



UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE

**UFR ENVIRONNEMENT**

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADÉMIQUE :  
2020-2021

N° D'ORDRE : 0472/2021

N° CARTE D'ÉTUDIANT :  
CI00416008716

LABORATOIRE :  
BIODIVERSITE ET  
ECOLOGIE TROPICALE

## MASTER

**Production et Valorisation des Ressources Aquacoles**

THEME :

**Composition et structure du phytoplancton  
dans le cours moyen du fleuve Bandama sous  
influence de l'orpaillage dans la Région de la  
Marahoué (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire)**

Présenté par :

**KOUAME Kouamé Jean Karlos**

JURY

**Président : M. ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Directeur : M. ALIKO N'Guessan Gustave, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Encadreur : M. BOUSSOU Koffi Charles, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Examineur : M. KOUAME Kouamé Martin, Maître Assistant,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

Soutenu publiquement  
le : 15/10/2021



**UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE  
UFR ENVIRONNEMENT**

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

-----  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :  
2020-2021

N° D'ORDRE : 0472/2021

N° CARTE D'ETUDIANT :

CI0416008716

LABORATOIRE :  
BIODIVERSITE ET  
ECOLOGIE TROPICALE

## MASTER

### Production et Valorisation des Ressources Aquacoles

#### THEME :

**Composition et structure du phytoplancton  
dans le cours moyen du fleuve Bandama sous  
influence de l'orpillage dans la Région de la  
Marahoué (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire)**

Présenté par

**KOUAME Kouamé Jean Karlos**

#### JURY

**Président : M. ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Directeur : M. ALIKO N'Guessan Gustave, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Encadreur : BOUSSOU Koffi Charles, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Examineur : M. KOUAME Kouamé Martin, Maître Assistant  
Université Jean Lorougnon Guédé**

Soutenu publiquement  
le : 15/10/2021

**DEDICACES**

*Je dédie ce travail :*

*A mon père KOUASSI Kouamé Michel*

*et*

*A ma mère ASSIE Adjoua Catherine.*

## **REMERCIEMENTS**

Le présent mémoire de fin de cycle de Master en Production et Valorisation des Ressources Aquacoles (PVRA) est l'aboutissement de plusieurs mois de travail. Ce travail n'aurait pas pu se dérouler correctement sans le soutien de plusieurs personnes physiques et morales qu'il me plaît ici de remercier.

- Je voudrais remercier le Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour m'avoir accueillie dans ladite institution ;
- J'aimerais remercier le Professeur KONE Tidiani, Vice-Président chargé de la pédagogie, de la vie universitaire, de la recherche et de l'innovation technologique de l'Université Jean Lorougnon Guédé ;
- Il m'a été agréable de remercier le Professeur AKAFFOU Doffou Selastique, Vice-Président chargé de la planification, de la programmation et des relations extérieures, de l'Université Jean Lorougnon Guédé ;
- Je voudrais remercier le Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche de l'Environnement (UFR-Environnement), pour avoir accepté mon inscription au sein de l'UFR qu'il dirige. Je lui suis reconnaissant pour ses encouragements ;
- J'exprime ma profonde gratitude au Professeur BENE Koffi Jean-Claude, Directeur du laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale (BioEcoTrop) de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), pour avoir instauré un cadre de travail favorable au bon déroulement de ce mémoire ;
- Je voudrais témoigner mon infinie reconnaissance au Docteur ALIKO N'Guessan Gustave, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé, Responsable de parcours Protection de l'Environnement et Gestion des Risques (PEGR), par ailleurs, Directeur scientifique de ce mémoire pour avoir porté son choix sur ma modeste personne pour la réalisation de ce travail. Je lui suis infiniment reconnaissant pour avoir sacrifié son précieux temps pour suivre ce travail ;
- Je souhaiterais témoigner mon infinie reconnaissance au Docteur BOUSSOU Koffi Charles, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé, Responsable du parcours Production et Valorisation des Ressources Aquacoles (PVRA), par ailleurs encadreur de ce mémoire. Je lui suis reconnaissant pour son soutien inconditionnel et ses encouragements. C'est un grand honneur pour nous d'avoir travaillé sous sa conduite ;
- Je voudrais remercier le Docteur ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour ses encouragements ;

- J'aimerais exprimer ma grande estime et mes vifs remerciements au Docteur ADON Marie Paulette, Maître Assistant à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour avoir bénéficié de ses conseils scientifiques et sa disponibilité lors de la réalisation de ce travail ;
- Je voudrais remercier particulièrement Docteur KONE Mamadou, Maîtres assistants à l'Université Jean Lorougnon Guédé et Docteur DJIRIEOULOU Kémomadjèhi Claver Assistant à l'Université Jean Lorougnon Guédé pour leur disponibilité ;
- Je suis infiniment reconnaissant aux Docteurs ASSI Sonan Romuald, DOFFOU Jean-Olive et ATTOUNGBRE Kouakou Sévérin pour leur soutien et encouragement ;
- Je remercie tous les doctorants, membres du Groupe de Recherche Ingénierie Ecologique, plus particulièrement AHOUTTOU Koffi Martias, AKO Djiproh Marie-Michael, DAGO Guy, AKATCHI Akouba Agnès, KOUADIO Kouamé Antoine, pour leur contribution à l'amélioration de ce mémoire ;
- Je voudrais dire un grand merci à mes amis de l'UFR Environnement et en particulier à mes camarades de promotion de la filière PVRA (GNAMIEN Joris, SAHIE Léonce, TCHOULAFOLO Konaté, TRAORE Fatoumata, KOFFI Enoch, KONAN Joël, N'GUESSAN Martial, TETCHI Odilon, BROU Jacob, KOUAKOU Ursula). Je leur dis merci du fond du cœur pour leur soutien dans les moments difficiles, leurs encouragements, leurs conseils et leurs contributions dans la réalisation de ce travail ;
- Je voudrais remercier tous les étudiants du Groupe de Recherche en Hydrobiologie et en Ingénierie Ecologique (GRHIE) pour leur fraternité et surtout leurs critiques qui ont permis d'améliorer ce travail ;
- Il m'est particulièrement agréable de manifester ma reconnaissance aux membres du jury pour leur contribution à l'amélioration de ce travail. Que le tout puissant vous bénisse d'avantage ;
- Je remercie tous ceux ou celles, qui de près ou de loin m'ont apporté leur soutien et que j'aurais involontairement omis ;

**TABLE DES MATIERES**

LISTE DES TABLEAUX----- iii

LISTE DES FIGURES----- iv

LISTE DES ANNEXES ----- v

INTRODUCTION..... 1

PREMIERE PARTIE : GENERALITES ..... 3

1.1. Présentation du milieu d'étude ----- 3

1.1.1. Situation géographique----- 3

1.1.2. Climat et végétation ----- 3

1.1.3. Hydrographie ----- 4

1.1.4. Relief et sol ----- 4

1.1.5. Activités anthropiques----- 4

1.2. Peuplement phytoplanctonique----- 4

1.2.1. Définition du phytoplancton----- 4

1.2.2. Systématique du phytoplancton ----- 4

1.2.3. Ecologie du phytoplancton ----- 6

1.2.4. Phytoplancton indicateur de qualité biologique ----- 7

1.2.5. Limnologie du fleuve Bandama----- 8

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES ..... 9

2.1. Matériel----- 9

2.1.1. Matériel d'échantillonnage et de conservation du phytoplancton----- 9

2.1.2. Matériel d'observation et de prise de vue du phytoplancton----- 9

2. 2. Méthodes ----- 10

2.2.1. Choix et description des stations d'échantillonnage ----- 10

2.2.2. Echantillonnage du phytoplancton ----- 12

2.2.3. Observation et identification ----- 13

2.2.4. Caractérisation de la communauté du phytoplancton ----- 13

2.2.4.1. Détermination de la richesse spécifique ----- 13

2.2.4.2. Détermination de l'occurrence ----- 13

2.2.5. Evaluation de l'état trophie selon l'indice de Palmer ----- 14

2.2.6. Traitement statistique----- 15

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION ..... 14

3.1. Résultats ----- 16

3.1.1. Composition du phytoplancton rencontrée dans le cours moyen du fleuve Bandama -- 16

3.1.1.1. Richesse spécifique-----	16
3.1.1.2. Variation spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques-----	25
3.1.1.2.1. Variation spatiale de la richesse spécifique du phytoplancton -----	25
3.1.1.2.2. Variation temporelle de la richesse spécifique du phytoplancton -----	26
3.1.1.3. Occurrence-----	27
3.1.2. Etat trophique des sites prospectés -----	27
3.2. Discussion -----	29
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	30
REFERENCES.....	30
ANNEXES .....	30

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I : Coordonnées géographiques et description des différents stations d'échantillonnages du phytoplancton dans le cours moyen du fleuve Bandama. .... 10

Tableau II : Tableau des indices en fonction des genres de Palmer..... 14

Tableau III : Types de pollutions classées par Palmer (Palmer 1969) ..... 15

Tableau IV : Composition phytoplanctonique des stations de prélèvement dans le cours moyen du fleuve Bandama..... 18

Tableau V : Répartition de l'occurrence des espèces phytoplanctoniques par station ..... 27

Tableau VI : Indice de Palmer dans les différentes stations du cours moyen du fleuve Bandama ..... 28

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Présentation de la zone d'étude (source N'gnessan *et al.*, 2017)..... 3

Figure 2 : Matériel d'échantillonnage et de conservation du phytoplancton..... 9

Figure 3 : Matériel d'observation et de prise de vue ..... 9

Figure 4 : Vue des différentes stations de prélèvement sur le fleuve Bandama..... 11

Figure 5 : Présentation des stations d'étude dans le cours moyen du fleuve Bandama..... 12

Figure 6 : Répartition de la richesse phytoplanctonique par Embranchement rencontrée dans le cours moyen du fleuve Bandama ..... 17

Figure 7 : Répartition spatiale des espèces phytoplanctoniques rencontrées dans le cours moyen du fleuve Bandama..... 25

Figure 8 : Répartition des espèces phytoplanctoniques par Embranchement rencontrée dans le cours moyen du fleuve Bandama ..... 26

Figure 9 : Nombre d'espèces phytoplanctonique par stations en fonction de la saison rencontrée dans le cours moyen du fleuve Bandama ..... 27

**LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1: Planches des quelques taxons inventoriés dans les stations du Bandama étudiée...41

# **INTRODUCTION**

Les écosystèmes aquatiques continentaux jouent un rôle déterminant dans la vie de nombreuses espèces végétales et animales dont l'homme. Ils présentent une interdépendance avec le milieu environnant (Edia, 2008). Cependant, malgré leurs importances, les écosystèmes aquatiques continentaux sont exposés à de nombreuses menaces dues essentiellement à la pression anthropique et aux phénomènes naturels (érosion des sols, précipitation, évaporation, ruissèlement des eaux fluviale) (Ado *et al.*, 2000 ; Sadat *et al.*, 2011). En effet, avec l'essor économique que connaissent les pays en voie de développement, les ressources en eaux sont de plus en plus soumises à une forte pression liée aux activités tels que l'utilisation des pesticides en agriculture, la surpêche, l'élevage, l'industrie et le transport (Adjagodo *et al.*, 2016). En Côte d'Ivoire, les études écologiques révèlent que les pressions anthropiques sont de plus en plus croissantes sur le réseau hydrographique du pays, impactant ainsi la qualité des eaux de ces milieux (Ouattara, 2000 ; Adon *et al.*, 2012 ; Grog, 2012 ; Konan *et al.*, 2015).

Le fleuve Bandama, l'un des principaux cours d'eau de ce réseau hydrographique, semble très perturbé par les activités anthropiques. En effet, son apport hydrique est utilisé par une large gamme de secteurs tels que l'agriculture, la production d'électricité (barrages de Kossou et de Taabo), l'industrie, la production d'eau potable (Korhogo, Bouaké, Yamoussoukro.) (Kouassi *et al.*, 2019). En outre, son bassin versant constitue l'une des plus importantes zones de cultures de rente et de cultures vivrières (Kouassi *et al.*, 2018), mais aussi le lieu d'une forte activité d'orpillage (Goh, 2016 ; Kouadio *et al.*, 2018). Les travaux de Kouadio *et al.* (2018) et de Konan *et al.* (2015) révèlent que l'exploitation aurifère connaît un essor dans les territoires du Département de Bouaflé. Selon Aboua (2012), la partie du Bandama situé dans cette région est fortement perturbée. Pourtant, le Bandama est considéré comme le fleuve le plus important de la Côte d'Ivoire du fait qu'il soit le seul fleuve à avoir son bassin versant entièrement dans le pays (Aboua, 2012). Il présente ainsi une importance économique, énergétique, environnementale majeure et d'intérêt national (Kouassi *et al.*, 2018). Au vue de ce qui précède, la surveillance de la qualité écologique de ces milieux aquatiques s'avère nécessaire et impérieuse.

Ainsi, pour maîtriser et surveiller la qualité écologique de ces écosystèmes aquatiques, il est nécessaire d'étudier la composition et la structure des organismes phytoplanctoniques qui y vivent. En effet, le phytoplancton, à la base de la chaîne trophique, joue un rôle majeur dans le fonctionnement et le maintien des écosystèmes aquatiques. Il produit de l'oxygène nécessaire à la survie des communautés hétérotrophes (poissons, zooplancton, crustacés) grâce à la photosynthèse (Reynolds, 1998 ; Hansen *et al.*, 2001). De plus, il constitue une source de nourriture pour les consommateurs et assure le transfert d'énergie vers les niveaux trophiques

les plus élevés (Angelier, 2000 ; Schlumberger & Bouretz, 2002). Ces organismes contribuent à l'épuration du milieu par l'absorption des éléments minéraux dissous nécessaire à sa croissance. Le phytoplancton est donc fortement contrôlé par les conditions du milieu (Padisak *et al.*, 2006 ; Salmaso *et al.*, 2006 ; Anneville *et al.*, 2008). Il est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre aux pollutions anthropiques, aux variations climatiques et aux vieillissements des écosystèmes aquatiques. Cependant, un développement excessif du phytoplancton affecte la qualité des eaux de consommation et provoque le développement de certaines espèces productrices de toxine (Landsberg 2002 ; Smith, 2003 ; Rondel *et al.*, 2008 ; Carmichael *et al.*, 2010). Selon Fqih *et al.* (2000) et Hays *et al.* (2005), le phytoplancton est l'un des indicateurs des changements climatiques les plus fiables.

Le présent mémoire intitulé : « Composition et structure du phytoplancton dans le cours moyen du fleuve Bandama sous influence de l'orpaillage dans la Région de la Marahoué (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire) s'inscrit dans ce contexte.

L'objectif général du présent travail est de connaître la variation spatio-temporelle du phytoplancton du Bandama. Il s'agit de façon spécifique d'inventorier le peuplement phytoplanctonique et d'évaluer l'état trophique du milieu à partir de l'indice de Palmer.

Le présent mémoire s'articule autour de trois grandes parties. La première partie présente les considérations générales relatives aux phytoplanctons et la zone d'étude. L'approche méthodologique est exposée dans la seconde partie. La troisième partie présente les résultats qui sont par la suite discutés. Le mémoire s'achève par une conclusion et des perspectives de recherche.

