

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



\*\*\*\*\*

**UFR Sciences et Technologies**

\*\*\*\*\*

**Département d'Agroforesterie**

\*\*\*\*\*

**MEMOIRE DE MASTER**

**Spécialité : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers  
(AGDEFA)**

**Caractérisation de la mangrove et de ses services  
écosystémiques : cas de la zone humide d'importance  
internationale Kalissaye (Ziguinchor, Sénégal)**

Présenté par :

**Monsieur Isaïe Florien DIATTA**

Encadrants :

**Dr Antoine SAMBOU**, Maître assistant CAMES (UASZ)

**Dr Alpha CISSE**, Maître assistant CAMES (ISFAR)

**Commandant Pathé BALDE**, Conservateur de la ZHII de Kalissaye

Sous la supervision de **Dr Siré DIEDHIOU**, Maître de conférences CAMES (UASZ)

Soutenu publiquement le 12 mai 2023 devant le jury composé de :

Président : Dr Ngor **NDOUR**,

Maître de conférences CAMES, UASZ

Membres : Dr Joseph Saturnin **DIEME**,

Maître Assistant CAMES, UASZ

Dr Saboury **NDIAYE**,

Assistant CAMES, UASZ

Dr Antoine **SAMBOU**,

Maître Assistant CAMES, UASZ

Commandant Pathé **BALDE**,

Conservateur de la ZHII de Kalissaye

**Année Universitaire :  
2021-2022**

## **DEDICACES**

Ce mémoire est le fruit d'un travail de dur labeur. Il est dédié :

A mes parents mon brave père M. DIATTA Joseph Louis et ma vaillante mère Mme Brigitte BASSÉNE DIATTA en témoignage de ma gratitude pour l'amour, le soutien moral, matériel et financier, les prières, les encouragements, tous les efforts et les sacrifices consentis pour mon éducation et mon bien être.

A mes frères et sœurs particulièrement à la cadette Anna DIATTA pour l'amour et la paix dans lesquels nous avons vécu et les assistances qu'ils m'ont accordées.

A mes tuteurs les familles SADIO et BASSÉNE ;

A tous mes ami(e)s spécialement mes camarades de la dixième promotion d'agroforesterie avec qui j'ai vécu mes plus belles années universitaires ainsi que tout le département d'agroforesterie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ).

A la Chorale universitaire Saint Thomas d'Aquin (CSTA) où j'ai trouvé une seconde famille avec des frères et sœurs en or avec qui j'ai passé de bons moments de partages, de prières, de communions, d'entre aide en somme des moments inoubliables de fraternité.

## REMERCIEMENTS

Je rends grâce au bon Dieu qui m'a donné la santé, la force, le courage, la volonté et la patience nécessaire pour aller au bout de ce présent travail. Ce travail n'aurait jamais pu voir le jour sans l'appui technique, moral et financier des uns et des autres. Ainsi, je me fais le plaisir de remercier tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce document. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude. Ainsi, je voudrais adresser mes sincères remerciements à monsieur Pathé BALDE, Commandant et conservateur de la zone humide d'importance internationale de Kalissaye pour m'avoir donné la possibilité d'effectuer ce stage dans la structure qu'il dirige. Sans oublier toute son équipe je veux nommer par la : Sgt. MALACK, Sgt. chef NDAO et NDIAYE ainsi que toute la population de la Réserve Ornithologique de Kalissaye (ROK) pour leur collaboration, leur disponibilité et leur hospitalité. Je ne saurais remercier :

- ✓ Les familles TENDENG et DIEDHIOU pour l'hébergement à kafountine :
- ✓ Tout le personnel de l'UASZ à travers le recteur Pr. Mamadou BADJI pour la formation de qualité que j'ai reçue au sein de ce temple du savoir ;
- ✓ Dr Antoine SAMBOU, mon encadrant avec qui j'ai eu à travailler depuis la licence. Merci pour avoir non seulement accepté de diriger ce travail mais merci également pour votre grande attention, vos encouragements, votre disponibilité, votre appui scientifique, votre encadrement de qualité ainsi que vos précieux et pertinents conseils qui m'ont été d'une grande utilité pour la réussite de ce travail.
- ✓ Dr Djibril SARR, chef de département d'Agroforesterie et tous les Enseignant-chercheurs et professeurs vacataires du département d'Agroforesterie : Pr. Ngor NDOUR, Pr. Mohamed Mahamoud CHARAHABIL, Pr. Siré DIEDHIOU, Pr. Ismaïla COLY, Dr Aly DIALLO, Dr Boubacar CAMARA, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr Saboury NDIAYE, Dr Abdoulaye SOUMARE ainsi que Dr Oulimata DIATTA pour la formation de qualité.
- ✓ Tous les doctorants du département d'Agroforesterie pour avoir participé à notre formation. Mention spéciale à M. Khadim NDIR, M. Martial Wassa DIATTA, M. Yaya DIATTA, M. Pierre Claver César DIEDHIOU et à M. Jean BASSENE pour vos orientations, vos encouragements, vos suggestions et vos corrections qui ont été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail.
- ✓ Les membres du jury qui ont pris de leur temps pour évaluer ce travail.

