

## Dosage par Chromatographie en phase liquide à haute performance avec détecteur UV (HPLC/UV) de la microcystine-LA présente dans trois eaux surfaces en Côte d'Ivoire (Lagune Aghien, Retenue d'eau Adzopé et Seuil d'Agboville)

### [ High-performance liquid chromatography with UV detector (HPLC/UV) of microcystin-LA present in three surface waters in Ivory Coast (Aghien Lagoon, Adzopé water Reservoir and Agboville Seuil) ]

Rosine Djeha Yao<sup>1</sup>, Julien Kalpy Coulibaly<sup>1</sup>, Martin Kouassi Konan<sup>1</sup>, Éric Kouamé Yao<sup>1-2</sup>, Mathias Ahoutou Koffi<sup>1-3</sup>, and Mireille Dosso<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup>Pasteur Institute of Ivory Coast, 01 BP 490 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>University Félix Houphouët-Boigny, 01 BP V34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>University Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Cyanobacteria blooms represent a major global concern due to certain toxin-producing species. These toxins are classified into 3 groups based on the mode of action: neurotoxins, dermatotoxins and hepatotoxins. Microcystins belonging to the group of hepatotoxins are the most studied, the most dangerous and the most encountered in waterways. It is in this context that we proposed to evaluate the microcystin content specifically LA which is as dangerous as the LR analogue. Monthly monitoring from June to September 2021 allowed us to collect water samples from three surface waters in Ivory Coast (Aghien Lagoon, Adzopé Water Reservoir and Agboville Seuil). Microscopic observations made it possible to identify different cyanobacteria, and the determination of microcystin LA (MC-LA) present in the water samples was carried out by HPLC/UV. The results revealed the presence of fifteen (15) genera of cyanobacteria in the three water bodies studied including four (4) potentially producing microcystin. *Oscillatoria sp* was the most represented with a frequency of 100% followed by genera *Aphanocapsa*, *Calothrix*, *Chroococcus*, *Cylindrospermopsis*, *Merismopedia*, *Microcystis*, and *Planktothrix* (66,66%). The genera *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Lyngbya*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*, *Snowella* and *Synechococcus* were the least represented (33,33%). The variant LA was identified on the Aghien lagoon and measured at different concentrations, the maximum and minimum values of which were respectively 3.5 µg/L at station 4 and 0.68 µg/L at station 1.

**KEYWORDS:** Cyanobacteria, Microcystin LA, HPLC/UV, Ivorian Waters.

**RESUME:** Les proliférations de cyanobactéries représentent une préoccupation mondiale majeure en raison de certaines espèces productrices de toxines. Ces toxines sont classées en 3 groupes en fonction du mode d'action: les neurotoxines, les dermatotoxines et les hépatotoxines. Les microcystines appartenant au groupe des hépatotoxines sont les plus étudiées, les plus dangereuses et les plus rencontrées dans les cours d'eau. C'est dans ce cadre que nous nous sommes proposés d'évaluer la teneur en microcystine spécifiquement LA qui est autant dangereuse que l'analogue LR.

Un suivi mensuel de juin à septembre 2021 nous a permis de collecter des échantillons d'eau sur trois cours d'eau en Côte d'Ivoire (Lagune Aghien, Retenue d'eau d'Adzopé et Seuil d'Agboville). Les observations microscopiques ont permis d'identifier différentes cyanobactéries, et le dosage de la microcystine LA (MC-LA) présente dans les échantillons d'eau a été réalisé par HPLC/UV. Les résultats ont révélé la présence de quinze (15) genres de cyanobactéries dans les trois plans d'eau étudiés dont quatre (4) potentiellement producteurs de microcystine. Le genre *Oscillatoria* a été le plus représenté avec une fréquence de 100%, suivi des genres *Aphanocapsa*,

*Calothrix*, *Chroococcus*, *Cylindrospermopsis Merismopedia*, *Microcystis*, et *Planktothrix* (66,66%). Les genres *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Lyngbya*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*, *Snowella* et *Synechococcus* ont été les moins mis en évidence (33,33%).