**PREMIERE PARTIE :**  
**GENERALITES**

## 1.1. Présentation du milieu d'étude

### 1.1.1. Situation géographique

La présente étude a été menée dans le bassin versant du Bandama au niveau de la région de la Marahoué au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire entre le 5°15 et 6°30 de longitude Ouest et le 6°00 et 8°00 de latitude Nord. La région de la Marahoué est limitée au Nord par la Région du Béré, au Sud par la Région du Gôh, à l'Est par les Régions du Gbêké et du Bélier et à l'Ouest par la Région du Haut-Sassandra (Figure 1). La région de la Marahoué couvre une superficie de 9 092,48 km<sup>2</sup>. (Irié *et al.*, 2015)

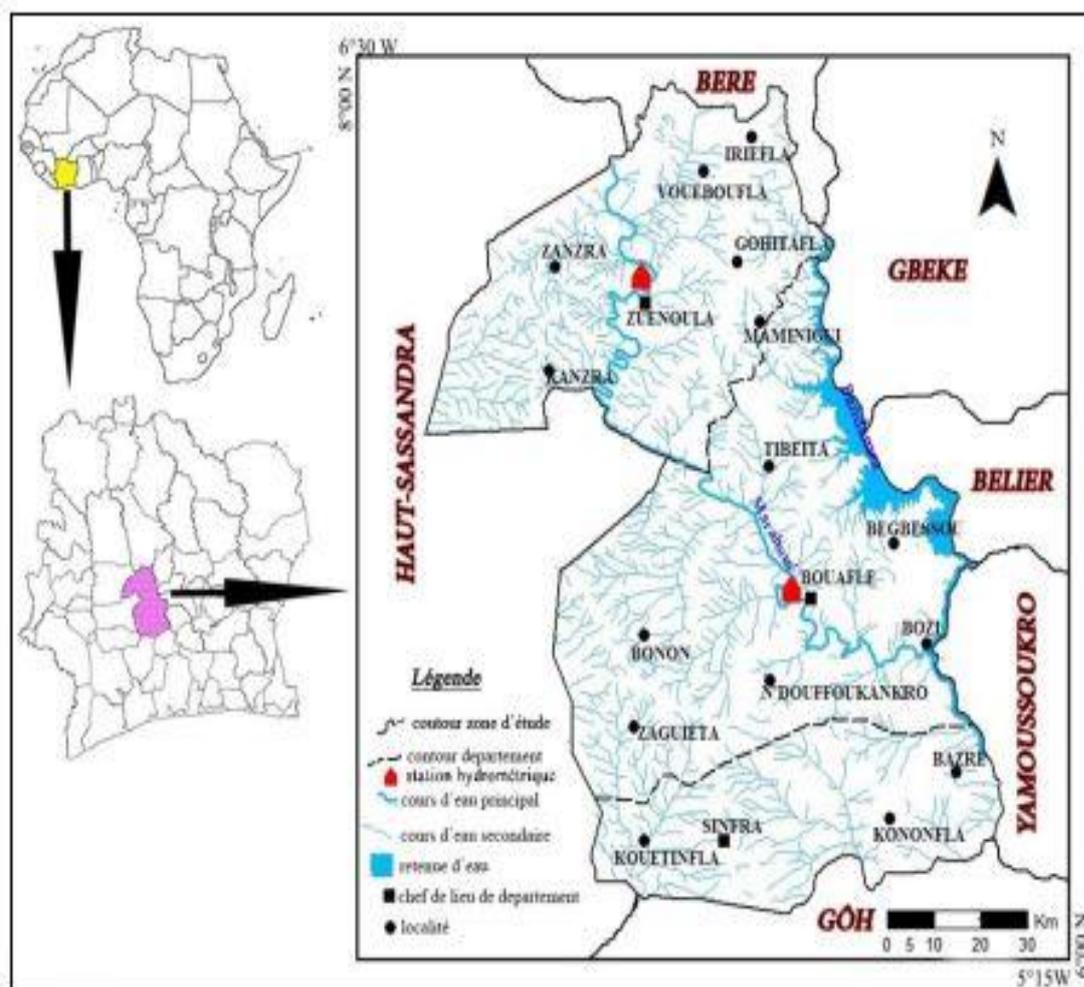


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude (source N'gnessan *et al.*, 2017)

### 1.1.2. Climat et végétation

La région de la Marahoué est une zone de transition entre la forêt dense au Sud et à l'Ouest et la savane arborée au Nord et à l'Est, caractéristique de la région du V baoulé (Diomandé, 2014). Le Climat est de type baouléen caractérisé par quatre saisons une grande saison sèche (de

décembre à fin février), une grande saison de pluie (de mars à juin), une petite saison sèche (de juillet à août) et une petite saison de pluie (de septembre à novembre) (Irié *et al.*, 2015).

### **1.1.3. Hydrographie**

Le réseau hydrographique est dense. La Région est drainée par le fleuve Bandama rouge, la Marahoué, le lac Kossou et les rivières Baha, Ouréné, Bôlè, Zabré, Bouré, Dromonyi. Par ailleurs, le fleuve possède de nombreux affluents qui tarissent en saison sèche (Kouame, 2007).

### **1.1.4. Relief et sol**

Le relief de la région est composé de bas plateaux avec quelques bas-fonds et de collines dont l'altitude moyenne est de 260 m. Le sol est de type ferrallitique et dénaturé sur les rives du Bandama, les sols sont hydromorphes sous une forte pluviométrie. Le substratum géologique est fait de schistes, de cuirasses latéritique et de roches vertes (Jaujou, 1970).

### **1.1.5. Activités anthropiques**

La population de la Région de la Marahoué est estimée à 862344 habitants selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2014. Les activités anthropiques exercées dans cette région sont l'agriculture, l'élevage, la pêche, l'exploitation forestière, l'industrie agro-alimentaire, le commerce et l'orpillage. L'exploitation artisanale de l'or est pratiquée tout le long du Bandama blanc dans la partie sud de Bouaflé (Konan *et al.* 2018). L'exploitation moderne de l'or est assurée par deux sociétés dans le département de Bouaflé.

## **1.2. Peuplement phytoplanctonique**

### **1.2.1. Définition du phytoplancton**

Le phytoplancton est constitué par l'ensemble du plancton végétal, c'est-à-dire des microorganismes photosynthétiques qui sont libres, passifs et en suspension dans la colonne d'eau. Il se situe le plus souvent dans la couche supérieure éclairée des masses d'eau, dite zone euphotique dont la limite inférieure correspond à la profondeur recevant 1 % de la lumière incidente (Skulberg, 1996).

### **1.2.2. Systématique du phytoplancton**

Le phytoplancton regroupe deux catégories bien marquées d'organismes en se basant sur un caractère cytologique, à savoir la présence ou l'absence de membrane nucléaire. Les individus

qui en sont pourvus sont classés sous le nom d'eucaryotes ou algues vraies, ceux qui en sont dépourvus sous le nom de procaryotes ou Cyanobactéries (Coute & Chauveau, 1994).

Les algues d'eau douce sont représentées par environ 13500 espèces appartenant à 1100 genres (Bourrelly, 1990). Suivant la classification basée sur les critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproductifs, différents embranchements de microalgues ci-dessous présentés dans le milieu aquatique sont distingués.

❖ Les Cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des micro-organismes procaryotes (sans membrane nucléaire définie) qui se distinguent des autres embranchements. Ces micro-organismes sont dépourvus de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux (De Reviers, 2003).

❖ Les Chlorophyta

Les chlorophyta sont un groupe important, principalement rencontré en eau douce. Les microorganismes de ce groupe sont de formes très variables avec des cellules isolées ou associées. Ce groupe forme ponctuellement des blooms, colorant l'eau en vert. Selon Iltis (1980), les Chlorophyta regroupent plus de 600 genres et sont bien représentées dans les eaux douces tropicales.

❖ Les Bacillariophyta

Les Bacillariophyta ou Diatomées sont des organismes eucaryotes qui engloberaient plus de 200 000 espèces (Mann & Droop, 1996). Elles représentent l'un des groupes les plus importants du phytoplancton même si beaucoup d'espèces sont sessiles ou associées aux substrats littoraux. Leur caractéristique principale est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée frustule (Germain, 1981). C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton communément divisé en deux groupes : les diatomées centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées qui ont une symétrie bilatérale.

❖ Les Chrysophyta

Les Chrysophyta sont des algues unicellulaires ou coloniales, dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique (Wetzel, 2001). Les Chrysophyta sont essentiellement uniflagellés mais d'autres possèdent deux flagelles. Plusieurs de ces espèces, dépourvues de paroi cellulaires sont entouré d'une membrane cytoplasmique. D'autres possèdent une surface cellulaire couverte de plaques ou d'écailles siliceuses ou calcaires

### ❖ Les Xanthophyta

Regroupant plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles, Les Xanthophyta vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament (Ettl, 1978). Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente, la paroi cellulaire est souvent absente et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces. La grande majorité des Xanthophyta est dulçaquicole, mais certaines se rencontrent dans les eaux saumâtres ou marines (De Reviere, 2003).

### ❖ Les Pyrrophyta

Les pyrrophyta sont des organismes microalgues divisés en Dinophycées (ou Péridiniens) et Cryptophycées :

Les dinophycées appelées aussi dinoflagellés ou péridiniens sont composés de deux valves au contour plus ou moins globuleux terminées chacune par une pointe au niveau duquel s'insère un flagelle dévaginable, ces flagelles permettent un déplacement par rotation. (Oertli & Frossard, 2013).

Les cryptophycées (200 espèces environ) toutes unicellulaires possèdent deux flagelles à insertion latérale (Oertli & Frossard, 2013). Ce sont des flagellés unicellulaires (cryptomonas, rhodomonas) renfermant en plus de la chlorophylle d'autres pigments comme caroténoïdes et des biliprotéines. Cette composante du manoplancton (plancton dont la taille est égale ou inférieure à 20 µm) constitue une nourriture facilement ingérable pour les rotifères et les crustacés filtreurs (daphania, bosmina) (Balvayt & Druart, 2009).

### ❖ Les Euglenophyta

Les Euglenophyta sont des algues unicellulaires, généralement mobiles et flagellées, réparties selon Sheath & Wehr (2003), ils sont recensés en 13 genres et plus de 2 000 espèces. Les cellules mobiles possèdent un ou deux flagelles (De Reviere, 2003).

## 1.2.3. Ecologie du phytoplancton

Le phytoplancton, base de la chaîne trophique pélagique est responsable d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques (Azam & Malfatti, 2007). Selon Chisholm (1995) et Behrenfeld *et al.* (2001), les organismes phytoplanctoniques représentent seulement 1% de la biomasse des organismes photosynthétiques sur terre mais assurent 45% de la production primaire. Il est également un bon bio-indicateur car il possède un ensemble de caractères pour une évaluation rigoureuse de la qualité des eaux. Il est fortement influencé par les changements environnementaux (Padisák *et al.*, 2006 ; Salmaso *et al.*, 2006 ; Anneville *et al.*, 2008), et considéré comme étant la première communauté biologique à

---

répondre à l'eutrophisation. Selon Hays *et al.* (2005), le phytoplancton est l'un des indicateurs des changements climatiques les plus fiables du fait :

- qu'il n'est pas exploité par l'homme ;
- de son cycle de vie court qui permet le suivi de l'évolution de la taille de la population ;
- de la dépendance du plancton face à la température et aux courants qui fait que le moindre changement de ces facteurs se traduit sur la distribution planctonique ;
- de la non linéarité de la réponse biologique qui met en évidence les perturbations quelles que soient même les plus discrètes.

Cependant, la prolifération de certaines espèces peut donner diverses colorations au volume d'eau et peut même constituer des masses importantes à la surface ou en se déposant sur les berges (Arrignon, 1998). Il peut être aussi responsables de la dégradation de la qualité de l'eau, c'est l'exemple de quelques Cyanobactéries. Les effets indésirables liés à leurs proliférations sont entre autres dues à l'augmentation de la turbidité des eaux, la mort des plantes aquatiques, la gêne des activités nautiques. Ils entraînent des nuisances olfactives et, la perturbation du fonctionnement des systèmes de traitement des eaux d'alimentation (colmatage des filtres, consommation accrue en réactifs de traitement) et une dégradation de la qualité des eaux de consommation insuffisamment traitées (présence de toxines et / ou de métabolites odorants) (Chorus & Bartram, 1999).

#### **1.2.4. Phytoplancton indicateur de qualité biologique**

La distribution des espèces végétales, notamment des algues, dans un hydrosystème fluvial dépend de diverses interactions complexes (Large *et al.*, 1993). En effet, elle est principalement influencée par les facteurs hydrodynamiques (vitesse de courant, nature et stabilité du substrat) et hydrochimiques (cycles des éléments nutritifs, pH). Divers facteurs conditionnant la disponibilité de l'énergie solaire utilisable pour la photosynthèse (transparence de l'eau, ombrage) y interviennent également (Cabioc'h *et al.*, 1992). L'azote et surtout le phosphore sont des facteurs limitants de la production d'algale en eau douce (Prygiel & Coste, 2000). Ils interviennent également dans la définition du statut trophique des milieux lentiques et lotiques. Une classification basée sur la teneur en nutriments permet d'opposer les espèces oligotrophes électives des eaux pauvres en nutriments aux espèces hypereutrophes, abondantes dans les eaux où les nutriments sont en excès. L'influence des facteurs hydrochimiques est complexe et spécifique à chaque milieu. Elle est fonction de l'occupation du sol et de la géologie du bassin versant.

---

### 1.2.5. Limnologie du fleuve Bandama

La composition qualitative du phytoplancton a été inventoriée dans le N'Zi à hauteur de Katiola et Bouaké, dans le Bandama en amont de la retenue de Kossou et dans la Marahoué vers Bouafilé par Lévêque *et al.* (1983) et sur le Bandama blanc et ses affluents par Adon *et al* (2017). Ces auteurs ont dénombré 163 taxons dans le N'Zi, 232 taxons dans le Bandama-Blanc en amont de la retenue Kossou, 118 dans la Marahoué et 160 taxons dans le Bandama blanc et ses affluents. Les Chlorophyceae (44 à 66 %), les Cyanophyceae (6 à 18 %) et les Euglenophyceae (13 % à 31 %) sont représentées par la majorité des taxons. Les autres groupes (Pyrrhophytes, Chrysophyceae, Xanthophycac) avec 5 %, à 7 % y sont moins représentés. La flore algale du Bandama se distingue par une dominance moins nette des Chlorophyceae et un pourcentage plus élevé des Euglenophyceae.

**DEUXIEME PARTIE : MATERIEL  
ET METHODES**

## 2.1. Matériel

### 2.1.1. Matériel d'échantillonnage et de conservation du phytoplancton

Les organismes phytoplanctoniques ont été prélevés à l'aide d'un filet à plancton de 20  $\mu\text{m}$  de vide de maille (Figure 2a) et d'un préleveur intégré (Figure 2b). Des piluliers de 120 ml (Figure 2c) ont été utilisés pour la conservation des échantillons, et une solution de formol commerciale de concentration 5 % pour la fixation de ceux-ci.



Figure 2 : Matériel d'échantillonnage et de conservation du phytoplancton  
a : filet à plancton ; b : préleveur intégré ; c : piluliers

### 2.1.2. Matériel d'observation et de prise de vue du phytoplancton

Pour l'observation des espèces phytoplanctoniques, un microscope photonique de marque Optika (Figure 3a) a été utilisé. Un micromètre (Figure 3b) et un appareil photo numérique de marque Nikon (Figure 3c) ont servi respectivement pour la mesure et les prises de vues des espèces.



Figure 3 : Matériel d'observation et de prise de vue  
a : microscope optique ; b : un micromètre ; c : appareil photo numérique

## 2. 2. Méthodes

### 2.2.1. Choix et description des stations d'échantillonnage

Le choix des différentes stations a été fait sur la base de la facilité d'accès et des activités anthropiques telles que l'agriculture, la pêche et l'orpaillage auxquelles celles-ci sont assujetties. La collecte du phytoplancton a été réalisée mensuellement d'Octobre 2019 à Janvier 2020 en raison d'une campagne par mois. Le prélèvement du phytoplancton a été réalisée dans une station sur le Lac Kossou (St1) et dans trois stations (St2, St3 et St4) dans le fleuve Bandama (Tableau 1 ; Figure 5).

Tableau I : Coordonnées géographiques et description des différents stations d'échantillonnages du phytoplancton dans le cours moyen du fleuve Bandama.

Station	Latitude	Longitude	DESCRIPTION
<b>St1</b>	7,037447	-5,472977	Ce site est situé sur le lac Kossou en amont du barrage hydroélectrique de Kossou. L'eau est claire, La berge est constituée de gravier abritant quelques arbustes. Il s'y déroule une intense activité de pêche se traduisant par des débarcadères de fortune. Aucun signe des activités d'orpaillage (Figure 4a).
<b>St2</b>	7,0289018	-5,480896	Ce site est situé sur le fleuve Bandama en aval du barrage hydroélectrique de Kossou. L'eau est claire et les berges du fleuve bien conservées. Des activités d'orpaillage sont observées en aval de ce site (Figure 4b).
<b>St3</b>	6,9153002	-5,525612	Situé sur le Bandama près du village appelé Bambakro. Eau trouble, presence activités d'orpaillage (Figure 4c).
<b>St4</b>	6,8998816	-5,529042	Ce site est situé sur le confluent Bandama blanc et Bandama rouge. L'eau est trouble et il y'a une presence activités d'orpaillage (Figure 4d).