# TABLE DES MATIERES

<b>DEDICACES</b> .....	II
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	III
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	VI
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	VII
<b>LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS</b> .....	VIII
<b>RESUME</b> .....	IX
<b>ABSTRACT</b> .....	X
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	3
1.1 Généralités sur l'écosystème naturel mangrove .....	3
1.2 Caractéristiques de l'écosystème mangrove.....	3
1.2.1 Caractéristiques édapho-climatiques.....	3
1.2.2 Les tannes .....	3
1.3 Diversité biologique au sein de l'écosystème mangrove.....	4
1.3.1 Diversité floristique .....	4
1.3.2 Diversité faunique.....	4
1.4 Importance de l'écosystème mangrove.....	5
1.4.1 Socio-économique .....	5
1.4.2 Conservation de la biodiversité .....	5
1.5 Les facteurs d'évolution de la mangrove.....	5
1.5.1 Les facteurs naturels .....	5
1.5.2 Les facteurs anthropiques.....	5
1.6 La Zone Humide d'Importance Internationale (ZHII) de Kalissaye .....	6
1.6.1 Historique.....	6
1.6.2 Importance des ZHII.....	6
<b>CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES</b> .....	7
2.1 Présentation de la zone d'étude.....	7
2.2 Collecte de données .....	8
2.2.1 Enquête ethnobotanique .....	8
2.2.2 Inventaires.....	9
2.2.3 Télédétection et cartographie .....	11
2.3 Traitement et analyse des données.....	12
<b>CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	14
3.1 Résultats .....	14

3.1.1	Caractéristiques des enquêté(e)s .....	14
3.1.2	Les services de l'écosystème mangrove .....	15
3.1.3	Le bois de mangrove.....	16
3.1.4	Caractéristiques de la formation végétale de mangrove .....	17
3.1.5	Dynamique de la mangrove .....	27
3.2	Discussion.....	35
3.2.1	Services et usages de l'écosystème mangrove.....	35
3.2.2	Paramètres de la végétation ligneuse de mangrove .....	35
3.2.3	Dynamique de la mangrove .....	38
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....		40
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....		41

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1</b> : localisation de la commune de Kafountine.....	7
<b>Figure 2</b> : localisation de la zone humide d'importance internationale de Kalissaye .....	8
<b>Figure 3</b> : localisation des différentes placettes.....	10
<b>Figure 4</b> : répartition des enquêtés en fonction du niveau d'étude.....	14
<b>Figure 5</b> : les différentes activités exercées par la population.....	15
<b>Figure 6</b> : fréquence de citation des différents services de l'écosystème mangrove.....	15
<b>Figure 7</b> : différents usages du bois de mangrove .....	17
<b>Figure 8</b> : distribution des diamètres (a) et des hauteurs (b) en fonction des strates.....	19
<b>Figure 9</b> : distribution des diamètres (a) et des hauteurs (b) en fonction des espèces.....	20
<b>Figure 10</b> : répartition des taux de couverture en fonction des strates .....	22
<b>Figure 11</b> : répartition des taux de régénération naturelle au sein des strates .....	23
<b>Figure 12</b> : classification hiérarchique des strates en fonction des paramètres structuraux ....	24
<b>Figure 13</b> : caractérisation des strates en fonction des différents paramètres structuraux .....	25
<b>Figure 14</b> : état phénologique des individus de palétuvier en fonction des strates .....	26
<b>Figure 15</b> : état sanitaire des individus de palétuvier en fonction des strates.....	27
<b>Figure 16</b> : dynamique de la mangrove selon les enquêtés .....	28
<b>Figure 17</b> : occupation du sol de la ZHII de Kalissaye en 1972 (a), 1992 (b) et 2021(c) .....	30
<b>Figure 18</b> : dynamique de l'occupation du sol de la ZHII de Kalissaye entre 1972 et 1992 ..	32
<b>Figure 19</b> : dynamique de l'occupation du sol de la ZHII de Kalissaye entre 1992 et 2021 ..	33
<b>Figure 20</b> : dynamique de l'occupation du sol de la ZHII de Kalissaye entre 1972 et 2021 ..	34

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1</b> : répartition de l'échantillon en fonction des villages .....	9
<b>Tableau 2</b> : images satellites Landsat utilisées.....	12
<b>Tableau 3</b> : quantité de bois de mangrove prélevée .....	16
<b>Tableau 4</b> : caractérisation de la diversité spécifique en fonction des strates à l'aide des indices de diversité .....	17
<b>Tableau 5</b> : matrice des indices de dissimilarité de Jaccard.....	18
<b>Tableau 6</b> : répartition de la densité en fonction des strates .....	21
<b>Tableau 7</b> : variation de la densité de régénération naturelle au sein des strates .....	21
<b>Tableau 8</b> : matrice de corrélation de Pearson (n) entre les paramètres structuraux.....	25
<b>Tableau 9</b> : superficie des classes d'occupation du sol de 1972 à 2021 .....	30
<b>Tableau 10</b> : évolution de l'occupation du sol de la ZHII de Kalissaye de 1972 à 2021 .....	31
<b>Tableau 11</b> : matrice des changements de l'occupation du sol en ha entre 1972 et 1992.....	32
<b>Tableau 12</b> : matrice des changements de l'occupation du sol en ha entre 1992 et 2021 .....	33
<b>Tableau 13</b> : matrice des changements de l'occupation du sol en ha entre 1972 et 2021 .....	34