La variante LA a été identifiée sur la lagune Aghien et dosée à différentes concentrations dont les valeurs maximales et minimales ont été respectivement de 3,5 µg/L à la station 4. et de 0,68 µg/L à la station 1.

**MOTS-CLEFS:** Cyanobactéries, Microcystine LA, HPLC/UV, Eaux Ivoiriennes.

## 1 INTRODUCTION

Depuis une décennie, les changements climatiques, en association avec un apport de plus en plus grand de nutriments lié aux activités humaines, accélèrent l'apparition des proliférations de cyanobactéries dans les plans d'eau du monde entier ([1], [2], [3]). La prolifération de cyanobactéries devient une préoccupation internationale croissante au regard des conséquences écologiques, sanitaires et économiques associées. En effet, ces proliférations peuvent soit impacter la santé des écosystèmes, soit représenter un risque pour la santé humaine et animale à travers la production de toxines ou encore augmenter considérablement les coûts de traitement de l'eau potable pour en éliminer la couleur, les odeurs et les toxines ([4], [5]).

La plus grande inquiétude demeure dans le domaine de la santé publique puisque les toxines produites par certaines cyanobactéries peuvent avoir des effets nocifs sur la santé animale et humaine suite à l'ingestion de l'eau contaminée [6]. Trois principaux groupes de cyanotoxines sont définis selon leurs effets sur la santé humaine: les neurotoxines, les dermatotoxines et les hépatotoxines. Les microcystines sont les hépatotoxines les plus connues et les plus rencontrées dans les cours d'eau du monde entier et leurs toxicités sur divers organismes sont maintenant bien documentées [7]. Les microcystines sont une famille de plus de 250 variants [8] produits principalement par *Microcystis* mais aussi *Planktothrix*, *Dolichospermum* (anciennement *Anabaena*), *Oscillatoria* et *Nostoc* [9].

En Côte d'Ivoire, plusieurs cours d'eau sont utilisés pour la production d'eau potable, notamment la retenue d'eau située sur la rivière Lobo, un affluent de la Sassandra, la retenue d'eau d'Adzopé située dans le bassin versant du Fleuve la Mé et le seuil d'Agboville construit sur le fleuve Agnéby servent respectivement pour les villes de Daloa, d'Adzopé et d'Agboville. Des études réalisées par plusieurs équipes de recherche ont montré la présence des cyanobactéries dans ces cours d'eau ([10], [11], [12]). En outre, les travaux de [13] et de [14] ont montré leur capacité à produire des toxines. Des cas d'efflorescences ont été reportées en Côte d'Ivoire par [13].

L'analyse des cyanobactéries et des toxines constitue un aspect fondamental de tout programme de gestion des plans d'eau touchés par des efflorescences de cyanobactéries qu'il soit destiné aux activités récréatives ou soit à production d'eau pour la consommation. C'est dans ce cadre que cette étude a été initiée afin d'évaluer la teneur en microcystine-LA présente dans des échantillons d'eau prélevés dans trois plans d'eau de Côte d'Ivoire.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 SITES D'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée sur trois cours d'eau.

La lagune Aghien située à environ 5 km au nord de Bingerville dans le bassin versant du fleuve Comoé entre 5°20' et 5°30' latitude Nord et 3°50' et 3°55' longitude couvre une superficie de 19,5 km<sup>2</sup> [15].

La retenue d'eau Adzopé, située dans le bassin versant du fleuve la Mé entre 6°10'52" et 6°12'15" de latitude nord et entre 3°85'65" et 3°86'73" de longitude ouest de superficie de 20,46 km<sup>2</sup> [16]. Elle sert à la production d'eau potable pour la ville d'Adzopé et des localités environnantes (Zodji et Miadzin).

Le seuil d'Agboville construit sur le fleuve Agnéby avec un bassin versant de 4600 Km<sup>2</sup> a pour coordonnées 365454X (4°12'54,39"N) et 656659Y (5°56'37,20"O). Il sert à la production d'eau potable pour les localités d'Agboville, Banguié 1, Ery Makouguié1, et 2, Grand Moutcho, Laoguié.

