

Distribution Spatio-Temporelle du Phytoplancton du Système Lagunaire Adjin-Potou (Côte D'Ivoire)

Kandana Marthe Yéo, (CR)

Centre de Recherche en Ecologie, Université NANGUI ABROGOUA, 08
BP 109 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

Kouadio Aya Nelly Berthe, (A)

Laboratoire de Géosciences et Environnement, Université NANGUI
ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Estelle Sévérine Konan, (CR)

Centre de Recherche Océanologique, BP V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire

Koffi Komoé, (MC)

Département de botanique, Université Félix Houphouët Boigny-Abidjan,
U.F.R. Biosciences, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Droh Lanciné Goné, (PT)

Laboratoire de Géosciences et Environnement, Université NANGUI
ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Doi: [10.19044/esipreprint.9.2023.p281](https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2023.p281)

Approved: 11 September 2023

Posted: 13 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Yéo K.M., Berthe K.A.N., Konan E.S., Komoé K. & Goné D.L. (2023). *Distribution Spatio-Temporelle du Phytoplancton du Système Lagunaire Adjin-Potou (Côte D'Ivoire)*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2023.p281>

Résumé

Le bassin versant du système lagunaire périurbain Adjin-Potou connaît ces dernières années une forte anthropisation susceptible de compromettre les usages et fonctions biologiques de cet hydrosystème. Afin de gérer durablement ces ressources en eau, une évaluation de la biodiversité algale a été effectuée. Les prélèvements phytoplanctoniques se sont déroulés, en janvier, juin, août et novembre de l'année 2013. Neuf sites d'échantillonnage ont été retenus à cet effet. Les sels nutritifs (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ et PO_4^{3-} et les paramètres physico-chimiques classiques (pH, température, salinité et la turbidité) ont été également mesurés. Les résultats montrent que les sels nutritifs présentent de faibles concentrations. Les

nitrate qui sont les plus représentés dans le milieu ont des concentrations moyennes mensuelles qui varient de $0,76 \pm 0,045 \text{ mg.L}^{-1}$ à $4,92 \pm 2,09 \text{ mg.L}^{-1}$ durant la période de l'étude. Les concentrations les plus élevées en éléments nutritifs ont été obtenues en lagune Potou. L'inventaire du phytoplancton a permis de dénombrer 80 taxons dont 21 sont communs aux trois plans d'eau, 36 sont spécifiques à la lagune Adjin, 8 à Potou, et 3 à la rivière Mé. Le phytoplancton de la lagune Adjin apparaît donc le plus diversifié. Cette lagune enregistre également les densités algales les plus élevées, surtout à la station 6 ($297\,927 \times 10^3 \text{ cellules.L}^{-1}$) où la pisciculture est pratiquée. Les densités maximales dans les lagunes Adjin et Potou, ont été obtenues, respectivement dans les mois de juin et août et les Cyanobactéries dominent les peuplements de ces eaux.

Mots-clés: Lagune Adjin-Potou, Sels nutritifs, Phytoplancton, Densité, Côte d'Ivoire

Spatio-Temporal Distribution of Phytoplankton in the Adjin-Potou Lagoon System (Côte D'Ivoire)

Kandana Marthe Yéo, (CR)

Centre de Recherche en Ecologie, Université NANGUI ABROGOUA, 08
BP 109 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

Kouadio Aya Nelly Berthe, (A)

Laboratoire de Géosciences et Environnement, Université NANGUI
ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Estelle Sévérine Konan, (CR)

Centre de Recherche Océanologique, BP V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire

Koffi Komoé, (MC)

Département de botanique, Université Félix Houphouët Boigny-Abidjan,
U.F.R. Biosciences, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Droh Lanciné Goné, (PT)

Laboratoire de Géosciences et Environnement, Université NANGUI
ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Abstract

In recent years, the watershed of the Adjin-Potou peri-urban lagoon system has undergone significant anthropization, which is likely to compromise the uses and biological functions of this hydrosystem. In order to manage these water resources sustainably, an assessment of algal biodiversity was carried out. Phytoplankton sampling took place in January, June, August and November 2013. Nine sampling sites were selected.

Nutrient salts (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ and PO_4^{3-}) and classic physico-chemical parameters (pH, temperature, salinity and turbidity) were also measured. The results show low concentrations of nutrient salts. Nitrates, which are the most represented in the environment, have monthly mean concentrations ranging from $0.76 \pm 0.045 \text{ mg.L}^{-1}$ to $4.92 \pm 2.09 \text{ mg.L}^{-1}$ over the study period. The highest nutrient concentrations were obtained in Potou lagoon. The phytoplankton inventory revealed 80 taxa, 21 of which were common to all three water bodies, 36 specific to Adjin lagoon, 8 to Potou, and 3 to the Mé river. Phytoplankton in Adjin lagoon therefore appear to be the most diverse. This lagoon also records the highest algal densities, especially at station 6 ($297,927 \times 10^3 \text{ cells.L}^{-1}$) where fish farming is practiced. Maximum densities in Adjin and Potou lagoons were obtained in June and August respectively, and Cyanobacteria dominate the populations of phytoplankton.

Keywords: Adjin-Potou lagoon, nutrient salts, phytoplankton, density, Côte d'Ivoire

Introduction

La ville d'Abidjan et ses environs (Anyama, Bingerville, Songon) sont alimentés en eau potable à partir des prélèvements d'eau effectués dans la nappe du Continental Terminal, appelé communément « nappe d'Abidjan » (Kouamé *et al.*, 2013).

Le bilan d'utilisation de cette nappe indique qu'elle a presque atteint sa limite d'exploitation. En effet, la production actuelle des 08 unités de traitement d'eau potable de la ville d'Abidjan, sans compter les prélèvements d'eau par des forages privés, se situe autour de 120 millions de m^3 par an, tandis que le volume maximal de prélèvement envisageable sans danger pour la nappe, est de 130 millions de m^3 (Soro *et al.*, 2010).

Les besoins actuels en eau potable de la ville sont évalués à 170 millions de m^3/an et ceux-ci ne cessent de croître. La satisfaction des besoins actuels et de ceux à venir du district d'Abidjan ne peut plus se faire avec la seule nappe du Continental Terminal qui, comme indiqué ci-dessus est presque à sa capacité maximale d'exploitation. Il s'avère donc nécessaire de recourir à d'autres ressources en eau mobilisables.

Pour ce faire, des ressources en eau dont l'exploitation pourrait permettre de faire face aux besoins en eau du District d'Abidjan ont été identifiées. Parmi celles-ci, figure la lagune Adjin qui est une lagune d'eau douce située à l'Est d'Abidjan. Cependant, avant d'envisager l'exploitation de cette ressource, il est nécessaire de s'assurer des potentialités réelles de la lagune Adjin. L'utilisation efficiente de ce plan d'eau comme eau de boisson nous impose d'en connaître son fonctionnement qui passe par l'évaluation de

sa qualité écologique (Fishar et Williams, 2008) ainsi que celle de la lagune Potou avec laquelle elle communique par un chenal.

Sachant que l'eutrophisation est un phénomène complexe susceptible de se développer dans les eaux de surface et caractérisé par un développement anormal de certains types d'algues, perturbant l'écosystème aquatique et pouvant présenter des risques pour la santé animale et humaine, un suivi régulier s'avère nécessaire en vue de garantir une gestion efficace et durable de leurs ressources.

Nos travaux se sont particulièrement orientés vers une étude comparative des communautés phytoplanctoniques dans les deux lagunes.