## **LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS**

**ACP** : Analyses en Composantes Principales

**ANOVA** : Analyse of variance (Analyses de variance)

**ANSD** : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

**CITES** : Commerce International des Espèces Sauvages menacées d'extinction

**FAO** : Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation)

**FDR** : Fiche Descriptive Ramsar

**GCP** : Ground Control Point (points de contrôle au sol)

**GPS** : Global Positioning System

**MSS** : Multi Spectral Scanner

**OLI-TIRS** : Capteur du satellite landsat 8

**ROI** : Régions d'intérêts ou sites d'entraînement

**ROK** : Réserve Ornithologique de Kalissaye

**TM** : Thematic Mapper

**UASZ** : Université Assane Seck de Ziguinchor

**UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

**ZHII** : Zone Humide d'Importance Internationale



## **RESUME**

La mangrove rend des services en remplissant des fonctions socio-économiques et écologiques importantes. Malgré son importance, la mangrove a connu une dégradation due à l'activité humaine et aux facteurs naturels. Cette étude a pour objectif de contribuer à la conservation et à la gestion durable des formations de mangrove de la ROK. Il s'agit spécifiquement d'évaluer la typologie des services écosystémiques de la mangrove et de caractériser le statut et la dynamique de l'écosystème mangrove. Pour ce faire, la combinaison de la perception des populations, des images satellites et des informations botaniques a été utilisée pour documenter l'importance, l'état et la dynamique de la mangrove. Un échantillonnage aléatoire simple a été fait et un questionnaire administré à un échantillon de 164 enquêtés dans la zone de Kalissaye pour un taux de sondage de 57,34%. Un inventaire stratifié avec échantillonnage aléatoire a été effectué sur 21 placettes carrées de 2,5m de côté. Le bois, principal produit issu du service d'approvisionnement est utilisé sous trois manières différentes à savoir : l'usage comme combustible (79,2%), comme clôture (14,4%) et comme matériel de construction (4,7%). Pour les paramètres structuraux et de diversité, une différence entre les strates a été notée. La mangrove basse est plus riche (3 espèces), diversifiée (0,984), abondante (47) et dense (10 743 individus/ha). La mangrove haute est caractérisée par des diamètres ( $7,430 \pm 0,966$  cm) et des hauteurs ( $5,264 \pm 0,358$  m) des individus et un taux de couverture ( $72,857 \pm 6,376\%$ ) plus importants. La mangrove moyenne a enregistré le taux de régénération ( $4,628 \pm 1,764\%$ ) le plus élevé. L'analyse de la dynamique spatio-temporelle de l'écosystème mangrove basée sur la classification des images satellites a montré une diminution générale de la végétation de mangrove de 1972 à 2021. L'écosystème mangrove dans cette zone est passé d'une superficie globale de 13 917,92 ha en 1972 à 15 306,81 ha en 1992 avant de chuter à 13 704,1 ha en 2021. Malgré son rôle important dans la zone, la mangrove se dégrade dans le temps.

**Mots clés** : mangrove, services écosystémiques, structure, diversité, dynamique, Kalissaye, zone humide.

## **ABSTRACT**

The mangrove provides services by fulfilling important socio-economic and ecological functions. Despite its importance, the mangrove has experienced degradation due to human activity and natural factors. The objective of this study is to contribute to the conservation and sustainable management of mangrove formations in ROK. Specifically, it aims to assess the typology of mangrove ecosystem services and characterize the status and dynamics of the mangrove ecosystem. To do this, a combination of people's perception, satellite images and botanical information was used to document the importance, status and dynamics of the mangrove. Simple random sampling was done and a questionnaire administered to a sample of 164 respondents in the Kalissaye area for a sampling rate of 57.34%. A stratified inventory with random sampling was carried out on 21 square plots of 2.5m sides. Wood, the main product of the supply service, is used in three different ways: as fuel (79.2%), as fencing (14.4%), and as construction material (4.7%). For structural and diversity parameters, a difference between strata was noted. The low mangrove is richer (3 species), diverse (0.984236), abundant (47) and dense (10,743 individuals/ha). The high mangrove is characterized by larger diameters ( $7.430 \pm 0.966$  cm) and heights ( $5.264 \pm 0.358$  m) of individuals and coverage ( $72.857 \pm 6.376\%$ ). The middle mangrove had the highest regeneration rate ( $4.628 \pm 1.764\%$ ). The analysis of the spatio-temporal dynamics of the mangrove ecosystem based on the classification of satellite images showed an overall decrease in mangrove vegetation from 1972 to 2021. The mangrove ecosystem in this area decreased from an overall area of 13,917.92 ha in 1972 to 15,306.81 ha in 1992 before dropping to 13,704.1 ha in 2021. Despite its important role in the area, the mangrove is degrading over time.

**Keywords:** mangrove, ecosystem services, structure, diversity, dynamics, Kalissaye, wetland.

# INTRODUCTION

Les écosystèmes côtiers sont des zones les plus riches et productives (Solofonirina, 2017). C'est au sein même de ces zones spécifiques que se trouve l'écosystème mangrove (Fousseni et al., 2017). Ce dernier est caractérisé par des formations végétales tropicales et subtropicales remarquables avec leurs racines partiellement ou complètement immergées dans l'eau de mer (Tomlinson, 1986). A l'échelle mondiale, elle couvre une superficie actuelle d'environ 15,2 millions d'hectares, les plus grandes superficies se trouvant en Asie et en Afrique (FAO, 2007). En Afrique, les mangroves couvrent plus de 3,2 millions d'hectares de superficie, ce qui représente environ 19 % du total mondial (Ajonina et al., 2008), tandis que le Sénégal, en l'an 2000 comptait environ 127 702 ha de superficie de mangrove (FAO, 2007). L'écosystème mangrove joue le rôle de dortoir, de nid et de nourricerie pour divers poissons et oiseaux d'eaux migrateurs (Ramsar, 2010) et protège les espaces habités contre les vagues et les vents violents (Ndour et al., 2012). Les nombreuses ressources dont il dispose servent non seulement de base alimentaire aux populations riveraines mais également rendent les activités de pêche, d'exploitation des produits halieutiques, commerciales, très prisées dans ces milieux (Corcoran et al., 2007). La mangrove représente une source importante et traditionnelle de bois, de médicaments, de fourrage et de tanins (FAO, 2007).