### 2.2 MODE DE PRÉLÈVEMENT

Des prélèvements mensuels ont été réalisés de juin à septembre 2021. Les échantillons d'eau ont ainsi été collectés à l'aide d'un préleveur intégré selon la technique employée [17] de la surface jusqu'à un mètre de profondeur. Ces échantillons ont été recueillis dans

des flacons en verre stériles de 1 L puis conservés dans une glacière contenant des accumulateurs de froid et acheminés au laboratoire pour analyse.

Un second échantillonnage a été réalisé à l'aide d'un filet à plancton de 20 µm de maille. L'échantillon obtenu a été transvasé dans un tube de collecte de type Falcon de 50 mL puis fixé au formol 5% (V/V) servira à l'identification.

## **2.3 ANALYSE DES ÉCHANTILLONS D'EAU**

### **2.3.1 IDENTIFICATION MICROSCOPIQUE, FILTRATION DES ÉCHANTILLONS**

Les cyanobactéries ont été prélevées à l'aide d'une pipette Pasteur après sédimentation. Elles ont été identifiées selon les clés morphologiques décrites par [18] et [19].

200 mL d'eau prélevées ont été filtrés à travers des membranes en microfibre de verre de type GF/C de 0,45 µm de porosité (Whatman) à l'aide d'un système de filtration sous vide. Les filtres ont été ensuite repliés en deux et placés dans des cryotubes de 2 mL et conservés au congélateur à -20°C jusqu'au dosage de la microcystine.

### **2.3.2 EXTRACTION ET DOSAGE DE LA MICROCYSTINE PAR HPLC**

L'extraction des toxines a été réalisée à partir de la biomasse cyanobactérienne contenue sur les membranes filtrantes préalablement conservés à -20°C. Après décongélation, les filtres ont été mis dans un récipient en verre contenant 4 mL de méthanol (MeOH) 75%. L'échantillon ainsi obtenu a été placé dans un bain à ultrasons pendant 5X15 min avec agitation au vortex toutes les 15 min. Durant la sonication, l'échantillon a été conservé sur la glace afin d'éviter toute augmentation excessive de la température à l'intérieur de l'échantillon qui pourrait dénaturer les protéines dont la MC-LA. A l'issue de cette première extraction, le surnageant (S1) a été conservé à -20°C. Le culot contenant les débris cellulaires et les débris de filtres a été remis en suspension dans 2 mL de MeOH (75%) et soumis au même traitement que précédemment. Les différents surnageants (S1 et S2) ont été centrifugés pendant 15 min à 10000 g. Le surnageant obtenu a été filtré à l'aide d'un filtre seringue de 0,2 µm afin d'éliminer les grosses particules. Enfin, l'extrait ainsi obtenu a été conservé à -20°C jusqu'au à l'analyse.

L'identification et la quantification de la MC-LA ont été réalisées par chromatographie en phase liquide à haute performance (Waters, modèle 2695) avec détection dans l'ultraviolet (UV). Le dosage a été possible grâce à une colonne C18 en phase inverse (Xterra RP18, 30 x 150 nm; 3,5µm). La phase mobile constituée d'eau ultra pure et d'acétonitrile avec 0,05 % d'acide trifluoroacétique (TFA). Le débit d'injection a été de 0,3 mL/min, le temps de rétention de 15 minutes, le volume d'injection de 50 µL sur un mode isocratique et la longueur d'onde fixée 238 nm. Le standard de la MC-LA (n<sup>o</sup>tox) utilisé certifié 1 an, pureté > 99% (Novakit®). Les données ont été intégrées en utilisant le logiciel Breeze 2.

## **3 RESULTATS**

### **3.1 COMPOSITION DE LA COMMUNAUTÉ CYANOBACTÉRIENNE PRÉSENTE SUR LES DIFFÉRENTS SITES**

Sur un total de 63 échantillons d'eau prélevés et analysés, 15 genres de cyanobactéries ont été identifiés: *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanocapsa*, *Calothrix*, *Chroococcus*, *Cylindrospermopsis*, *Lyngbya*, *Merismopedia*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena*, *Snowella*, et *synchococcus* (Tableau 1).

