



**UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE**

UFR ENVIRONNEMENT

**ANNEE ACADEMIQUE :
2017-2018**

N° D'ORDRE : 0144

**N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0410000557**

**LABORATOIRE :
BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE**

23 Juillet 2019

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

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

MASTER

Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes

Option : Ecologie et Gestion Durable des Ecosystèmes

DIVERSITE ET STRUCTURE DES MACROPHYTES AQUATIQUES DE LA LAGUNE VODROBOUE (BONOUA, CÔTE D'IVOIRE)

Présenté par :

SIDIBE AICHA EPOUSE DIALLO

JURY

**Président : M. KONAN Koffi Félix, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur scientifique: M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Encadreur : Mme ADON Marie Paulette, Maître-Assistante,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. KOUASSI Kouadio Claude, Maître-Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

DEDICACES

Ce mémoire est dédié à :

- nos parents M. & Mme SIDIBE dont les prières et les bénédictions nous ont accompagnées tout au long de notre cursus universitaire
- notre très cher époux, M. DIALLO Abdoulaye et à notre fils DIALLO Mohamed Nouroudine pour leurs soutiens indéfectibles qui nous ont été d'une grande force
- nos frères SIDIBE Adama et SIDIBE Loukouman, nos sœurs Mme DOUMBIA Awa, Mme SAMAKE Mariam et Mlle SIDIBE Maïmouna pour leurs encouragements pendant les périodes difficiles.

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire n'aurait pas vu le jour sans l'aide bienveillante, la compréhension et le dévouement d'un certain nombre de personnes qui, par leur présence et leurs conseils, nous ont apporté leur soutien. C'est pourquoi, bien modestement, mais avec sincérité, nous témoignons à tous notre profonde gratitude.

Nos premiers remerciements vont à l'endroit du Professeur TIDOU A. SANOGO Epouse KONE Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour avoir accepté notre inscription en Master de Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes et pour la formation de qualité dont nous avons bénéficiée.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance au Professeur KONE Tidiani, Vice-président de l'Université, chargé de la pédagogie et de la vie universitaire et de l'innovation technologique, Directeur scientifique de ce mémoire, pour avoir accepté de diriger ce travail.

Nous remercions sincèrement Docteur KOUASSI Kouakou Lazare (Maître de Conférences), Directeur de l'UFR Environnement et Docteur SANGNE Yao Charles (Maître-Assistant) responsable de parcours de Master 2 de Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes (BGDE) pour leurs conseils et soutiens.

Nous tenons à remercier Docteur ADON Marie Paulette, Encadreur de ce mémoire, qui nous a suivi avec attention tout au long de ce travail, et dont les critiques scientifiques et la rigueur dans le travail bien fait nous furent d'un apport considérable. Nous lui sommes sincèrement reconnaissantes.

Nous disons merci à l'équipe de travail du Pole Pêche et Aquaculture/Laboratoire d'Environnement et de Biologie aquatique de l'Université Nangui Abrogoua d'Abidjan, particulièrement au Professeur OUATTARA Allassane et au Docteur KONAN Koffi Mexmin qui n'ont pas hésité à nous intégrer dans le projet n° 110 financé par le PASRES, dans lequel une assistance nous a été apportée lors des différentes campagnes d'échantillonnage.

Nos remerciements vont également à l'endroit des Docteurs KOUAME Djaha et KOUASSI Kouassi Henri (Maîtres de Conférence) à l'Université Jean Lorougnon Guédé, qui nous ont été d'une grande aide dans l'identification des macrophytes.

Nous adressons également nos remerciements à Monsieur DJINA Emmanuel et Mademoiselle YAO Brou Yolande pour leur bonne collaboration tout au long de ce travail, sans oublier tous les étudiants de Master 2 en BGDE.

Nos remerciements vont à l'endroit de Monsieur KOUADIO Atto Delphin pour son aide lors du traitement des données de ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATONS.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	3
I.1- MILIEU D'ETUDE.....	4
I.1.1- Situation géographique.....	4
I.1.2- Climat	4
I.1.3- Activités anthropiques	5
I.1.4- Hydrologie.....	5
I.2- MACROPHYTES	5
I.2.1- Définition	5
I.2.2- Types de macrophytes	6
I.2.3- Macrophytes, indicateurs de la qualité biologique des eaux	6
I.2.4- Fonctions des macrophytes dans les cours d'eau.....	7
I.2.4.1- Oxygénation et filtration de l'eau.....	7
I.2.4.2- Epuration de l'eau.....	7
I.2.4.3- Support de cachette et de pont.....	7
I.2.5- Facteurs influençant la répartition des macrophytes.....	7
I.2.5.1- Facteurs abiotiques.....	7
I.2.5.2- Facteurs biotiques.....	8
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	9
II.1- MATERIEL	10
II.1.1- Matériel de mesure du pH	10
II.1.2- Matériel d'échantillonnage et d'herbier.....	10
II.1.3- Matériel biologique.....	11
II.2- METHODES	11
II.2.1- Choix des stations d'échantillonnage.....	11
II.2.2- Mesure du pH.....	12

II.2.3- Echantillonnage des macrophytes.....	12
II.2.3.1- Collecte des macrophytes.....	12
II.2.3.2- Confection d'herbier.....	13
II.2.3.3- Identification des macrophytes.....	13
II.2.3.4- Dénombrement des taxons.....	13
II.3- ANALYSES DES DONNEES	13
II.3.1- Richesse spécifique	13
II.3.2- Fréquence d'occurrence.....	14
II.3.3- Indices de diversité	14
II.3.3.1- Indice de Shannon & Weaver.....	14
II.3.3.2- Indice de régularité de Piélou.....	14
II.3.4- Traitements statistiques	15
II.3.4.1- Analyses univariées.....	15
II.3.4.2- Analyse mutlivariée.....	15
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION.....	16
III.1- RESULTATS.....	17
III.1.1- Variation spatio-temporelle du pH.....	17
III.1.1.1- Variation spatiale du pH.....	17
III.1.1.2- Variation temporelle du pH.....	17
III.1.2- Composition taxinomique des macrophytes.....	18
III.1.2.1- Analyse qualitative.....	18
III.1.2.2- Description et illustrations des macrophytes.....	20
III.1.3- Variation spatio-temporelle de l'abondance des macrophytes.....	25
III.1.3.1- Répartition spatiale de l'abondance des macrophytes.....	25
III.1.3.2- Distribution temporelle de l'abondance des macrophytes.....	27
III.1.4- Variation spatio-temporelle de la diversité du peuplement macrophytique.....	28
III.1.4.1- Dynamique spatiale.....	28
III.1.4.2- Variation temporelle de la diversité.....	29
III.1.4.3- Influence du pH sur la distribution des macrophytes.....	30
III.2- DISCUSSION.....	32
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	34
REFERENCES	36

LISTE DES SIGLES ET ABEVIATIONS

- PAA : Pôle Pêche et Aquaculture
- PASRES : Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique
- pH : Potentiel d'Hydrogène
- RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
- UFR : Unité de Formation et de Recherche

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Différentes formes de croissance des macrophytes.....	6
Tableau II : Liste taxinomique des macrophytes des berges de la lagune Vodroboué.....	19
Tableau III : Valeurs de la corrélation r entre le pH et les macrophytes inventoriés.....	30

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	4
Figure 2 : pH-mètre.....	12
Figure 3 : Matériel d'échantillonnage des macrophytes.....	12
Figure 4 : Stations d'échantillonnage à l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué et sur les berges de la lagune Vodroboué	12
Figure 5 : Variation spatiale du pH des eaux de la lagune Vodroboué et de l'embouchure fleuve Comoé- lagune Vodroboué..	14
Figure 6 : Variation temporelle du pH des eaux de la lagune Vodroboué et de l'embouchure fleuve Comoé- lagune Vodroboué	19
Figure 7 : Vue des espèces de Poaceae inventoriées.....	20
Figure 8 : Vue des 2 espèces de Cyperaceae récoltées.....	24
Figure 9 : Vue des espèces d'Araceae.	25
Figure 10 : Vue des espèces d'Onagraceae inventoriées.....	25
Figure 11 : Vue des espèces de Commelinaceae, Asteraceae et Ceratophyllaceae.....	26
Figure 12 : Vue des taxons de Fabaceae (14 a,a'), Thélypteridaceae (15 b,b'), et Nymphaeaceae (16 c,c').....	27
Figure 13 : Variation spatiale de l'abondance absolue des macrophytes.....	28
Figure 14 : Variation spatiale de l'abondance relative de macrophytes.....	29
Figure 15 : Variation temporelle de l'abondance absolue des macrophytes.....	30
Figure 16 : Variation temporelle de l'abondance relative des macrophytes.....	31
Figure 17 : Variation spatiale des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité des.....	31
macrophytes au niveau des stations K1, K2, K3, K4.....	32
Figure 18 : Variation temporelle des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité.....	33
Figure 19 : Corrélation entre le pH et les macrophytes inventoriés.....	34

INTRODUCTION

Les milieux aquatiques continentaux procurent une variété de biens et de services à l'homme, ce qui leur confère une valeur économique irremplaçable (Gleick, 1993 ; Costanza *et al.*, 1997). Depuis le début des sociétés humaines, différentes espèces de plantes aquatiques ont été régulièrement utilisées pour satisfaire certains besoins vitaux (Dutartre *et al.*, 2014). De plus, les végétaux aquatiques du type macrophyte ont un rôle fonctionnel dans les hydrosystèmes et sont utilisés comme des indicateurs de la qualité des milieux aquatiques (Breugnot *et al.*, 2004). La dynamique des écosystèmes est donc directement liée à l'action biologique des plantes supérieures. En effet, la présence ou l'absence de certaines espèces peut même orienter l'évolution d'un milieu vers différents équilibres biologiques et écologiques (Raynal-Roques, 2005). Les communautés de macrophytes sont très sensibles à leur environnement et en particulier à l'augmentation du niveau trophique. Malheureusement, ils sont menacés globalement par l'action de l'homme. D'où la nécessité de les protéger. Ainsi, six zones humides, ayant une grande importance dans la diversité biologique en Côte d'Ivoire, ont été inscrites à la convention internationale RAMSAR. Il s'agit du Parc National d'Azagny, du Complexe humide Sassandra-Dagbego, la zone humide de Fresco, la zone humide des Iles Ehotilés-Essouman, la zone humide de N'ganda-N'ganda et la zone humide de Grand-Bassam. Cependant encore, la zone humide de Grand-Bassam connaît de fortes pressions anthropiques qui menacent sa diversité biologique. La lagune Vodroboué, située dans cette zone humide, n'échappe pas à ces menaces. C'est dans ce cadre qu'un projet de recherches pluridisciplinaires a été initié par le Pôle de recherches en Pêche et Aquaculture de l'Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire). L'épiphyton et l'épizooplancton étudiés dans ce projet sont prélevés sur les macrophytes. Malheureusement, peu d'études ont été réalisées sur ces plantes au niveau de la lagune Vodroboué. L'objectif de ce travail est d'étudier la diversité et la structure des macrophytes sur lesquels sont prélevés l'épiphyton et l'épizooplancton. Il s'agira spécifiquement d'étudier la composition en espèces de macrophytes, de déterminer la structure du peuplement de macrophytes et enfin d'étudier la diversité spatio-temporelle des macrophytes en relation avec le pH.

En plus de l'introduction et de la conclusion, ce mémoire est composé de trois parties. La première partie concerne les généralités sur le milieu d'étude et les macrophytes, la deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisées pour l'échantillonnage et le traitement des données. Enfin, la troisième partie présente les résultats obtenus qui sont par la suite discutés.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

I.1- MILIEU D'ETUDE

I.1.1- Situation géographique

La lagune Vodroboué, affluent du bras Est du fleuve Comoé, est située dans la zone humide de Grand-Bassam (Béibro & N'Douba, 2005), chef-lieu de la région du Sud-Comoé. Cette lagune, localisée à l'est de la ville de Bonoua avec une longitude Nord de 579000 UTM et une latitude Est de 435000 UTM, est située dans la zone humide estuarienne de Grand-Bassam. Grand-Bassam est une zone située le long du littoral ivoirien en bordure de l'Océan atlantique. Cette zone est localisée au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, à 43 Km au Sud-Est d'Abidjan. La population du département de Grand-Bassam est de 179.063 habitants (RGPH, 2014). La zone humide de Grand-Bassam est située entre le cordon littoral (au sud), l'Ile Vitré (au nord-ouest) et le bas cours du fleuve Comoé. La lagune Vodroboué (Figure 1), faisant partie de cette zone humide, a une superficie d'environ 423 ha (Kouadio *et al.*, 2017) avec une profondeur variable allant de 2 m à l'embouchure jusqu'à 4 m dans le plan d'eau lagunaire. La liaison permanente avec le fleuve Comoé produit des caractéristiques d'eau douce typique à cette lagune (Kouadio *et al.*, 2017).