Matériel et méthodes

Situation géographique de la zone d'étude et choix des stations de prélèvement

Le système lagunaire Adjine-Potou constitue le secteur I de la lagune Ébrié avec une superficie de 43 km². Cet hydrosystème est situé entre 5°18' et 5°30' de latitude Nord et, entre 3°45' et 3°70' de longitude Ouest. Ces deux lagunes communiquent entre elles par un canal naturel et par l'exutoire de la rivière Mé. La lagune Adjine a une superficie de 20,2 km² et la lagune Potou, une superficie de 22,8 km², avec des bassins versant respectifs de 72 km² et 135 km². Les rives lagunaires sont bordées de végétaux. La lagune Adjine a ses rives occupées par des plantations de palmier à huile, d'hévéa, les forêts de la Djibi et d'Akandjé. Ses profondeurs varient de 1 à 14 m et peuvent atteindre 20 m à l'exutoire de la Mé. La rive nord de la lagune Potou est occupée par la forêt de N'guéchié. En lagune Potou, les profondeurs varient de 0,5 à 8 m (N'Guessan, 2008 ; Yéo, 2015).

Neuf sites ont été retenus pour la caractérisation biotique des eaux des lagunes Adjine et Potou (figure 1). Spécifiquement, il y a des sites d'échantillonnage aux embouchures des principaux affluents, à savoir: la Mé (station 3), la Bété (station 8) et la Djibi (station 9).

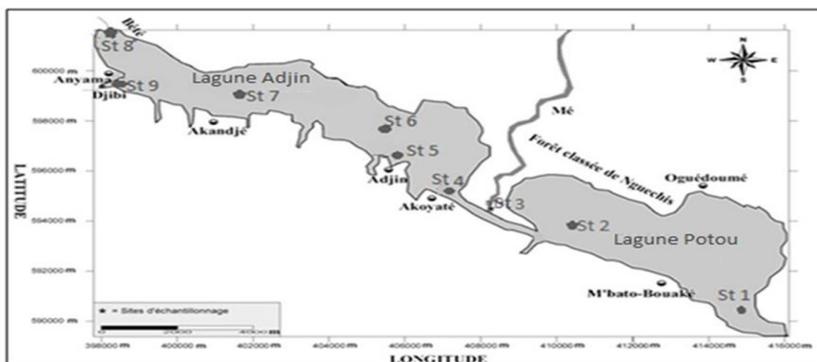


Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage dans le système lagunaire Adjine-Potou

Echantillonnage et analyse des paramètres physico-chimiques et des micro-algues

Des récoltes destinées à l'étude des peuplements de la microflore algale ont été effectuées, en janvier, juin, août et novembre de l'année 2013, correspondant respectivement à la grande saison sèche, la grande saison des pluies, la petite saison des pluies et à la petite saison sèche.

Le prélèvement des algues planctoniques s'est opéré à l'aide d'une bouteille de Niskin, à 1 m en dessous de la surface air-eau. La flore algale de 5 L d'eau a été concentrée sur place par filtration à l'aide d'un entonnoir. Les échantillons prélevés à chaque station sont recueillis dans des piluliers de 100 mL, puis fixés avec du formol à 5 % pour les analyses au laboratoire. L'observation des taxons phytoplanctoniques a été effectuée sous microscope ordinaire muni d'une chambre claire. Les observations sont faites d'abord à l'objectif 10x pour une vue d'ensemble, puis à l'objectif 40x pour plus de détails. Les différentes formes algales ont été mesurées à l'aide d'un micromètre-objet puis photographiées grâce à un appareil photo numérique.

Pour les Diatomées, une préparation spéciale visant à détruire la matière organique dans le but de conserver la coque siliceuse a été réalisée selon Leclercq et Maquet, 1987.

L'identification des taxons a été réalisée à partir de combinaison de travaux de plusieurs auteurs dont ceux de Bourrelly (1981, 1985 et 1988), Couté et Iltis (1985), Da (1992, 2007), Zongo (1994), Ouattara (2000), Komoé (2010) et Konan (2014). Le dénombrement phytoplanctonique a été effectué selon la méthodologie de Uehlinger décrite par Lazzaro (1981).

La température, le pH, la salinité et la turbidité ont été mesurés avec un multiparamètre de marque HANNA HI 9828. Les sels nutritifs ont été dosés selon les normes françaises NF T 90 013, NF T 90 012, NF T 90 015 et NF T 90-110, respectivement pour les nitrites, les nitrates, l'ammonium et les orthophosphates. Pour la réalisation de l'analyse univariée, le logiciel STATISTICA 7.1 a été utilisé pour comparer les moyennes de ces paramètres physico-chimiques.

Résultats

Composition qualitative du phytoplancton du système lagunaire Adjin-Potou

La composition taxonomique de la flore algale du système lagunaire Adjin-Potou et de la rivière Mé, comprend au total 80 taxons appartenant à six (6) embranchements : Cyanoprocaryota (13 taxons), Chlorophyta (36 taxons), Bacillariophyta ou Diatomées (16 taxons), Euglenophyta (12

taxons), Dinophyta (2 taxons) et Haptophyta (1 taxon). Parmi ces taxons, 21 sont communs aux trois plans d'eau (lagunes Adjin, Potou et rivière Mé). Trente-cinq (35) taxons inventoriés, ont été récoltés dans les eaux de la lagune Potou dont 8 lui sont spécifiques, contre 67 en lagune Adjin dont 36 lui sont spécifiques. La rivière Mé a enregistré 35 taxons dont 3 lui sont spécifiques (Tableau 1).

Tableau 1. Liste des taxons algaux répertoriés par station dans le système lagunaire Adjin-Potou. St = Station (St 1 et 2 = lagune Potou; St 3 = rivière Mé; St 4 à 9 = lagune Adjin). Symboles + = présent ; - = non identifié