**Tableau 1. Genres de cyanobactéries observées au cours de cette étude**

Cyanobactéries observées	Lagune Aghien	Retenue d'Agboville	Seuil d'Adzopé
<i>Anabaena sp</i>	Présence	Absence	Absence
<i>Anabaenopsis sp</i>	Présence	Absence	Absence
<i>Aphanocapsa sp</i>	Présence	Absence	Présence
<i>Calothrix sp</i>	Présence	Présence	Absence
<i>Chroococcus sp</i>	Présence	Présence	Absence
<i>Cylindrospermopsis sp</i>	Présence	Présence	Absence
<i>Lyngbya sp</i>	Présence	Absence	Absence
<i>Merismopedia sp</i>	Présence	Présence	Absence
<i>Microcystis sp</i>	Présence	Présence	Absence
<i>Oscillatoria sp</i>	Présence	Présence	Présence
<i>Phormidium sp</i>	Présence	Absence	Absence
<i>Planktothrix sp</i>	Présence	Présence	Absence
<i>Pseudoanabaena sp</i>	Présence	Absence	Absence
<i>Snowella sp</i>	Présence	Absence	Absence
<i>Synechococcus sp</i>	Présence	Absence	Absence

Le genre *Oscillatoria* a été le plus représenté avec une fréquence de 100%, suivi des genres *Aphanocapsa*, *Calothrix*, *Chroococcus*, *Cylindrospermopsis*, *Merismopedia*, *Microcystis*, et *Planktothrix* (66,66%). Les genres *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Lyngbya*, *Phormidium*, *Pseudoanabaena*, *Snowella* et *Synechococcus* ont été les moins mis en évidence (33,33%).

Les genres potentiellement producteurs de toxines rencontrés sont essentiellement *Anabaenopsis*, *cylindrospermopsis*, *Oscillatoria*, *Planktotrix*, *Pseudoanabaena*, *Microcystis* sur le site d'Aghien. Sur le site d'Adzopé, les genres *cylindrospermopsis*, *Microcystis*, *oscillatoria* et *Planktotrix* ont identifié. Tandis que sur le site d'Agboville seul le genre *Oscillatoria* potentiellement toxique a été identifié au microscope.

Sur les genres rencontrés producteurs de toxines, 4 sont potentiellement productrices de microcystine à savoir *Anabaenopsis*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *planktothrix* ont été observés.

### 3.2 IDENTIFICATION ET DOSAGE DE LA MICROCYSTINE DANS LES ÉCHANTILLONS D'EAU

L'utilisation de l'HPLC avec détecteur UV a permis de détecter la microcystine LA, le dosage des 63 échantillons a été soumis aux mêmes conditions chromatographiques que le standard de la microcystine LA. En se basant sur le chromatogramme de microcystine LA obtenu dans les mêmes conditions, seuls les chromatogrammes des échantillons de la station 1 du mois de juin, le bloom de la station 1 du mois de juillet et le bloom de la station 4 de septembre correspondent à la microcystine LA. Cette identification est basée sur la longueur d'onde et le temps de rétention qui sont parfaitement identique à celui de la microcystine standard LA. Ce résultat nous confirme aussi dès lors la présence effective de microcystines.

La microcystine LA a été identifiée sur la lagune Aghien et dosée à différentes concentrations dont 0,68 µg/L à la station 1 (juin), 1,2 µg/L dans le bloom à la station 1 (juillet) et enfin 3,5 µg/L dans le bloom de la station 4 (septembre) par ailleurs située à proximité d'un village. Ce qui nous laisse penser d'une part que la microcystine LA est peu répandue (3 échantillons sur 63 soit 4,7% par rapport à d'autres types de microcystines mais d'autre part qu'elle apparait très concentrée notamment dans les blooms (efflorescences cyanobactériennes).

## 4 DISCUSSION

Cette étude réalisée sur les trois plans d'eau de juin à septembre 2021 a révélé la présence de 15 genres de cyanobactéries.