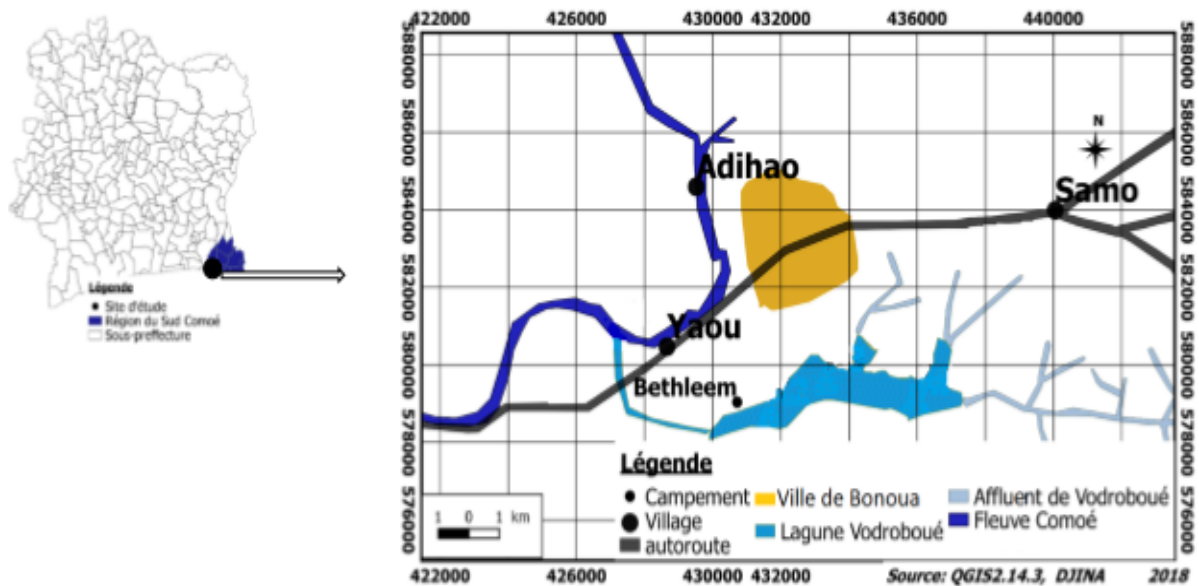


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (QGIS2.14.3, DJINA 2018).

I.1.2- Climat

La zone humide de Grand-Bassam, dont fait partie la lagune Vodroboué, est soumise à un climat équatorial de transition ou climat attiéen à quatre saisons alternativement pluvieuses et sèches.

Les quatre saisons sont réparties comme suit :

- une grande saison de pluies avril-juin ;

- une petite saison de pluie octobre-novembre ;
- une grande saison sèche décembre-mars ;
- une petite saison sèche juillet-décembre.

La précipitation moyenne annuelle est de 1.500 mm. Les températures restent élevées variant de 24 °C au minimum (mois d'août) à 27 °C (en mars).

I.1.3- Activités anthropiques

Les activités humaines les plus couramment exercées au niveau de la lagune Vodroboué sont la baignade, la pisciculture, les travaux ménagers tels que la vaisselle, la lessive dont les eaux sont directement évacuées dans la lagune. L'agriculture et l'exploitation forestière font également partie des activités menées par l'Homme aux alentours de la lagune Vodroboué.

I.1.4- Hydrologie

Au plan hydrologique, le fleuve Comoé et la lagune Ebrié forment ensemble, dans la zone humide de Grand-Bassam, le plus vaste estuaire du littoral Ivoirien. (Koffi *et al.*, 1991). En plus de l'océan atlantique au sud, la zone humide de Grand-Bassam comprend un important système lagunaire constitué des lagunes Ebrié, Aby et de petites lagunes comme celles de Hébé et Vodroboué. Les composantes écologiques sont diverses : mangroves, cours d'eau, prairies marécageuses, prairies à inondation temporaire ou permanente, lagunes de tailles variables, mares temporaires et permanentes, bancs de sables, savanes côtières.

I.2- MACROPHYTES

I.2.1- Définition

Les macrophytes sont les végétaux aquatiques visibles à l'œil nu (Haury *et al.*, 2015). Ces végétaux appartiennent à différents groupes taxonomiques : Algues, Bryophytes (mousses), Ptéridophytes (fougères) et Phanérogames (plantes à fleurs).

En fonction de l'inféodation à l'eau, sont distingués les macrophytes réellement aquatiques ou hydrophytes (algues, bryophytes aquatiques, hydrophytes vasculaires), les végétaux amphibies ou amphiphytes qui se différencient des formes aquatiques et des accommodats terrestres selon la profondeur de l'eau, et les végétaux de marais qui poussent " les pieds dans l'eau " ou hélrophytes. Certains végétaux terrestres ou hélrophytes peuvent différencier des formes aquatiques ayant une signification écologique particulière. Enfin, certains végétaux qualifiés de supra-aquatiques supportent une immersion temporaire ou végètent dans la zone des embruns (Kanel *et al.*, 2009).

I.2.2- Types de macrophytes

Le terme « forme de croissance » désigne des groupes de plantes aquatiques qui se différencient clairement par leur morphologie. Les conditions de vie dans un cours d'eau sont caractérisées par de nombreuses interactions entre les facteurs abiotiques et biotiques. Les macrophytes ont réagi à ces facteurs en adaptant leur morphologie. La forme de croissance d'une espèce est liée à ses exigences écologiques. La diversité des formes de croissance permet de connaître les conditions qui prédominent dans un cours d'eau (Kanel *et al.*, 2009). Diverses classifications des formes de croissance existent (Van de Weyer, 2004).

Tableau I : Différentes formes de croissance des macrophytes (Kanel *et al.*, 2009).

Groupes taxonomiques	Formes de croissance
Plantes vasculaires	<ul style="list-style-type: none">• Plantes submergées• Plantes à feuilles flottantes• Plantes émergées (hélophytes)
Bryophytes	<ul style="list-style-type: none">• Bryophytes
Algues	<ul style="list-style-type: none">• Charophytes• Algues filamenteuses

Les « plantes submergées » sont des plantes vasculaires qui sont enracinées dans le sédiment et poussent entièrement sous l'eau. Ces plantes ne développent aucune feuille adaptée pour flotter à la surface de l'eau, mais peuvent former des inflorescences au-dessus de la surface de l'eau. Notons qu'en fonction des conditions régnant dans les eaux, quelques taxons peuvent se développer soit sous une forme purement submergée, soit sous une forme hélophytique.

Les « plantes à feuilles flottantes » sont des plantes vasculaires qui sont enracinées dans le sédiment et développent des feuilles flottantes à la surface de l'eau. Ces plantes peuvent avoir des feuilles immergées, qui diffèrent alors de celles flottantes (Kanel *et al.*, 2009).

Les « hélophytes » sont des plantes vasculaires à port dressé enracinées dans le sédiment et dont la tige, les feuilles et les inflorescences se dressent au-dessus de l'eau. Notons qu'en fonction des conditions régnant dans les eaux, quelques taxons peuvent se développer soit sous une forme purement submergée, soit sous une forme hélophytique (Kanel *et al.*, 2009).

I.2.3- Macrophytes, indicateurs de la qualité biologique des eaux

Plusieurs propriétés des macrophytes en font des indicateurs bien adaptés pour apprécier les

cours d'eaux. Tout d'abord, ces organismes sont largement répandus et relativement faciles à cartographier et déterminer sur le terrain (Kanel *et al.*, 2009). Ensuite, de par leur constance stationnelle, ces macrophytes reflètent les conditions qui prédominent dans le cours d'eau, permettant de tirer des conclusions sur les nuisances environnementales locales. Cependant, la présence ou l'absence des macrophytes, n'est pas aussi étroitement liée à des facteurs environnementaux précis que l'est par exemple celle des diatomées, qui conviennent particulièrement bien à l'appréciation biologique de la qualité de l'eau. Tout comme les poissons et le macrozoobenthos, les macrophytes aquatiques renseignent plutôt sur la globalité des perturbations et des atteintes agissant sur l'écosystème (Kanel *et al.*, 2009).

I.2.4- Fonctions des macrophytes dans les cours d'eau

I.2.4.1- Oxygénation et filtration de l'eau

Les plantes aquatiques sont un élément important de nombreux ruisseaux et rivières et remplissent une multitude de fonctions dans l'écosystème des cours d'eau. (Kanel *et al.*, 2009). Elles ont la possibilité d'absorber une grande quantité de nutriments et de fixer les métaux lourds. Elles sont aussi très utiles parce qu'elles enrichissent le substrat et l'eau en oxygène par le biais de la photosynthèse (Lapalme, 2005).

Les macrophytes ont les mêmes propriétés que les microalgues fixées. Ces végétaux sont rencontrés à grande densité dans les écosystèmes de faibles profondeurs, spécialement dans les lacs oligotrophes (Thomas *et al.*, 2000).

I.2.4.2- Epuration de l'eau

Les hydrophytes consomment certains composés polluants dissous dans l'eau (azote, phosphore, métaux lourds...), dont certains constituent pour eux des éléments nutritifs. Ces macrophytes absorbent ces nutriments à travers les parois cellulaires de leurs tiges et de leurs feuilles très ramifiées, et produisent de l'oxygène nécessaire à la décomposition des matières organiques et à l'oxydation de l'azote ammoniacal. Les hydrophytes abritent aussi des micro-organismes tels que les bactéries, qui font une grosse part du travail d'épuration.

I.2.4.3- Supports de cachettes et de ponte

Les macrophytes sont des habitats importants pour les invertébrés comme lieu de vie, support de biofilms et de ponte, etc. Ils peuvent abriter une diversité et densités élevées d'invertébrés et pour certains groupes comme les mollusques, ils sont même des habitats permanents. Vis-à-vis des poissons, ces herbiers ont surtout des fonctions d'habitat temporaire, en particulier de ponte

pour certaines espèces de poissons tels que carpe, gardon ou brochet, mais aussi de zones d'abri et de refuges pour les alevins (Dutartre *et al.*, 2014).

I.2.5- Facteurs influençant la répartition des macrophytes

I.2.5.1- Facteurs abiotiques

La distribution des espèces végétales et leur productivité dépendent d'interactions complexes entre les conditions hydrodynamiques, les processus hydro chimiques et l'énergie lumineuse disponible, conduisant à diverses stratégies adaptatives pour coloniser les différents habitats (Kanel *et al.*, 2009).

- **Lumière** disponible détermine la photosynthèse (Dawson & Kern-hansen, 1978) et sélectionne les espèces (par exemple les bryophytes, généralement plus sciaphiles que les phanérogames) (Haury, 1985).

- **Température** intervient à la fois dans le cycle de développement, mais aussi dans la sélection des espèces et leur développement saisonnier (Dawson *et al.*, 1982), notamment celui des algues macrophytes.

- **Minéralisation** et **la trophie** de l'eau (Haslam, 1978 ; Robach *et al.*, 1996), déterminent la présence et le développement des espèces. Une sélection en fonction de ces composants peut être directe (exclusion des espèces qui ne supportent pas par exemple une forte minéralisation ou un niveau trophique toxique, exemple de l'ammoniaque) ou indirecte en s'exprimant par des facteurs biotiques (manque de compétitivité) (Daniel & Haury, 1996 ; Thiébaud & Muller, 1998).

- **Gaz dissous** (Maberly & Spence, 1983), notamment le CO₂ dissous qui sert à la photosynthèse, et dont la forme de prélèvement par les macrophytes détermine leur compétitivité. Le CO₂ dissous pour les bryophytes, alors plus développés en milieu acide ; bicarbonates pour le potamot pectiné. Par ce fonctionnement métabolique, les macrophytes modifient profondément cet équilibre.

I.2.5.2- Facteurs biotiques

La présence et la distribution des macrophytes dépendent de la concurrence entre les diverses espèces végétales. Les peuplements végétaux aquatiques ne sont pas seulement influencés par les facteurs physico-chimiques ou la morphologie du cours d'eau, mais aussi par la concurrence entre les espèces et l'introduction d'espèces allochtones (l'élodée de Nuttall, *Elodea nuttalli*) (Kanel *et al.*, 2009).