| Phytoplankton | St 1 | St 2 | St 3 | St 4 | St 5 | St 6 | St 7 | St 8 | St 9 |
|---------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Cyanobacteria | | | | | | | | | |
| <i>Anabaena affinis</i> Lemmerman | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Anabaena</i> sp. | + | - | - | - | + | + | - | - | + |
| <i>A. spiroides</i> kleb | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli | + | - | - | + | + | + | + | + | - |
| <i>Merismopedia elegans</i> Braun | - | - | - | - | - | - | + | + | + |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>M. flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>M. incerta</i> (Lemmerman) Lemmerman | + | - | + | + | + | + | + | - | - |
| <i>Microcystis novacekii</i> (Komárek) Compère | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher | - | - | - | - | + | + | + | + | + |
| <i>Oscillatoria</i> sp.1 | + | + | + | - | - | + | + | - | + |
| <i>Oscillatoria</i> sp.2 | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| <i>Oscillatorias</i> p.3 | - | - | - | - | - | - | + | + | - |
| Dinophyta | | | | | | | | | |
| <i>Dinophysis</i> sp. | - | - | + | - | - | - | + | + | + |
| <i>Protoperdinium</i> sp. | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Chlorophyta | | | | | | | | | |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim | + | + | - | + | - | + | - | + | + |
| <i>Ankistrodesmus bibraianus</i> (Reinsch) Korshikov | + | - | - | - | + | + | - | - | + |
| <i>A. falcatus</i> (Corda) Ralfs | - | - | - | - | + | + | + | + | + |
| <i>A. fusiformis</i> Corda | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| <i>A. gracilis</i> (Reinsch) Korshikov | - | - | - | - | - | - | - | - | + |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Ankistrodesmus</i> sp.1 | - | - | - | + | - | + | - | + | - |
| <i>Ankistrodesmus</i> sp.2 | - | - | - | - | - | + | - | + | + |
| <i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs | + | + | + | - | - | + | + | - | - |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> (P.A. Dang) Senn | - | - | - | + | - | + | + | + | + |
| <i>Cosmarium decorum</i> West & G.S. West | - | - | + | + | + | + | + | - | + |
| <i>C. spinuliferum</i> West & G.S. West | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Cosmarium</i> sp. | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| <i>Euastrum</i> sp. | - | - | - | + | + | + | + | - | + |
| <i>Micrasterias</i> sp. | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| <i>Pandorina morum</i> (Müller)Bory | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| <i>Pediastrum biradiatum</i> var. <i>longecornutum</i> Gutwinski | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| <i>P. duplex</i> Meyen | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillimum</i> | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>P. tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs | - | - | - | - | - | + | - | - | + |
| <i>Pseudostaurastrum</i> sp. | - | - | - | - | + | + | - | - | + |
| <i>Scenedesmus bernardii</i> G.M. Smith | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| <i>S. bicaudatus</i> Dedussenko | - | + | - | - | - | + | - | - | + |
| <i>S. dimorphus</i> (Turpin) Kützing | - | - | + | - | - | + | - | - | + |
| <i>S. denticulatus</i> Lagerheim | - | - | - | + | - | - | + | - | - |
| <i>S. ecornis</i> (Ehrenberg) Schodat | - | - | - | - | - | + | - | + | + |
| <i>S. obtusus</i> Meyen | - | - | - | - | - | - | - | + | + |
| <i>S. quadricauda</i> (Turpin) Brébisson | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Schroederia</i> sp. | - | + | + | - | - | + | + | + | + |
| <i>Spirogyra</i> sp. | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| <i>Staurastrum cingulum</i> (West & G.S. West) G.M. Smith | + | - | + | + | - | - | + | + | - |
| <i>S. gracile</i> Ralfs ex Ralfs | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>S. polymorphum</i> Brébisson | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>S. volans</i> West & G.S. West | + | + | + | - | + | + | + | + | + |
| <i>Staurodesmus convergens</i> (Ehrenberg ex Ralfs)Teiling | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| <i>S. triangularis</i> (Lagerh) Teiling | - | - | - | - | - | + | - | - | + |

Bacillariophyta

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen | | | + | + | - | + | + | | - |
| <i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Otto Müller) Simonsen | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> fo. <i>Spiralis</i> (Otto Müller) Simonsen | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Coscinodiscus</i> sp. | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Eunotia</i> sp. | - | - | - | - | + | - | - | + | + |
| <i>Fragilaria</i> sp. | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| <i>Frustulia</i> sp. | - | - | - | + | - | + | - | - | + |
| <i>Gyrosigma</i> sp. | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Navicula</i> sp. | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G. Mann | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Surirella robusta</i> | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Surirella</i> sp. | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Terpsinoe musica</i> | + | - | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Euglenophyta | | | | | | | | | |
| <i>Euglena proxima</i> P.A. Dangeard | - | - | + | - | - | + | - | - | + |
| <i>Lepocinclis acus</i> (O.F. Müller) B. Marin & Melkonian | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| <i>L. spirogyra</i> Ehrenberg | - | - | - | - | - | - | + | + | - |
| <i>Lepocinclis tripteris</i> (Dujardin) B.Marin & M.Melkonian | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Phacus curvicauda</i> Svirendo | + | + | + | + | + | + | - | + | + |
| <i>P. longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Phacus</i> sp. | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| <i>P. tortus</i> Lemmerman | - | - | - | - | + | + | - | - | + |
| <i>Trachelomonas caudata</i> (Ehrenberg) F. Stein | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>T. hispida</i> (Perty) F. Stein | - | - | - | - | + | + | - | - | - |

| | | | | | | | | | |
|------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>T. planctonica</i> Svirenko | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| <i>T. similis</i> A.C. Stokes | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| Haptophyta | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Dictyocha</i> sp. | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| Abondance totale du phytoplancton | 29 | 23 | 30 | 29 | 31 | 47 | 36 | 43 | 44 |

En ce qui concerne le nombre de taxons par station (tableau 1), le maximum de taxons a été enregistré à la station 6 située sur la plan lagunaire Adjin (47 taxons) ; tandis que le minimum a été obtenu à la station 2 sur la lagune Potou (23 taxons). Les stations 5 à 9 situées sur la lagune Adjin, ont enregistré les plus grands nombres de taxons dans cet hydrosystème. La lagune Adjin comporte une composition phytoplactyonique plus diversifiée que la lagune Potou.

Dans les plans d'eau étudiés, l'embranchement des Chlorophyta a le nombre de de taxon le plus élevé. En effet, Chlorophyta sont de 52,24 %, 35,48 %, et 34,29 % respectivement à la lagune Adjin, la rivière Mé et la lagune Potou (Tableau 1 et 2).

Tableau 2. Répartition de la flore algale dans les lagunes Adjin et Potou et fréquences de présence des embranchements phytoplanctoniques.

| Embranchements | Lagune Adjin | | Rivière Mé | | Lagune Potou | |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Nombre de taxons | Pourcentage (%) | Nombre de taxons | Pourcentage (%) | Nombre de taxons | Pourcentage (%) |
| Cyanoprocaryota | 12 | 17,91 | 6 | 19,36 | 9 | 25,71 |
| Bacillariophyta | 7 | 10,45 | 8 | 25,81 | 8 | 22,86 |
| Dinophyta | 2 | 2,98 | 2 | 6,45 | 1 | 2,86 |
| Chlorophyta | 35 | 52,24 | 11 | 35,48 | 12 | 34,29 |
| Euglenophyta | 10 | 14,93 | 4 | 12,90 | 5 | 14,28 |
| Haptophyta | 1 | 1,49 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 67 | 100 | 31 | 100 | 35 | 100 |

Comme le montre les figures 2a et 2b, les Cyanoprocaryota dominent la flore algale des deux lagunes avec 88,66 % et 49,76 %, respectivement à Adjin et à Potou. Les Bacillariophyta suivent avec respectivement 4,97 % et 47,84 %,

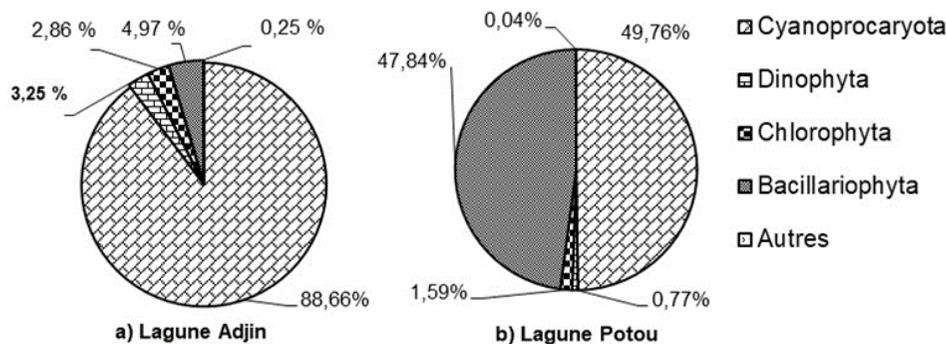


Figure 2 .Composition qualitative relative du phytoplancton des lagunes Adjin (a) et Potou (b)

puis les Dinophyta et les Chlorophyta représentent respectivement 3,25 % et 2,86 % à Adjin et à 0,77 % et 1,59 % Potou ; les autres (Euglenophyta, Haptophyta) ne représentent pas plus de 1 % de la densité totale. En lagune Potou, les Bacillariophyta ont une proportion presque identique à celle des Cyanoprocaryota.