Des proportions similaires ont déjà été rapportées dans des travaux récents réalisés en Afrique notamment en Côte d'Ivoire ([20], [21], [22], [14]) et en Ouganda [23]. Toutefois, ces résultats diffèrent de ceux de [24] au Sénégal qui a mis en évidence 8 genres pendant la saison sèche lors de la déconnexion du lac Guiers avec ses affluents. Selon [25] cette différence pourrait être liée aux méthodes utilisées et aux caractéristiques propres à chaque milieu de récolte, mais surtout aux périodes de prélèvement

Parmi les genres de cyanobactéries identifiées, nous notons la présence de genres *Microcystis Oscillatoria*, *Anabaenopsis*, *Planktothrix*, potentiellement producteurs de la microcystine. La présence de ces genres attire donc notre attention quant à une susceptible présence de microcystine dans les plans d'eau visités. Certes, différents genres de cyanobactéries producteurs de toxines ou non producteurs peuvent coexister mais il est impossible d'affirmer leur nature sur la base d'observations microscopiques [26]. L'utilisation de l'HPLC avec détecteur UV a permis de détecter la microcystine LA. Ce résultat nous confirme aussi dès lors la présence effective de microcystines. La variante LA a été identifiée sur la lagune Aghien et dosée à différentes concentrations. Ce variant était peu répandu car présent seulement dans 3 échantillons sur 63 soit 4,7 % mais apparaît très concentré notamment dans les blooms (efflorescences cyanobactériennes). En effet, la concentration la plus élevée soit 3,5 µg/L de microcystine- LA a été dosée dans le bloom du mois de septembre. Ces résultats corroborent ceux de ([27], [28]) qui ont trouvés des concentrations élevées de MC-LA dans des efflorescences dans des lacs d'Ontario et du Québec. Le variant MC-LA a été également détecté par [29] dans des coquillages causant la mort de loutres de mer. Ces coquillages provenaient d'une prolifération cyanobactérienne venant d'un lac en amont de la baie de Monterey en Californie. La forte concentration de la MC-LA observée dans le bloom pendant cette étude pourrait s'expliquer par les activités anthropiques effectuées autour de la lagune. En effet, les populations locales font directement la vaisselle, la lessive, et leurs bains dans ces eaux ce qui favoriseraient la prolifération des cyanobactéries par le rejet de nutriments ([30], [31]).

Des études ont montrées que La MC-LA présenterait une DL50 chez les mammifères similaires à celle du MC-LR et serait plus persistant que la MC-LR ([29], [32]).

Il a été constaté durant cette étude que dans les échantillons d'Adzopé, d'Agboville et certaines stations de la lagune Aghien, aucune microcystine- LA n'a été détectée. Cela ne signifie pas pour autant qu'elle y est absente, cette microcystine peut exister mais se trouve en quantité insuffisante par rapport au seuil de détection de l'HPLC.

## 5 CONCLUSION

Cette étude a été essentiellement portée sur les hépatotoxines de type microcystine car ce sont les plus courantes et les plus toxiques. Elle a révélé la présence de genre producteurs de microcystines dans la lagune Aghien. Il en ressort également la présence du variant LA dans les eaux ivoiriennes. Par conséquent, il faudrait qu'une ligne directrice soit élaborée pour ce variant car il semblerait qu'il puisse se déposer et persister dans les sédiments constituant ainsi un risque potentiel permanent pour les approvisionnements en eau potable.

## REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier le Ministère des Eaux et Forêts, la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI), les Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan et Jean Lorougnon Guédé de Daloa.