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

II.1- MATERIEL

II.1.1- Matériel de mesure du pH

Les mesures du pH ont été réalisées *in situ* à l'aide d'un pHmètre de marque Hanna Combo pH & EC. Cet appareil est constitué d'une sonde qui permet de mesurer le pH de l'eau et d'un boîtier qui permet l'affichage de la valeur numérique du pH mesuré.



Figure 2 : pH-mètre

II.1.2- Matériel d'échantillonnage et d'herbier

Les prélèvements de macrophytes des berges de la lagune Vodroboué a nécessité l'utilisation d'un certain nombre de matériel :

- un quadra de 0,5 m² pour délimiter la surface à l'intérieur de laquelle étaient prélevés les macrophytes ;
- une machette a également servi pour prélever des échantillons des plantes ;
- pour les prises de notes, un crayon et un carnet de notes ont été nécessaire ;
- des étiquettes ont été fixées sur les plantes à l'aide d'un ruban adhésif ;
- un sac plastique a été utilisé pour le transport des plantes.



Figure 3 : Matériel d'échantillonnage des macrophytes.

a : un quadra ; b : une machette ; c : un carnet de notes et un crayon.

Pour la confection des herbiers, le matériel suivant a été nécessaire :

- des papiers journaux à l'intérieur ;
- des feuilles de contre-plaqué
- une corde ont servi à la réalisation d'un système de sangle ;
- des papiers Bristol ;
- une colle transparente ;
- des chemises cartonnées.

II.1.3- Matériel biologique

Le matériel biologique était constitué des plantes aquatiques récoltées sur le terrain.

II.2- METHODES

II.2.1- Choix des stations d'échantillonnage

Le choix des stations a été effectué sur la base du gradient amont-aval, en fonction de l'accessibilité aux stations, la présence ou non des activités humaines liées aux différentes stations. Chaque campagne d'échantillonnage s'est étendue sur 2 jours et s'est déroulé entre 9h et 12h dans les stations dont les coordonnées sont présentées ci-dessous :

- la station K1 de coordonnées 589000 UTM (longitude) et 427000 UTM (latitude) est située en aval de la lagune. Cette station est localisée à l'embouchure fleuve Comoé- lagune Vodroboué.
- la station K2 de coordonnées 578200 UTM (longitude) et 431800 UTM (latitude) et la station K3 de coordonnées 579800 UTM (longitude) et 433400 UTM (latitude) sont situées entre l'amont et l'aval.
- la station K4 de coordonnées 579000 UTM (longitude) et 43600 UTM (latitude) est située en amont de la lagune.

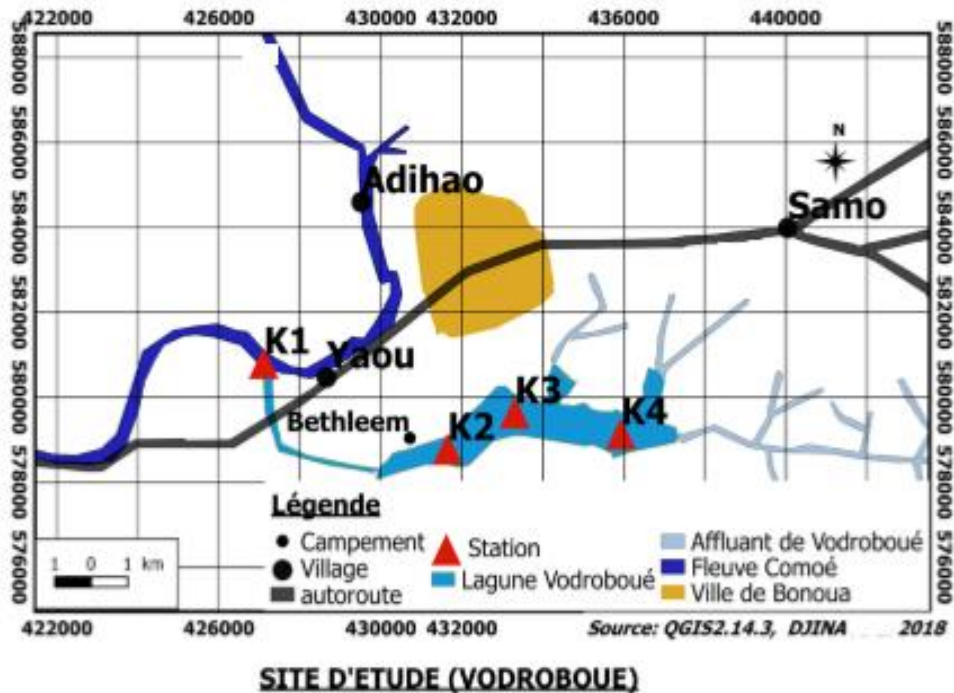


Figure 4 : Stations d'échantillonnage à l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué et sur les berges de la lagune Vodroboué K1, K2, K3 et K4 : Stations d'échantillonnage.

II.2.2- Mesure du pH

Les mesures du pH ont été effectuées *in situ* à l'aide du multimètre portable qui a été auparavant mis sous tension. La sonde a été ensuite plongée dans l'eau et la sélection de la fonction désirée permet l'affichage numérique de la valeur du paramètre sélectionné. Les valeurs du pH ont été mesurées aux heures de l'échantillonnage de mars 2016 à décembre 2017, à la fréquence d'une mesure par station à chaque saison.

II.2.3- Echantillonnage des macrophytes

II.2.3.1- Collecte des macrophytes

La méthode adoptée pour les prélèvements des macrophytes a été inspirée de celle utilisée par Dibong & Ndjouondo (2014). Cette méthode a consisté à délimiter une parcelle de 0,5 m² à l'aide d'un quadra. Chaque espèce de macrophytes présente à l'intérieur de ce quadra a été prélevée. Les prélèvements des macrophytes ont été effectués aux mêmes stations, heures, saisons et périodes que le pH.

II.2.3.2- Confection d'herbier

La méthode utilisée a été inspirée de celle décrite par Lejoly (2006). Après la collecte, chaque échantillon a été placé dans du papier journal. Les feuilles de la plante ont été disposées à l'intérieur des papiers journaux de façon à montrer les faces supérieures et inférieures. Ces papiers journaux étaient disposés entre 2 feuilles de contre-plaqué puis attachés solidement avec une corde. Le paquet ainsi obtenu était déposé sur une source de chaleur (30 à 50°C) pendant quelques jours. Lorsque les plantes ont bien séché, chaque échantillon est collé sur un papier Bristol et accompagné d'une étiquette collée dans le coin inférieur droit du papier Bristol. Cette étiquette mentionne le nom du récolteur, la date et le lieu de récolte, le nom et la famille de l'espèce. L'ensemble était placé dans une chemise cartonnée pour une meilleure conservation.

II.2.3.3- Identification des macrophytes

Certaines plantes prélevées ont été identifiées directement sur le terrain. Celles qui n'ont pas pu être identifiées sur le terrain l'ont été au laboratoire. Cette identification a été réalisée à partir de différentes clés d'identification telles que celles de Van de Weyer & Schmidt (2007) et Raynal-Roques (2005). L'aide de systématiciens et de botanistes a également été nécessaire pour la validation de l'identification de certaines plantes.

II.2.3.4- Dénombrement des taxons

Le dénombrement des taxons recensés s'est effectué directement sur le terrain. A l'intérieur du quadrat, les spécimens d'une espèce ont été comptés de façon visuelle vu que ce sont des espèces visibles à l'œil nu. Un spécimen est considéré s'il a toutes ses parties présentes. Le nombre de spécimens comptés d'une espèce a été noté et le nombre d'espèces recensées à l'intérieur du quadrat l'est également. Le dénombrement des taxons a été effectué sur trois saisons, à savoir la petite saison sèche, le début de la grande saison sèche et la grande saison des pluies.

II.3- ANALYSES DES DONNEES

II.3.1- Richesse spécifique

La richesse spécifique ou diversité brute représente le nombre total de taxons présents dans un milieu donné. C'est le nombre total des diverses catégories taxinomiques auxquelles appartiennent les organismes prélevés à une station d'échantillonnage. La richesse spécifique mesure la diversité la plus élémentaire, fondée directement sur le nombre total de taxons sur un site.

II.3.2- Fréquence d'occurrence (fréquence relative)

La fréquence (F), dite également indice d'occurrence ou indice de constance (Dajoz, 2000), est le rapport du nombre de prélèvements dans lesquels une espèce est recensée à une station donnée et le nombre total des prélèvements effectués au niveau de la même station. La fréquence d'une espèce exprimée en pourcentage dans la station b (F_{ab}) est donnée par la formule ci-dessous :

$$F_{ab} = \frac{R_{ab}}{R_b} * 100$$

R_{ab} : nombre de relevés où l'espèce a est présente dans la station b; R_b : nombre total des relevés réalisés au niveau de la station b. Sur la base de la fréquence, les espèces ont été regroupées en trois classes (Dajoz, 2000) : espèces constantes ($F \geq 50\%$) ; espèces accessoires ($25\% \leq F < 50\%$) ; espèces accidentelles ($F < 25\%$).

II.3.3- Indices de diversité

II.3.3.1- Indice de Shannon & Weaver

L'indice de diversité, calculé selon la formule de Shannon & Weaver, exprime la structure d'un peuplement et la façon dont les individus sont repartis entre les diverses espèces qui composent ce peuplement (Daget, 1979). Cet indice se calcule selon la relation suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \text{Log}_2 P_i ,$$

P_i = proportion de l'espèce i ; S = nombre d'espèces de l'échantillon ; H' = diversité spécifique en bits/taxons. La diversité est minimale quand H' tend vers 0 et maximale lorsque H tend vers $\text{Log}_2 S$.

II.3.3.2- Indice de régularité de Piélu

L'indice de régularité ou d'équitabilité (E) est défini par le rapport entre la diversité réelle et la diversité maximale (Piélu, 1966). Elle rend compte de l'abondance relative de chaque taxon, de la régularité de la distribution des taxons et de la qualité d'organisation du peuplement. Cet indice de régularité se calcule comme suit :

$$E = \frac{H'}{\text{Log}_2 S}$$

H' = Indice de diversité de Shannon ; S = Richesse spécifique ; $\log S$ = Valeur maximale que prend H' lorsque toutes les espèces se présentent avec la même abondance. Dans ce cas,

l'équitabilité tend vers sa valeur maximale qui est de 1. Par contre, elle est minimale quand une ou quelques espèces seulement sont nettement dominantes et tend vers 0 (Daget, 1979).

II.3.4- Traitements statistiques

II.3.4.1- Analyses univariées

Les données récoltées pendant nos travaux ont fait l'objet d'un traitement statistique, sous forme d'analyse univariée. Dans le souci d'une comparaison saisonnière et spatiale des macrophytes, des tests paramétriques de l'ANOVA à 1 facteur et non-paramétriques de Kruskal-Wallis (au seuil de significativité de 5%) ont été réalisés. Pour les données qui n'ont pas satisfait les conditions de normalité et d'homogénéité, le test de Kruskal-Wallis a été appliqué. Quant aux paramètres qui satisfont aux tests de normalité et d'homogénéité, ceux-ci ont été soumis à l'ANOVA à 1 facteur. Pour cette analyse, le test de Tukey a été utilisé pour la comparaison deux à deux au cas où les variables affichent une différence ($p < 0,05$) entre les stations où les saisons. Ces traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel Past 3.14. (Dieumegard, 2010).

II.3.4.2- Analyse multivariée

Dans cette étude, seules les données du pH mesurées au cours de la période d'étude ont été prises en compte. La corrélation de Spearman a été utilisée dans le but de mettre en évidence l'influence du pH sur la distribution des macrophytes récoltés. Le coefficient de corrélation est indépendant des unités de mesure des variables, autorisant les comparaisons. La mesure est normalisée, elle est définie entre :

$$-1 \leq r \leq +1$$

Lorsque :

- $r = +1$, la liaison entre les deux variables est linéaire, positive et parfaite, c'est-à-dire la connaissance d'une variable fournit la valeur de l'autre variable (et inversement).

- $r = -1$, la liaison est linéaire et négative (Rakotomalala, 2017).

Le coefficient de corrélation a été calculé pour mesurer la relation linéaire (proportionnalité) entre les valeurs de deux variables. Ce coefficient a été déterminé dans le but de détecter les variables fortement corrélées afin d'éliminer les redondances (Murta, 2000).