Parmi les taxons qui ont le plus marqué les différents développements de l'ensemble de la flore algale, figurent : *Microcystis aeruginosa* (28,93 %), *Anabaena affinis* (20,15 %), *Oscillatoria* sp.2 (13,28 %), *Microcystis flos-aquae* (11,76 %), *Anabaena spiroides* (10,51 %), *Aulacoseira* sp. (6,42 %), *Protoperdinium* sp. (2,70 %), *Oscillatoria* sp.1 (1,39 %), *Ulnaria ulna* (1,33 %) et *Pediastrum duplex* (1,27 %). Les autres taxons ont un pourcentage inférieur à 1 % de la densité totale. Cependant, les taxons tels que *Oscillatoria* sp., *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis flos-aquae*, *Ulnaria ulna*, *Aulacoseira* sp., *Cosmarium spinuliferum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum duplex*, *Staurastrum volans* et *Staurastrum* sp. sont présents en nombre important dans 50 % des prélèvements.

Composition quantitative du phytoplancton du système lagunaire Adjin-Potou

La densité la plus élevée, $297\,927 \times 10^3$ cellules.L⁻¹, est enregistrée à la station 6 (figure 3a). Suivent les stations 11 et 9 avec respectivement $155\,925 \times 10^3$ cellules.L⁻¹ et $151\,264 \times 10^3$ cellules.L⁻¹. La station 2 possède la plus faible densité algale avec seulement $12\,190 \times 10^3$ cellules.L⁻¹. À toutes les stations (figure 3b), on note une prédominance de la densité des individus appartenant à l'embranchement des Cyanoprocaryota, hormis la station 4 où les Bacillariophyta sont dominantes. Aux stations 1 et 2 les Bacillariophyta sont le groupe dominant après les Cyanophytes.

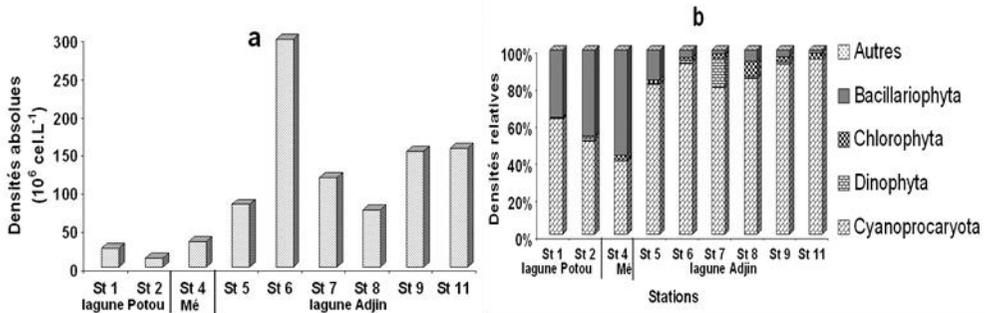


Figure 3. Variations spatiales des densités absolues (a) et relatives (b) des grands groupes phytoplanctoniques dans les lagunes Potou et Adjin, en 2013.

Au cours de l'échantillonnage, la densité phytoplanctonique a été maximale en juin (figure 4a) en lagune Adjin ($487\,045\,800\text{ cellules.L}^{-1}$) pendant la grande saison des pluies. Cette poussée phytoplanctonique est dominée par les Cyanoprocaryota (figure 4c) pendant les mois de juin, d'août et de novembre, avec les taxons comme *Anabaena affinis* ($188\,236 \times 10^3\text{ cellules.L}^{-1}$) et *Microcystis aeruginosa* ($150\,305 \times 10^3\text{ cellules.L}^{-1}$). Les Dinophyta dominent en janvier. En revanche, dans la lagune Potou (figure 4b) le maximum de poussée phytoplanctonique a lieu en août ($54\,396 \times 10^3\text{ cellules.L}^{-1}$) pendant la petite saison sèche, avec en tête les Bacillariophyta (figure 4d) dominées par les taxons *Ulnaria ulna* et *Aulacoseira* sp., suivies des Cyanoprocaryota. Dans les eaux de Potou, le phytoplancton est dominé par les Cyanoprocaryota en janvier, en juin et en novembre (figure 4d). Les minima de densités cumulées pour les deux lagunes sont observés en janvier lors de la grande saison sèche (figures 4a et 4b). En considérant les densités des grands groupes d'algues relevées à cette période sèche, on note une dominance des Cyanoprocaryota, puis suivent les Bacillariophyta, les Dinophyta, les Chlorophyta, et les Dinophyta, à Adjin comme à Potou. Les autres taxons sont faiblement représentés. Le phytoplancton est plus diversifié en janvier dans la lagune Adjin tandis qu'à Potou, il l'est en janvier et en juin. Dans les eaux du système lagunaire, les Cyanoprocaryota, les Bacillariophyta, les Chlorophyta et les Dinophyta sont les principaux taxons qui contribuent à l'augmentation de la densité phytoplanctonique. Les autres taxons constitués par les Haptophyta et les Euglenophyta, ont enregistré des densités très faibles ($0\text{ à }160 \times 10^3\text{ cellules.L}^{-1}$) durant la période d'étude.

On note une constance de la composition phytoplanctonique, en particulier les grands groupes dominants que sont les Cyanoprocaryota, les Bacillariophyta, les Chlorophyta et les Dinophyta dans les eaux du système Adjin-Potou au cours de la période de l'échantillonnage. Dans la lagune

Potou, en août, la prédominance des Bacillariophyta coïncident avec l'absence des autres groupes, exception faite des Cyanophytes qui restent bien représentées à toutes les périodes de l'échantillonnage.