Depuis deux ou trois décennies, on assiste cependant à un recul de la mangrove, qui s'opère à un rythme que l'on estime à 100 000 ha par an sur l'ensemble du monde (Eichelsheim, 2008). En effet, selon un rapport de la FAO (2007) une forte régression de la mangrove est notée avec une superficie passant de 18,8 millions d'hectares en 1980 à 15,2 millions d'hectares en 2005. Le Sénégal a vu sa superficie diminuer de 14% entre 1980 et 2005 en passant de 169 000 ha à 115 000 ha (FAO, 2007). Ces pertes sont liées entre autre à la sécheresse récurrente, à la salinité, à la construction des barrages et aux coupes de bois, y compris les défrichements pour la conquête de nouvelles terres cultivables (Diallo, 2021). Cette disparition massive des zones humides côtières entraîne l'aggravation de l'érosion côtière, la pénurie de matériel de construction et de bois de feu, la réduction des pêches, la perte de la biodiversité et des moyens de subsistance des populations riveraines, sans compter l'oxydation et la libération de carbone (Eichelsheim, 2008). Ainsi, l'intrusion de sel dans les zones côtières et l'envasement des récifs coralliens, des ports et des voies de navigation sont observés (FAO, 2007).

Pour faire face à ces impacts, l'Etat du Sénégal en étroite collaboration avec les populations riveraines a mis en place des structures chargées d'assurer la protection et la préservation des zones côtières ainsi que de leur biodiversité. D'où la création de la Réserve Ornithologique de Kalissaye (ROK) dans la commune de Kafountine, classée actuellement en Zone Humide d'Importance Internationale (ZHII). C'est dans cette optique que s'inscrit cette présente étude avec comme objectif général de contribuer à la conservation, à l'amélioration et à la gestion durable des formations végétales de mangrove. Spécifiquement, il s'agit d'évaluer la typologie des services écosystémiques de la mangrove et de caractériser le statut et la dynamique de l'écosystème mangrove. Ce document est structuré en trois chapitres. Le premier porte sur la synthèse bibliographique traitant des généralités sur la mangrove et les ZHII, le deuxième aborde le matériel et la méthodologie utilisée pour atteindre l'ensemble de nos objectifs et enfin le troisième présente les résultats et leur discussion.

# **CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **1.1 Généralités sur l'écosystème naturel mangrove**

Un écosystème naturel est un système biologique regroupant un ensemble d'être vivants (biocénose) qui vivent au sein d'un milieu ou d'un environnement spécifique (biotope) et interagissent entre eux au sein de ce milieu et avec ce milieu (Lopez, 2021). La classification générale des types d'écosystèmes qui existent dans la nature se fait entre ceux qui sont naturels et ceux qui sont artificiels (Lopez, 2021). Les écosystèmes terrestres, les écosystèmes aquatiques et les écosystèmes mixtes font partis entre autre des écosystèmes naturels. Ce dernier écosystème est situé sur des terrains spécifiques de la planète où il est très courant que se produisent des intersections entre différents types de terrains (Lopez, 2021). C'est au sein de ces écosystèmes mixtes qu'est rencontré l'écosystème mangrove. Tomlinson (1986) définit la mangrove comme étant : une forêt côtière que l'on trouve dans les estuaires abrités et le long des berges des rivières et des lagons dans les régions tropicales et subtropicales.

## **1.2 Caractéristiques de l'écosystème mangrove**

### **1.2.1 Caractéristiques édapho-climatiques**

Les sols sur lesquels se développe la mangrove présentent de multiples caractéristiques dont sa granulométrie, sa teneur en sel, son pH... Leur caractère principal et distinctif par rapport aux autres sols tropicaux est de contenir du soufre, sous forme de sulfure de fer : la pyrite (Marius, 1989). Les sols de mangrove, de par la nature des eaux qui y séjournent en permanence deviennent plus ou moins salés. La salinité des sols de mangroves est essentiellement liée à la salinité des eaux des fleuves (Casamance et Gambie), qui subissent l'influence de la marée (Marius, 1976). Le pH (6-7) de ces sols est proche de la neutralité (Marius, 1989) mais est susceptible de s'acidifier considérablement quand on les fait sécher (Show et *al.*, 1994). Cet acidité en Guinée Bissau est essentiellement due à l'oxydation de la pyrite (Pons-Ghitulescu, 1986 cité par Show et *al.*, 1994). Les palétuviers se développent à des températures supérieures à 20°C, en moyenne (Oceanopolis, 2019) d'où leur présence dans les zones tropicales et intertropicales.

### **1.2.2 Les tannes**

Des étendues planes et salées, inondables par la marée, marquées par de faibles dénivellations, caractérisent les zones à mangrove de nombreuses régions tropicales du globe. Ainsi, on distingue deux types de tannes selon que le tanne soit recouvert par une végétation

spécifique où qu'il soit nu et donc sans végétation. Dénommés localement "tannes herbacés" ou "tannes herbus", par opposition aux tannes "vifs" qui sont des étendues sursalées dépourvues de végétation, les marais à halophytes sont composés principalement par une végétation herbacée halophile (Marius, 1995).