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1- RESULTATS

III.1.1- Variation spatio-temporelle du pH

III.1.1.1- Variation spatiale du pH

La figure 5 présente les variations du pH dans les quatre stations d'échantillonnages. Les valeurs du pH ont oscillé entre 5,19 et 6,4 à la station K1, entre 6 et 6,9 à la station K2, entre 5,3 et 7 en K3 et entre 6 et 8,01 à la station K4. Le pH le plus élevé (8,01) a été enregistré à la station K4, tandis que la valeur la plus basse du pH (5,19) a été enregistrée à la station K1. Aucune différence significative entre les valeurs du pH mesurées à ces stations n'est observée (test de Mann-Whitney, $p > 0,05$).

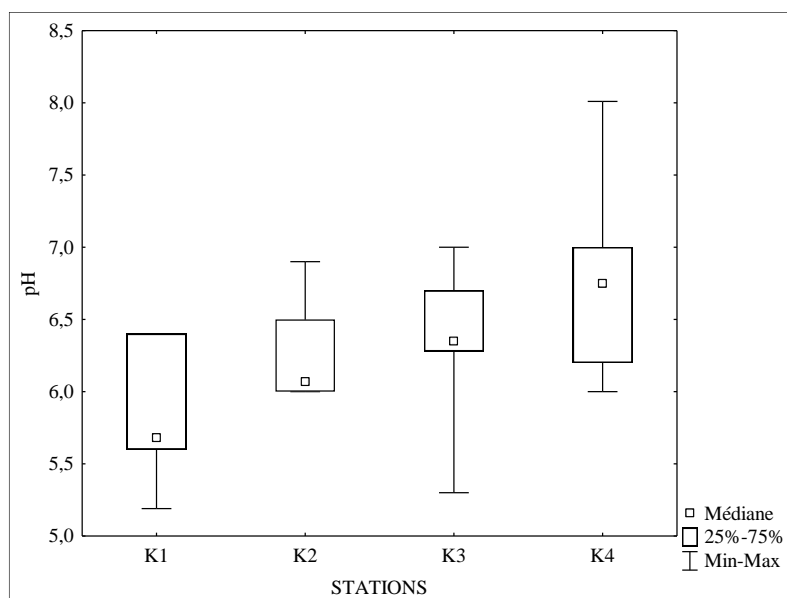


Figure 5 : Variation spatiale du pH des eaux de la lagune Vodroboué et de l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué.

K1, K2, K3, K4 : stations d'échantillonnages.

III.1.1.2- Variation temporelle du pH

La figure 6 présente les variations du pH pendant cinq saisons d'échantillonnage, la petite saison sèche, le début et la fin de la grande saison sèche, la petite et la grande saison pluvieuse. Les valeurs du pH des eaux de la lagune Vodroboué de la petite saison sèche ont varié entre 5,6 à 8,01. Concernant le début de la grande saison sèche, le pH a varié entre 6,4 et 7. Les valeurs du pH enregistrées pendant la fin de la grande saison sèche ont fluctué entre 5,3 et 6,2. La grande saison des pluies, a enregistré, quant à elle des valeurs de pH comprises entre 6,07 et 6,75. Concernant la petite saison des pluies, les valeurs du pH ont varié entre 5,19 et 6,7. La valeur la plus élevée du pH (8,01) a été observée à la petite

saison sèche tandis que la plus faible valeur (5,19) a été enregistrée pendant la petite saison des pluies. Aucune différence significative entre les valeurs du pH pendant les cinq saisons d'échantillonnages (test de Mann-Whitney, $p > 0,05$) n'a été observée.

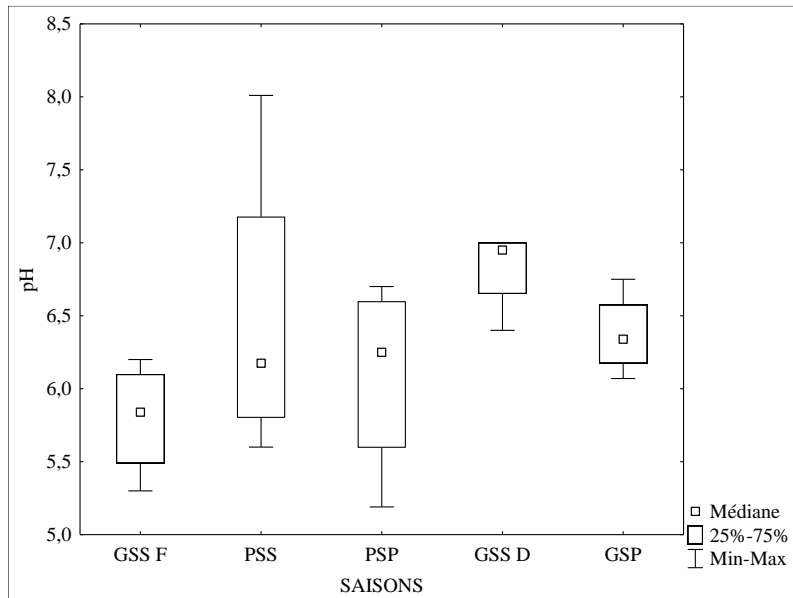


Figure 6 : Variation temporelle du pH des eaux de la lagune Vodroboué et de l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué.

PSS : petite saison sèche ; GSS D: début grande saison sèche ; GSP : grande saison des pluies.
GSS F : fin grande saison sèche.

III.1.2- Composition taxinomique des macrophytes

III.1.2.1- Analyse qualitative

La communauté de macrophytes recensée comprend au total 17 taxons repartis en 14 genres, 12 familles, et 3 classes (Tableau II). Ces classes sont les monocotylédones avec 8 taxons, soit 47,05%, les dicotylédones avec 7 taxons, soit 41,18% et les Filicopsidées avec 2 taxons soit 11,76%. Parmi les monocotylédones, les familles les plus diversifiées sont les Poaceae qui ont présenté plus de taxons (3 espèces) par rapport aux autres familles.

Au niveau des dicotylédones, la famille des Onagraceae a été la famille la plus diversifiée avec 2 taxons. Les autres familles que sont les Commelinaceae, les Thelipteridaceae, les Fabaceae, les Nymphaeaceae, les Convolvulaceae, les Ceratophyllaceae, les Asteraceae et les Salviniaceae ont présenté chacune un seul taxon.

Les taxons recensés sont regroupés en trois types de formes de croissance. Ce sont les plantes émergentes, les plantes à feuilles flottantes et les plantes submergées. Trois plantes à feuilles flottantes ont été recensées dans nos travaux. Ce sont *Nymphaeae lotus*, *Salvinia molesta* et

Pistia stratiotes. Cependant, *Nymphaeae lotus* est enraciné dans le sédiment tandis que *Salvinia molesta* et *Pistia stratiotes* ne sont pas enracinés dans le sédiment et peuvent être emportés par le courant. Une seule plante submergée a été inventoriée. Il s'agit de *Ceratophyllum* sp. Les autres taxons sont des plantes émergentes.

Les stations K1, K2, K3 ont été plus diversifiées en nombre de taxons avec chacune 9 taxons par rapport à la station K4 caractérisée par 4 taxons. Une similarité du nombre de taxons a été observée à la station embouchure K1 et dans les stations K2 et K3 aux abords de la lagune. L'espèce *Paspalum vaginatum* a été commune à toutes les stations.

9 taxons appartenant à 8 familles ont été recensés à chacune des stations K1 et K2. En ce qui concerne la station K3, 9 taxons ont également été récoltés mais ceux-ci appartiennent à 7 familles. Les 4 taxons inventoriés à la station K4 n'appartiennent qu'à 2 familles. Les stations les plus diversifiées sont K1 et K2.

La richesse taxinomique totale a présenté 11 taxons constants (soit 64,70%) et 6 taxons accessoires (soit 35,3%). Aucun taxon accidentel n'est rencontré.

Tableau II : Liste taxinomique des macrophytes des berges de la lagune Vodroboué et de l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué.

Taxons	FC	Acr	Stations				F
			K1	K2	K3	K4	
Monocotylédones							
Poaceae							
<i>Panicum parvifolium</i>	pem	papa		*	*		50%
<i>Panicum repens</i>	pem	pare	*		*	*	75%
<i>Paspalum vaginatum</i>	pem	pava	*	*	*	*	100%
Cyperaceae							
<i>Cyperus rotundus</i>	pem	cyro	*				25%
<i>Cyperus haspan</i>	pem	cyha		*	*		50%
Commelinaceae							
<i>Aneilema beniniense</i>	pem	anbe	*				25%
Araceae							
<i>Cyrtosperma senegalense</i>	pem	cyse		*	*		50%
<i>Pistia stratiotes</i>	pfl	pist	*				25%
Dicotylédones							
Asteraceae							
<i>Aspilia africana</i>	pem	asaf		*	*		50%
Onagraceae							
<i>Ludwigia abyssinica</i>	pem	luab	*			*	50%
<i>Ludwigia</i> sp.	pem	lusp		*	*	*	75%

Fabaceae							
<i>Centrosema pubescens</i>	pem	cepu		*			25%
Nymphaeaceae							
<i>Nymphaea lotus</i>	pfl	nylo			*		25%
Convolvulaceae							
<i>Ipomoea aquatica</i>	pem	ipaq	*				25%
Ceratophyllaceae							
<i>Ceratophyllum sp.</i>	psu	cesp	*				25%
Filicopsidées							
Thelypteridaceae							
<i>Cyclosorus striatus</i>	pem	cyst		*	*		50%
Salviniaceae							
<i>Salvinia molesta</i>	pfl	samo	*	*			50%
TOTAL			9	9	9	4	

FC : forme de croissance ; pem : plante émergée ; pfl : plante à feuille flottante ; psu : plante submergée ; ACR : Acronyme ; K1, K2, K3, K4 : stations d'échantillonnage ; F : fréquence d'occurrence ; **papa** : *Panicum parvifolium* ; **pavg** : *Paspalum vagiantum* ; **cyst** : *Cyclosorus striatus* ; **cyse** : *Cyrtosperma senegalense* ; **lusp** : *Ludwigia sp* ; **cyha** : *Cyperus haspan* ; **nylo** : *Nymphaeae lotus* ; **cepu** : *Centrosema pubescens* ; **pist** : *Pistia stratiotes* ; **samo** : *Salvinia molesta* ; **cesp** : *Ceratophyllum sp* ; **cyro** : *Cyperus rotundus* ; **asaf** : *Aspilia africana* ; **anbe** : *Aneilema beniniense* ; **pare** : *Panicum repens*. **luab** : *Ludwigia abyssinica* ; **ipaq** : *Ipomoea aquatica*.

III.1.2.2- Description et illustrations des macrophytes

- **Poaceae** ((R.Br.) Barnh, 1895). (Fig. 7)

Les Poaceae sont des monocotylédones très évolués possédant toutes les caractéristiques : feuilles à nervures parallèles, absence de vrai bois, symétrie axiale de type 3 pour les fleurs, embryon à un seul cotylédon, grain de pollen à un seul pore. Cette famille très évoluée est remarquable par l'extrême spécialisation de ses organes : l'appareil végétatif, l'inflorescence, la fleur et le fruit. Trois espèces de cette famille ont été inventoriées dans nos travaux : *Panicum parvifolium*, *Paspalum vaginatum* et *Panicum repens*.

-*Panicum parvifolium* (Lam., 1791) (Figs. 7a, a') : Les feuilles sont insérées sur la tige, la nervure principale est parallèle aux nervures secondaires. Les feuilles sont de petites tailles.

-*Paspalum vaginatum* (L., 1759) (Figs. 7b, b') : Les feuilles sont allongées et peu rugueuses. Elles sont insérées sur la tige et ont une nervation parallèle.

-*Panicum repens* (L., 1762) (Figs 7c, c') : les feuilles sont simples, alternes. La face inférieure est lisse et glabre tandis que la face supérieure est scabre avec des poils.

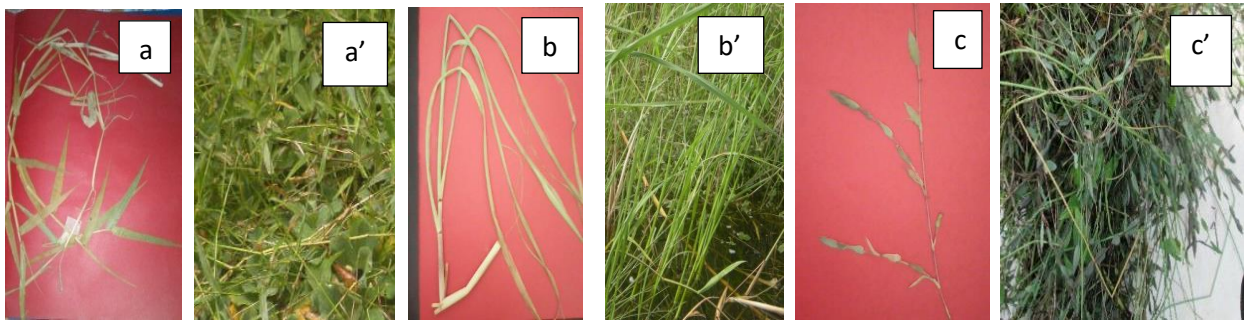


Figure 7: Vue des espèces de Poaceae inventoriées:

a' : *Panicum repens* (état sec) ; b' *Panicum repens* (état frais) ; b : *Paspalum vaginatum* (état sec) *Paspalum vaginatum* (état frais) ; c : *Panicum parvifolium* (état sec) ; c' : *Panicum parvifolium* (état frais en touffe).