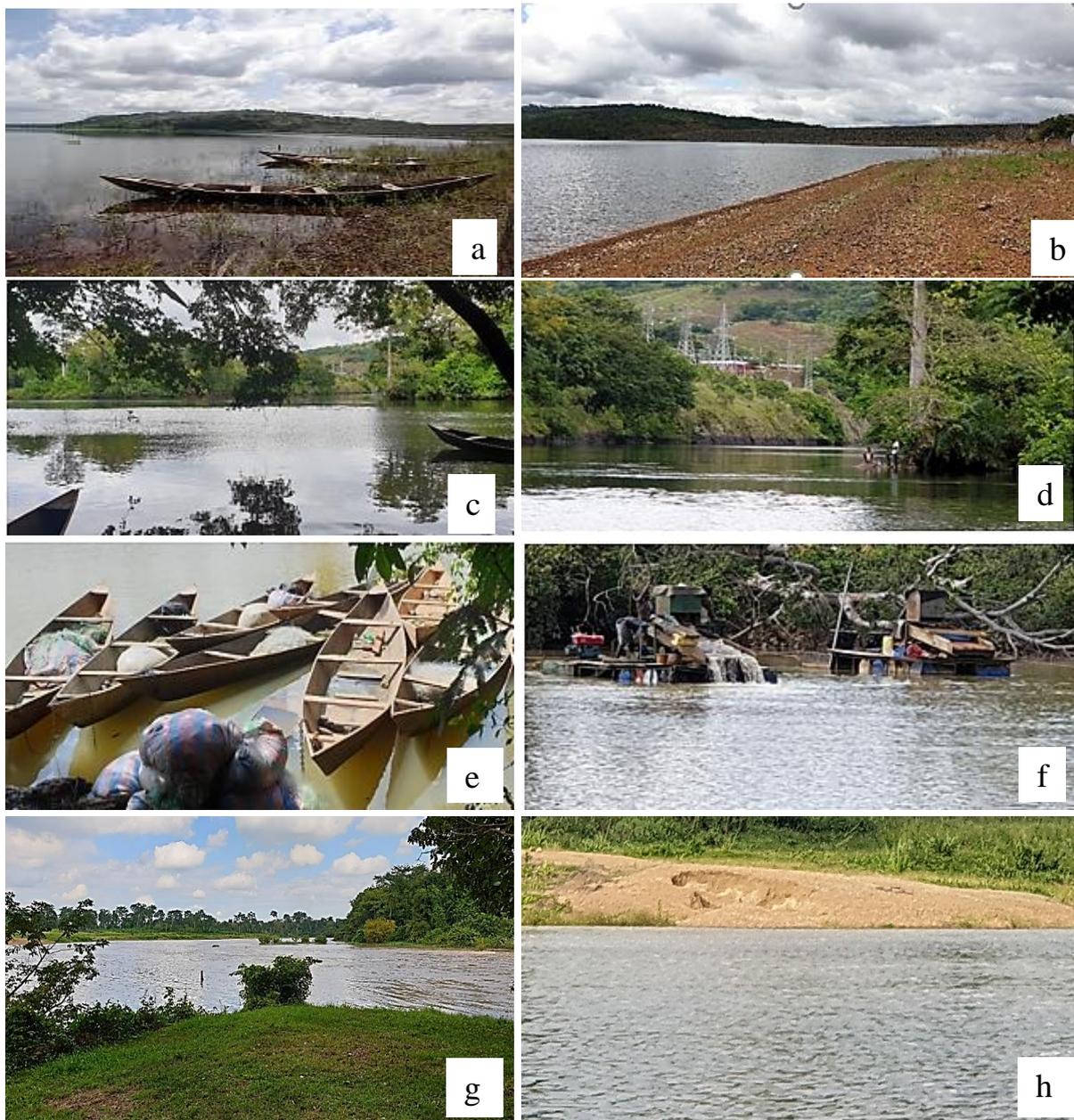


Figure 4 : Vue des différentes stations de prélèvement sur le fleuve Bandama.

a et b : vue de la station 1 ; c et d : vue de la station 2 ; e et f : vue de la station 3 ; g et h : vue de la station 4

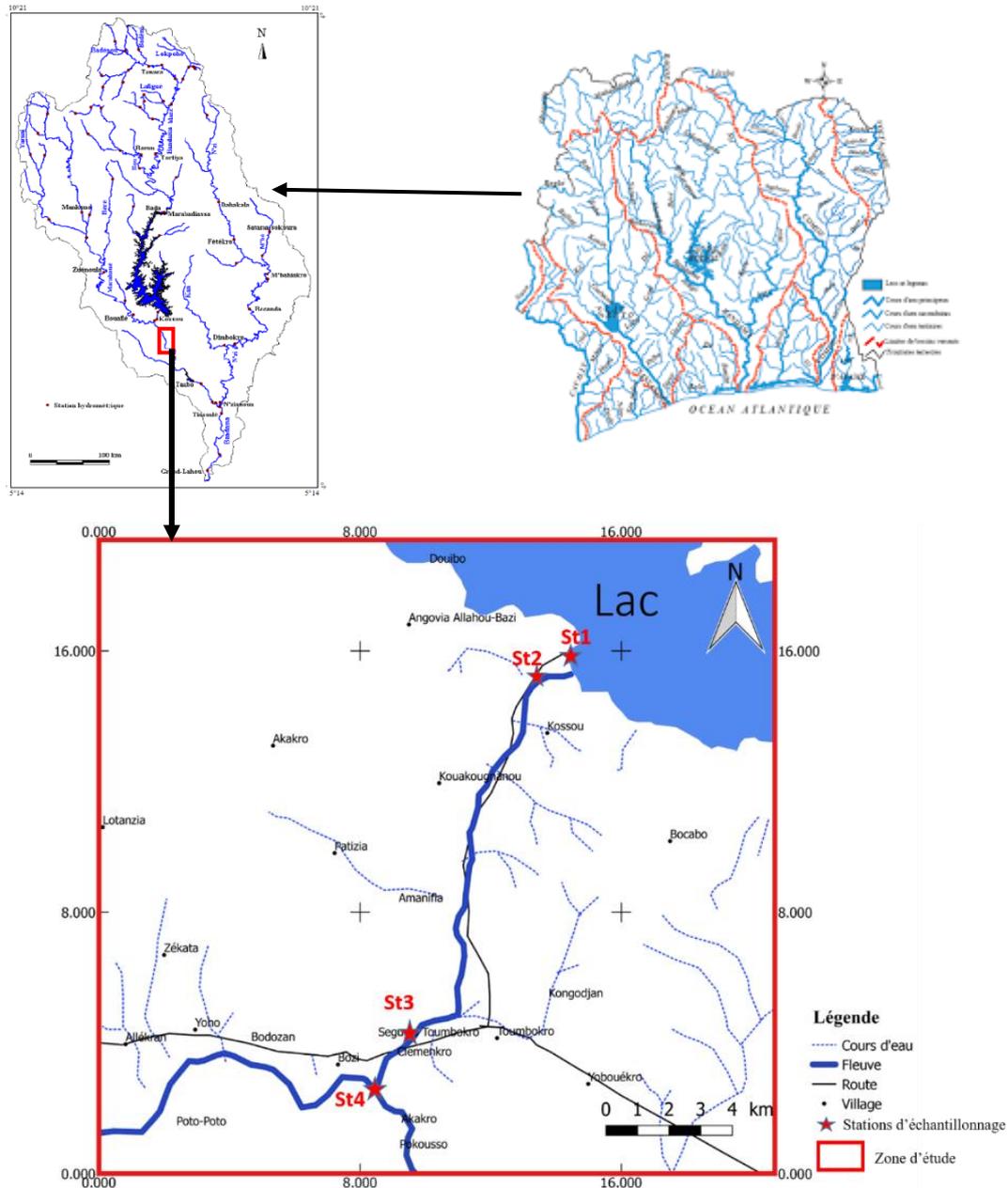


Figure 5 : Présentation des stations d'étude dans le cours moyen du fleuve Bandama

Source (Konan et al., 2015 modifié)

### 2.2.2. Echantillonnage du phytoplancton

L'échantillonnage du phytoplancton a été fait entre 6h et 10h du matin. A cet effet, deux modes de prélèvements ont été réalisés dans chacune des stations selon les travaux de Ouattara (2000). Le premier mode de prélèvement est qualitatif et s'est réalisé à partir de la filtration de 30 L à l'aide d'un filet à plancton. Le filtrat obtenu a été conservé dans des piluliers de 120 ml puis fixé au de formol 5% pour les analyses au laboratoire. Le deuxième mode de prélèvement est quantitatif et a consisté au prélèvement d'un litre (1L) d'eau à partir d'un préleveur intégré. Après avoir laissé reposer l'échantillon, le culot est traité comme précédemment. Ce mode de

prélèvement permet de compléter les récoltes qualitatives en recueillant les algues de très petites tailles qui passent à travers les vides de mailles du filet à plancton.

### **2.2.3. Observation et identification**

Après sédimentation des organismes au fond des piluliers, une goutte de l'échantillon est prélevée à l'aide d'une pipette puis montée entre lame et lamelle. Cette goutte est observée au microscope photonique. Un micromètre et un appareil photo numérique de marque Nikon ont servi respectivement pour la mesure et les prises de vues des différents taxons. L'identification des espèces s'est fait à l'aide de document et de clés d'identification de Thienemann (1950 ; 1955), Bourrelly (1966 ; 1968), Compère (1975 ; 1989), Komárek & Fott (1983), Bourrelly & Couté (1986), Komárek & Anagnostidis (1989 ; 1999), Ouattara *et al.* (2000) et Komárek & Anagnostidis (2005). La classification proposée dans la clé établie par les éditeurs de la "Süßwasserflora" (Starmach, 1985) a été adoptée dans cette étude. Le nom des taxons identifiés a été actualisé par la vérification sur des sites ([www.algaweb.net](http://www.algaweb.net) et [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

### **2.2.4. Caractérisation de la communauté du phytoplancton**

#### **2.2.4.1. Détermination de la richesse spécifique**

La richesse spécifique est le nombre total de taxons recensés dans un site donné et/ou à un moment donné. Cette richesse se fonde directement sur le nombre total de taxons observés dans un site. Un grand nombre d'espèces fait augmenter la diversité spécifique. Toutefois, cette richesse dépend de la taille des échantillons et ne considère pas l'abondance relative des différentes espèces (Travers, 1971).

#### **2.2.4.2. Détermination de l'occurrence**

La constance (F), appelée aussi fréquence ou occurrence, est l'indice de présence de l'espèce dans le milieu. Cet indice est exprimé en pourcentage et est déterminé par la formule suivante (Dajoz, 2000).

$$F = \frac{n_i}{N} \times 100$$

$n_i$  = nombre de relevés où l'espèce est présente ;

$N$  = nombre total des prélèvements.

En fonction de la valeur de F trois groupes d'espèces sont distingués :

- i-) espèces constantes ( $F \geq 50\%$ ) ;
- ii-) espèces accessoires ( $25\% \leq F < 50\%$ )
- iii-) espèces accidentelle ( $F < 25\%$ ).

### 2.2.5. Evaluation de l'état trophie selon l'indice de Palmer

L'indice de Palmer (1969) basé sur le genre a été utilisé pour déterminer l'état trophie des stations d'échantillonnage. Vingt (20) genres les plus fréquents ont été pris en compte (Tableau II). Un facteur d'indice de pollution a été attribué à chaque genre en déterminant le nombre relatif de points totaux marqués par chaque algue, pour classer les échantillons d'eau comme étant fortement, moyennement ou faiblement pollués par des substances organiques. Un facteur d'indice de pollution de 1 à 5 a été attribué à chacun des 20 types d'algues qui sont les plus tolérants à la pollution organique. Les types d'algues les plus tolérants à la pollution organique ont reçu un facteur de 5. Les types moins tolérants se sont vus attribuer un chiffre inférieur. Le type de pollution organique est déterminé en fonction de la somme totale des genres rencontrés (tableau II).

Tableau II : Tableau des indices en fonction des genres de Palmer

genres	Indice de pollution de palmer (1969)
Euglena	5
Oscillatoria	5
Chlamydomonas	4
Scenedesmus	4
Chlorella	3
Navicula	3
Nitzschia	3
Ankistrodesmus	2
Phacus	2
Stigeoclonium	2
Anacystis	1
Synedra	1
Closterium	1
Cyclotella	1
Gomphonema	1
Lepocinclis	1
Melosira	1
Micractinium	1
Pandorina	1
Phormidium	1
Total	-

Tableau III : Types de pollutions classées par Palmer (Palmer 1969)

Indice de pollution	Statuts de la pollution
<15	Pollution organique légère
15 à 20	Pollution organique moyenne
>20	Forte pollution organique

### **2.2.6. Traitement statistique**

Dans le souci d'une comparaison spatio-temporelle entre les stations et les saisons pris deux à deux, des tests paramétriques de l'ANOVA à 1 facteur et non-paramétriques de Kruskal-Wallis (au seuil de significativité de 5%) (comparaisons multiples) et de Mann-Whitney (comparaison de deux échantillons) ont été réalisés. Avant toutes les analyses, des tests de normalité (test de Shapiro-Wilk) et d'homogénéité (test de Levene) ont été effectués sur les variables. Quand les paramètres respectent les tests de normalité et d'homogénéité, ils sont soumis à l'ANOVA à 1 facteur. Ces traitements statistiques ont été réalisés à partir du logiciel PAST (ver. 4.02)

**TROISIEME PARTIE : RESULTATS  
ET DISCUSSION**

### 3.1. Résultats

#### 3.1.1. Composition du phytoplancton rencontrée dans le cours moyen du fleuve Bandama

##### 3.1.1.1. Richesse spécifique

Cette étude a permis de dénombrer 206 espèces réparties en 62 genres, 36 familles, 20 ordres, 11 classes et 6 embranchements (Tableau III). L'embranchement des Chlorophyta avec 126 espèces (soit 61,17 %) est le plus diversifié. Il est suivi des Euglenophyta composé de 31 espèces (soit 15,05 %) et des Cyanobactéria 24 espèces (soit 11,65%). Les Pyrrophyta (10 espèces, soit 4,85 %), Bacillariophyta (10 espèces, soit 4,85 %) et Xanthophyta (5 espèces, soit 2,43 %) sont les moins représentés soit 12,13% (Figure 5).

Les Chlorophyta sont constitués de trois classes à savoir les Zygnematophyceae (87 espèces), les Chlorophyceae (38 espèces) et les Trebouxiophyceae (1 espèces). La classe des Zygnematophyceae est la plus riche et comporte deux ordres, l'ordre des Zygnematales (85 espèces) et l'ordre des Volvocales (2 espèces). L'ordre des Zygnematales est composé principalement de la famille des Desmidiaceae. Dans cette famille les genres les plus représentés sont, *Staurastrum* (48 espèces), *Cosmarium* (19 espèces) et le genre *Staurodesmus* (10 espèces). Quant aux Chlorophyceae, elles sont représentées uniquement par les Chlorococcales. La famille dominante dans cet ordre est celle des Scenedesmaceae avec 20 espèces. Concernant l'embranchement des Euglenophyta, le groupe est uniquement constitué de la seule classe des Euglenophyceae (31 espèces). Cette classe est composée également du seul ordre des Euglenales avec 2 familles (Euglenaceae et Phacaceae). Les principaux genres qui les représentent sont respectivement le genre *Trachelomonas* (15 espèces) et le genre *Phacus* (13 espèces). Le nombre d'espèces de Cyanobacteria est faible par rapport aux deux premiers groupes. Cet embranchement est constitué que de la classe des Cyanophyceae, Dans cette classe l'ordre le plus représente est celui des Synechococcales. Les familles les plus représenté dans cet ordre sont Leptolyngbyaceae et des Merismodiaceae avec 4 espèces chacun. L'embranchement des Pyrrophyta, quant à lui est constitué uniquement de l'ordre des Peridinales appartenant à la classe des Dinophyceae. Cet ordre est représenté principalement par le genre *Peridinium* (6 espèces) appartenant à la famille des Peridiniaceae et le genre *Peridiniopsis* (3 espèces) appartenant à la famille des Peridinipsidaceae.