### **1.3 Diversité biologique au sein de l'écosystème mangrove**

#### **1.3.1 Diversité floristique**

Les forêts de mangrove sont formées par une variété de végétation ayant subi de nombreuses adaptations pour vivre dans les estrans : des environnements hostiles mi-marins, mi-terrestres (Friess et *al.*, 2019). Les palétuviers, jouent un rôle essentiel à l'équilibre de notre planète et au maintien de la biodiversité marine (Oceanopolis, 2019). Les deux genres (*Rhizophora* et *Avicennia*) de palétuvier les plus caractéristiques se distinguent l'une par ses racines échasses qui partent du tronc et des basses branches et un enracinement profond et dense de radicelles fibreuses et l'autre par ses racines aériennes les pneumatophores qui forment un véritable tapis autour des arbres et leurs feuilles sont généralement recouvertes d'une pellicule de sel (Marius, 1989). La flore herbacée ne présente pas de système racinaire profond et développé et est soumise aux conditions climatiques moyennes et à la variabilité saisonnière du bilan hydrique. Parmi les espèces rencontrées au Delta du Saloum, on a entre autre les suivantes : *Paspalum vaginatum*, *Scirpus littoralis*, *Phloxerus vermicularis*, *Sesuvium portulacastrum*, *Sporobolus robustus*, *Schizachyrium compressa*, *Eleocharis sp.*, *Cyperus sp.*, *Phragmites sp.*, *Salicornia sp.* (Ndour, 2005).

#### **1.3.2 Diversité faunique**

De même que la végétation, la faune présente dans la mangrove de remarquables adaptations à un milieu où les conditions sont très particulières. On peut donc distinguer la faune aquatique et la faune terrestre. La faune aquatique est représentée par : les crustacées (crevettes, crabes...) ; les mollusques (huitres, gastéropodes...) et les poissons et celle terrestre représentée par une diversité de reptiles (crocodiles, caïmans, tortues marines...), de mammifères (lamantins d'Afrique, dauphin, singes, tigres...) ainsi qu'une avifaune très diversifiée (pélicans, cormorans, anhinga, balbuzard pêcheur, sternes, martin-pêcheurs, hérons, aigrettes...) (Marius, 1989).

## **1.4 Importance de l'écosystème mangrove**

### **1.4.1 Socio-économique**

Les forêts de mangrove ont une valeur inestimable pour les communautés côtières. Elles fournissent non seulement le cadre de vie traditionnel de populations des littoraux mais également assurent divers usages, parmi lesquelles les plus importantes sont liées à l'alimentation (nourriture diversifiée et abondante), à la médecine, à la pêche et surtout au bois (Marius, 1989). La mangrove alimente le développement d'industries, comme l'industrie papetière, qui y puisent leur matière première : bois de fragmentation, bois employés dans la construction, etc. (Eichelsheim, 2008). La mangrove est également une source de protéines considérable pour les populations locales grâce aux poissons, crevettes, fruits de mer, coquillages qu'elle fournit (Eichelsheim, 2008).

### **1.4.2 Conservation de la biodiversité**

Le détritus de la forêt, constitué surtout de feuilles et de branches de palétuviers, fournit des nutriments pour l'environnement marin. Ces nutriments soutiennent d'immenses variétés de vie marine avec des chaînes alimentaires complexes basées essentiellement sur les détritus ou l'utilisation de plancton et d'algues épiphytes (Eichelsheim, 2008). La mangrove assure une zone d'habitation ou de refuge, de croissance et de reproduction pour de nombreuses espèces de vertébrés ainsi que des invertébrés (Rakotomanana, 2012). Les quantités énormes de poissons et d'invertébrés vivant dans ces eaux côtières fournissent un point migratoire important pour plusieurs oiseaux (Bojang et Ndeso-Atanga, 2009).

## **1.5 Les facteurs d'évolution de la mangrove**

### **1.5.1 Les facteurs naturels**

Les facteurs naturels sont entre autres : les attaques des parasites (Eichelsheim, 2008), l'érosion, l'élévation du niveau des océans et les phénomènes météorologiques extrêmes, qui sont amplifiés par le changement climatique (Lippuner, 2021). D'autres facteurs à court terme sont la température de l'air, la hausse de la salinité, les courants océaniques, l'inclinaison du rivage, et la composition du sol (Eichelsheim, 2008). Sans oublier la réduction des pluies, les périodes prolongées de sécheresse peuvent décimer des milliers d'hectares de mangrove se manifestant par la mort des palétuviers et des défoliations (Oceanopolis, 2019).

### **1.5.2 Les facteurs anthropiques**

Les mangroves tropicales sont également caractérisées par une pression humaine importante et la mauvaise gestion. Parmi les nombreux facteurs d'évolution de la mangrove issus des

conséquences directes de l'activité humaine, on peut citer entre autres : le reboisement, la réglementation, la surexploitation des ressources, la déforestation, l'agriculture et l'élevage, les aménagements terrestres, les pollutions d'origine industrielles (marées noires) et domestiques (ordures ménagères)...(Oceanopolis, 2019).

## **1.6 La Zone Humide d'Importance Internationale (ZHII) de Kalissaye**

### **1.6.1 Historique**

Site de passage régulier des oiseaux migrateurs, des mammifères marins, des tortues marines, des dauphins à bosse, des lamantins, etc. ; la Réserve Ornithologique de Kalissaye (ROK) est le second site après le Parc National du Djoudj à être créé et consacré à la protection des oiseaux. La ROK a été créée par le décret 78-809 du 28 juillet 1978. Elle assure différentes fonctions dont la protection des écosystèmes complexes et l'amélioration des conditions de reproduction des colonies nicheuses. D'après la Fiche Descriptive Ramsar (FDR) publié le 1<sup>er</sup> février 2018, la zone humide de Kalissaye a été inscrite sur la liste des zones humides d'importance internationale le 1<sup>er</sup> septembre 2017. La ZHII de Kalissaye à l'instar de la ROK, accueille aussi une importante population de sternes dont les effectifs dépassent 10 000 individus. Parmi les sept espèces de tortues marines qui fréquentent les eaux ouest africaines, cinq sont rencontrées au niveau de la zone humide de Kalissaye. Ces espèces bien qu'inscrites sur la liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) et de la CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction), se comportent bien au sein de la zone.

