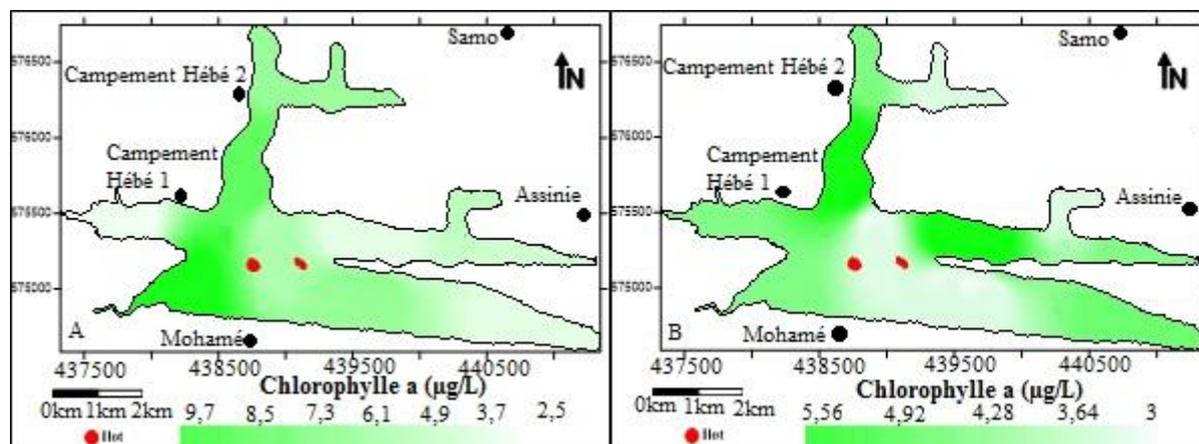


Figure 9 : Variation spatiale de la Chlorophylle a (A : Saison sèche ; B : Saison pluvieuse)

4.3. Synthèse de l'ensemble des indicateurs d'eutrophisation toutes saisons

Le tableau ci-dessous présente les risques d'eutrophisation auxquels serait soumis le lac Hébé

Tableau III : Evaluation du niveau trophique du lac Hébé

	Aucun symptôme d'eutrophisation	Risque d'eutrophisation	Etat d'eutrophisation marquée.
Chlorophylle a			
Oxygènedissous			
Richesse en sels nutritifs			

A partir de cette grille, le niveau d'eutrophisation du lac a été évalué en synthétisant les 3 indicateurs d'eutrophisation décrits dans la méthodologie. Le lac se caractérise par une biomasse chlorophyllienne toutes saisons < 5 µg/L. Aucune sous-saturation en oxygène dissous n'est observée. Si ce lac ne peut pas être classé comme eutrophisé, une attention particulière sera désormais portée au niveau de la pollution en sels nutritifs induite par les activités environnantes. Ces conditions provoqueront l'apparition d'espèces phytoplanctoniques potentiellement toxiques et nuisibles (*Pseudonitzchia* et *Phaeocystis*), de jacinthe et de salade d'eau.

V. DISCUSSION

La température, tout comme le pH, l'oxygène et la conductivité, renseigne sur l'évolution d'un lac. Ainsi, selon Thompson et al. (2001), une température moyenne élevée réduit la capacité de dissolution de l'oxygène dans l'eau et à long terme peut entraîner la mort de certaines espèces de poisson qui ont besoin d'un environnement riche en oxygène. Concernant le lac Hébé, la répartition spatiale de la température de surface reste homogène et plus élevée pendant la grande saison sèche. Cette stabilité thermique est commune à de nombreux lacs et lagunes en zone tropicale (Aka, 2016 ; Kouassi, 2005). Elle présente des valeurs comprises entre 29 et 32°C. Elles sont légèrement supérieures à celles obtenues par Konan et al(2008) sur la lagune de Grand-Lahou. Ces fortes températures au niveau du lac Hébé pourraient s'expliquer par une bonne présence de rayons solaires obtenue grâce à la disparition du couvert forestier suite aux activités agricoles. Ainsi, selon Durand et Guiral(1994), les rayons traversent la faible épaisseur d'eau en laréchauffant de façon homogène.