Les Bacillariophyta et Xanthophyta les sont représentés respectivement par 10 espèces et 5 espèces. Les Bacillariophyta sont essentiellement représentés par la classe des Fragilariophyceae. Cette classe renferme 4 ordres et 4 familles dont le plus représenté est celle

des Bacillariaceae avec 2 espèces. Quant aux xanthophyta, il est représenté par 2 classes (Raphidophyceae et Xanthophyceae). Les Xanthophyceae représente la principale classe de cet embranchement avec 2 ordres (Mischococcales et Tribonematales) et 3 familles (Centrtractaceae, Tribonematales, Pleurochloridaceae). La famille des Centrtractaceae est le plus riche avec 2 espèces.

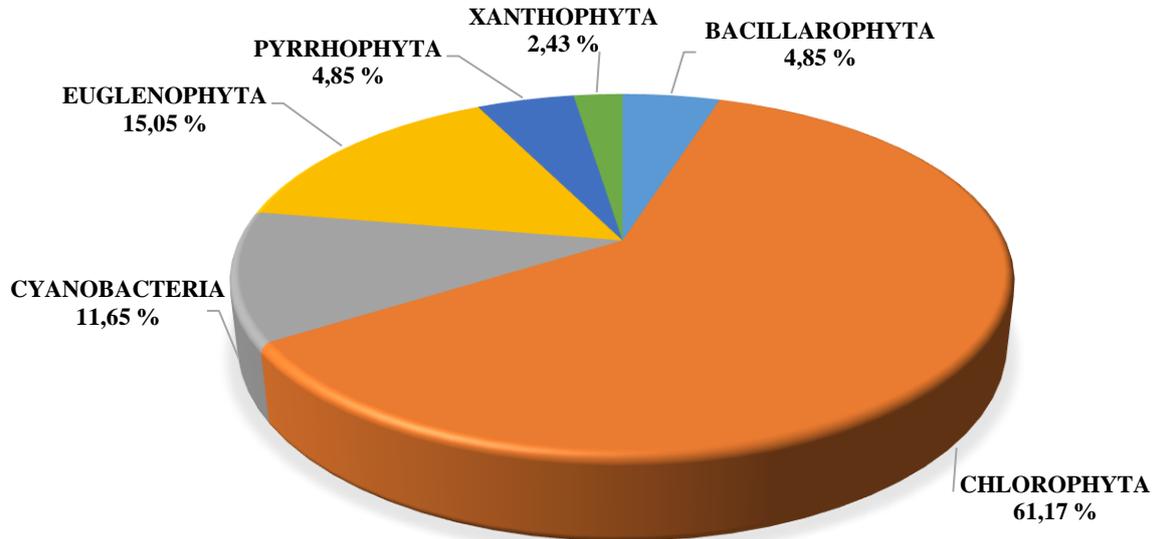


Figure 6 : Répartition de la richesse phytoplanctonique par Embranchement rencontrée dans le cours moyen du fleuve Bandama

Tableau IV : Composition phytoplanctonique des stations de prélèvement dans le cours moyen du fleuve Bandama FO : Fréquence d'occurrence

Taxons	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
	FO	FO	FO	FO
<b>BACILLARIOPHYTA</b>				
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>				
<b>EUNOTIALES</b>				
<b>Eunotiaceae</b>				
<i>Eunotia</i> sp.	25			
<b>COSCINODISCOPHYCEAE</b>				
<b>AULACOSEIRALES</b>				
<b>Aulacoseiraceae</b>				
<i>Aulacoseira ambigua</i>	75	50	25	25
<i>Aulacoseira granulata</i>	50	100	50	50
<b>MELOSIRALES</b>				
<b>Melosiraceae</b>				
<i>Melosira granulata</i>	25	25		
<i>Melosira varians</i>		25	25	
<b>FRAGILARIOPHYCEAE</b>				
<b>BACILLARIALES</b>				
<b>Bacillariaceae</b>				
<i>Nitzschia</i> sp1.		50	25	25
<i>Nitzschia</i> sp2.	25			
<b>CYMBELLALES</b>				
<b>Gomphonemataceae</b>				
<i>Gomphonema augur</i>	25			
<b>FRAGILARIALES</b>				
<b>Fragilariaceae</b>				
<i>Fragilaria crotonensis</i>		25		
<b>NAVICULALES</b>				
<b>Nivaculaceae</b>				
<i>Navicula</i> sp.	25	25		
<b>CHLOROPHYTA</b>				
<b>CHLOROPHYCEAE</b>				
<b>CHLOROCOCCALES</b>				
<b>Chlorellaceae</b>				
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		25		
<b>Chlorococcaceae</b>				
<i>Goniochloris mutica</i>	25			
<i>Pseudostaurastrum limneticum</i>	25	50	50	25
<i>Pseudostaurastrum gracile</i>		25		
<i>Tetraedron trigonum</i>				25

Taxons	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
	FO	FO	FO	FO
<i>Tetraeëdron enorme</i>		25		
<b>Coelastraceae</b>				
<i>Coelastrum cruciatum</i>			25	
<i>Coelastrum microporum</i>	75	75	75	25
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>		25		
<i>Coelastrum astroideum</i>	25		25	
<b>Hydrodictyaceae</b>				
<i>Pediastrum biradiatum</i>				25
<i>Pediastrum duplex</i>	25	75	50	50
<i>Pediastrum simplex</i>	100	100	75	75
<i>Pediastrum tetras</i>	25	25	50	
<b>Oocystaceae</b>				
<i>Nephrocytium agardhianum</i>				25
<i>oocystis solitaria</i>		25		
<b>Palmellaceae</b>				
<i>Treubaria schmidlei</i>			25	
<i>Treubaria setigera</i>		25		
<b>Scenedesmaceae</b>				
<i>Crucigenia sp</i>			25	
<i>Desmodesms obliquus</i>		25		
<i>Desmodesmus acuminatus</i>		25		25
<i>Desmodesmus communis</i>	25			
<i>Desmodesmus magnus</i>			25	
<i>Desmodesmus maximus</i>	25			
<i>Desmodesmus opoliensis</i>	25	50	50	
<i>Desmodesmus protuberans</i>		25		25
<i>Desmodesmus quadricauda</i>	25		25	
<i>Scenedesmus acutiformis</i>			25	
<i>Scenedesmus obtusus</i>		25		
<i>Scenedesmus bernadii</i>	25			25
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>			25	
<i>Scenedesmus javanensis</i>	25			25
<i>Scenedesmus naegelii</i>	25		25	
<i>Scenedesmus pectinatus</i>		50		25
<i>Scenedesmus quadricauda</i>				25
<i>Scenedesmus sp</i>	25			
<i>Selenastrum gracile</i>			25	
<i>Tetrastrum staurogeniaforme</i>				25
<b>TREBOUXIOPHYCEAE</b>				
<b>CHLORELLALES</b>				25
<b>Chlorellaceae</b>				
<i>Acanthosphaera zachariasii</i>				25

Taxons	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
	FO	FO	FO	FO
<b>ZYGNEMATOPHYCEAE</b>				
<b>VOLVOCALES</b>				
<b>Volvaceae</b>				
<i>Eudorina</i> sp.	25			
<i>Pandorina morum</i>	50	75	50	50
<b>ZYGNEMATALES</b>				
<b>Desmidiaceae</b>				
<i>Arthrodesmus curvatus</i>	50			
<i>Closterium gracile</i>	25			
<i>cosmarium beatum</i>	25			
<i>Cosmarium bipunctatum</i>	25			
<i>cosmarium connatum</i>		25		
<i>Cosmarium contractum</i>	50	25	25	25
<i>Cosmarium depressum</i>	25	50		25
<i>Cosmarium majae</i>				25
<i>Cosmarium moniliforme</i>	100	50	25	25
<i>Cosmarium ordinatum</i>		25		
<i>Cosmarium ornatum</i>	25			
<i>Cosmarium pachydermum</i>			25	
<i>Cosmarium pseudoconnatum</i>	25			
<i>Cosmarium pseudoretustm</i>	25			
<i>Cosmarium quadrum</i>	25			
<i>Cosmarium sphaerostichum</i>	25			
<i>Cosmarium sportella</i>	50			
<i>Cosmarium subauriculatum</i>				25
<i>Cosmarium subtumidum</i>		25		
<i>Cosmarium turgidum</i>		25		
<i>Cosmarium undulatum</i>		25		
<i>Euastrum bidentatum</i>	25			
<i>Euastrum denticulatum</i>	75	25	25	
<i>Euastrum evolutum</i>	25	25		
<i>Euastrum ivoirensis</i>				25
<i>Sphaerososma excavatum</i>		50		
<i>Staurastrum alternans</i>			25	
<i>Staurastrum ambigum</i>	25	25		
<i>Staurastrum anatinum</i>	25		50	
<i>Staurastrum boldtianum</i>		25		
<i>Staurastrum boreale</i>	25			
<i>Staurastrum caledonense</i>	75	50		
<i>Staurastrum chaetoceras</i>	25			25
<i>Staurastrum circulus</i>		25		25
<i>Staurastrum claviferum</i>	50			
<i>Staurastrum columbetoides</i>	25			
<i>Staurastrum controversus</i>	25	25		

Taxons	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
	FO	FO	FO	FO
<i>Staurastrum convergens</i>	25			
<i>Staurastrum cuspidatum</i>	25			
<i>Staurastrum cyrtocerum</i>	25			50
<i>Staurastrum dilatatum</i>	25			
<i>Staurastrum excavatum</i>	75	50	25	50
<i>Staurastrum furcatum</i>	50	75	75	
<i>Staurastrum ginzbergeri</i>		25		
<i>Staurastrum glaber</i>	25	25		
<i>Staurastrum gladiosum</i>	50		25	
<i>Staurastrum gracile</i>	25			
<i>Staurastrum hystrix</i>		25	25	
<i>Staurastrum johnsonii</i>	25		25	
<i>Staurastrum laeve</i>	25	50	25	50
<i>Staurastrum leptocladum</i>	50	100	25	50
<i>Staurastrum manfeldtii</i>		25		
<i>Staurastrum micron</i>	25		25	25
<i>Staurastrum muticum</i>		50		
<i>Staurastrum octoverrucosum</i>	25	25	25	
<i>Staurastrum orbiculare</i>		25		
<i>Staurastrum paradoxum</i>	25	25		
<i>Staurastrum pingue</i>		25		
<i>Staurastrum punctulatum</i>	25			
<i>Staurastrum quadrangulare</i>	25	50	25	
<i>Staurastrum quadrispinatum</i>		25		
<i>Staurastrum rugulosum</i>			25	
<i>Staurastrum rotula</i>			25	
<i>Staurastrum setigerum</i>	50	50		
<i>Staurastrum sp1.</i>		25		
<i>Staurastrum sp2.</i>	25			
<i>Staurastrum tectum</i>	25	75	50	50
<i>Staurastrum teliferum</i>		25		
<i>Staurastrum tetracerum</i>				25
<i>Staurastrum unicorne</i>	25			
<i>Staurastrum varians</i>			25	
<i>Staurastrum volans</i>	50	75		25
<i>Staurastrum pseudotetracerum</i>	25			
<i>Staurodesmus controversus</i>		25		
<i>Staurodesmus cuspidatus</i>	75	50	100	50
<i>Staurodesmus dejectus</i>	25			
<i>Staurodesmus dickiei</i>		25		
<i>Staurodesmus glaber</i>	50			
<i>Staurodesmus mammilatus</i>				25
<i>Staurodesmus musralfsi</i>			25	
<i>Staurodesmus ralfsii</i>	50			

Taxons	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
	FO	FO	FO	FO
<i>Staurodesmus mucronatus</i>	25		25	
<i>Staurodesmus triangularis</i>	25	25	75	50
<b>Peniaceae</b>				
<i>Gonatozygon monotaenium</i>				25
<b>CYANOBACTERIES</b>				
<b>CYANOPHYCEAE</b>				
<b>CHROOCOCCALES</b>				
<b>Aphanothecaceae</b>				
<i>Aphanothece conglomerata</i>				25
<b>Gomphosphaerioidaceae</b>				
<i>Coelomoron</i> sp.	25			
<b>Microcystaceae</b>				
<i>Microcystis natans</i>	25		25	
<i>Microcystis</i> sp.	25			
<i>Microsystis aeruginosa</i>		25		25
<b>NOSTOCALES</b>				
<b>Aphaniozomenonaceae</b>				
<i>Dolichospermum</i> sp.				25
<b>Goeotrichiaceae</b>				
<i>Gloeotrichia matans</i>				25
<b>OSCILLATORIALES</b>				
<b>Coleofasciculusaceae</b>				
<i>Geitlerinema carotinum</i>				25
<b>Oscillatoriaceae</b>				
<i>Osciallatoria limnosa</i>	25	25	75	25
<i>Oscillatoria</i> sp.	25			
<i>Oscillatoria cuviceps</i>		25		
<i>Phormidium tergestinum</i>		25		
<b>SYNECHOCOCCALES</b>				
<b>Coelosphaeriaceae</b>				
<i>Coelosphaeriopsis</i> sp1.	25			
<i>Coelosphaerium</i> sp2.	25			
<b>Leptolyngbyaceae</b>				
<i>Leptolyngbya benthonica</i>			25	
<i>Leptolyngbya gracillima</i>				25
<i>Planktolyngbya contorta</i>	25			
<i>Planktothrix isothrix</i>		25		
<b>Merismodiaceae</b>				
<i>Aphanocapsa annulata</i>	50			
<i>Aphanocapsa incerta</i>			25	
<i>Aphanocapsa koordersii</i>	25	25	25	

Taxons	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
	FO	FO	FO	FO
<i>Merismopedia elegans</i>	25			
<b>Pseudanabaenaceae</b>				
<i>Pseudanabaena catenata</i>				25
<i>Pseudanabaena galeata</i>			25	
<b>EUGLENOPHYTA</b>				
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>				
<b>EUGLENALES</b>				
<b>Euglenaceae</b>				
<i>Euglena polymorpha</i>	25			
<i>Euglena proxima</i>	25	25		25
<i>Strombomonas verrucosa</i>				25
<i>Trachelomonas stokesi</i>			25	
<i>Trachelomonas woycickii</i>			25	
<i>Trachelomonas abrupta</i>			25	
<i>Trachelomonas curta</i>	25	25		
<i>Trachelomonas cylindrica</i>	25			
<i>Trachelomonas dybowskii</i>		25		
<i>Trachelomonas hispida</i>	75		75	25
<i>Trachelomonas oblonga</i>	50	50	50	
<i>Trachelomonas similis</i>				25
<i>Trachelomonas</i> sp.	25			
<i>Trachelomonas superba</i>		75		
<i>Trachelomonas sydneyensis</i>		25		25
<i>Trachelomonas volvocina</i>			50	25
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>		25	25	
<i>Trachelomonas woycickii</i>			25	
<b>Phacaceae</b>				
<i>Lepocinclis dominii</i>	25			
<i>Lepocinclis fusiformis</i>			25	25
<i>Lepocinclis ovum</i>	50	25	50	
<i>Lepocinclis oxyuris</i>	50			
<i>Phacus acuminatus</i>		25		
<i>Phacus angulatus</i>			25	
<i>Phacus crassus</i>	25			
<i>Phacus curvicauda</i>				25
<i>Phacus longicauda</i>	75	50	75	25
<i>Phacus orbicularis</i>			25	
<i>Phacus ovalis</i>	25			
<i>Phacus sesquitortus</i>	25		25	
<i>Phacus tortus</i>			25	
<b>PYRRHOPHYTA</b>				
<b>DINOPHYCEAE</b>				
<b>PERIDINIALES</b>				

Taxons	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
	FO	FO	FO	FO
<b>Peridiniaceae</b>				
<i>Peridinium aciculiferum</i>	25		25	
<i>Peridinium cinctum</i>	25			
<i>Peridinium gatunense</i>			25	
<i>Peridinium inconspicuum</i>		25		
<i>Peridinium</i> sp.	75	25	25	
<i>Peridinium volzii</i>				25
<i>Protoperidinium brevipes</i>	25			
<b>Peridiniopsidaceae</b>				
<i>Peridiniopsis cunningtonii</i>	25	50	25	
<i>Peridiniopsis penardiformis</i>		25		
<i>Peridiniopsis quadridens</i>	25	50	25	25
<b>XANTHOPHYTA</b>				
<b>RAPHIDOPHYCEAE</b>				
<b>CHATTONELLALES</b>				
<b>Vacuolaria</b>				
<i>Vacuolaria verescens</i>		25		
<b>XANTHOPHYCEAE</b>				
<b>MISCHOCOCCALES</b>				
<b>Centrtractaceae</b>				
<i>Centrtractus belonophorus</i>		25		
<i>Xanthonema</i> sp.				25
<b>Pleurochloridaceae</b>				
<i>Tetraedriella spinigera</i>	25			
<b>TRIBONEMATALES</b>				
<b>Tribonemataceae</b>				
<i>Tribonema affines</i>		25		
Total des espèces recensées	109	87	70	60
Total général des espèces recensées	<b>206</b>			

### 3.1.1.2. Variation spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques

#### 3.1.1.2.1. Variation spatiale de la richesse spécifique du phytoplancton

Le plus grand nombre d'espèces a été obtenu dans le lac Kossou (St1) (109 espèces) tandis que le petit nombre d'espèces a été enregistré sur le confluent Bandama rouge Bandama-blanc (St4) (60 espèces) (figure 6). De plus la richesse des espèces suit un gradient décroissant de l'amont vers l'aval. La richesse spécifique ne varie pas significativement d'une station d'échantillonnage à l'autre (Anova,  $P = 0,8095 > 0,05$ ).