- **Cyperaceae** (Juss., 1789) (Fig.8)

Les Cyperaceae sont des plantes monocotylédones herbacées, en touffe, souvent vivaces, aux feuilles comme celles des joncs, à l'inflorescence parfois unisexuées. Deux espèces de cette famille ont été recensées dans nos travaux :

-*Cyperus haspan* (L.) (Fig.8a): La tige est ronde allongée et lisse. Les feuilles sont situées à l'extrémité de la tige.

-*Cyperus rotundus* (L., 1753) (Figs. 8b, b'): les feuilles sont dressées en touffes et disposées à la partie inférieure de l'axe florifère. La tige aérienne correspond à l'axe florifère.



Figure 8 : Vue des 2 espèces de Cyperaceae récoltées.

a : *Cyperus haspan* (état sec) ; b : *Cyperus rotundus* (état frais), b' : *Cyperus rotundus* (état sec).

- **Araceae** : (Juss., 1789) (Fig. 9)

Ce sont des monocotylédones, arbustes ou plantes herbacées, parfois arborescentes des régions subtropicales, tropicales, et, en nombre réduit, dans les régions tempérées. Deux espèces de cette famille ont figuré dans nos échantillonnages :

- *Cyrtosperma senegalense* ((Shott) Engl., 1879) (Figs. 9a, a') : La feuille est assez grande et large. Présence d'épines sur la tige.

- *Pistia stratiotes* (L., 1753) (Figs. 9b, b') : plante flottante, sans tige et des feuilles charnues disposées en rosette. Les deux faces de la feuille sont velues.

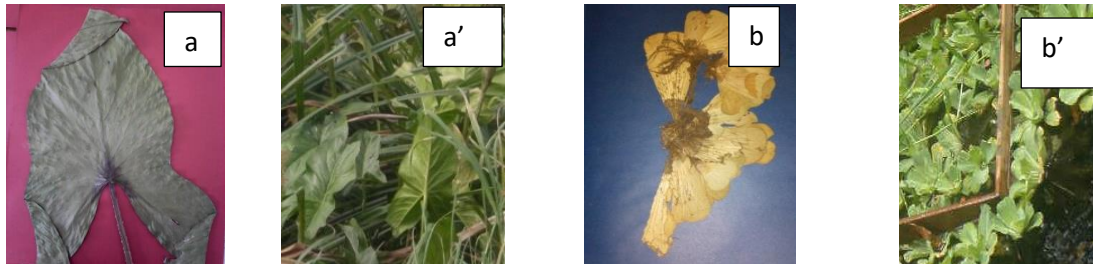


Figure 9 : Vue des espèces d'Araceae.

a : *Cyrtosperma senegalense* (état sec) ; a' : *Cyrtosperma senegalense* (état frais) ; b : *Pistia stratiotes* (état sec) ; b' : *Pistia stratiotes* (état frais)

- **Onagraceae** (Juss., 1789) (Fig. 10)

La famille Onagraceae est une famille de plantes dicotylédones qui comprend des arbres des arbustes et des plantes herbacées. La plupart des membres de la famille poussent dans les milieux ouverts secs ou humides, mais le genre *Ludwigia* est aquatique. Deux espèces de ce genre ont été recensées parmi nos échantillons.

- *Ludwigia* sp. (L. 1753) (Fig. 10a) : Les feuilles sont alternes et peu arrondies. Les fleurs, de couleurs jaune, comporte 5 pétales et 5 sépales.

- *Ludwigia abyssinica* (A. Rich., 1848) (Figs. 10b, b') : les feuilles sont simples, alternes et de forme lancéolée. La tige est anguleuse et très ramifiée.

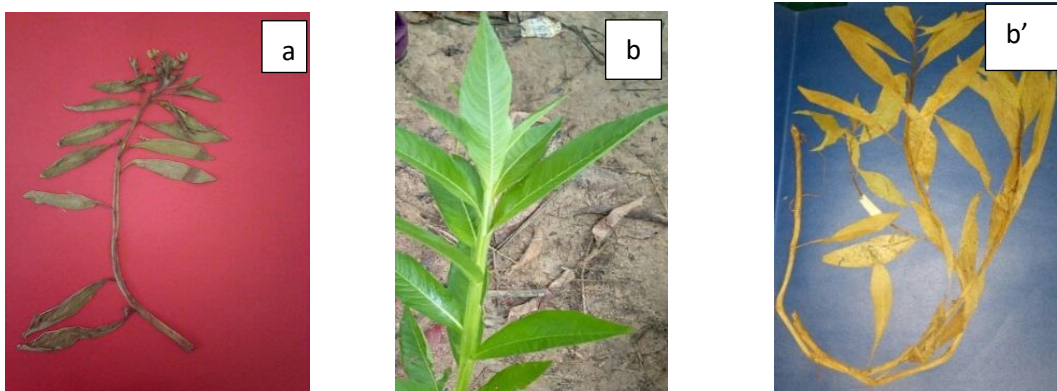


Figure 10 : Vue des espèces d'Onagraceae inventoriées

a : *Ludwigia* sp. (état sec) ; b : *Ludwigia abyssinica* (état frais) ; b' : *Ludwigia abyssinica* (état sec).

- **Convolvulaceae** (Juss., 1789)

La famille des Convolvulaceae est une famille de dicotylédones qui regroupe une soixantaine de genre. Ce sont des plantes herbacées, la plupart du temps grimpantes ou rampantes, des arbustes, des lianes et quelques fois des arbres des régions tempérées à tropicales. Une seule espèce de cette famille a été inventoriée pendant nos travaux :

- *Ipomoea aquatica* (Forssk., 1775): plante rampante à feuilles alternes et simples. Tige lisse et creuse, limbe plus ou moins triangulaire.

- **Commelinaceae** (Mirb., 1804) (Fig. 11)

Ce sont des plantes herbacées des régions tropicales à subtropicales du monde entier. Annuelles ou vivaces, succulentes ou aquatiques, elles présentent une grande variété de port : depuis la plante rampante de quelques centimètres jusqu'à la plante érigée d'une hauteur de plusieurs mètres. Une espèce de cette famille a été inventoriée :

- *Aneilema beniniense* ((P. Beauv.) Kunth) (Fig. 11 a) : les feuilles sont opposées et ovales. La tige est cylindrique, lisse et rampante.

- **Asteraceae** (Bercht. & J.Presl, 1820) (Fig. 11)

Ce sont des plantes ordinairement herbacées, mais pouvant être arborescentes ou arbustives. Les feuilles sont alternes, moins souvent opposées et rarement verticillées. Une espèce de cette famille a été inventoriée : *Aspilia africana* ((Pers.) C.D. Adams, 1956) Fig. 11b)

- **Ceratophyllaceae** (Gray., 1821) (Fig. 11)

Les Ceratophyllaceae sont une famille de plantes herbacées aquatiques particulières et dépourvues de racines. Ce sont des plantes entièrement submergées qui se rencontrent presque partout dans le monde. Cette famille comprend un seul genre : le *Ceratophyllum*. Un taxon a été inventorié lors de nos travaux.

-*Ceratophyllum* sp. (L., 1753) (Fig. 11c): les feuilles sont étroites, verticillées, fourchues et denticulées au sommet.

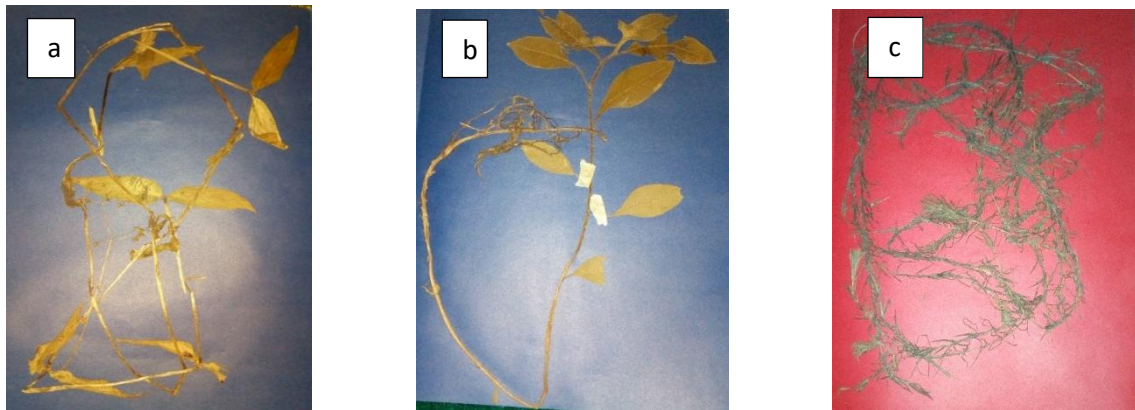


Figure 11 : Vue des espèces de Commelinaceae, Asteraceae et Ceratophyllaceae

11 a : *Aneilema beniniense* ; 11 b : *Aspilia africana* ; 11 c : *Ceratophyllum* sp.

- **Fabaceae** (Lindl., 1836) (Fig. 12)

La famille des Fabaceae ou légumineuses est une très grande famille de plantes herbacées, des arbustes, des arbres ou des lianes. C'est une famille cosmopolite des zones froides à tropicales.

Une espèce de cette famille a été inventoriée :

- *Centrosema pubescens* (Benth., 1837) (Figs. 12b, b') : les feuilles sont trifoliolées, la tige est lianescente et les fleurs sont jaunes.

- **Thelipteridaceae** (Ching ex Pic. Serm, 1970) (Fig. 12)

C'est une famille de fougère subcosmopolites qui se retrouve le plus souvent dans les régions tropicales. Les Thélipteridaceae sont assez bien caractérisées par leurs frondes minces, rhizome dressé ou rampant.

- *Cyclosorus striatus* (Ching (Schum.)) (Fig. 12c, c'). Les feuilles sont bipennées avec des folioles opposées. Certaines folioles sont alternes vers le haut de la feuille.

- **Nymphaeaceae** (Salisb., 1805) (Fig. 12)

Les Nymphaeaceae sont une famille de plantes aquatiques habituellement rhizomateuses. Elles sont cosmopolites et se retrouvent dans les habitats d'eau douce. Cette famille appartient aux plantes enracinées dans le sédiment avec les feuilles flottant à la surface de l'eau. Une espèce a été inventoriée :

- *Nymphaea lotus* (L., 1753) (Fig. 12 a, a') : La feuille est ronde. La face supérieure est verte et la face inférieure est rougeâtre.