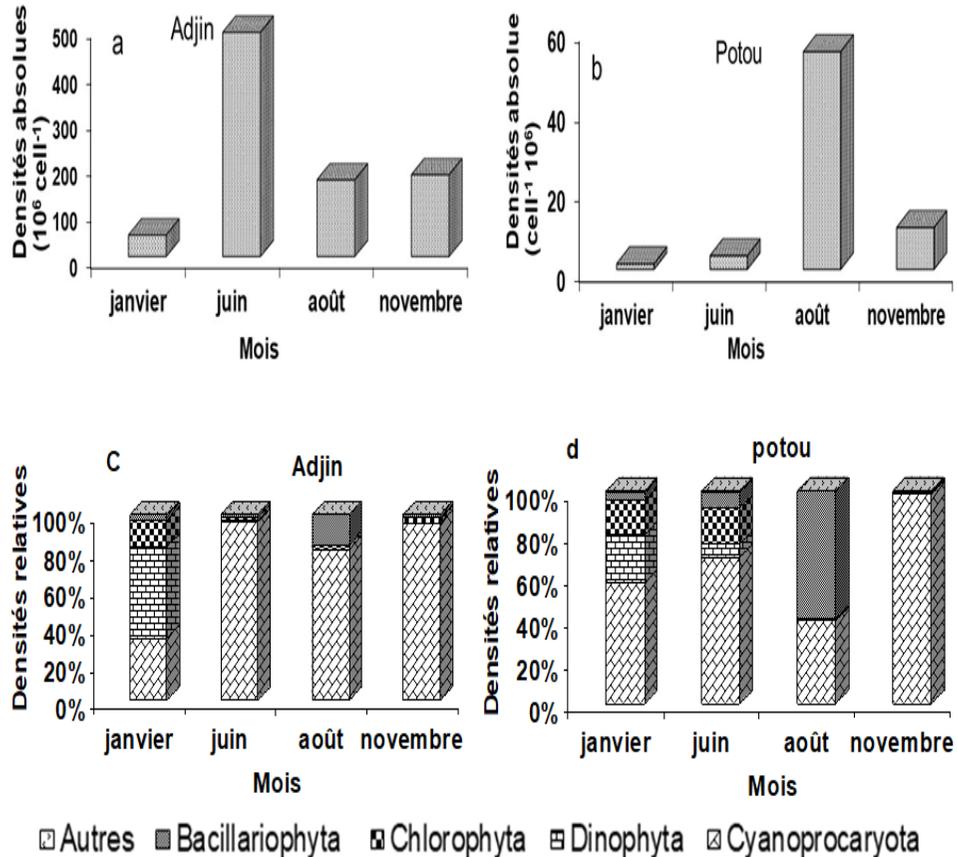


Figure 4. Variations temporelles des densités absolues (a et b) et relatives (c et d) des grands groupes phytoplanktoniques dans les lagunes Adjin et Potou, en 2013.

Caractéristiques physico-chimiques des eaux du système lagunaire Adjin-Potou

Le tableau 3 présente les valeurs des paramètres physico-chimiques étudiés au cours de cette étude sur les deux lagunes et à l'exutoire de la Mé. Dans l'ensemble des eaux échantillonnées, la température varie entre 25,19 et 34,20 °C. La variation de la température n'est pas marquée entre les plans d'eau ($p > 0,05$). Cependant, les eaux de la lagune Adjin sont légèrement plus chaudes que celles de la Mé et de Potou.

Des valeurs moyennes avec une même lettre minuscule (exposants) ne sont pas significativement différentes. Moy = moyenne ; min = minimum ; max = maximum.

| Paramètres | Paramètres statistiques | Potou | Mé | Adjin |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Température (°C) | moy ± erreur type | 29,03 ^a ± 0,27 | 27,64 ^a ± 0,48 | 29,18 ^a ± 0,16 |
| | min - max | 26,30 - 33,50 | 25,19 - 31,00 | 26,00 - 34,20 |
| pH | moy ± erreur type | 6,78 ^a ± 0,07 | 6,66 ^a ± 0,10 | 6,83 ^a ± 0,05 |
| | min - max | 5,20 - 7,90 | 5,89 - 7,37 | 5,20 - 8,99 |
| Salinité | moy ± erreur type | 0,05 ^{ab} ± 0,01 | 0,02 ^a ± 0,01 | 0,02 ± 0,00 |
| | min - max | 0,01 - 0,29 | 0,00 - 0,12 | 0,00 - 0,12 |
| Turbidité (UNT) | moy ± erreur type | 36,32 ^a ± 1,94 | 34,43 ^a ± 3,33 | 17,67 ^b ± 1,02 |
| | min - max | 10,90 - 68,30 | 11,44 - 61,00 | 1,89 - 49,14 |
| NO ₂ ⁻ (µg.L ⁻¹) | moy ± erreur type | 3,71 ^a ± 0,17 | 3,67 ^a ± 0,49 | 2,09 ^a ± 0,12 |
| | min - max | 1,00 - 6,00 | 0,60 - 7,00 | 0,00 - 9,00 |
| NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹) | moy ± erreur type | 3,10 ^a ± 0,25 | 2,85 ^a ± 0,44 | 2,49 ^a ± 0,14 |
| | min - max | 0,17 - 7,14 | 0,41 - 7,05 | 0,18 - 6,91 |
| NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹) | moy ± erreur type | 0,06 ^a ± 0,01 | 0,06 ^a ± 0,01 | 0,04 ^a ± 0,00 |
| | min - max | 0,01 - 0,16 | 0,01 - 0,13 | 0,01 - 0,16 |
| PO ₄ ³⁻ (µg.L ⁻¹) | moy ± erreur type | 59,57 ^b ± 3,99 | 72,94 ^a ± 10,78 | 48,87 ^b ± 2,29 |
| | min - max | 5,30 - 117,00 | 13,00 - 195,00 | 4,00 - 104,21 |
| Paramètres | Paramètres statistiques | Potou | Mé | Adjin |
| Température (°C) | moy ± erreur type | 29,03 ^a ± 0,27 | 27,64 ^a ± 0,48 | 29,18 ^a ± 0,16 |
| | min - max | 26,30 - 33,50 | 25,19 - 31,00 | 26,00 - 34,20 |
| pH | moy ± erreur type | 6,78 ^a ± 0,07 | 6,66 ^a ± 0,10 | 6,83 ^a ± 0,05 |
| | min - max | 5,20 - 7,90 | 5,89 - 7,37 | 5,20 - 8,99 |
| Salinité | moy ± erreur type | 0,05 ^{ab} ± 0,01 | 0,02 ^a ± 0,01 | 0,02 ± 0,00 |
| | min - max | 0,01 - 0,29 | 0,00 - 0,12 | 0,00 - 0,12 |
| Turbidité (UNT) | moy ± erreur type | 36,32 ^a ± 1,94 | 34,43 ^a ± 3,33 | 17,67 ^b ± 1,02 |
| | min - max | 10,90 - 68,30 | 11,44 - 61,00 | 1,89 - 49,14 |
| NO ₂ ⁻ (µg.L ⁻¹) | moy ± erreur type | 3,71 ^a ± 0,17 | 3,67 ^a ± 0,49 | 2,09 ^a ± 0,12 |
| | min - max | 1,00 - 6,00 | 0,60 - 7,00 | 0,00 - 9,00 |
| NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹) | moy ± erreur type | 3,10 ^a ± 0,25 | 2,85 ^a ± 0,44 | 2,49 ^a ± 0,14 |
| | min - max | 0,17 - 7,14 | 0,41 - 7,05 | 0,18 - 6,91 |

| | | | | |
|--------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹) | moy ± erreur type | 0,06 ^a ± 0,01 | 0,06 ^a ± 0,01 | 0,04 ^a ± 0,00 |
| | min - max | 0,01 - 0,16 | 0,01 - 0,13 | 0,01 - 0,16 |
| PO ₄ ³⁻ (µg.L ⁻¹) | moy ± erreur type | 59,57 ^b ± 3,99 | 72,94 ^a ± 10,78 | 48,87 ^b ± 2,29 |
| | min - max | 5,30 - 117,00 | 13,00 - 195,00 | 4,00 - 104,21 |

Tableau 3. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du système lagunaire Adjin-Potou au cours des mois de janvier, juin, août et novembre de l'année 2013

Dans le système lagunaire Adjin-Potou, les valeurs moyennes du pH sont comprises entre $6,66 \pm 0,40$ et $7,26 \pm 0,62$. Ces eaux présentent un caractère faiblement acide à faiblement basique. Aucune différence significative ne s'observe entre les valeurs de pH d'un plan d'eau à l'autre.

Les valeurs de la salinité sont faibles (salinité $\leq 0,29$). Les valeurs les plus élevées sont observées à la lagune Potou et elles sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) que celles enregistrées dans les eaux de la lagune Adjin et de la Mé.