### **1.6.2 Importance des ZHII**

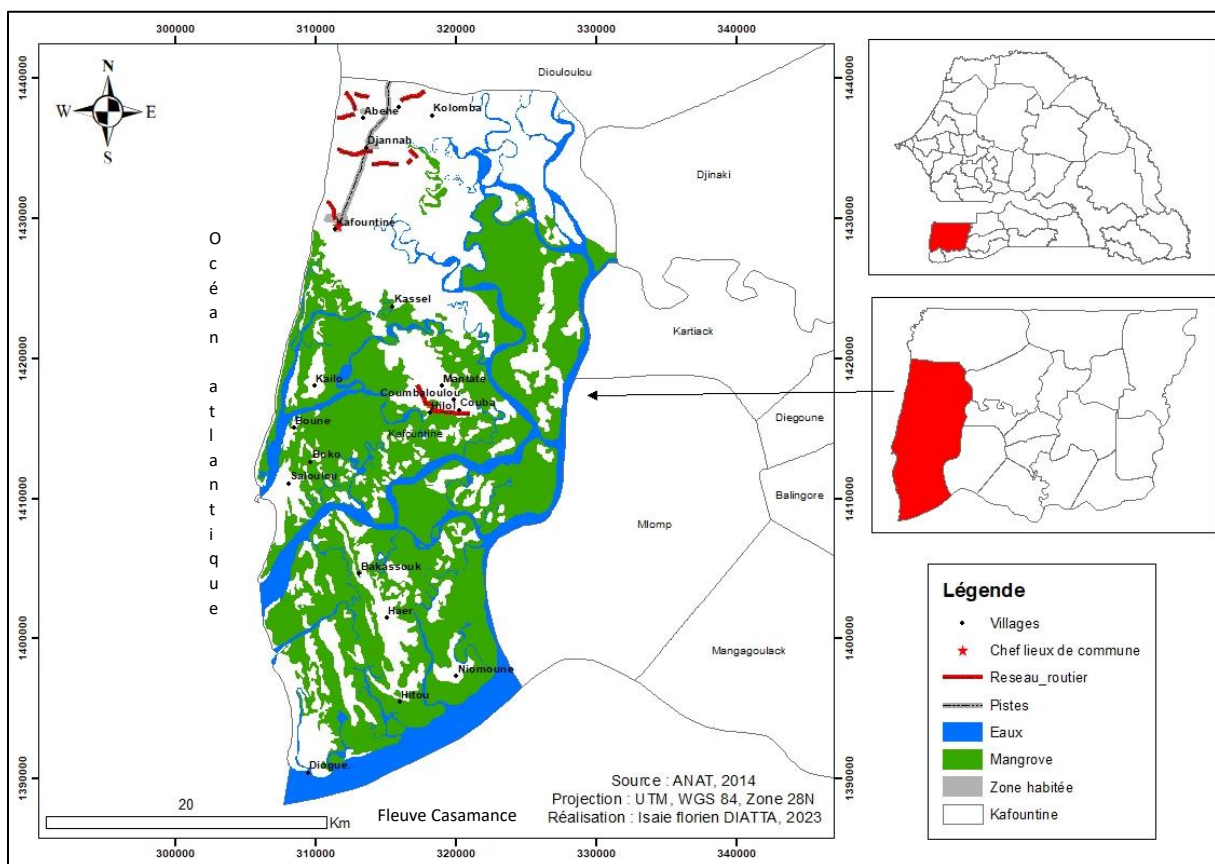
Les zones humides rendent à l'homme différents services dont : l'épuration de l'eau, l'alimentation en eau potable, les poissons, un lieux d'alevinage, les plantes, les matériaux de construction et l'eau pour le bétail, la possibilité d'organiser des loisirs et éducation (Ramsar, 1971). Mais également, les zones humides jouent un rôle important dans le fonctionnement naturel de l'écosystème par l'atténuation et la maîtrise des crues, le maintien de l'approvisionnement en eau souterraine et de surface, le piège à sédiments, la maîtrise de l'érosion, l'atténuation de la pollution et l'habitat.