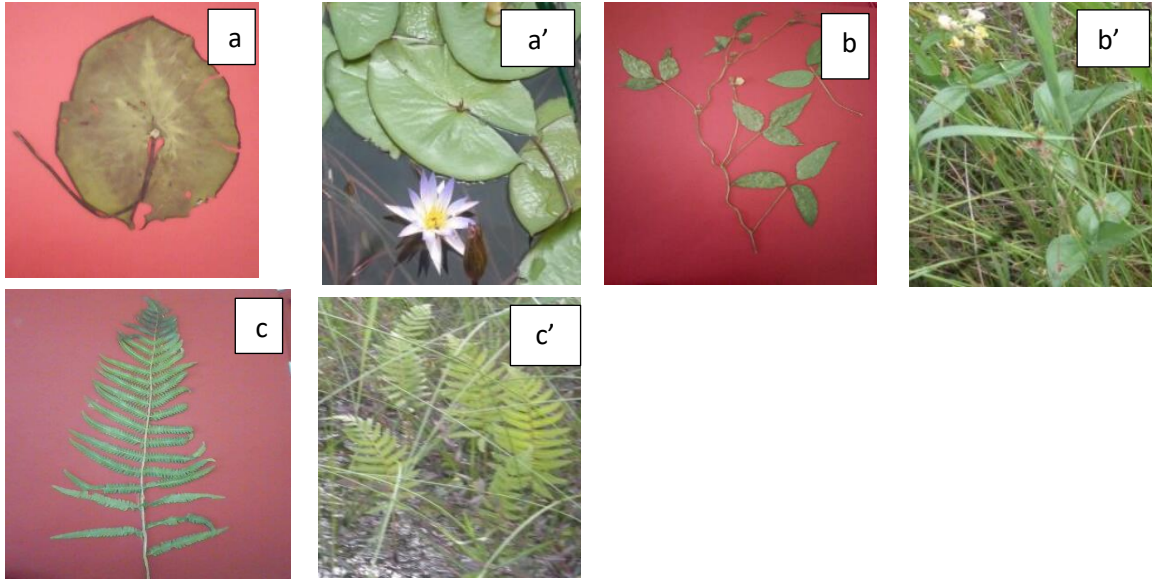


Figure 12 : Vue des taxons de Fabaceae (Fig. 12 b,b'), Thélypteridaceae (Figs. 12 c,c'), et Nymphaeaceae (Figs.12 a,a').
 a: *Nymphaea lotus* (état sec) ;a' : *Nymphaea lotus* (état frais) ;b: *Centrosema pubescense* (état sec) ;b' : *Centrosema pubescense* (état frais) ;c : *Cyclosorus striatus* (état sec) ;c' : *Cyclosorus striatus* (état frais) .

III.1.3- Variation spatio-temporelle de l'abondance des macrophytes

III.1.3.1- Répartition spatiale de l'abondance des macrophytes

La figure 13 présente la variation spatiale de l'abondance absolue des macrophytes. L'abondance a augmenté de la station K1 à la station K2, puis a diminué dans les deux autres stations, K3 et K4. La valeur maximale du nombre de macrophytes a été observée à la station K2 avec 351 individus. La valeur minimale de cette abondance a été observée à la station K4 avec 108 individus.

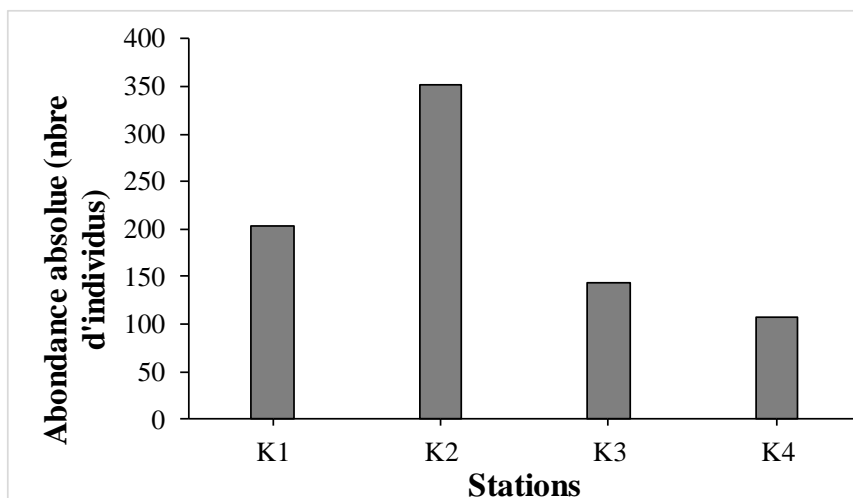


Figure 13 : Variation spatiale de l'abondance absolue des macrophytes.

K1 : station de l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué ; **K2, K3** et **K4** : stations des berges de la lagune Vodroboué.

La variation spatiale de l'abondance relative des macrophytes a été présentée dans la figure 14. Les taxons tels que *Paspalum vaginatum* (pava) et *Panicum parvifolium* (papa) ont une grande contribution à cette abondance avec respectivement 31,69% et 53,85%. Ensuite, la station de l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué (K1) venait en deuxième position concernant l'abondance en macrophytes. Les taxons tels que *Ludwigia abyssinica* (luab), *Pistia stratiotes* (pist) et *Panicum repens* (pare) y contribuaient respectivement pour 47,06%, 17,65% et 17,65%.

Les stations K3 et K4 avaient approximativement la même abondance macrophytique. *Paspalum vaginatum* est le taxon qui contribuait le plus à l'abondance de ces deux stations.

Dans toutes les stations d'échantillonnage, les taxons dominants sont *Panicum parvifolium*, *Paspalum vaginatum*, *Ludwigia sp.* (lusp) et *Panicum repens*. Ces taxons sont présents et dominants dans au moins deux stations d'échantillonnage.

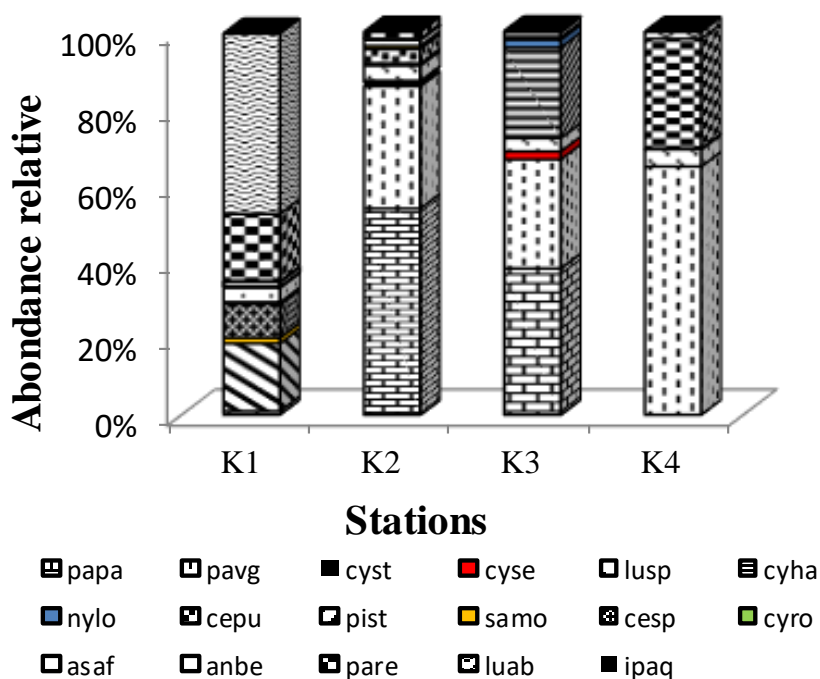


Figure 14 : Variation spatiale de l'abondance relative des macrophytes.

K1 : station de l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué ; **K2, K3 et K4** : stations des berges de la lagune Vodroboué. Acronymes : **papa** : *Panicum parvifolium* ; **pavg** : *Paspalum vagiantum* ; **cyst** : *Cyclosorus striatus* ; **cyse** : *Cyrtosperma senegalense* ; **lusp** : *Ludwigia sp.* ; **cyha** : *Cyperus haspan* ; **nylo** : *nymphaeae lotus* ; **cepu** : *Centrosema pubescens* ; **pist** : *Pistia stratiotes* ; **samo** : *Salvinia molesta* ; **cesp** : *Ceratophyllum sp.* ; **cyro** : *Cyperus rotundus* ; **asaf** : *Aspilia africana* ; **anbe** : *Aneilema beniniense* ; **pare** : *Panicum repens*. **luab** : *Ludwigia abyssinica* ; **ipaq** : *Ipomoea aquatica*.

III.1.3.2- Distribution temporelle de l'abondance des macrophytes

La variation temporelle de l'abondance absolue des macrophytes dans les saisons a été présentée à la figure 15. L'abondance des macrophytes a été élevée (351) au cours de la petite saison sèche et faible durant les grandes saisons sèche (181) et pluvieuse (143). Aucune différence significative n'a été observée entre les saisons.

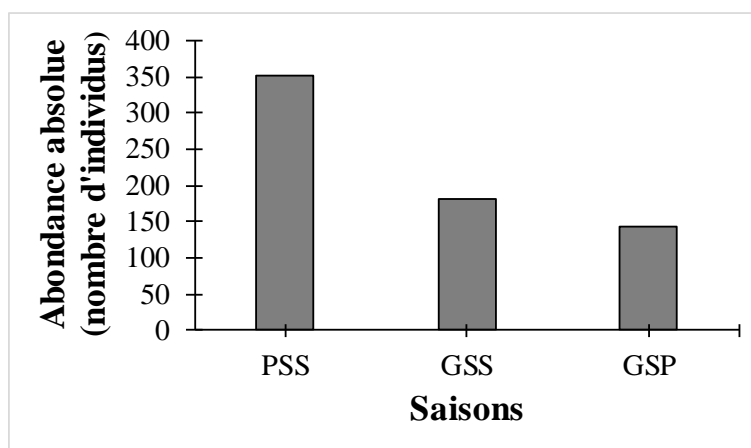


Figure 15 : Variation temporelle de l'abondance absolue des macrophytes.

PSS : petite saison sèche ; **GSS** : début grande saison sèche ; **GSP** : grande saison des pluies.

La variation temporelle de l'abondance relative des macrophytes a été présentée à la figure 16. La plus grande abondance macrophytique a été observée à la petite saison sèche (351). Les taxons tels que *Paspalum vaginatum* avec 42,74% et *Panicum parvifolium* avec 28,76% ont fortement contribué à l'élévation cette abondance. S'agissant de la grande saison sèche, l'abondance en macrophytes est légèrement inférieure (322) à celle de la petite saison sèche. Les taxons qui ont contribué le plus à cette abondance sont *Ludwigia abyssinica* (34,25%), *Panicum repens* (33,70%) et *Paspalum vaginatum* (17,68%).

La grande saison des pluies a été caractérisée par la faible abondance en macrophytes. Les taxons *Pistia stratiotes*, *Panicum parvifolium*, *Paspalum vaginatum*, *Ludwigia* sp. ont contribué le plus à l'abondance en macrophytes de cette saison.

Pendant les trois saisons d'échantillonnages, les taxons dominants ont été *Panicum parvifolium*, *Panicum repens*, *Paspalum vaginatum*, *Aspilia africana*, *Pistia stratiotes* et *Ludwigia* sp. Ces taxons ont été présents dans presque toutes les saisons d'échantillonnages, à l'exception de *Pistia stratiotes* et *Aspilia africana* qui ne sont présents que dans deux saisons. Les taxons tels que *Ipomoea aquatica*, *Anneilema beniniense*, *Cyperus rotundus* et *Cyrtosperma senegalense* ne sont observés que pendant une saison.

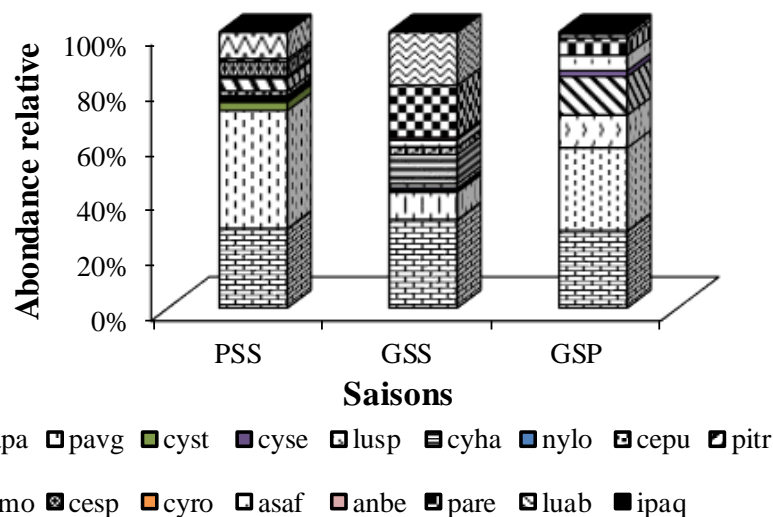


Figure 16 : Variation temporelle de l'abondance relative des macrophytes.

PSS : petite saison sèche ; **GSS** : grande saison sèche ; **GSP** : grande saison des pluies. Acronymes : **papa** : *Panicum parvifolium* ; **pavg** : *Paspalum vagiantum* ; **cyst** : *Cyclosorus striatus* ; **cyse** : *Cyrtosperma senegalense* ; **lusp** : *Ludwigia sp* ; **cyha** : *Cyperus haspan* ; **nylo** : *nymphaeae lotus* ; **cepu** : *Centrosema pubescens* ; **pitr** : *Pistia stratiotes* ; **samo** : *Salvinia molesta* ; **cesp** : *Ceratophyllum sp* ; **cyro** : *Cyperus rotundus* ; **asaf** : *Aspilia africana* ; **anbe** : *Aneilema beniniense* ; **pare** : *Panicum repens*. **luab** : *Ludwigia abyssinica* ; **ipaq** : *Ipomoea aquatica*.