Les Chlorophyta et les Euglenophyta ont prédominé le peuplement phytoplanctonique dans toutes les stations avec plus de 75 % des espèces rencontrées par station (figure 7). Les proportions de Chlorophyta ont varié de 57,75 % (St3) à 65,17 % (St2) et les genres les plus rencontrés en moyenne par station sont les *Staurastrum* (10 espèces par station), *Staurodesmus* (3 espèces par station), *Scenedesmus* (2 espèces par station) et les *Cosmarium* (3 espèces par station). Concernant les Euglenophyta, les proportions allaient de 11,24 % (St2) à 21,13 % (St3) et le genre *Trachelomonas* est le plus observé avec en moyenne 4 espèces par station.

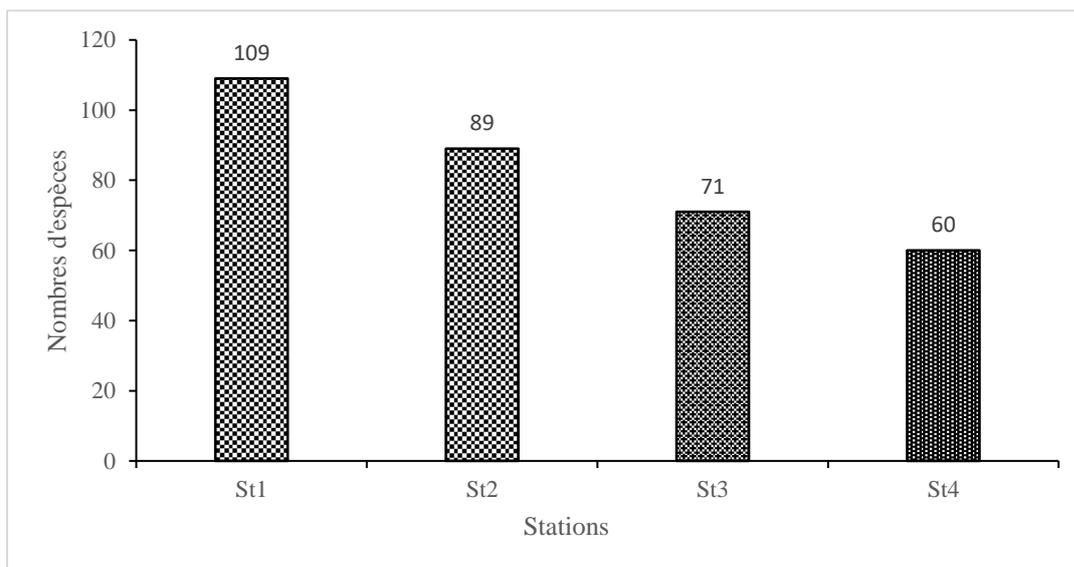


Figure 7 : Répartition spatiale des espèces phytoplanctoniques rencontrées dans le cours moyen du fleuve Bandama

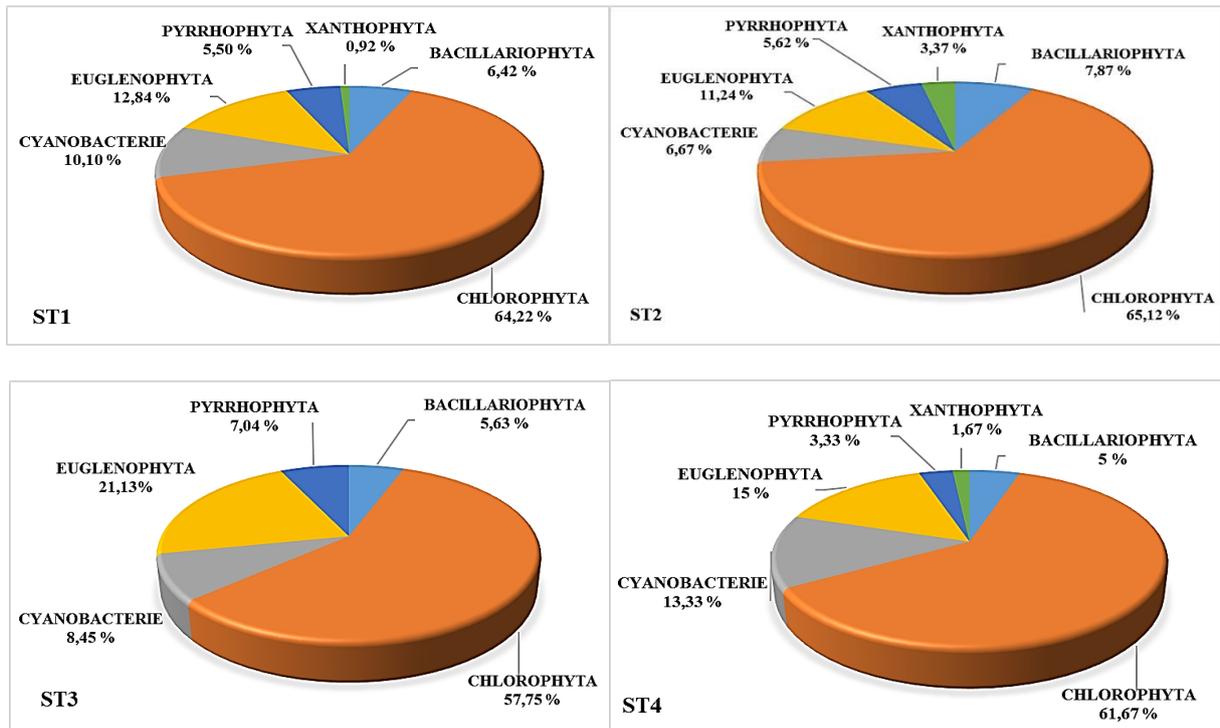


Figure 8 : Répartition des espèces phytoplanctoniques par Embranchement rencontrée dans le cours moyen du fleuve Bandama

### 3.1.1.2.2. Variation temporelle de la richesse spécifique du phytoplancton

Au niveau saisonnier, le nombre de espèces obtenu en saison sèche (132 espèces) est sensiblement égale à celle obtenu en saison pluvieuse (130 espèces). La station 1 (St1) a enregistré plus d'espèces en saison des pluies qu'en saison sèche alors que l'effet contraire a été observé dans les autres stations (St2, St3, St4) (Figure 8).

La richesse spécifique du phytoplancton des deux saisons ne présente aucune différence significativement (Mann Whitney,  $P = 0,8724 > 0,05$ ).

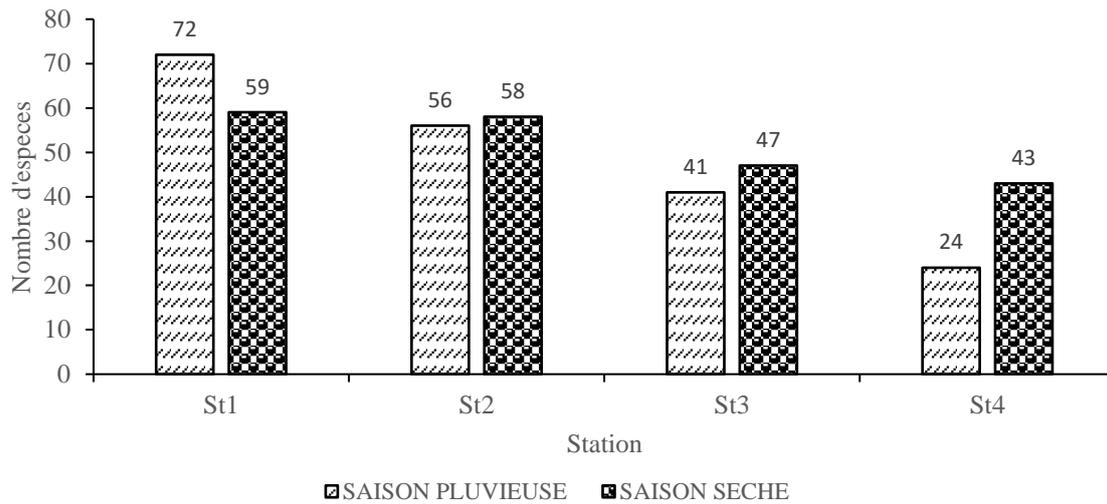


Figure 9 : Nombre d'espèces phytoplanctonique par stations en fonction de la saison rencontrée dans le cours moyen du fleuve Bandama

### 3.1.1.3. Occurrence

L'analyse de l'occurrence révèle une dominance des espèces accidentelles dans tous les stations. La plus forte valeur a été observé à la station 1 (St1) (81 espèces) et la plus faible a été observé à la station 4 (St4) (49 espèces). Pour les espèces accessoires, la valeur maximum a été observé à la station 2 (St2) avec 19 espèces et la plus faible valeur à la station St4 avec 8 espèces. Quant aux espèces constantes la plus grande valeur a été observée aux stations St1 et St3 avec 11 espèces et la plus petite valeur a été enregistrée à la station 4 (St4) avec 1 espèce (tableau IV)

Tableau V : Répartition de l'occurrence des espèces phytoplanctoniques par station

Catégories d'occurrence	ST 1	ST 2	ST 3	ST 4
<b>Espèces constantes</b>	11	10	11	1
<b>Espèces accessoires</b>	17	19	8	10
<b>Espèces accidentelles</b>	81	58	51	49

### 3.1.2. Etat trophique des sites prospectés

Le tableau V montre les valeurs de l'indice de pollution de Palmer. Parmi les 20 genres qui ont été présentés par Palmer comme bioindicateurs de la pollution organique, 12 ont été recensés dans les quatre stations étudiées. Station 1 (St1) et Station 2 (St2) ont présenté des valeurs supérieures à 20 avec des valeurs respectives de 27 et 23. Ces valeurs indicelles révèlent que la Station (St1) sur le Lac Kossou et Station (St2) juste en aval du barrage de Kossou sur le fleuve Bandama font l'objet d'une forte pollution organique. Quant aux stations St3 situé à

proximité de Bozi et St4 situé sur le confluent Bandama blanc Bandama rouge, elles font l'objet d'une pollution organique moyenne avec des indices respectives de 17 et 16.

Tableau VI : Indice de Palmer dans les différentes stations du cours moyen du fleuve Bandama

STATIONS	Indice de Palmer	Niveau de la pollution organique
Station 1	27	Forte
Station 2	23	Forte
Station 3	17	Moyenne
Station 4	16	Moyenne

### 3.2. Discussion

L'inventaire de la flore algale dans cette étude a permis d'obtenir 206 espèces réparties en 62 genres, 36 familles, 20 ordres, 11 classes et 6 embranchements. Ce nombre est inférieur aux 232 espèces obtenues par Levêque *et al.* (1983) dans le Bandama en amont de la retenue de Kossou et supérieur aux 160 espèces recensé par Adon *et al.* (2017) sur le Bandama-Blanc et ses affluents. Cette différence d'espèces serait liée à l'effort de travail. En effet, notre étude s'est déroulée sur quatre mois d'échantillonnage (d'octobre 2019 à Janvier 2020) en raison d'une campagne pas mois. Par contre celles de Levêque *et al.* (1983) s'est déroulé sur douze mois et celle d'Adon *et al.* (2017) en un mois.

Les Chlorophyta (61,17 %) et les Euglenophyta (15,05 %) représentent les embranchements les plus riches. Ils sont caractérisés par une diversité élevée des *Staurastrum* (48 espèces), *Cosmarium* (19 espèces) et des *Trachelomonas* (15 espèces), Cette diversité serait due à une importance de nutriments dans les eaux du Bandama. En effet le Bandama reçoit les eaux de ruissellement provenant des plantations et les effluents des villages situés à proximité. Ces résultats corroborent avec ceux de Levêque *et al.* (1983) et Adon *et al.* (2017). Selon Thomas (2003); Adon, (2013); Kouassi (2013), ces communautés phytoplanctoniques sont caractéristiques des milieux riches en substances organiques putrescibles et en nutriments. Cette remarque a été soutenue par Reynolds *et al.* (2000), qui ont noté une prédilection des genres *Scenedesmus* et *Egleuna* pour les milieux eutrophes. La composition taxonomique révèle que les Xanthophyta et les Pyrrophyta sont absents ou en nombre très réduit dans les hydrosystèmes échantillonnés. Ce résultat a été constaté par Levêque *et al.*, (1983) et Adon *et al.*, (2017). Ce qui pourrait indiquer que cette faible richesse au niveau de ses embranchements est caractéristique des eaux du Bandama. Les Chlorophyta et les Euglenophyta sont les Embranchements qui renferment le plus de espèces dans toutes les stations avec plus de 75 % des espèces enregistrées. Ce résultat pourrait être attribué au fait que les différentes stations prospectées appartiennent à un même réseau hydrographique. Cet état de fait permettrait ainsi le développement des mêmes types d'algues (Zoro, 2016).

L'analyse spatiale a montré un grand nombre d'espèces phytoplanctonique dans le lac Kossou (St1) (109 espèces soit 32 %) tandis que le petit nombre d'espèces a été enregistré sur le confluent Bandama rouge Bandama-blanc (St4) (60 espèces soit 18 %). De plus la richesse des espèces suit un gradient décroissant de l'amont vers l'aval. Ce résultat pourrait être expliqué par le courant de l'eau qui a un débit plus faible en amont qu'en aval ou attribuable aux activités d'orpaillage pratiquée dans les sites en aval. En effet les différents techniques d'exploitation d'or (la technique de l'abatée et l'utilisation des dragues) entraînent une élévation de la turbidité

de ces eaux. Ces résultats corroborent avec ceux de Konan *et al.* (2015) et Attoungbré (2021). Selon ces auteurs la matière en suspensions perturbe le développement du phytoplancton.

La répartition saisonnière des espèces a montré qu'il n'y a pas de variation de la richesse spécifique entre les deux saisons (saison sèche 132 espèces et saison pluvieuse 130 espèces) en terme quantitatif. Ce résultat pourrait être attribué au fait que les hydrosystèmes étudiés appartiennent à des régimes différents. La station (St1) du Lac Kossou a enregistré plus d'espèces en saison des pluies qu'en saison sèche alors que les stations (St2, St3, St4) du fleuve ont enregistré le plus d'espèces en saison sèche. Ce résultat pourrait être attribué au fait que les eaux du Lac Kossou reçoivent plus de nutriment en saison pluvieuse et que les eaux du fleuve Bandama sont plus stables en saison sèche. En effet, l'influence de la stabilité des eaux sur la composition micro-algale a été constatée par Adon (2013) sur la retenue d'Adzopé, Ouattara (2000) sur le lac Ayamé en Côte d'Ivoire.

L'analyse de l'occurrence a révélé une dominance des espèces accidentelles dans toutes les stations. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que ces taxons résisteraient moins aux variations physico-chimiques du milieu.