Le pH de l'eau est légèrement alcalin (6,48 – 8,05) avec une moyenne de 7,37 pendant la saison sèche et quasi neutre (6,13 – 7,21 avec une moyenne de 6,81) en saison pluvieuse. Cette valeur alcaline de pH est sensiblement identique à celle mesuré sur le lac Témacine (7,60) dans la région de Touggourt en Algérie au cours de la même saison (Lahouel, 2010). L'alcalinité de ces eaux pourrait s'expliquer par la nature géologique des terrains constitués essentiellement de sable argileux mais plus encore, elle peut être liée à la qualité des eaux usées et de drainage évacuée dans le lac. Tout en se référant aux normes de l'OMS (2011) qui fixent le pH des eaux de consommation dans l'intervalle 6,5-9,5, les eaux du lac Hébé présentent des pH favorables pour une production en eau potable.

Les concentrations en oxygène dissous de l'eau sont comprises entre 8,3 mg/L et 9,3 mg/L pendant la grande saison sèche (Février) et entre 6 mg/L et 9 mg/L pendant la grande saison pluvieuse (juin). Ces teneurs mesurées suivent le gradient inverse de l'augmentation de la température de la surface de l'eau. L'eau est plus riche en oxygène aux endroits où les températures sont légèrement basses et confirme bien les observations de

Thompson et al. (2001). Dans l'ensemble, le lac présente une bonne oxygénation résultant des facteurs mécaniques (agitation par le vent) qui représentent le principal facteur de brassage des eaux (Millet, 1989). Selon Gaujous(1995), l'origine de l'oxygène dans les milieux naturels est liée certes à l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques mais également de la dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique. Selon l'OMS (2004), une eau ayant un taux en oxygène dissous supérieur à 7 mg/L, est une eau de qualité supérieure. On peut donc dire que l'eau du lac Hébé est de bonne qualité.

La transparence de l'eau qui est liée à la réflexion de la lumière, présente en moyenne une valeur de 1,4 m de profondeur. Cette valeur permet de déduire que le lac est chargé de particules dissoutes. Il en est de même pour la turbidité qui présente de faibles valeurs (5 NTU en moyenne) sur l'ensemble du lac.

Toutefois, ces valeurs confirment l'aspect trouble du lac qui serait dû aux matières dissoutes en suspension qui varient de 9 mg/L (MES min) à 18 mg/L (MES max). Ces teneurs élevées sont également observées sur le lac Méggarine en Algérie (0,6 – 29,33 mg/l) par Lemkeddem et Telli(2014). Selon Rodier (1996), des teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique. Dans l'ensemble, les eaux du lac Hébé sont chargées en matières dissoutes avec une moyenne de 12 mg/L et explique les faibles transparences et turbidités obtenues.

La conductivité électrique moyenne des eaux du lac est inférieure à 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les eaux du lac Hébé sont donc faiblement minéralisées (36 $\mu\text{S}/\text{cm}$) comme la plupart des lacs tropicaux (l'exemple du lac Bakré avec une conductivité comprise entre 58 et 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ces faibles valeurs de conductivité reflètent les caractéristiques géologiques du bassin versant (Clément et Ouimet, 2004) constitué essentiellement de sols sablo-argileux, des cordons littoraux sableux et de sables lessivés des dépressions fluvio-lagunaires. La nature de ces terrains qui ne permettent donc pas une forte minéralisation des eaux du lac.

Les teneurs en ammonium, en nitrites et en nitrates du lac Hébé pendant la grande saison sèche, varient respectivement de 0,001 à 0,034 mg/L, de 0,001 à 0,005 mg/L et de 0,6 à 2,4 mg/L. Au cours de la grande saison des pluies, les concentrations en ammonium varient de 0 à 0,08 mg/L, de nitrite varie de 0,002 à 0,011 mg/L pendant que celles du nitrate évoluent de 0,2 mg/L à 3,7 mg/L. Notons que les teneurs en nitrites et en ammonium ont été pratiquement multipliée par 2, de la grande saison sèche à la grande saison des pluies. Au contraire, les teneurs en nitrates sont relativement similaires pendant les deux saisons. Ce facteur pourrait être lié au phénomène de nitrification qui se déroule dans le lac. En effet, pendant la saison sèche l'ammonium est oxydé en nitrite, c'est la nitrification ou nitrosation, puis en nitrate, c'est la nitratisation. Les teneurs relativement doublées de l'ammonium et des nitrites pendant la grande saison des pluies pourraient s'expliquer par le fait qu'un apport additionnel d'ammonium serait apporté par la pollution. La zone d'étude étant une zone agricole où des engrais chimiques constitués de NPK sont généralement apportés aux sols comme fertilisants.