III.1.4-Variation spatio-temporelle de la diversité du peuplement macrophytique

III.1.4.1- Dynamique spatiale

La variation des indices de diversité et d'équitabilité de la communauté de macrophytes est présentée dans la figure 17.

La valeur de cet indice de diversité a diminué progressivement de la station K1 à la station K4. Les valeurs indicelles de la diversité de Shannon ont varié entre 0,89 et 1,53. La valeur la plus élevée a été observée à la station K1 et la plus faible a été obtenue à la station K4. Les valeurs de l'indice d'équitabilité ont oscillé entre 0,56 et 0,66. La valeur la plus élevée a été relevée à la station K1 en revanche, la plus faible valeur a été notée à la station K2.

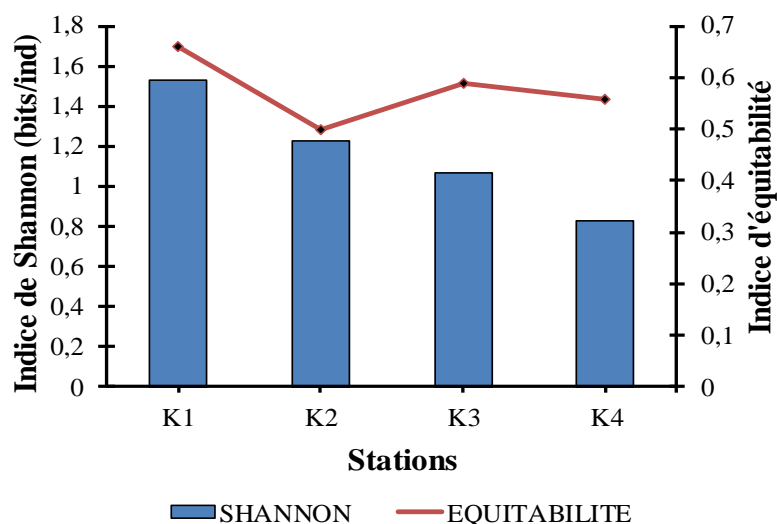


Figure 17 : Variation spatiale des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité des macrophytes au niveau des stations K1, K2, K3, K4.

III.1.4.2- Variation temporelle de la diversité

La variation temporelle de la diversité des macrophytes en fonction des saisons est présentée dans la figure 18. Les valeurs de l'indice de Shannon ont varié d'une saison à une autre avec des valeurs comprises entre 1,63 et 1,76. La diversité la plus élevée a été observée à la grande saison des pluies et la plus faible à la grande saison sèche.

En ce qui concerne l'indice d'équitabilité, les valeurs de cet indice ont augmenté progressivement de la PSS à la GSP. Ces valeurs ont fluctué entre 0,63 et 0,8. La plus grande valeur a été notée à la grande saison des pluies. Par ailleurs, la valeur la plus faible a été observée à la petite saison sèche.

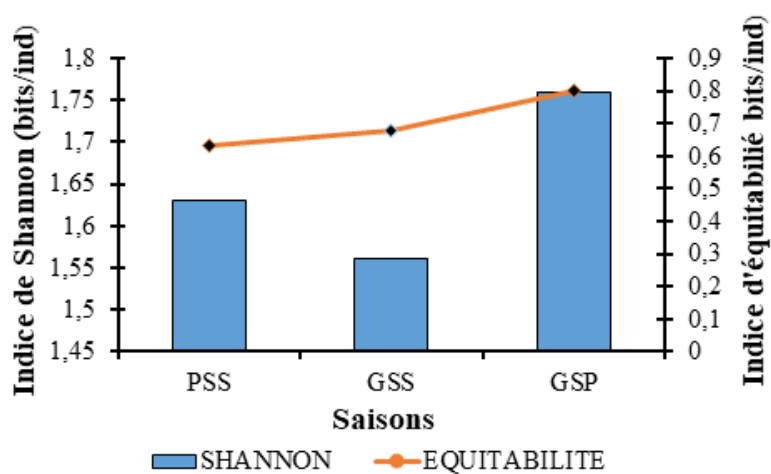


Figure 18 : Variation temporelle des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité PSS (petite saison des pluies), GSS (grande saison des sèche), GSP (grande saison des pluies).

III.1.4.3- Influence du pH sur la distribution des macrophytes

La figure 19 et le tableau III présentent respectivement les corrélations entre le pH et les différents taxons inventoriés et les valeurs de la corrélation r et des valeurs de p. Les corrélations observées ont été toutes positives et faibles. Selon les graphiques, une faible et positive corrélation existe entre le pH et les taxons *Paspalum vaginatum*, *Ludwigia* sp., *Panicum repens*. Aucune corrélation n'existe entre le pH et les taxons *Cyrtosperma senegalense*, *Cyperus haspan*, *Cyperus rotundus*, *Aneilema beniniense* et *Ipomoea aquatica*.

Tableau III : Valeurs de la corrélation r entre le pH et les macrophytes inventoriés.

Taxons	Papa	pavg	Cyst	Cyse	Lusp	Cyha	Nylo	Cepu	pist
pH	0,020	0,021	0,026	0,000	0,004	0,000	0,017	0,009	0,107
p-value	0,665	0,645	0,619	0,966	0,854	0,966	0,687	0,761	0,301

Taxons	Samo	Cesp	Cyro	Asaf	anbe	Pare	Luab	Ipaq
pH	0,086	0,232	0,000	0,095	0,000	0,319	0,055	0,000
p-value	0,356	0,116	1,000	0,329	1,000	0,058	0,463	1,000

papa : *Panicum parvifolium* ; **pavg** : *Paspalum vagiantum* ; **cyst** : *Cyclosorus striatus* ; **cyse** : *Cyrtosperma senegalense* ; **lusp** : *Ludwigia* sp ; **cyha** : *Cyperus haspan* ; **nylo** : *Nymphaea lotus* ; **cepu** : *Centrosema pubescens* ; **pist** : *Pistia stratiotes* ; **samo** : *Salvinia molesta* ; **cesp** : *Ceratophyllum* sp ; **cyro** : *Cyperus rotundus* ; **asaf** : *Aspilia africana* ; **anbe** : *Aneilema beniniense* ; **pare** : *Panicum repens*. **luab** : *Ludwigia abyssinica* ; **ipaq** : *Ipomoea aquatica*.

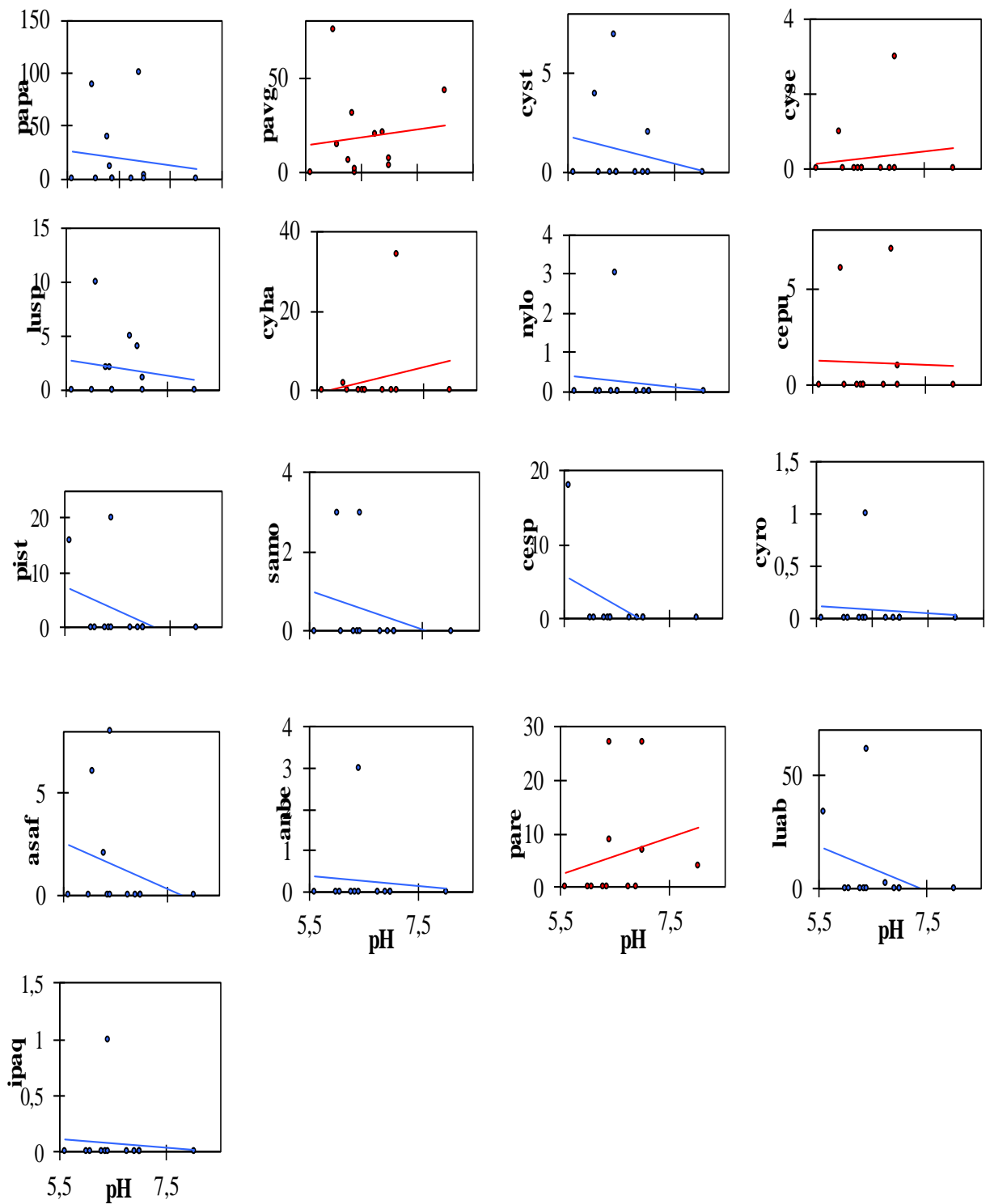


Figure 19 : Corrélation entre le pH et les macrophytes inventoriés.

papa : *Panicum parvifolium* ; **pavg** : *Paspalum vagiantum* ; **cyst** : *Cyclosorus striatus* ; **cyse** : *Cyrtosperma senegalense* ; **lusp** : *Ludwigia sp* ; **cyha** : *Cyperus haspan* ; **nylo** : *Nymphaeae lotus* ; **cepu** : *Centrosema pubescens* ; **pist** : *Pistia stratiotes* ; **samo** : *Salvinia molesta* ; **cesp** : *Ceratophyllum sp* ; **cyro** : *Cyperus rotundus* ; **asaf** : *Aspilia africana* ; **ambe** : *Aneilema beniniense* ; **pare** : *Panicum repens*. **luab** : *Ludwigia abyssinica* ; **ipaq** : *Ipomoea aquatica*.

III.2-DISCUSSION

Les valeurs du pH mesurées à l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué et sur les berges de ladite lagune n'ont présenté aucune différence significative entre les stations et les saisons. Ces résultats pourraient s'expliquer par le mouvement perpétuel des eaux durant toutes les saisons et à toutes les stations. Les valeurs du pH mesurées à toutes les saisons et stations ont montré que les eaux de la lagune Vodroboué et de l'embouchure Comoé- Vodroboué sont acido-alcalines. Cela est en adéquation avec les résultats obtenus par Adon *et al.* (2018). En effet, durant la période d'étude, les eaux de la lagune et de son embouchure ont été acides dans toutes les stations au cours des saisons pluvieuses, dans les stations K1 en petite saison sèche et début de la grande saison sèche, K4 au début et à la fin de la grande saison sèche et dans les stations K2 et K3 à la fin de la grande saison sèche. En revanche, la masse d'eau a été neutre dans les stations K2 et K3 en début de grande saison sèche. Ces résultats seraient liés d'une part aux effets directs des eaux de pluie acide et au jeu de marée entre la mer et la lagune. Les valeurs élevées de pH et d'oxygène dissous pourraient être dues aux valeurs élevées de la température qui stimulent l'activité photosynthétique (Konan *et al.*, 2017). En outre, Selon Korfali & Davies (2003), l'acidité des eaux continentales est relative à l'apport d'acides humiques provenant du lessivage des sols.