## REFERENCES

- [1] Bartosiewicz M, Przytuliska A, Lapierre J-F, Laurion I, Lehmann M F et Maranger R, « Hot tops, cold bottoms: Synergistic climate warming and shielding effects increase carbon burial in lakes ». *Limnology and Oceanography Letters*, vol 4, p. 132–144, 2019.
- [2] Sivarajah B, Simmatis B, Favot E J, Palmer M J et Smol J P, « Eutrophication and climatic changes lead to unprecedented cyanobacterial blooms in a Canadian sub-Arctic landscape ». *Harmful Algae*, vol 106, 2021.
- [3] Bonilla S, Aguilera A, Aubriot L, Huszar V, Almanza V, Haakonsson S, Izaguirre I., O'Farrell I, Salazar A, Becker V, Cremella B et Antoniadis D, « Nutrients and not temperature are the key drivers for cyanobacterial biomass in the Americas ». *Harmful Algae*, vol 121, 2023.
- [4] Dodds W. K, Bouska W.W, Eitzmann J L, Pilger T.L, Kristen L, Pitts A J, Joshua T. S et Thornbrugh D.J, « Eutrophication of U.S. Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages ». *Environnemental Sciences. Technology*, vol 43 (1), p. 12-19, 2009.
- [5] Coudert L, Rolland D, Blais J-F, Laurion I et Mercie G, État de l'art en matière d'analyse des cyanobactéries et des cyanotoxines. Programme de recherche en partenariat sur les cyanobactéries Revues de littérature sur des sujets spécifiques, Canada, 2014.
- [6] Bownik A, « Harmful algae: effects of alkaloid cyanotoxins on animal and human health ». *Toxin Revue*, vol 29 p. 99–114, 2010.
- [7] Wilson A E, Sarnelle O et Tillmanns A R, « Effects of cyanobacterial toxicity and morphology on the population growth of freshwater zooplankton: Meta-analyses of laboratory experiments ». *Limnology and Oceanography*, vol 51, p.1915-1924, 2006.
- [8] Bouaïcha N, Miles CO, Beach DG, Labidi Z, Djabri A, Benayache NY et Nguyen Quang T, « Structural diversity, characterization and toxicology of microcystins ». *Toxins*, vol 11 (12), p. 714- 754, 2019.
- [9] Chorus I et Welker M, Toxic cyanobacteria in water. Second edition. CRC Press, Boca Raton (FL), on behalf of the World Health Organization, Geneva, 859 p, 2021.
- [10] Adon M P, Ouattara A et Gourène G, Seasonal « Variation in the diversity and abundance of phytoplankton in a small African tropical reservoir ». *African Journal of Microbiology Research*, vol 5, p.2616 – 2626, 2011.