Les résultats de l'indice de palmer (1969) ont montré que les stations situées en amont et en aval du barrage hydroélectrique de Kossou (St1 et St2) sont organiquement très polluées, ce qui indiquerait que ses eaux sont eutrophes. Quant aux stations en aval (St3 et St4), elles présentent une pollution organique moyenne ce qui montre que ces eaux ne sont pas eutrophes mais tendent vers cet état.

# **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

La présente étude menée dans les eaux du Bandama a permis de répertorier 206 espèces réparties en 36 familles, 20 ordres, 11 classes et 6 embranchements. Les embranchements des Chlorophyta et des Euglenophyta sont les plus représentés avec 75 % des espèces recensées. Du point de vue spatiale, les stations en aval soumise aux activités d'orpaillage ont enregistré les plus faibles richesses par contre celles situées en amont où il n'y a pas d'activité d'orpaillage ont enregistré les plus grands nombres de taxons ce qui traduit les activités d'orpaillage ont un impact négatif sur la production et le développement des algues

La distribution saisonnière des espèces n'a pas présenté de différence entre la saison pluvieuse et la saison sèche.

Les eaux du Bandama sont soumises à deux types de pollution en fonction du profil longitudinal. Une forte pollution organique dans les stations situées en amont (St1 et St2) et une pollution organique moyenne dans les stations situées en aval (St3 et St4.)

De ce travail, quelques perspectives peuvent se dégager. Ainsi, de nouvelles recherches devraient être menées à une échelle de temps plus élargie, de façon continue, en tenant compte des variations environnementaux. Une étude écologique plus poussée que la présente prenant en compte les paramètres environnementaux devrait ensuite être menée pour déterminer les impacts des activités d'orpaillage sur la production algale.

# **REFERENCES**

- Aboua B.R.D (2012). Développement d'un indice d'intégrité Biotique Piscicole pour la préservation de la Biodiversité du Fleuve Bandama. Thèse de doctorat, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan Côte d'Ivoire), 277 p
- Adjagodo A., Tchibozo M.A.D., Kèlomè N.C. & Lawani R. (2016). Flux des polluants liés aux activités anthropiques, risques sur les ressources en eaux de surface et la chaîne trophique à travers le monde : synthèse bibliographique. *Internatinal Journal of Biological and Chimical Science*, 10(3) : 1459-1472.
- Ado G., Desayes H. & Mama D. (2000). Etude statistique du rôle du phosphore et de l'azote NPK dans le mécanisme de l'eutrophisation des lacs de la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *Journal de la société ouest Africaine de chimie*, 10 : 155-171.
- Adon M.P., Ouattara A. & Gourene G. (2012). Seasonal variation in the diversity and abundance of phytoplankton in a small African tropical reservoir. *African Journal of Microbiology Research*, 5 (18) : 2616-2626
- Adon M.P. (2013). Variations spatiales et saisonnières du phytoplancton de la retenue d'eau d'Adzopé (Côte d'Ivoire) : Composition, structure, biomasse et production primaire. Thèse unique, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 147 p.
- Adon M.P., Niamien E.J.E., Konan K.F., Azah C.N., Ouattara A. & Gourene G. (2017). Qualité des eaux du Bandama-blanc (Côte d'Ivoire) et de ses affluents soumis à de fortes activités anthropiques à partir de la microflore algale. *Agronomie Africaine*, 29(2) : 159-175.
- Angelier E. (2000). Ecologie des eaux courantes. Edition Technique & Documentation, (Paris, France), 199 p.
- Anneville O., Kaiblinger C., Tadonléléké R.D., Druart J.C. & Dokulil M.T. (2008). Contribution of Long-Term Monitoring to the European Water Framework Directive Implementation. *In: Proceedings of Taal 2007. The 12th World Lake Conference.* Senupta M & Dalwani R. (Eds), Paris (France), pp. 1122-1131.
- Arrignon J. (1998). Aménagement piscicole des eaux douces. Lavoisier : Techniques & Documentation, Paris (France), 589 p.
- Attoungbre K.S. (2021). Caractérisation de la qualité écologique des lacs Dohou (Duékoué) et Buyo (Guéssabo) dans le bassin du Sassandra (Ouest, Côte d'Ivoire) à partir du peuplement phytoplanctonique. Thèse de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 221 p.

- 
- Azam F. & Malfatti F. (2007). Microbial Structuring of marine ecosystems. *Nature Reviews Microbiology*, 5 : 782-791.
- Balvayt G. & Druart J.C. (2009). Le lac d'Annecy et son plancton. Edition Quae. Paris (France) 41 p.
- Behrenfeld M.J., Randerson J.T., McClain C.R., Feldman G.C., Los S.O., Tucker C.J., Falkowski P.G., Field C.B., Frouin R., Esaias W.E., Kolber D.D & Pollack N.H. (2001). Biospheric primary production during an ENSO transition. *Science*, 291: 2594-2597.
- Bourrelly P. (1966). Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome I : Les algues vertes. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris (France), 511 p.
- Bourrelly P. (1968). Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome II. Les algues jaunes et brunes : Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Société nouvelle des éditions Boubée & Cie, Paris (France), 438 p.
- Bourrelly P. & Couté A. (1986). Algues d'eau douce de l'île Maurice (Diatomées exclues). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 19(2) : 131-158.
- Bourrelly P. (1990). Les algues d'eau douce. Tome I. Les algues vertes, Initiation à la systématique. Société Nouvelle. Boubée, Paris (France), 569 p.
- Burger J. (2006). Bioindicators: A Review of Their Use in the Environmental Literature 1970-2005. *Environmental Bioindicators*, 1 : 136-144.
- Cabioc'h J., Floc'h J.Y., Letoquin A., Boudouresque C.F, Meinesz A. & Verlaque M. (1992). Guides des Algues des mers d'Europe. Delachaux et Niestlé (Eds), Paris (France), 231 p.
- Carmichael W.W., Jones C.L.A., Mahmood N.A., Theiss W.C. & Krogh P. (2010). Algal toxins and water-based diseases. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 15(3): 275-313.
- Chisholm S.W. (1995). The iron hypothesis: Basic research meets environmental policy. *Reviews of Geophysics*, 33(2): 1277-1286.
- Chorus I. & Bartram J. (1999). Toxique Cyanobactéria in WaterB : a Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon : London, 416 p
- Compère P. (1975). Algues de la région du lac Tchad. IV- Diatomophycées. Cahier O.R.S.T.O.M. *Série Hydrobiologie*, 9(4) : 203-290.
- Compère P. (1989). Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique. Tome II. Pyrrophytes, Raphidophytes, Euglenophytes. Bulletin du Jardin Botanique National Belgique, Meise, 208 p.

- Coute A. & Chauveau O. (1994). Algae. Encyclopaedia Biospeologica I, édition Société de Biopédologie, ISSN 0398-7973, 3ème trimestre, pp. 371-380.
- Dajoz R. (2000). Précis d'écologie. Septième édition, Dunod, Paris, (France) 615 p.
- De Reviere B. (2003). Biologie et phylogénie des algues. Tome 2. Belin, Paris (France), 255 p.
- Diomandé L.B., Kanko C., Tia V.E., Kone B. & Yao K.A. (2014). Occurrence et composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Lippia multiflora* M. (thé de savane) selon le pH, les teneurs en Carbone, en Azote et Phosphore du sol en zones de savane guinéenne en Côte d'Ivoire. *Afrique science*, 10(4) : 93-108.
- Edia O.E. (2008). Diversité taxonomique et structure des peuplements de l'entomofaune des rivières côtières Soumié, Eholié, Noé (Sud-est, Cote d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université d'abobo-Adjamé (Abidjan, Cote d'Ivoire), 152 p.
- Ettl H. (1978). Xanthophyceae. In : Süßwasserflora Von Mitteleuropa. Ettl H, Gerloff J & Heynig H (Eds), Stuttgart, Germany, pp. 1-530.
- Fqih B.D., Berrada R., Benzekri A & Jabrey E. (2000). Evolution saisonnière des peuplements phytoplanctoniques dans la lac-reservoir El Kansera (Maroc), en relation avec les paramètres abiotiques. *Hydroécologie appliquée*, 1(2) : 207-23.
- Germain H. (1981). Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris, (France), 444 p.
- Goh D. (2016). L'exploitation artisanale de l'or en côte d'Ivoire : la persistance d'une activité illégale. *European Scientific Journal*, 12(3) : 1-18.
- Groga N. (2012). Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse (Toulouse, France), 224 p.
- Hansen G., Turquet J., Quod J.P., Ten Hage L., Lugomela C., Kyewalyanga M., Hurbungs M., Wawiye P., Ogongo B., Tunje S. & Rakotoarinjanahary H. (2001). Potentially Harmful Microalgae of the Western Indian Ocean. *Manuals and Guides*, 41: 5-79.
- Hays G.C., Richardson A.J. & Robinson C. (2005). Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology & Evolution*, 20 : 337-344.
- Iltis A. (1980). Les algues. In : Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne. Tome I. Durand J. R., Lévêque C. (Eds.), Éditions O.R.S.T.O.M., Paris, pp. 9-61.
- Irié G.R., Soro G.E., Goula B.T.A. (2015). Changements d'états de surface et évolutions spatio temporelles des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13(2) : 386-397.

- 
- Jaujou M. (1970). Le levé géologique du degré carré de Bouake. Rapport de fin de mission 1964-1970, Ministère de l'Economie et des Finances, Direction des mines et de la Géologie-Service géologie, 151 p.
- Komárek J. & Anagnostidis K. (1989). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4. Nostocales. *Algological Studies*, 56 : 291-302.
- Komárek J. & Anagnostidis K. (1999). Cyanoprokaryota. 1. Teil : Chroococcales. *In*: Sübwasserflora von Mitteleuropa. Ettl H., Gärtner G., Heynig H. & Mollenhauer D., (Eds.), Berlin (Germany), pp 1-548.
- Komárek J. & Anagnostidis K. (2005). Cyanoprokaryota 2. Teil : Oscillatoriales. *In* : Sübwasserflora von Mitteleuropa. Büde B. Krienitz L., Gärtner G. & Schagerl M. (Eds), Berlin (Germany), pp 1-759.
- Komárek J. & Fott B. (1983). Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung : Chroococcales. *In* : Das Phytoplankton des Sübwassers. Huber-Pestalozzi G. (ed.), Berlin (Germany), pp 1-1044.
- Konan K.F., Bony K.Y., Adon M.P. & Potgieter J. (2015). Hydrobiological study of the Bandama Basin in Yaoure Gold Project's Area of Influence (Yaoure Gold Project, Côte d'Ivoire). Study report - Amara Mining Côte d'Ivoire SARL / Cabinet AMEC Foster Wheeler / Cabinet 2D Consulting Afrique, 99 p.
- Konan K.F., Bony K.Y., Adon M.P. & Potgieter J. (2018). Rapport d'Etude d'Impact et Environnemental (Projet aurifere de Yaoure, Côte d'Ivoire), Rapport d'étude- Soumis à l'ANDE par Perseus Yaouré SARL/Mis à jour par Pool Sécurité Industrielle & Environnement (PSIE) et 2D Consulting Afrique, 648 p.
- Kouadio A.C., Kouassi K. & Assi K.J.P. (2018). Orpaillage, disponibilité alimentaire et Competition foncière dans les zones aurifere du department de Bouaflé. *Tropicultura*, 36(2) : 369-379.
- Kouame S.A.K. (2007). Mise en place et entretien des productions végétales et /ou animales : cas du cacao. <http://memoireonline.com/08/09/2642/>.
- Kouassi A.M., Kouassi N.J., Dje K.B., Kouame K.F. & Biemi J. (2018). Analyse de la durée de la saison pluvieuse en fonction de la date de démarrage des pluies en Afrique de l'ouest : Cas du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire. *Agronomie africaine* 30(2) : 147-156.
- Kouassi A.M., N'guessan B.M.T., Nassa R.A.K. & Kouame K.F. (2019). Modelisation statistique des débits d'étiage au sien du bassin versant du N'zi, Bandama, Côte d'Ivoire.

- Kouassi B.A.T. (2013). Taxinomie, composition floristique et dynamique spatio-saisonnière des algues périphtiques de la retenue d'eau d'Adzopé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 206 p.
- Landsberg J.H (2002). The effects of harmful algae bloom on aquatic organisms. Review in *Fisheries Sciences*, 10 : 113-390.
- Large A.R.G., Wade P.M., Pautou G. & Amoros C. (1993). Producteurs et productions primaires. In : Hydrosystèmes fluviaux. Amoros C. & Petts G.E. (Eds.) : Éditions Masson, Paris (France), 297 p.
- Lévêque C, Dejoux C., Iltis A. (1983). Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire. *Hydrobiologia*, 100 : 113-141.
- Mann D.G. & Droop S.J.M. (1996). Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *Hydrobiologia*, 336 : 1-695.
- N'gnessan B.V.H., Saley M.B., Yeï M.S., Yapi A.F., Kouadio B.H, Biemi J, Kouadio A. (2017) Caractérisation de la sécheresse hydrologique dans la région de la Marahoué (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Engineering Science Invention*, 10 : 2319-6734
- Oertli B. & Frossard P.A. (2013). Mares et étangs : Ecologie, conservation gestion, valorisation. Edition PPUR Presses polytechniques Ouest, France, 71 p.
- Ouattara A. (2000). Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Catholique de Leuven (Leuven, Belgique), 200 p.
- Ouattara A., Podoor N., Teugels G.G. & Gourène G. (2000). Les micro-algues de deux cours d'eaux (Bia et Agnébi) de Côte d'Ivoire. *Systematics and Geography of Plants*, 70 : 315-372.
- Padisák J., Grigorszky I., Borics G. & Soroczki-pinter E. (2006). Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: The assemblage index. *Hydrobiologia*, 553 : 1-14.
- Palmer C.M. (1969). A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology*, 5(1) : 78-82.
- Prygiel J. & Coste M., (2000). Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF T 90-354. Agences de l'Eau : 134 p.
- Reynolds C.S., Reynolds S.N., Munawar I.F. & Munawar M. (2000.) The regulation of phytoplankton population dynamics in the world's largest lakes. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3 : 1-21.

- Reynolds C.S. (1998). What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiologia*, 11 (26) : 369 - 370.
- Reynolds C.S. (1998). What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiologia*, 11 (26) : 369 - 370.
- RGPH. (2014). Recensement Général de la population et de l'Habitat. Résultat global du secrétariat des techniques permanent du comité technique de RGPH. Rapport final, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 26 p
- Rondel C., Arfi R., Corbin D., Le Bihan F., Ndour E.H. & Lazzaro X. (2008). A Cyanobacterial bloom prevents fish trophic cascades. *Freshwater Biology*, 53 : 637-651.
- Sadat A.W., Essan B.Z.N., Siaka S. & Parinet B. (2011). Intérêt de l'analyse multidimensionnelle pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un système lacustre tropical : cas des lacs de Yamoussoukro (Cote d'Ivoire). *Journal of applied Biosciences*, 38 : 2572-2585.
- Salmaso N., Morabito G., Buzzi F., Garibaldi L., Simona M. & Mosello R. (2006). Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. *Hydrobiologia*, 563(1) : 167-187.
- Schlumberger O. & Bouretz N. (2002). Réseaux trophiques et production piscicole en étangs fertilisés (Dordogne, France). *Revue des Sciences de l'Eau*, 15(1) : 177-192.
- Sheath R.G. & Wehr J.D. (2003). *Freshwater Algae of North America. Ecology and classification*. California (U.S.A), 918 p.
- Skulberg O.M. (1996). Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland watershealth and environment. *In* : Chemical data as a basis of geomedical investigations. Lag. J. (Ed), the Norwigan Academy of Sciences and Letters, Oslo. pp. 131-148.
- Smith V. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems, A global problem Environmental. *Science and Pollution Research*, 10 : 126-139.
- Starmach K. (1985). *Chrysophyceae und Haptophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag (Stuttgart, Deutschland), 515 p.
- Thienemann A. (1950). *Die Binnengewässer. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie von G. Huber-Pestalozzi. Cryptophyceen, Chloromonaden, Peridineen*. Schweizerbart'scheVerlag Eds., Stuttgart (Deutschland), 16(3) : 1-310.
- Thienemann A. (1955). *Die Binnengewässer. Einzeldarstellungenaus der Limnologie und ihrenNachbargebieten. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Eulenoiphyceen*. Schweizerbart'scheVerlag Eds., Stuttgart (Deutschland), 16(4) : 1-404.