## **CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 Présentation de la zone d'étude**

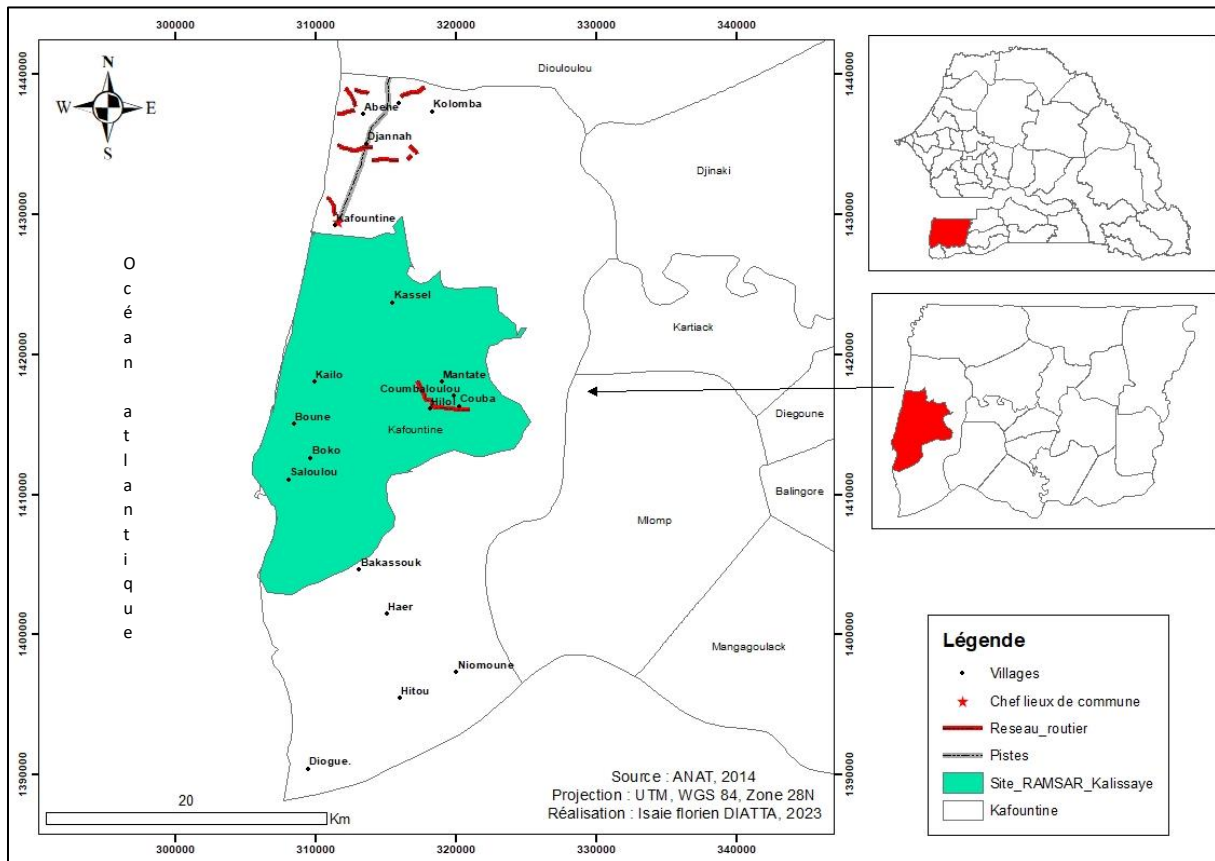
L'étude a été réalisée dans la zone humide d'importance internationale (ZHII) de Kalissaye qui se trouve sur le littoral Sud du Sénégal plus précisément dans la région de Ziguinchor, département de Bignona, actuel arrondissement de Kataba 1 et dans la commune de Kafountine en Basse Casamance. La commune de Kafountine est limitée au Nord par la commune de Kataba 1, au sud par le fleuve Casamance, à l'Est par le marigot de Diouloulou et à l'Ouest par l'océan atlantique (Figure 1).



**Figure 1** : localisation de la commune de Kafountine

La ZHII de Kalissaye (site Ramsar N° 2326) se trouve au centre et à l'extrémité Ouest de la commune de Kafountine et est caractérisée par un climat soudano-guinéen et une végétation constituée de plantes soudaniennes. Elle est délimitée par les coordonnées : 12°47'24''N de latitude et 16°42'51''W de longitude et couvre une superficie de 30 014 ha (Figure 2). Elle est limitée au Nord par le chef-lieu de commune : Kafountine, au Sud par les îles du petit Cassa à l'Est par les îles du Karones et à l'Ouest par l'océan Atlantique. La zone humide d'importance internationale de Kalissaye polarise 10 villages qui se situent tous dans trois îles

différentes dont cinq villages dans les îles du Karones, quatre villages dans les îles du Bliss et un village dans les îles du petit Cassa. Dans la ZHII de Kalissaye on a la présence de deux grandes zones à savoir la héronnière de Kassel et la ROK. La ROK se situe à l'extrémité Ouest de la zone humide près du fleuve Kalissaye. En dehors de la héronnière et de la ROK, la ZHII abrite trois grands sites de reproduction des oiseaux migrateurs d'eau.



**Figure 2** : localisation de la zone humide d'importance internationale de Kalissaye

## 2.2 Collecte de données

La collecte de données a été réalisée par le biais de deux modes d'investigation. Il s'agit d'un travail de bureau et de terrain. Le travail de bureau consiste à la collecte des données secondaires, la télédétection et la cartographie. Pour le travail de terrain, il s'agit de collecter des données de terrain à travers des enquêtes ethnobotaniques, d'une mission de prospection et d'un inventaire floristique.

### 2.2.1 Enquête ethnobotanique

Un questionnaire portant sur les types d'usage du bois ainsi que les services écosystémiques a été administré aux ménages qui composent la ZHII de Kalissaye. L'âge des personnes

enquêtées est supérieur ou égal à 20 ans. La taille de l'échantillon est calculée avec la formule de Rea et *al.* (1997) qui stipule que la taille de l'échantillon (**n**) est égale à :

$$n = \frac{tp^2 * P(1 - P) * N}{tp^2 * P(1 - P) + (N - 1) * y^2}$$

Avec : **n** : taille de l'échantillon ; **N** : taille de la population cible ; **P** : proportion attendue d'une réponse de la population ou proportion réelle. Fixée à **0,5** par défaut ; **tp** : intervalle de confiance d'échantillonnage. La valeur d'un **intervalle de confiance** de **95%** correspond à un **tp** égal à **1.96** ; **y** : marge d'erreur d'échantillonnage (**5%**).