Les valeurs moyennes de turbidité varient entre $13,99 \pm 8,88$ et $36,45 \pm 12,68$ UNT. Les eaux de la lagune Adjin sont significativement moins turbides ($p < 0,05$) que celles de Potou et de la Mé.

Pour toutes les formes d'azote (nitrites, nitrates et ammonium) évaluées dans les eaux des lagunes Adjin et Potou et de la rivière Mé, les nitrites présentent les concentrations les plus faibles. Les valeurs oscillent entre 0 mg.L⁻¹ et 0,009 mg.L⁻¹, entre 0,17 mg.L⁻¹ et 7,14 mg.L⁻¹ et entre 0,01 mg.L⁻¹ et 0,16 mg.L⁻¹ respectivement pour les nitrites, les nitrates et l'ammonium.

Les variations entre les plans d'eau ne sont pas marquées. Par ailleurs, les eaux d'Adjin sont moins chargées ($p < 0,05$) en éléments nutritifs azotés que celles de Potou et de la Mé.

En ce qui concerne les orthophosphates, les teneurs moyennes de la période d'étude oscillent entre $0,047 \pm 0,006$ mg.L⁻¹ et $0,250 \pm 0,032$ mg.L⁻¹. Le tableau 3 montre que les eaux de la Mé sont significativement plus chargées ($p < 0,05$) en orthophosphates que celles des lagunes Adjin et Potou.

Discussion

Quatre-vingt taxons répartis en six embranchements (Cyanoprocaryota, Bacillariophyta Chlorophyta, Dinophyta, Haptophyta, Euglenophyta) sont recensés dans le système lagunaire Adjin-Potou. La flore algale de ce système peut être considérée donc comme riche de par le nombre de taxons qu'elle renferme. Cette richesse serait due au fait que les eaux du système lagunaire ne sont pas constamment renouvelées, ce qui favoriserait les processus biologiques tels que les cycles complets de

reproduction et de développement des algues. Cette richesse algale, en relation avec la stabilité des eaux, a été constatée par Komoé *et al.* (2009) et Seu-Anoï (2012). La forte richesse taxonomique témoignerait d'une plus grande stabilité dans le fonctionnement de l'écosystème face aux perturbations environnementales (Gonzalez et Descamps-Julien, 2004). Les embranchements observés sont caractéristiques des milieux pollués riches en éléments nutritifs (Thomas, 2003). Cela s'expliquerait par le rejet dans cet écosystème d'importantes quantités d'eaux usées domestiques non traitées, riches en nutriments, en plus des apports en éléments azotés et phosphorés du bassin versant. La station 6 qui a le nombre le plus élevé de taxons et possédant la densité phytoplanctonique absolue la plus élevée ($297\ 927.10^3$ cellules.L⁻¹), est le lieu où sont implantés les étangs d'aquaculture servant à l'élevage de carpes sur la lagune Adjin. En effet, selon Merceron *et al.* (2002) les déchets issus de la fabrication d'aliments pour la pisciculture et les restes d'aliments non consommés par les poissons (environ 60 % de l'azote contenu dans les aliments) restent dans les eaux et enrichissent celles-ci en nutriments pouvant favoriser le développement des algues.

Les Cyanophytes dominent la flore algale des deux lagunes. Elles sont constamment présentes à toutes les stations et pendant tous les mois de la période d'échantillonnage, sauf à la station 4 (station de la rivière Mé) où les Bacillariophyta dominent. La dominance des Cyanoprocaryota serait due au fait que cette catégorie d'algues s'adapte à une multitude de conditions environnementales et sont capables de proliférer sous des conditions extrêmes (Walsby, 2001 ; Oberholster *et al.*, 2004 ; Lavoie *et al.*, 2007 ; Salla *et al.*, 2011). Cette prédominance peut être aussi attribuée à des stratégies développées par les Cyanophytes pour éviter d'être la cible des brouteurs (zooplancton et poissons phytophages). En effet, elles peuvent libérer des toxines leur procurant un « mauvais goût » (Haney, 1987) pour se protéger contre la prédation par le zooplancton (Chan *et al.*, 2004), pour éliminer les compétiteurs qui se disputent les mêmes ressources (Pearl et Millie, 1996). Elles vivent aussi en grandes colonies pour passer à travers les mécanismes de filtration des brouteurs (Lampert, 1987). La production de ces composés toxiques contribuerait à augmenter l'avantage compétitif des Cyanoprocaryota sur les autres embranchements d'algues dans l'atteinte de la dominance d'un milieu aquatique. La prépondérance des Cyanophytes dans les eaux étudiées n'est pas due au grand nombre d'espèces qu'elles renferment, mais plutôt à un nombre très élevé de filaments ou de cellules réunis en colonies appartenant à un lot très restreint d'espèces dominantes. Cette dominance des Cyanoprocaryota a également été signalée dans les eaux saumâtres au Nigeria (Onyema et Nwankwo, 2010), au Brésil (Domingos *et al.*, 1994) et en Inde (Badylak et Phlips, 2004). Seu-Anoï

(2012) a également fait les mêmes observations dans les complexes lagunaires Ébrié, Aby et Grand-Lahou.

Les espèces de cyanobactéries à potentiel toxique peuvent se maintenir à une densité minimale dans la colonne d'eau, en conditions défavorables, et survivre dans les sédiments pendant cette période. Ces cellules en dormance peuvent recoloniser la colonne d'eau lorsque les conditions redeviennent favorables (Latour *et al.*, 2007 ; Komoé, 2010).

Dans les échantillons du système lagunaire Adjin-Potou, des taxons appartenant aux genres *Microcystis*, *Anabaena*, *Dinophysis* et *Oscillatoria*, pouvant produire des toxines susceptibles de nuire à la santé des êtres humains et des animaux (Huisman *et al.*, 2005 ; Pantelić *et al.*, 2013) sont identifiés. Les toxines sécrétées par ces algues sont des hépatotoxines et des neurotoxines (Pantelić *et al.*, 2013).

Le faible nombre de taxons et les faibles densités observés dans les stations de Potou peuvent être mis en rapport avec le renouvellement des eaux de ces stations par la rivière Mé à partir du mois d'août, ajouté à la crue du fleuve Comoé de septembre à novembre. La nette dominance des Bacillariophyta à la station 4 et leur proportion presque identique à celle des Cyanophytes dans la lagune Potou montrent que la plupart des taxons appartenant aux Bacillariophyta seraient donc apportés à la lagune Potou par les eaux de cette rivière.

Le nombre de taxons ainsi que les densités élevées aux stations d'Adjin pourraient être liés au très faible taux de renouvellement des eaux dans celle-ci (Durand et Guiral, 1994). En revanche, dans les eaux à fort taux de renouvellement, très turbides et riches en MES comme c'est le cas des stations 1 à 4, la concentration de chlorophylle *a* reste faible dans la colonne d'eau, bien qu'il y ait de forts apports en nutriments disponibles pour le développement du phytoplancton. En effet, la forte turbidité limite l'activité photosynthétique en raison de la faible pénétration de la lumière dans la colonne d'eau (Dufour, 1994 ; Ouattara *et al.*, 2001 ; González *et al.*, 2004 ; Koné, 2008 et Ouffoué *et al.*, 2013). La présence de fortes charges en suspension est donc un facteur clé qui régit la pénétration de la lumière dans cet écosystème, tel que publié par Panigrahi (2006), Panigrahi *et al.* (2009) et Satpathy *et al.* (2011), dans les eaux côtières de Kalpakkam au Sud-Est de l'Inde et par Komoé *et al.* (2009) dans le système lagunaire de Grand-Lahou.