L'évolution spatiale de l'orthophosphate (PO_4^{2-}) varie de 0,11 mg/L à 0,22 mg/L au cours de la grande saison sèche et de 0 mg/L à 5,5 mg/L pendant la grande saison des pluies. Ces teneurs sont comparables à celles en ammonium des deux saisons et pourraient en conséquence, justifiées la pollution chimique qui serait apportées des champs. Cette pollution induite par les activités agricoles justifie également les valeurs élevées relativement homogènes de COT obtenues au cours de la grande saison sèche (3,6 mg/L à 12,4 mg/L). Au cours de cette saison, les pollutions apportées par les eaux résiduaires et/ou de ruissellements venues des champs, fortement chargées en matière organique, se sont diffusées pratiquement sur toute la superficie du lac. Pendant la grande saison des pluies, les eaux de ruissellement venant du Nord permettent d'obtenir une dilution des eaux depuis la partie Nord.

Il en est de même pour l'indice de permanganate où les fortes concentrations sont obtenues pendant la grande saison sèche. Sur la surface du lac, elle évolue de 20,7 à 34 mg/L. Alors que pendant la grande saison des pluies, les teneurs évoluent de 6,1 à 14,5 mg/L. Ces valeurs confirment la pollution organique indiquée précédemment avec les valeurs plus accentuées à l'Ouest pendant la grande saison sèche et au Sud-est pendant la grande saison des pluies.

En outre, les concentrations en ammonium, en nitrates et nitrites sont très faibles par rapport aux valeurs guides de l'OMS (2004) qui sont respectivement de 0,3 ; 3 et 50 mg/L pour les eaux destinées à la consommation humaine. Malgré ces faibles valeurs, les concentrations élevées de COT et d'indices de permanganate obtenues permettent de confirmer une pollution induite par les pratiques agricoles environnantes.

VI. CONCLUSION

Deux campagnes de terrain réalisées pendant une grande saison sèche et une grande saison des pluies ont permis de réaliser l'évolution saisonnière des paramètres physico-chimiques du lac Hébé. La température et l'oxygène dissous sont élevés tandis que la conductivité, la transparence et la turbidité présentent de faibles valeurs. Les eaux du lac sont relativement basiques et les sels nutritifs mesurés sont faibles sur l'ensemble de la surface du lac. Notons que les systèmes lacustres en milieu anthropisé sont pollués par de nombreuses substances chimiques, généralement présentes en de très faibles quantités et dont un approvisionnement régulier peut contribuer à l'eutrophisation du plan d'eau. Ainsi, nous pouvons conclure que les eaux du lac Hébé sont