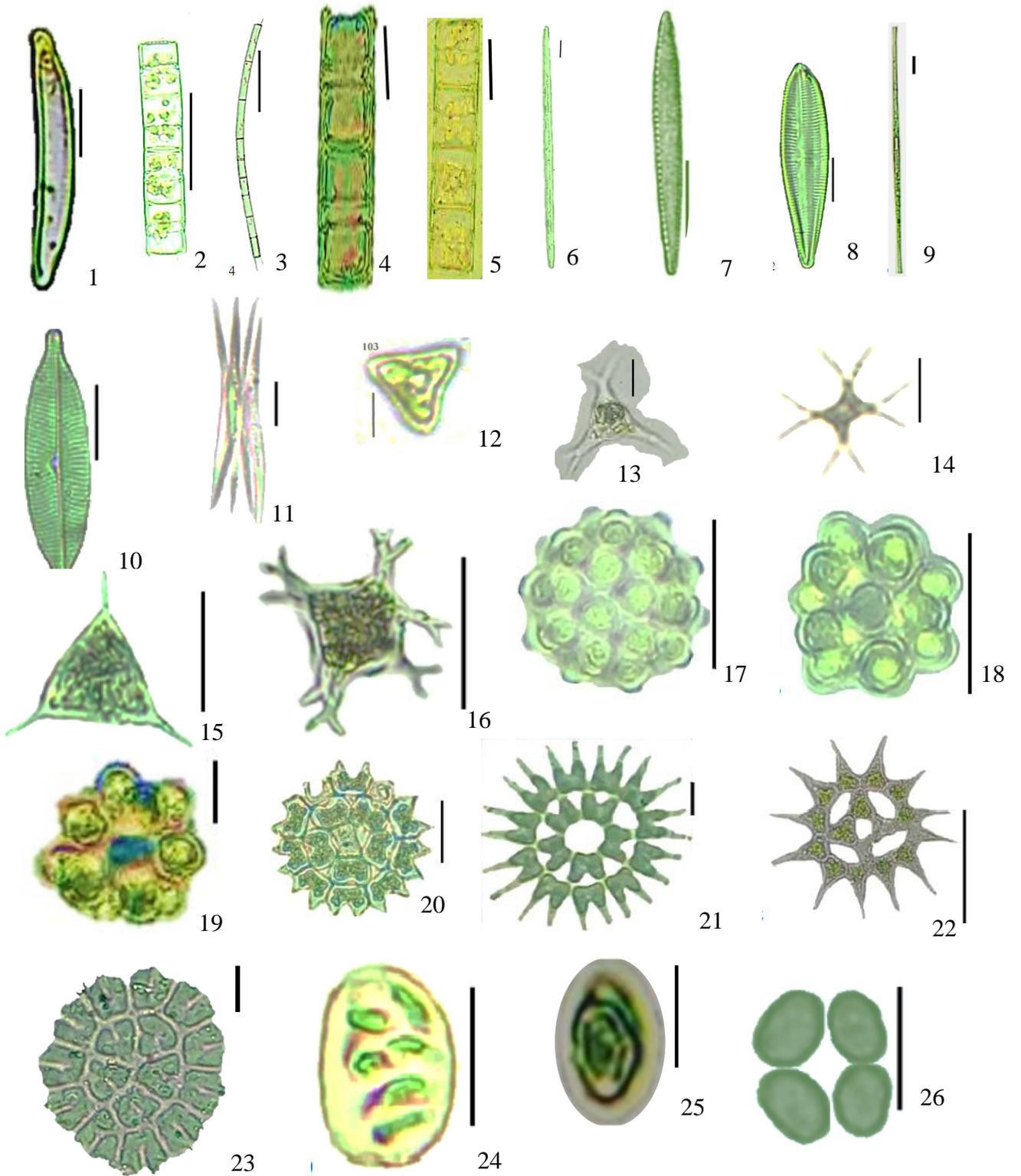
- Thomas C-S. (2003). Protist phylogeny and the high-level classification of Protozoa. *Journal European Protistologie*. 39(4), 338-348.
- Travers M. (1971). Diversité du microplancton du Golf de Marseille en 1964. *Maine biologie*, 8 : 308-343.
- Wetzel R.G. (2001). *Limnology : Lake and River Ecosystems*. 3rd Edition. Academic Press, London : 850 p.
- WWF (2007). Macroinvertébrés-les habitants du fond de la rivière: importance des macroinvertébrés dans les cours d'eau. Factsheet Macroinvertébrés, novembre 2007, Riverwatch WWF for a living planet, Suisse, 4 p.
- Zoro B.T.T. (2016). Inventaire des microalgues et distribution spatio-temporelles des Cyanobactéries dans les plans d'eaux urbains de Daloa (centre ouest de la côte d'Ivoire). Mémoire de master, UFR Environnement Université Jean Lorougnon Guedé (Daloa Côte d'Ivoire), 45 p.

# **ANNEXES**

Annexe 1: Planches des quelques taxons inventoriés dans les stations du Bandama étudiée

PLANCHE I

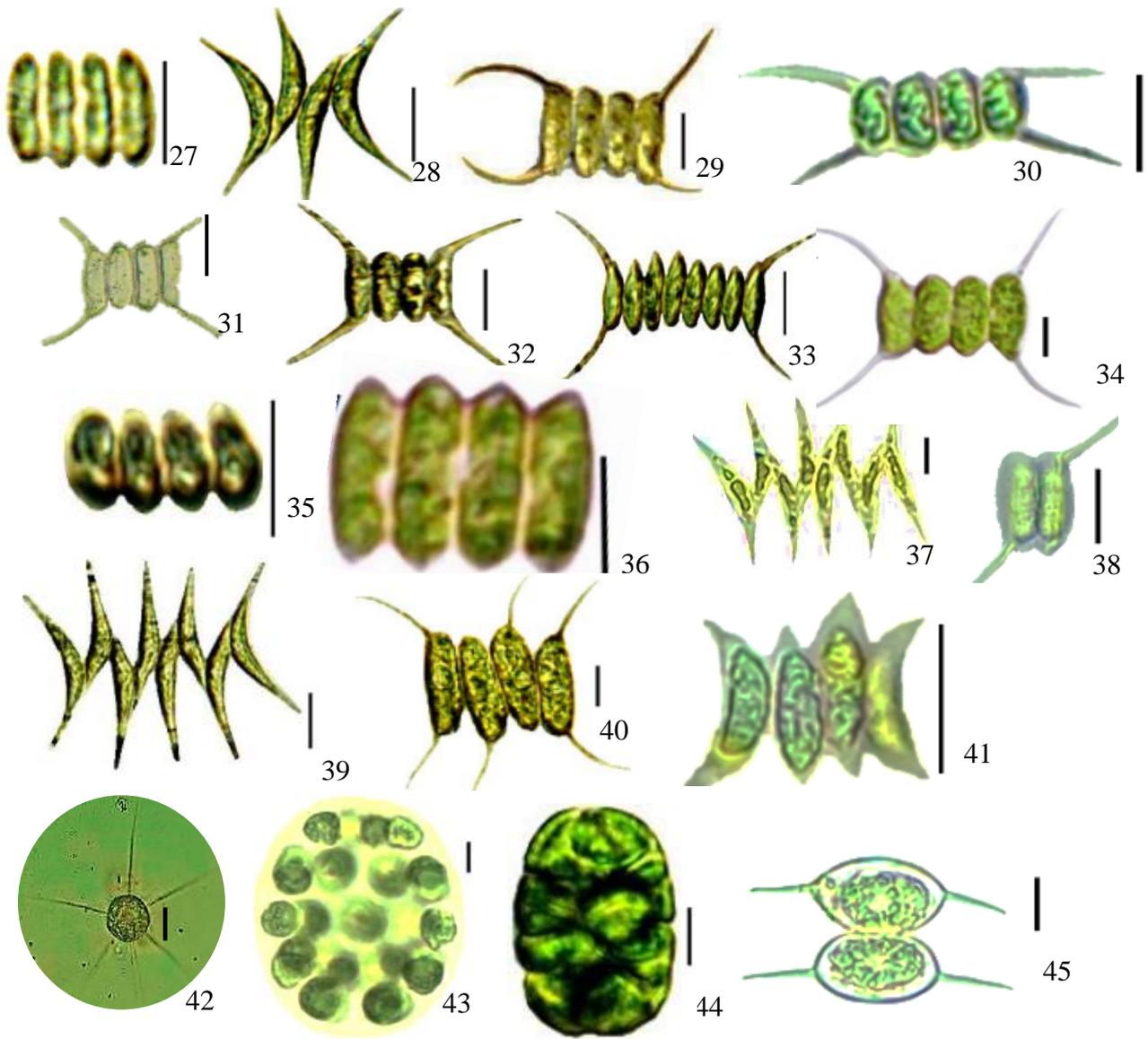
- 1) *Eunotia* sp.
- 2) *Aulacoseira ambigua*
- 3) *Aulacoseira granulata*
- 4) *Melosira granulata*
- 5) *Melosira varians*
- 6) *Nitzschia* sp1.
- 7) *Nitzschia* sp2.
- 8) *Gomphonema augur*
- 9) *Fragilaria crotonensis*
- 10) *Navicula* sp.
- 11) *Ankistrodesmus falcatus*
- 12) *Goniochloris mutica*
- 13) *pseudostaurastrum limneticum*
- 14) *Pseudostaurastrum gracile*
- 15) *Tetraedron trigonum*
- 16) *Tetraeëdron enorme*
- 17) *Coelastrum microporum*
- 18) *Coelastrum pseudomicroporum*
- 19) *Coelastrum astroideum*
- 20) *Pediastrum biradiatum*
- 21) *Pediastrum duplex*
- 22) *pediastrum simplex*
- 23) *pediastrum tetras*
- 24) *Nephrocytium agardhianum*
- 25) *Oocystis solitaria*
- 26) *Crucigenia* sp



NB : Les traits d'échelle des illustrations représentent 10  $\mu$ m

## PLANCHE II

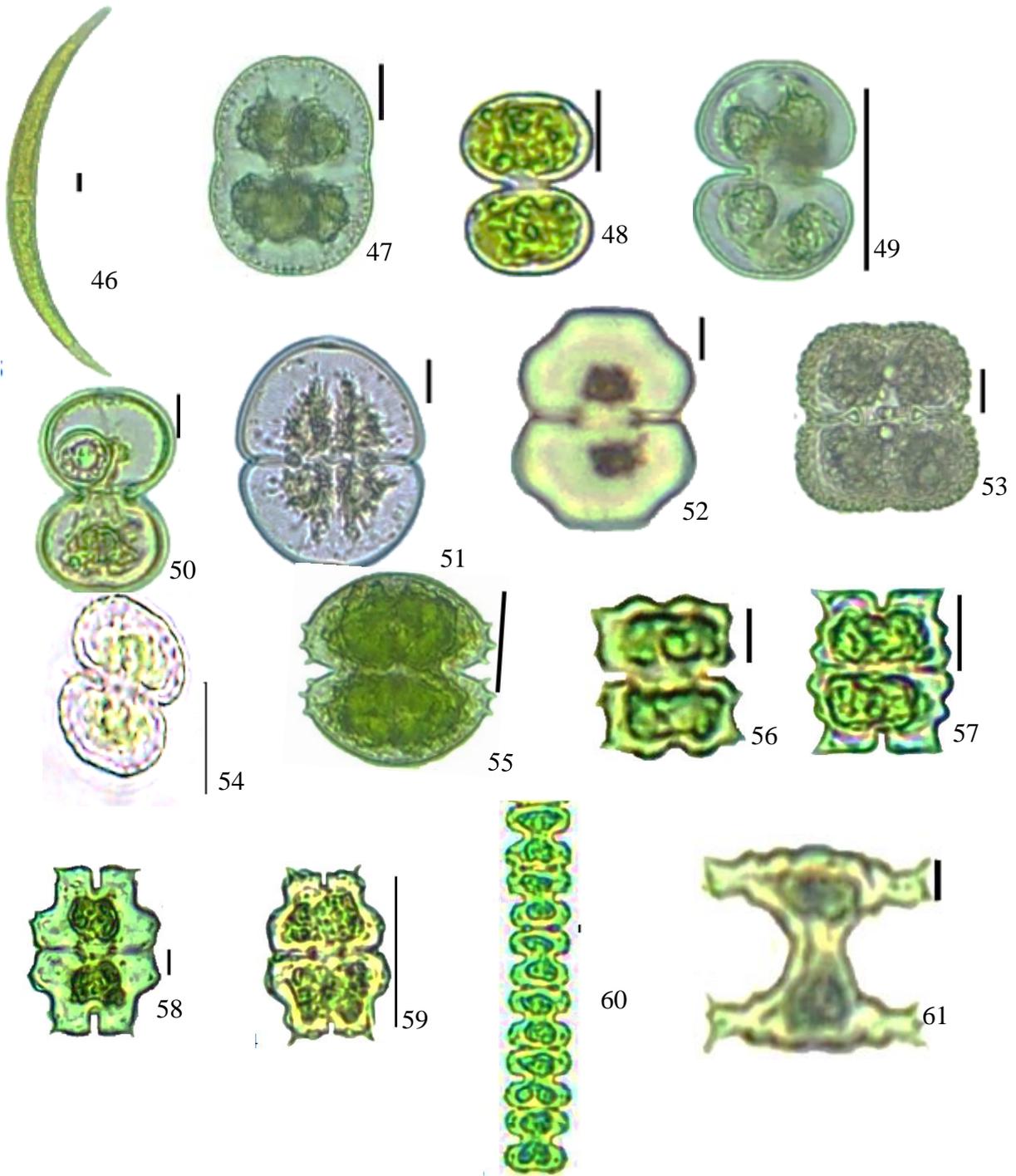
- 27) *Desmodesmus obliquus*
- 28) *Desmodesmus acuminatus*
- 29) *Desmodesmus communis*
- 30) *Desmodesmus magnus*
- 31) *Desmodesmus maximus*
- 32) *Desmodesmus opoliensis*
- 33) *Desmodesmus protuberans*
- 34) *Desmodesmus quadricauda*
- 35) *Scenedesmus obtusus*
- 36) *Scenedesmus acutiformis*
- 37) *Scenedesmus bernadii*
- 36) *Scenedesmus bicaudatus*
- 37) *Scenedesmus javenensis*
- 38) *Scenedesmus naegelii*
- 39) *Scenedesmus pectinatus*
- 40) *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda*
- 41) *Scenedesmus* sp
- 42) *Acanthosphaera zachariasii*
- 43) *Eudorina* sp
- 44) *Pandorina morum*
- 45) *Athrodesmus curvatus*