L'étude a mis en évidence 17 taxons de macrophytes sur lesquels les microorganismes épiphytiques ont été récoltés. Ce nombre élevé de macrophytes a favorisé la forte diversité des microorganismes épiphytiques, en particulier les microalgues et zooplancton épiphytiques. En effet, les travaux de Adon *et al.* (2018), Djina (2018) et Yao (2018) respectivement sur les Diatomées, les Pyrrophyta et les zooplanctons pélagiques et épiphytiques de la lagune Vodroboué et de son embouchure ont indiqué une diversité élevée des taxons épiphytiques par rapport aux taxons pélagiques. Ces résultats seraient liés à la diversité des macrophytes. En effet, selon Lowe & Pan (1996), et Arora & Mehra (2003), les microorganismes épiphytiques (microalgues et zooplancton) se fixent de préférence sur les macrophytes favorisant ainsi une plus grande richesse taxinomique (Biggs, 1989 ; Hamaidi *et al.*, 2008).

La forte diversité en espèces des macrophytes a été observée au niveau de l'embouchure fleuve Comoé-lagune Vodroboué. Ces résultats s'expliqueraient par le mélange des deux milieux aquatiques qui augmente la chance de rencontrer plus de taxons. Ces résultats pourraient s'expliquer également par l'impact des communautés biotiques en général, et spécifiquement des zooplanctons et microalgues épiphytiques qui colonisent les substrats végétaux.

La grande représentativité des Poaceae dans toutes les stations d'échantillonnage et toutes les saisons pourrait s'expliquer par leur biologie. En effet, ce sont des plantes qui s'adaptent à

presque tous les milieux et résistent aux conditions du milieu dans lequel ces familles se trouvent. Les Poaceae jouent également un rôle de filtre des sels nutritifs dans les eaux.

Les taxons *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes* et *Ipomoea aquatica* ont également été inventoriés par Kouamé *et al.* (2009) et Danho *et al.* (2014) qui ont réalisé leurs travaux dans le sud-est de la Côte d'Ivoire, dans les eaux comprenant le fleuve Comoé et la lagune Vodroboué. Les taxons *Salvinia molesta* et *Pistia stratiotes*, plantes envahissantes (Anonyme, 2014), sont caractéristiques des milieux eutrophes. Ces milieux sont caractérisés par de fortes activités anthropiques. L'espèce *Paspalum vaginatum* a constitué le taxon le plus abondant formant des pelouses monospécifiques. Cette espèce se retrouve dans les marais saumâtres bas, les mangroves et sur les sols argileux compact. C'est un taxon subcosmopolite (Kouamé *et al.*, 2009). Ainsi la faible représentativité des Ceratophyllaceae et des autres familles moins recensées s'expliquerait par le fait qu'elles soient spécifiques, respectivement aux mangroves et aux chutes ou aux cours d'eau rapide.

Les valeurs maximales de la diversité du peuplement macrophytique sont de 1,63 à 1,76. Ces résultats indiqueraient que les peuplements macrophytiques de l'embouchure et des berges du plan d'eau lagunaire sont relativement diversifiés et équilibrés. En effet, d'après Frontier (1983), dans les milieux exceptionnellement diversifiés, l'indice de diversité de Shannon ne dépasse guère 4,5.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La composition et la dynamique du peuplement macrophytique des berges de la lagune Vodroboué ont été étudiées au cours de la période 2016-2017 couvrant les saisons climatiques. L'étude de la composition a permis de recenser 17 taxons réparties en 3 classes, les Monocotylédones, les Dicotylédones et les Filicopsidées. La classe des monocotylédones a présenté le plus grand nombre de taxons.

Les macrophytes inventoriés ont été répartis dans trois formes de croissance, les plantes à feuilles flottantes, les plantes émergentes et les plantes submergées. *Ceratophyllum* sp. était la seule plante submergée.

L'abondance des macrophytes varient d'une saison à l'autre et d'une station à une autre.

Les valeurs des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité indiquent que le peuplement macrophytique des berges de la lagune Vodroboué est homogène à toutes les stations. L'analyse de la corrélation entre le pH et les macrophytes inventoriés a montré que le pH n'a aucune influence sur la distribution de ces macrophytes.

Une étude taxinomique plus poussée des macrophytes grâce à des coupes histologiques et une analyse génétique et leur observation au microscope pourront permettre de mieux les identifier.

REFERENCES

- Adon M.P., Niamien-Ebrottié J.E., Kouassi B.A.T., Ouattara A. & Gourène G. (2018). Diatomées des eaux de l'embouchure fleuve Comoé - lagune Vodroboué et de la lagune Vodroboué au Sud-Est de la Côte d'Ivoire sud-est, Côte d'Ivoire. *Revue Africain et Malgache de Recherche Scientifique*, 6 :30-41.
- Anonyme (2014) : Les plantes envahissantes, Ifremer, 77p.
- Arora J. & Mehra N.K. (2003). Species diversity of planktonic and epiphytic rotifers in the backwaters of the Delhi Segment of the Yamuna River, with remarks on new records from India. *Zoological studies*, 42 (2): 239-247.
- Azim M.E., Beveridge M.C.M., van Dam A.A. & Verdegem M.C.J. (2005). Periphyton and aquatic production: an introduction. *In: Periphyton: ecology, exploitation and management* (Eds). Willingford, CABI, Publishing, pp 1-13.
- Biggs B.J.F. (1989). Biomonitoring of organic pollution using periphyton, South Branch, Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 230: 23-274.
- Béibro Y.H. et N'Douba V. (2005). Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR). *Catégories approuvées dans la Recommandation 4.7 modifiée par la Résolution VIII.13 de la Conférence des Parties contractantes 27 Janvier 2005, Abidjan, Côte d'Ivoire*. 15p.
- Breugnot E., Dutartre A., Laplace-Treyture C. & Haury J. (2004). Variabilité des peuplements de macrophytes aquatiques en grands cours d'eau : premiers résultats sur l'hydrosystème Adour-Garonne. *Ingénieries*, 37 : 37-50.
- Constanza R., d'Arge R., Rudolf de Groot, Stephen F.K., Monica G., Bruce H., Karin L., Shahid N., O'Neill R.V., Jose P., Robert G.R., Paul S.K. & Marjan V.B. (1997). The value of world's ecosystem services and natural capital. *Nature's Services*, 387: 253-260.
- Daget J. (1979). Les modèles mathématiques en écologie. Éditions Masson, Paris, 172p.
- Dajoz R. (2000). Précis d'écologie. Septième édition. Dunord, Paris, 615p.
- Danho F.R. Neuba, Djah F. Malan, Koné M. & Kouadio Y.L. (2014). Inventaire préliminaire des plantes envahissantes de la Côte d'Ivoire, 22 (2) : 3439-3445.
- Daniel H. & Haury J. (1996). Les macrophytes aquatiques : une métrique de l'environnement en rivière. *Cybium*, 20 (3) : 129-142.
- Dawson F.H. & Kern-Hansen U. (1978): Aquatic weed management in natural streams: the effect of shade by marginal vegetation *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie*, 20, 1451-1456.

- Dawson F.H., Kern-Hansen U. & Westlake D.F. (1982): Water plants and the oxygen plants, Ed. By Simoens J.J., Hooper S. S. and Compere P., Société Royale de la Botanique de Belgique, Bruxelles. pp. 214-221.
- Dibong S. & Ndjouondo G.P. (2014). Inventaire floristique et écologie des macrophytes aquatiques de la rivière Kambo à Douala (Caméroun). *Journal of Applied Biosciences*, 80: 7147 – 7160.
- Dieumegard P., (2010) : Past, logiciel statistique naturaliste, 88p.
- Djina A.E. (2018) : Structure et déterminisme des pyrrophyta pélagiques et épiphytiques de la lagune Vodroboué (Bonoua, Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa, Côte d'Ivoire, 64p.
- Dutartre A., Peltre M.C. & Haury J. (2014). Introduction-Les macrophytes, partenaires ou concurrents? *Sciences Eaux & Territoires*, 15 : 2-7.
- Dutartre A., Peltre M.C., Haury J. & Thiébault G. (2014). Des macrophytes et des humains ; quel avenir possible? *Sciences Eaux & Territoires*, 15 : 78-80.
- Frontier S. (1983). Stratégies d'Échantillonnage en Écologie. Éditions Masson, Paris, 494 p.
- Gleick P.H. (1993). "Water resources: A long-range global evaluation." *Ecology Law Quarterly*, 20 (1) : 141-149.
- Hamaidi F., Hamaidi M.S., Guetarni D., Saidi F. & Mohamed S.R. (2008). Rotifères de l'Oued Chiffa (Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, (30): 19-27.
- Haslam S.M. (1978). River plants, Cambridge University Press, Cambridge, 396p.
- Haury J. (1985). Etude écologique des macrophytes du Scorff (Bretagne Sud), Thèse de Doctorat-Ingénierie, Université de Rennes I, 96 p.
- Haury J., Daniel H. & Adam B. (2015). Impact des piscicultures sur les peuplements macrophytiques en rivières en Salmonidés ; Comparaisons éco-régionales et évolutions temporelles sur la période 1981-2002, *Aquaculture et Environnement*, 26 : 88-101.
- Kanel B., Goggel W. & Weber C. (2009). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau ; Macrophytes : Instructions pour le prélèvement d'échantillons. Office fédérale de l'environnement(OFEV) ; 9-16.
- Koffi K.P., Abe J. & Kothias A.J.B. (1991): Contribution à l'étude des modifications hydro-sédimentaires consécutives à la réouverture artificielle de l'embouchure du Comoé à Grand Bassam, *Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie*, 1 (2) : 47-60

- Konan S.K., Kouakou K.B., Ohou M.J., Konan K.F. & Dongui K.B. (2017). Variation saisonnière des paramètres abiotiques de la lagune Aghien (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* 120: 12042-12052.
- Korfali S. & Davies B. (2003). A comparison of metals in sediment and water in the River Nahr-Ibrahim. Étude bactériologique des eaux de surface de la rivière Nahr Ibrahim, Liban, *Journal of Water Science*, 20 (4) : 341-352.
- Kouadio J.K., Annigbé J.E., Konan N. & Boua C.A. (2017). Length-weight relationship and condition factor for 18 fish species from Ono, Kodjoboué and Hébé lagoons, Southeast of Ivory Coast. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5 (6): 13-18.
- Kouamé M.L.O., Egnankou M.W. & Traoré D. (2009). Ordination et classification de la végétation des zones humides du sud-est de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 21(1) : 1-13.
- Lapalme J. (2005). Clé d'identification des plantes aquatiques, 15p.
- Lejoly J. (2006). Systématique des plantes à fleurs en relations avec les plantes médicinales ; (II), 281 p.
- Lowe R.L. & Pan Y. (1996). Benthic algal communities as biological monitors. Academic Press, San Diego, 753 p.
- Maberly S.C. & Spence D.H. (1983). Photosynthetic inorganic carbon use by freshwater plants, *Journal of Ecology*, 71: 705-724.
- Murta A.G. (2000). Morphological variation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Iberian and North African Atlantic implications for stock identification. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1240-1248.
- Pielou E.C. (1966). The measure of diversity in different types of biological collections, *Journal of theoretical biology*, 13: 131-144.
- Rakotomalala R. (2017). Analyse de corrélation. Étude des dépendances - Variables quantitatives, 105p.
- Raynal-Roques A. (2005). Les plantes aquatiques, 152p.
- Recensement Général de la population et de l'Habitat (INS-RGPH), 2014. Répertoire des localités, Région du Sud Comoé, 40p.
- Robach F., Thiébaud G., Trémolières M. & Muller S. (1996). A reference system for continental running waters: plant communities as bioindicators of increasing eutrophication in alkaline and acidic waters in North East of France. *Hydrobiologia*, 340: 67-76.

- Thomas S., Cecchi P., Corbin D. & Lemoalle J. (2000). The different primary producers in a small African tropical reservoir during a drought: temporal changes and interactions, *Freshwater biology*, 45: 43-56.
- Thiébaud G. & Muller S. (1998). Les communautés de macrophytes aquatiques comme descripteurs de la qualité de l'eau : exemple de la rivière Moder (Nord-Est France). *Annales de Limnologie*, 34 (2) : 141-153.
- Van de Weyer K. (2004). Kartieranleitung zur Erfassung und Bewertung der aquatischen Makrophyten der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LUA NRW, Merkblätter 39. 60 p.
- Van de Weyer K. & Schmidt C. (2007). Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armeleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. 128p.
- Yao B.Y. (2018). Diversité et déterminisme du zooplancton de la lagune Vodroboué (Bonoua, Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa, Côte d'Ivoire, 70p.