relativement chaudes, riches en O₂, très douces, alcalines et présentent un risque d'eutrophisation malgré qu'elles soient au stade oligotrophe.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Adjiri O. A. (2004). Etude diagnostique de la contamination du lac de Buyo (Buyo, Côte d'Ivoire) par les métaux lourds à travers les matrices sédiments et poissons. Mémoire d'Études Approfondies, Université Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 82 p.
- [2]. Aka C.A. (2016). Caractérisation bathymétrique, hydrologique et sédimentologique d'un environnement lacustre du littoral de Cote d'Ivoire : cas du lac M'bakrè. Thèse de doctorat. Univ. Felix Houphouet Boigny, 176p.
- [3]. AFNOR -Association Française de Normalisation - (2001). Qualité de l'eau, éléments majeurs-autre éléments et composés minéraux. Aubenas Ardèche, 6^e Edition. P. 635
- [4]. Baouia O. et Koul A. (2008). Inventaire de la micro et macrofaune aquatique du lac de Témacine. Mémoire. Ing. I.T.A.S.Uni. d'Ouargla. 80p
- [5]. Clément V. et Ouimet G. (2004). -Programme d'évaluation et de surveillance des lacs. Rapport synthèse. Labelle (Québec), 26 p.
- [6]. Coulibaly A. S., Mondé S., Wognin V. A., Aka K. (2009). Analyse des éléments traces métalliques (ETM) dans les baies estuariennes d'Abidjan en Côte d'Ivoire. Afrique Sciences, pp.77-96.
- [7]. Daniel A. et Le Goff R. (2002). - Evaluation de l'état d'eutrophisation des eaux côtières et estuariennes de Basse-Normandie. Rapport d'étude, Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, 78p.
- [8]. Durand, J.R. et Guiral, D. (1994). - Hydroclimat et hydrochimie. In: Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Les milieux lagunaires. ORSTOM, 2, pp. 59-90.
- [9]. Eblin S. G. (2014). - Dégradation des écosystèmes environnementaux dans la région d'Adiaké (Sud-est côtier de la Côte d'Ivoire) et risque de pollution des eaux : apport d'un SIG. Thèse de Doctorat l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 184 p.
- [10]. Gaujous, D. 1995. Pollution des milieux aquatiques (aide-mémoire) 2^{ème} édition, 46 p.
- [11]. Haouchine S. (2011). Recherche sur la qualité faunistique et l'écologie des macro-invertébrés benthiques des cours d'eau de Kabylie. Mémoire, Magister sciences bio, Univ Mouloud Mammerie (Algérie), 157p.
- [12]. Keumean K. N., Bamba S. B., Soro G., Soro N., Métongo B. S. et Biémi J. (2013). - Concentration en métaux lourds des sédiments de l'estuaire du fleuve Comoé. Journal of Applied Biosciences, pp.4530-4539.
- [13]. Konan S., Kouassi A. M., Adingra A. A., Dongui B. K., GNAKRI D. (2008). - Variations Saisonnières des Paramètres Abiotiques des Eaux d'une Lagune Tropicale : La Lagune de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire. European Journal of Scientific Research, 21(3), pp. 376-393.
- [14]. Kouassi A M. (2005). Hydrochimie et qualité des eaux de deux lagunes tropicales de Côte d'Ivoire (Ebrié, Grand-lahou). Thèse de doctorat, Université de Cocody, 147 p.
- [15]. Lahouel A. (2010). Contribution à l'étude de quelques paramètres physico-chimiques du lac Témacine (Touggourt). Mémoire d'ingénieur, Université KasdiMerbah-Ouargla, 61p.
- [16]. Lemkeddem C. et Telli N. (2014). - Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac lala fatma (Méggarine). Mémoire de licence, Université KasdiMerbah - Ouargla, Algérie, 50 p.
- [17]. Ménesguen A. (2001). L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport Ifremer DEL/EC/01.01 – janvier 2001.
- [18]. Millet B. (1986). - Hydrologie et hydrochimie d'un milieu lagunaire tropical : Le lac Togo. Editions ORSTOM, collection études et thèses, Paris, 230 p.
- [19]. OMS. (2004). Directives de la qualité de l'eau de boisson, Vol 1-recommandations. 3^{ème} édition, 110p.
- [20]. Rodier J. (1996). - L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} Edition. Dénod, Paris, 1383p.
- [21]. Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009), L'analyse de l'eau. 9^e édition. Dunod : Paris 1579 p.
- [22]. Thompson J., Babineau L., Chouinard B., Drouin A., Deslandes J. (2001). Suivi des paramètres d'eutrophisation du Lac Laberge. Rapport d'étude, Service de l'environnement Division Qualité de l'eau, Québec, 31p.
- [23]. Touré N., Yao K. A., Alui K. A., Guety T. P. (2010). Evaluation en éléments majeurs et trace métalliques d'un environnement de production agricole dans la vallée du Niéki au Sud-Est de Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 34 : pp. 2134-2144.

Ella ODJOHOU,etal. "Caractérisation physico-chimique des eaux et recherche d'indicateur d'eutrophisation d'un environnement lacustre du cordon littoral ivoirien: Cas du lac Hébé (Sud-est de la Côte d'Ivoire)." *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, Vol. 09(04), 2020, PP 27-35.