NB : Les traits d'échelle des illustrations représentent 10  $\mu\text{m}$

### PLANCHE III

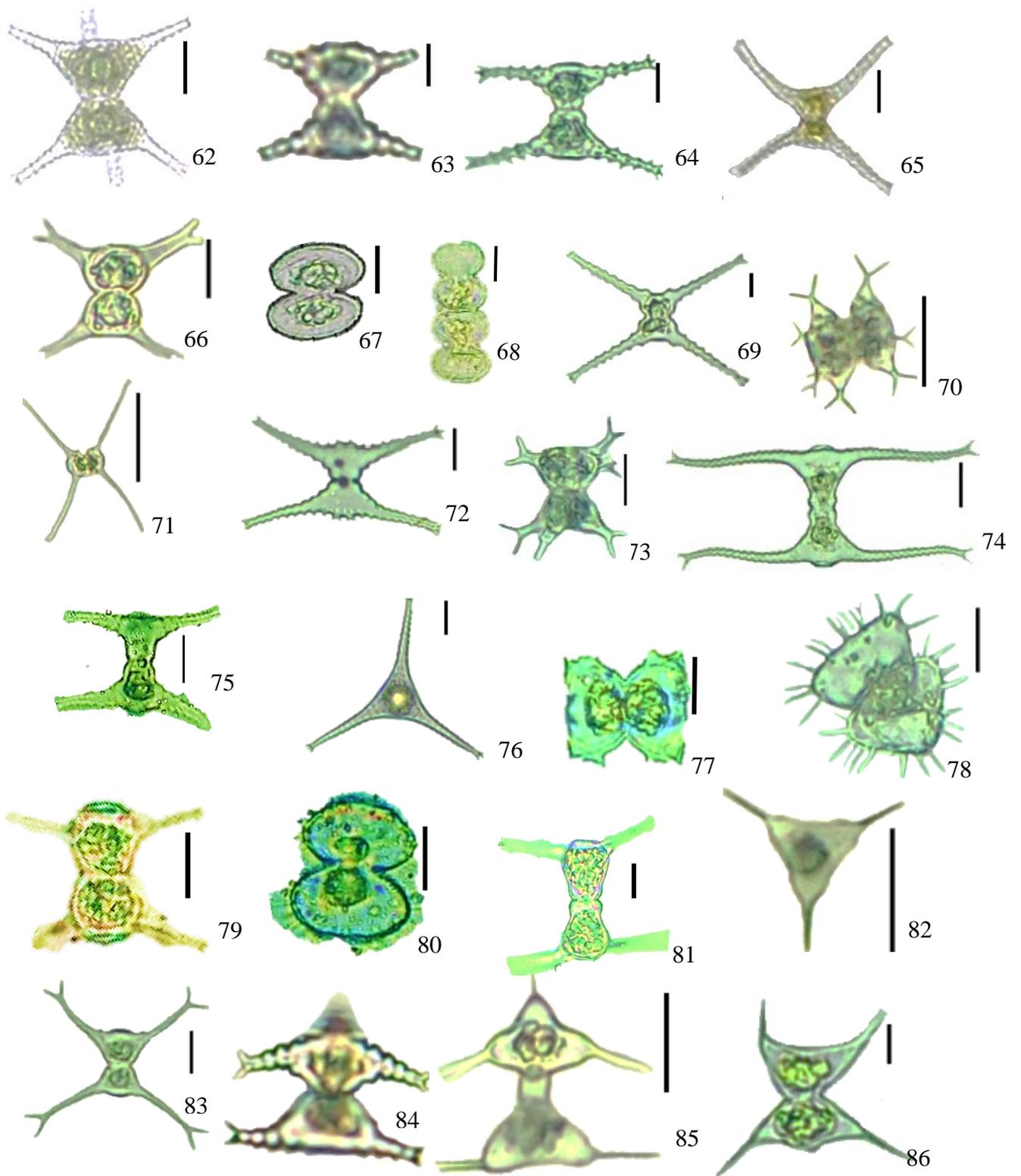
- 46) *Closterium gracile*
- 47) *Cosmarium connatum* var. *minus*
- 48) *Cosmarium contractum*
- 49) *Cosmarium depressum*
- 50) *Cosmarium moniliforme*
- 51) *Cosmarium pachydermum* var. *minus*
- 52) *Cosmarium pseudoconnatum*
- 53) *Cosmarium pseudoretusum*
- 54) *Cosmarium quadrum*
- 55) *Cosmarium sphaerostichum*
- 55) *Cosmarium subauriculatum*
- 56) *Euastrum bidentulum* var. *bidentatum*
- 57) *Euastrum denticulatum* var. *rectangulare*
- 58) *Euastrum evolutum*
- 59) *Euastrum ivoirensis*
- 60) *Sphaerosma excavatum*
- 61) *Staurastrum ambigum*



NB : Les traits d'échelle des illustrations représentent 10  $\mu\text{m}$

PLANCHE IV

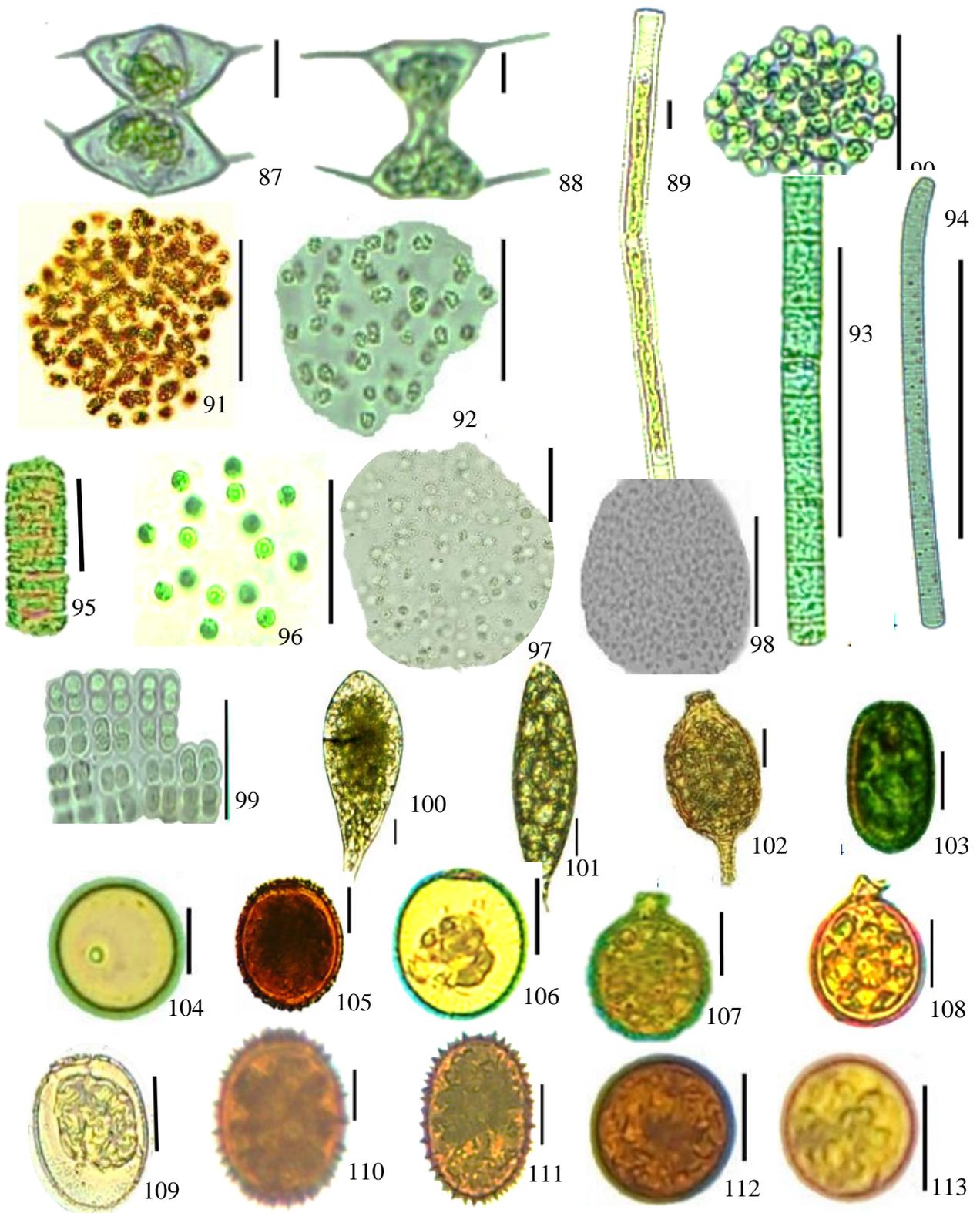
- 62) *Staurastrum anatinum*
- 63) *Staurastrum boreale* var. *quadriradiatum*
- 64) *Staurastrum caledonense*
- 65) *Staurastrum chaetoceras*
- 66) *Staurastrum circulus*
- 67) *Staurastrum claviferum*
- 68) *Staurastrum dilatatum*
- 69) *Staurastrum excavatum*
- 70) *Staurastrum furcatum*
- 71) *Staurastrum ginzbergeri*
- 72) *Staurastrum gracile*
- 73) *Staurastrum leave*
- 74) *Staurastrum leptocladum*
- 75) *Staurastrum manfeldtii*
- 76) *Staurastrum pingue*
- 77) *Staurastrum quadrangulare*
- 78) *Staurastrum setigerum* var. *occidentalis*
- 79) *Staurastrum* sp1
- 80) *Staurastrum* sp2
- 81) *Staurastrum gladiusum*
- 82) *Staurastrum unicorne*
- 83) *Staurastrum volans*
- 84) *Staurastrum pseudotetracerum*
- 85) *Staurodesmus cuspidatus*
- 86) *Staurodesmus dejectus*



NB : Les traits d'échelle des illustrations représentent 10  $\mu$ m

PLANCHE V

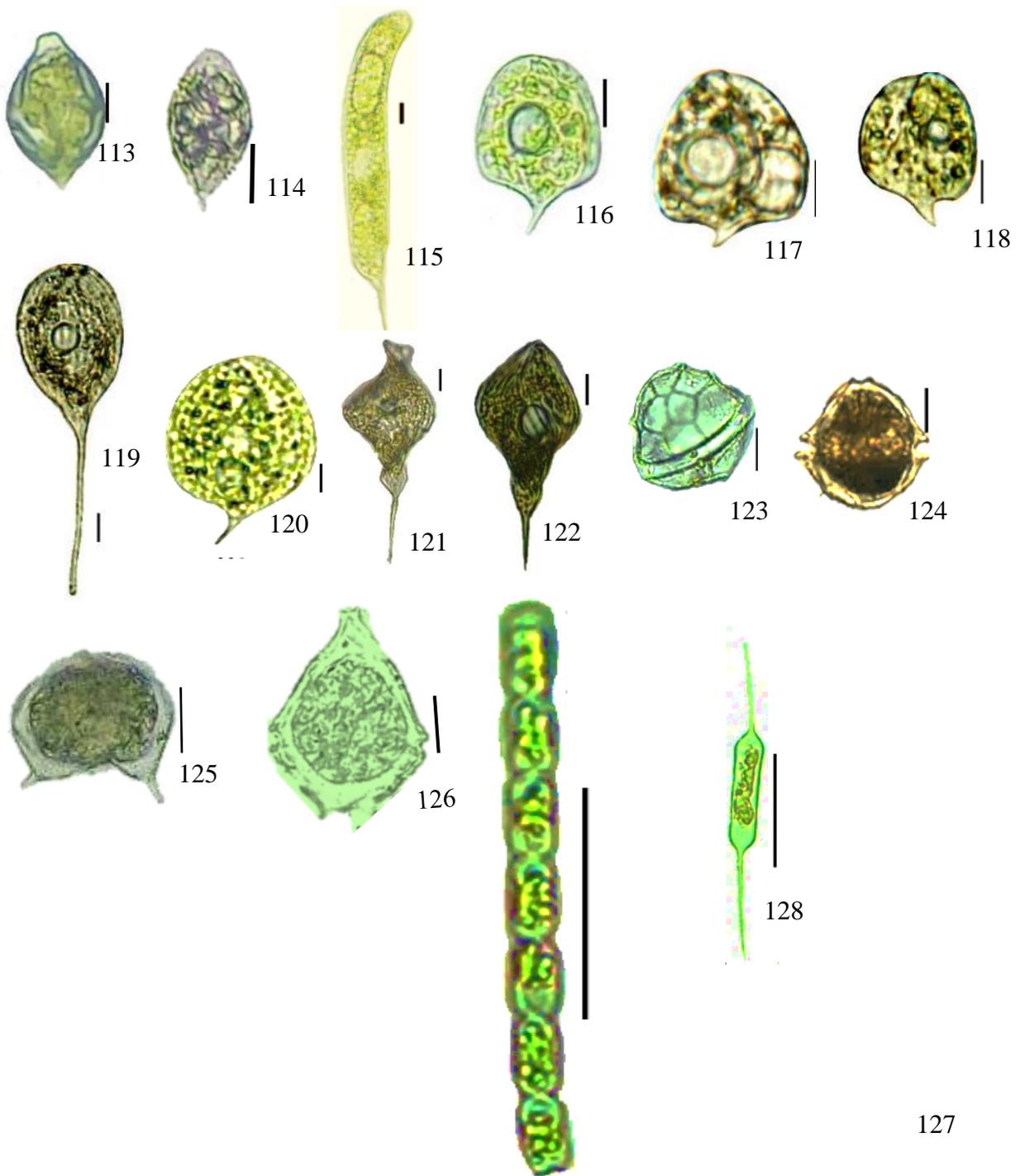
- 87) *Staurodesmus mucronatus var subtriangularis*
- 88) *Staurodesmus triangularis*
- 89) *Gonatozygon monotaenium*
- 90) *coelomoron* sp
- 91) *Microcystis aeruginosa*
- 92) *Microcystis* sp
- 93) *Oscillatoria limosa*
- 94) *Oscillatoria princeps*
- 95) *Oscillatoria* sp
- 96) *Coelosphaerium* sp
- 97) *Aphanocapsa annulata*
- 98) *Aphanocapsa incerta*
- 99) *Merismopedia elegans*
- 100) *Euglena polymorpha*
- 101) *Euglena proxima*
- 102) *Strombomonas verrucosa*
- 103) *Trachelomonas abrupta*
- 104) *Trachelomonas curba*
- 105) *Trachelomonas cylindrica*
- 106) *Trachelomonas hispida*
- 107) *Trachelomonas oblonga*
- 108) *Trachelomonas similis*
- 109) *Trachelomonas* sp
- 110) *Trachelomonas superba*
- 111) *Trachelomonas sydneyensis*
- 112) *Trachelomonas volvocina*
- 113) *Trachelomonas volvocinopsis*



NB : Les traits d'échelle des illustrations représentent 10  $\mu$ m

PLANCHE VI

- 114) *Lepocinclis fusiformis*
- 115) *Lepocinclis ovum*
- 116) *Lepocinclis oxyuris*
- 117) *Phacus acuminatus*
- 118) *Phacus angulatus*
- 119) *Phacus curvicauda*
- 120) *Phacus longicauda*
- 121) *Phacus orbicularis*
- 122) *Phacus sesquistortus*
- 123) *Phacus tortus*
- 124) *Peridinium cinctum*
- 125) *Peridinium inconspicuum*
- 126) *Peridinium* sp
- 127) *Preridiniopsis cunningtonii*
- 128) *Xanthonema* sp
- 129) *Centrtractus belonophorus*



NB : Les traits d'échelle des illustrations représentent 10 µm

## **RESUME**

La variation spatio-temporelle du phytoplancton du fleuve Bandama dans la région de la Marahoué où l'exploitation artisanale et clandestine d'or est accentuée a été étudiée dans quatre stations. Les échantillons de phytoplancton ont été collectés mensuellement d'octobre 2019 à Janvier 2020. Le prélèvement du phytoplancton a été réalisé à l'aide d'un préleveur intégré et d'un filet à plancton de 20 µm de vide de maille. L'observation microscopique du phytoplancton a permis d'identifier 206 espèces dont 126 espèces de Chlorophyta, 31 espèces d'Euglenophyta, 24 espèces de Cyanobacteria, 10 espèces de Pyrrophyta, 10 espèces de Bacillariophyta et 5 espèces de Xanthophyta. En ce qui concerne la répartition spatiale, Les stations en aval situées dans les zones d'orpaillage ont enregistré les plus faibles richesses par contre celle situées en amont de ces zones ont enregistré les plus fortes richesses. La répartition saisonnière des espèces a permis de relever un nombre élevé de taxons en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les résultats de l'indice de palmer ont révélé deux types de pollution. Une forte pollution organique en amont (St1 et St2) et une pollution organique moyenne en aval (St3 et St4).

Mots clés : Variation spatio-temporelle, Phytoplancton, Bandama, Côte d'Ivoire

## **ABSTRACT**

Spatio-temporal variation of phytoplankton in the Bandama River in the Marahoué region where artisanal and clandestine gold mining is accentuated was studied in four stations. Phytoplankton samples were collected monthly from October 2019 to January 2020. Phytoplankton sampling was conducted using an integrated sampler and a plankton net with 20 µm mesh void. Microscopic observation of phytoplankton identified 206 species including 126 species of Chlorophyta, 31 species of Euglenophyta, 24 species of Cyanobacteria, 10 species of Pyrrophyta, 10 species of Bacillariophyta and 5 species of Xanthophyta. For the spatial distribution, the downstream stations located in the gold panning areas recorded the lowest richness, while those located upstream of these areas recorded the highest richness. The seasonal distribution of species showed a higher number of taxa in the dry season than in the rainy season. The results of the palmer index revealed two types of pollution. A strong organic pollution upstream (St1 and St2) and a medium organic pollution downstream (St3 and St4)

Key words: Spatio-temporal variation, Phytoplankton, Bandama, Côte d'Ivoire