Du point de vue saisonnier, les fluctuations algales sont moins importantes dans les deux lagunes, mais c'est durant la saison des crues (novembre) que le phytoplancton apparaît le moins hétérogène. Les effectifs les plus faibles se distinguent pendant la grande saison sèche et les maximums ont lieu en grande saison des pluies (juin) et en petite saison sèche (août) respectivement dans les lagunes Adjin et Potou. En effet, durant la grande saison pluvieuse et la petite saison sèche, les concentrations en sels

nutritifs surtout azotés, deviennent importantes. Ces sels nutritifs sont drainés par les eaux de ruissellement chargées de produits de lessivage des bassins versants et par l'arrivée des eaux continentales. La richesse des eaux lagunaires en cette période entraînerait une prolifération algale dans cette zone, notamment les Cyanophytes, les Diatomées et les Chlorophytes. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Okbah et Hussein (2006) dans la lagune côtière saumâtre de Burullus en Égypte, par Komoé *et al.* (2009) dans la lagune de Grand-Lahou. La disponibilité des nutriments constituerait donc l'un des principaux facteurs qui contrôlerait la composition taxonomique du phytoplancton au sein des lagunes (Okbah et Hussein, 2006 ; Komoé *et al.*, 2009). Les faibles biomasses récoltées pendant la petite saison des pluies ainsi que les faibles concentrations de chlorophylle *a* seraient dues aux fortes turbidités et à la dilution des eaux lagunaires. Au cours de cette saison, une partie de la surface lagunaire est aussi recouverte de plantes d'eau douce empêchant la pénétration de la lumière et réduisant les réactions de photosynthèse. Cette faible productivité en phytoplancton durant la petite saison des pluies a également été observée par Iltis (1984) en lagune Ébrié, par Komoé (2010) dans le complexe lagunaire de Grand-Lahou et par Seu-Anoï (2012) en lagune Aby.

Pendant la grande saison sèche, la forte transparence des eaux serait favorable à la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau, accentuant l'activité photosynthétique, ce qui expliquerait les concentrations élevées de chlorophylle *a* pendant cette période. Les travaux de Koné (2008) dans la lagune Potou (Côte d'Ivoire), mettent en évidence une évolution saisonnière identique à celle qui a été observée lors de cette étude. Elle est marquée par une floraison de Cyanophytes, de Dinophytes et de Chlorophytes. Pendant cette période, la prolifération des Cyanophytes n'est pas liée à la richesse du milieu en nutriments, comme l'ont démontré les travaux de Berrada *et al.* (2000). En effet, certaines espèces de Cyanophytes inventoriées dans nos échantillons possèdent des hétérocytes. Ces Cyanophytes (genre *Anabaena*) sont capables de fixer l'azote atmosphérique grâce à leurs hétérocytes, et ceci leur permet de proliférer dans les milieux pauvres en azote. Cette prolifération de Cyanophytes serait également favorisée par les fortes températures et les valeurs élevées de pH (Shapiro, 1997 ; Tang *et al.*, 1997). En ce qui concerne les Dinophytes, leur prolifération coïncide avec les faibles concentrations en sels nutritifs. Selon Komoé *et al.* (2009), les Dinophytes sont plus compétitives que les autres groupes d'algues lorsque le milieu est pauvre en éléments nutritifs. Ceci confirme l'idée que la capacité compétitive des espèces à utiliser les faibles concentrations des nutriments est un facteur important dans la succession phytoplanctonique (Sommer, 1983).

Conclusion

L'étude réalisée sur le phytoplancton du système lagunaire Adjin-Potou montre que la composition taxonomique diffère d'une lagune à l'autre. Le phytoplancton de la lagune Adjin apparaît le plus diversifié, mais les Cyanoprocarvota dominant dans les eaux des deux lagunes.

Quant à l'évolution saisonnière, les fortes densités sont enregistrées pendant la grande saison pluvieuse et la petite saison sèche, respectivement pour les lagunes Adjin et Potou. Le peuplement phytoplanctonique se compose majoritairement des taxons vivant dans des eaux eutrophes tropicales, avec des taxons potentiellement toxiques.

Conflit d'intérêt:

Il n'y a pas eu de conflit d'intérêts.

Disponibilité des données :

Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement :

Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Implication des humains ou des animaux :

Les humains ou animaux ne sont pas impliqués dans nos recherches.

References:

1. Badylak, S., Philips, E.J. (2004). Spatial and temporal patterns of phytoplankton composition in a subtropical coastal lagoon, the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Journal of Plankton Research*, 26 (10): 1229-1247.
2. Berrada, D., Berrada, F., Benzekri, A., Jabry, E. (2000). Évolution saisonnière des peuplements phytoplanctoniques dans le lac-réservoir El Kansera (Maroc), en relation avec certains paramètres abiotiques et biotiques. *Hydroecology Applied*, 12 (1-2): 207-231.
3. Bourrelly, P. (1981). Les Algues d'eau douce. Tome II : Les Algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Editions Nouvelles Boubée, Paris 517 p.
4. Bourrelly, P. (1985). Les Algues d'eau douce. Tome III : Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Editions Nouvelles Boubée, Paris 606 p.
5. Bourrelly, P. (1988). Les Algues d'eau douce. Complément tome I: Les algues vertes. Editions Nouvelles Boubée, Paris 182 p. 118 à 130 pl.

6. Chan, F., Pace, M.L., Howarth, R.W., Marino, R.M. (2004). Bloom formation in heterocystic nitrogen-fixing bacteria: The dependence on colony size and zooplankton grazing. *Limnology and Oceanography*, 49: 2171-2178.
7. Da, K.P. (1992). Contribution à la connaissance du phytoplancton de la mare et du complexe piscicole du Banco (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan 384 p.
8. Da, K.P. (2007). Étude taxinomique du phytoplancton dulçaquicole des masses d'eau lenticues et lotiques de quelques sites au Sud de la Côte d'Ivoire, entre les fleuves Bandama et Bia: Apports de la microscopie électronique à balayage. Thèse de Doctorat d'État des Sciences Naturelles, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan 402 p.
9. Domingos, P., Huszar, V.L.M., Carmouze, J.P. (1994). Composition et biomasse du phytoplancton d'une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*. 27(3), 235-250.
10. Dufour, P., Lemoalle, J., Albaret, J.J. (1994). Le système Ébrié dans les typologies lagunaires. *In* : Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II. Les milieux lagunaires. Durand, J.R., Dufour, Ph., Guiral, D. et Zabi, S. Éditeurs. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 17-24.
11. Durand, J.R., Guiral, D. (1994). Hydroclimat et hydrochimie. *In* : Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire, Tome II. Les milieux lagunaires. Durand. J. R., Dufour Ph., Guiral D. et Zabi S. (Éditeurs). Éditions de l'ORSTOM, Paris, 59-90.
12. Fishar, M.R., Williams, W.P. (2008). The development of a Biotic Pollution Index for the River Nile in Egypt. *Hydrobiologia*, 598: 17-34.
13. Gonzalez ,A., Descamps-Julien, B. (2004). Population and Community Variability in Randomly Fluctuating Environments. *Oikos*, 106 : 105-116.
14. Haney, J.F. (1987). Field studies on zooplankton-cyanobacteria interactions. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 21: 467-475.
15. Huisman, J., Matthijs, H.C.P., Visser P.M. (2005). Harmful cyanobacteria. Springer, Dordrecht, Netherlands, 243 p.
16. Iltis, A. (1984). Biomasse phytoplanctonique de la lagune Ébrié (Côte d'Ivoire). *Hydrobiologia*. 118(2), 153-176.