- [11] Adon M P, Ouattara A. et Gourène G, « Phytoplankton composition of a shallow African tropical reservoir (Adzopé, Côte d'Ivoire) ». *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*, vol 1, p.1189 – 1204, 2012.
- [12] Coulibaly KJ, Grogga N., Soumahoro MK, Koudougou M, Ebrottié-Brou JE, Kouassi-Haoulley MT, Ouattara A, Faye-Ketté H et Dosso M, « Essai préliminaire de mise en œuvre de culture de cyanobactérie en Côte d'Ivoire ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 8, p. 551 – 565, 2014.
- [13] Coulibaly KJ, Coulibaly ND, Grogga N, Niamien- Ebrottié JE, Koffi KS, Koudougou M, Amon L, Ouattara A, Ehuié P, Sylla A, Cissé B et Dosso M, « Detection of potentially toxic Microcystis and cyanobacteria by molecular method in Côte d'Ivoire ». *The Experiment*, vol 26, p. 1775 – 1787, 2014.
- [14] Yao EK., Mathias KA, Mark O, Sahima H, Emile L, Benjamin M, Cécile B, Rosine YD, Catherine Q, Jean François H et JK Coulibaly, « Assessment of cyanotoxins in water and fish in an African freshwater lagoon (Lagoon Aghien, Ivory Coast) and the application of WHO guidelines ». *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29025-3>, 2023.
- [15] Koffi KJP, N'go YA, Yeo KM, Koné D et Savané I, « Détermination des périmètres de protection de la lagune Aghien par le calcul du temps de transfert de l'eau jusqu'à la lagune ». *Larhyss Journal*, vol 19, p. 19 – 23, 2014.
- [16] Adon MP, Ouattara A et Gourene G, « Variability of phytoplankton community in a shallow tropical reservoir (Adzopé, Côte d'Ivoire) ». *Asian academic research journal of multidisciplinary*, vol 1 (20), p. 2319 – 2801, 2014.
- [17] Laplace-Treyture C et Feret T, « Performance of the Phytoplankton Index for Lakes (IPLAC): A multimetric phytoplankton index to assess the ecological status of water bodies in France ». *Ecological Indicators*, vol 69, p.686–698, 2016.
- [18] John DM, Whitton BA et Brook AJ, *The Freshwater algal flora of the British Isles, an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press, Cambridge, USA, p.702, 2003.
- [19] Komárek J et Anagnostidis K, *Cyanoprokaryota 2, Oscillatoriales (2nd Part)* Büdel B., Krienitz L., Gärtner G., Schagerl M (Eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*. Elsevier/Spektrum, Heidelberg, p.759, 2005.
- [20] Coulibaly KJ, Soumahoro MK, Niamien-Ebrottié JE, Yéo K, Amon L, Djaman AJ et Dosso M, « Déterminisme de la prolifération des cyanobactéries toxiques en Côte d'Ivoire ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 11, p. 266 – 279, 2017.
- [21] Niamien-Ebrottié JE, Mousso HG, Coulibaly KJ, Ouattara A, Gourène G et Dosso M, « Spatial and seasonal dynamic of phytoplankton abundance in Aghien lagoon, Côte d'Ivoire ». *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol 20, p. 1198-1209, 2017.
- [22] Yao DAR, *Etude des cyanobactéries de la lagune Aghien et de leur potentialité à produire des métabolites secondaires*. Thèse de l'Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire, p, 192, 2020.
- [23] Olokotum M, Humbert JF, Quiblier C, Okello W, Semyalo R et Troussellier M, « Toxins in Lake Victoria embayments and during water treatment ». *Toxins*, vol 14, p. 664- 697, 2022.
- [24] Berger C, *Cyanobactéries du bas Delta du fleuve Sénégal: Diversité, toxicité, toxines et risques associés*. Thèse du Muséum National d'Histoire Naturelle. Ecole Doctorale des Sciences de la Nature et de l'Homme, Paris, p.204, 2005.
- [25] Ouattara A, *Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire)*. Thèse de Doctorat de l'Université Catholique de Leuven, Belgique, p. 200, 2000.
- [26] Rouhiainen L, Vakkilainen T, Siemer BL, Buikema W, Haselkorn R et Sivonen K, « Genes coding for hepatotoxic heptapeptides (microcystins) in the cyanobacterium *Anabaena* strain 90 ». *Applied Environmental Microbiology*, vol 70, p. 686-692, 2004.
- [27] Fortin N, Aranda-Rodriguez R, Jing H, Pick F, Bird D et Greer CW, « Detection of microcystin-producing cyanobacteria in Missisquoi Bay, Quebec, Canada, using quantitative PCR ». *Applied Environmental Microbiology*, vol 76 (15), p. 5105-5112, 2010.
- [28] Monchamp ME, Pick FR, Beisner BE et Maranger R, « Nitrogen forms influence microcystin concentration and composition via changes in cyanobacterial community structure ». *PLoS One*, vol 9 (1): e85573, 2014.
- [29] Miller MA, Kudela RM, Mekebri A, Crane D, Oates SC, Tinker MT, Staedler M, Miller WA, Toy-Choutka S, Dominik C, Hardin D, Langlois G, Murray M, Ward K, Jessup DA, « Evidence for a Novel Marine Harmful Algal Bloom: Cyanotoxin (Microcystin) 691 Transfer from Land to Sea Otters ». *PLoS One*, vol 5 (9): e12576, 2010.
- [30] Atanle K, Moctar L, Bawa MK., Kokou K et Gbandi DB, « La caractérisation physicochimique et diversité phytoplanctonique des eaux du lac de Zowla (Lac Boko), au Togo ». *Journal of Applied Biosciences*, vol 64, p. 4847- 4857, 2012.
- [31] Konan SK, Kouakou BK, Ohou MJ, Konan FK et Dongui KB, « Variation saisonnière des paramètres abiotiques de la lagune Aghien (Côte d'Ivoire) ». *Journal Applied Biosciences*, vol 120, p.: 12042 – 12052, 2017.
- [32] Zastepa A, Pick FR, Blais JM, « Fate and persistence of particulate and dissolved microcystin-LA from *Microcystis* blooms ». *International Journal Human. Ecological Risk Assessment* vol 20 p. 1670–1686, 2014.