17. Komoé, K. (2010). Diversité du phytoplancton du complexe lagunaire de Grand-Lahou, en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences 306 p.
18. Komoé, K., Da, K.P., Kouassi, A.M., Aka, N.M., Kamanzi, A.K., Adingra, A.A. (2009). Seasonal Distribution of Phytoplankton in Grand-Lahou Lagoon (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 26 (3) : 329-341.
19. Konan, E.S. (2014). Distribution spatio-temporelle du peuplement phytoplanctonique en relation avec les facteurs abiotiques de la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan), UFR Biosciences 197 p.
20. Koné, Y.J.-M. (2008). Dynamique du dioxyde de carbone et du méthane dans les mangroves du Vietnam, les rivières et les lagunes de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat à la Faculté des Sciences à l'université de Liège 207p.
21. Kouamé, K.J., Jourda, J.P., Deh, S.K., Djemin, E.J., Saley, M.B., Anani, A.T., Biémi, J. (2013). Apport des méthodes mathématiques dans la délimitation des périmètres de protection autour des ouvrages de captage des eaux souterraines d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemistry Science*, 7 (5), 1987-2006.
22. Lampert, W. (1987). Laboratory studies on zooplankton-cyanobacteria interactions. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 21: 483-490.
23. Latour, D., Salençon, M.J., Reyss, J.L., Giraudet, H. (2007). Sedimentary imprint of *Microcystis aeruginosa* (Cyanobacteria) blooms in Grangent Reservoir (Loire, France). *Journal of Phycology*, 43 : 417-425.
24. Lavoie, I., Laurion, I., Vincent, W.F. (2007). Les fleurs d'eau de cyanobactéries, document d'information vulgarisée. *INRS rapport*, 9: 17-27.
25. Lazzaro, X. (1981). Biomasses, peuplements phytoplanctoniques et production primaire du lac Titicaca. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*. 14(4), 349-380.
26. Merceron, M., Kempf, M., Bentley, D., Gaffet, J.D., Le Grand, J., Lamort-Datin, L. (2002). Environmental impact of a salmonid farm on a well flushed marine site. I. Current and water quality. *Journal of Applied Ichthyology*, 18: 40-50.
27. N'Guessan, Y.A. (2008). Analyse morphologique, sédimentologique et environnement de dépôts des sédiments superficiels des lagunes Adjin et Potou (zone littorale de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat,

- UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody, Abidjan, 169 p.
28. Oberholster, P.J., Botha, A.-M., Grobbelaar, J.U. (2004). *Microcystis aeruginosa* : source of toxic microcystins in drinking water. *African Journal of Biotechnology*, 3 (3): 159-168.
 29. Okbah, M.A., Hussein, N.R. (2006). Impact of environmental conditions on the phytoplankton structure in mediterranean sea lagoon, lake Burullus, Egypt. *Water, Air, and Soil Pollution*, 172: 129-150.
 30. Onyema, I.C., Nwankwo, D.I. (2010). An incidence of substratum discolouration in a tropical west African lagoon. *Journal of American Science*, 5 (1): 44-48.
 31. Ouattara, A. (2000). Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte-d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Faculté Wetenschappen, Instituut voor Plantkunde, Katholieke Universiteit Leuven, Belgique 207 p. 19 pl.
 32. 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.
 33. Ouffoué, K.S., Salla, M., Kicho, D.Y., Soro, D., Da, K.P. (2013). Aspects physico-chimiques et biologiques des eaux de la rivière tropicale côtière, Boubo (Côte d'Ivoire). *ScienceLib Éditions Mersenne*, 5 (131) : 1-17.
 34. Panigrahi, S. (2006). Seasonal variability of phytoplankton productivity and related physico-chemical parameters in the Chilika lake and its adjoining sea. Ph.D. thesis, Berhampur University, India, 286 p.
 35. Panigrahi, S., Wikner, J., Panigrahy, R.C., Satapathy, K.K., Acharya, B.C. (2009). Variability of nutrients and phytoplankton biomass in a shallow brackish water ecosystem (Chilika Lagoon, India). *Limnology*, 10: 73-85.
 36. Pantelić, D., Svirčev, Z., Simeunović, J., Vidović, M., Trajko, I. (2013). Cyanotoxins : Characteristics, production and degradation routes in drinking water treatment with reference to the situation in Serbia. *Chemosphère*, 91 (4): 421-441.
 37. Salla, M., Da, K.P., Ouffoué, S. (2011). Cyanobactéries des rivières Boubo et Mé dans le Sud côtier de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (4) : 1365-1373.
 38. Satpathy, K.K. Mohanty, A.K., Sahu, G., Sarguru, S., Sarkar, S.K., Natesan, U. (2011). Spatio-temporal variation in physicochemical properties of coastal waters off Kalpakkam, southeast coast of India,

- during summer, pre-monsoon and post-monsoon period. *Environmental Monitoring and Assessment*, 180: 41-62.
39. Seu-Anoï, N.M. (2012). Structuration spatiale et saisonnière des peuplements phytoplanctoniques et variabilité des facteurs abiotiques dans trois complexes lagunaires de Côte d'Ivoire (Aby, Ébrié et Grand-Lahou). Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire 186 p.
 40. Shapiro, J. (1997). The role of carbon dioxide in the initiation and maintenance of blue green dominance in lakes. *Freshwater Biology*, 37: 307-323.
 41. Sommer, U. (1983). Nutrient competition between phytoplankton species in multispecies chemostat experiments. *Archive d'Hydrobiologie*, 96: 399-416.
 42. Soro, N., Ouattara, L., Dongo, K., Kouadio, K.E., Ahoussi, K.E., Soro, G., Oga, M.S., Savané, I., Biémi, J. (2010). Déchets municipaux dans le District d'Abidjan en Côte d'Ivoire: sources potentielles de pollution des eaux souterraines. *International Journal Biology and Chemistry Sciences*, 4(2), pp. 364-384.
 43. Tang, E.P.Y., Tremblay, R., Vincent, W.F. (1997). Cyanobacterial dominance of polar freshwater ecosystems: Are high-latitude mat-formers adapted to low temperature? *Journal of Phycology*, 33 : 171-181.
 44. Thomas, C.-S. (2003). "Protist phylogeny and the high-level classification of Protozoa", *European Journal of Protistology*, 39: 338-348.
 45. Walsby, A.E. (2001). Determining the photosynthetic productivity of a stratified phytoplankton population. *Aquatic Sciences*, 63: 18-43.
 46. Xuelu, G., Jinming, S. (2005). Phytoplankton distributions and their relationship with the environment in the Changjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin* 50 (2005) 327-335.
 47. Yéo, K.M. (2015). Dynamique spatiale et temporelle des caractéristiques chimiques des eaux et des sédiments, et statut trophique du système lagunaire périurbain Adjin-Potou (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire 192 p.
 48. Zongo, F. (1994). Contribution à l'étude du phytoplancton d'eau douce du Burkina Faso : cas du barrage n°3 de la ville de Ouagadougou. Thèse de Doctorat 3ème cycle, F.A.S.T., Université de Ouagadougou 161 p.