Les données sur le nombre de ménage de chaque village sont issues du dernier recensement du Sénégal par l'Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANSD) en 2013 (Tableau 1). Ainsi, 164 ménages ont été enquêtés réparti par quotas en fonction des villages pour un taux de sondage de 57,34%.

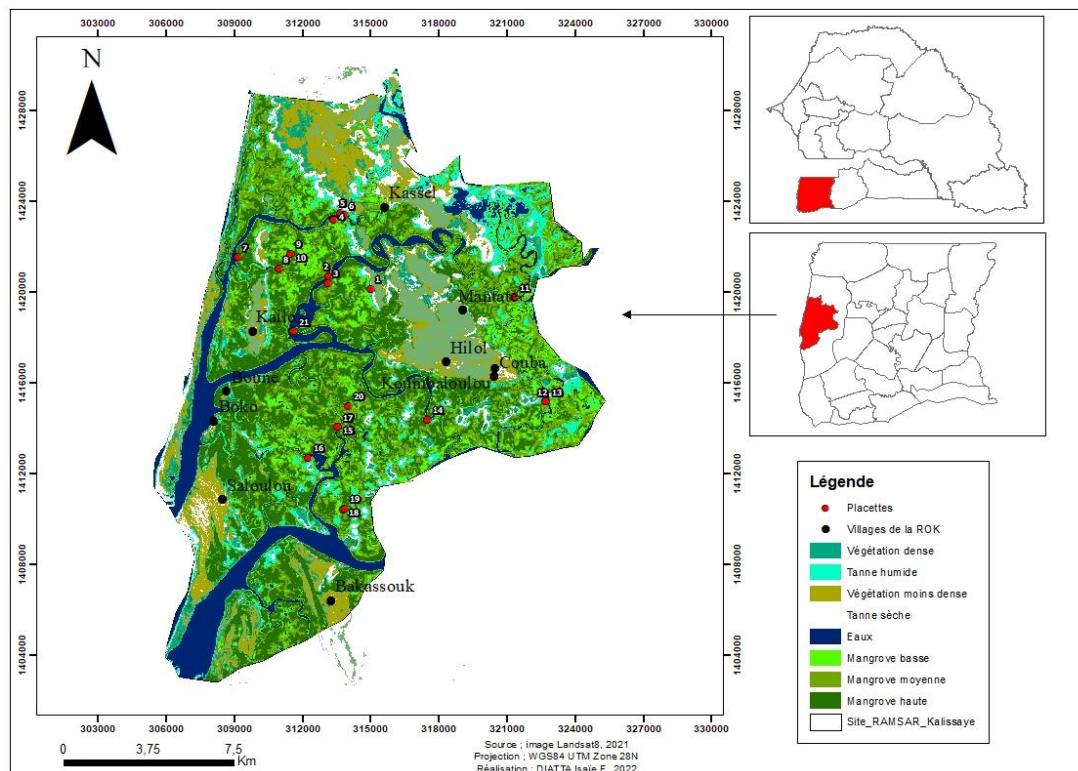
**Tableau 1** : répartition de l'échantillon en fonction des villages

N°	Iles	Villages	Ménages	Nombre de ménages à enquêter (%)	Nombre de ménages à enquêter
1	Iles Karones	Kassel	12	4%	7
2		Mantate	8	3%	5
3		Koumbaloulou	5	2%	3
4		Couba	62	22%	36
5		Hilol	51	18%	30
6	Iles Bliss	Saloulou	53	19%	31
7		Boko	24	8%	13
8		Boune	26	9%	15
9		Kailo	24	8%	13
10	Iles Petit Cassa	Bakassouk	21	7%	11
		<b>TOTAL</b>	<b>286</b>	<b>100%</b>	<b>164</b>

### 2.2.2 Inventaires

L'inventaire était basé sur le traitement initiale de l'image de novembre 2021 de la série 8 du satellite Landsat OLI-TIRS avec une résolution spatiale de 30 m. La composition colorée avec les bandes 5, 4 et 3 a été utilisée pour la classification spectrale non supervisée. La classification de l'image satellite était basée sur le type de mangrove. Trois strates de

mangrove ont été identifiées : mangrove haute, moyenne et basse. Des critères de caractérisation des différentes strates de mangrove en fonction de la hauteur ont été préalablement définis. En se basant sur les différentes strates, les échantillons ont été choisis en utilisant une approche stratifiée. Dans chaque strate, sept placettes ont été choisies au hasard en choisissant les coordonnées géographiques. Au total un nombre de 21 points ont été répartis de manière aléatoire sur la carte grâce au logiciel ArcGis version 10.8 (Figure 3). Les coordonnées des placettes sont ensuite récupérées sur ArcGis avant d'être enregistrées sur un GPS. La carte a été ensuite tirée sous un format papier A3 afin de faciliter la recherche des coordonnées sur le terrain. Des placettes carrés de 2,5 m de côtés ont été choisies (Salako et al., 2013 ; Van Laar&Akça, 2007). Dans chaque placette, toute la végétation ligneuse (incluant la régénération) a été identifiée et comptée et leur paramètres de croissance (hauteur, diamètre à la base et les diamètres croisés de chaque individu) ont été mesurés. La hauteur de chaque individu est mesurée grâce à un jalon de 2,5 m de longueur. Les diamètres à la base sont mesurés grâce à l'outil compas forestier. Les diamètres croisés (mini et maxi) des houppiers ont été également mesurés à l'aide d'un ruban métrique de 10 m de longueur. L'état sanitaire (Sain 'S', Affecté 'A' et Mort 'M') ainsi que la phénologie (feuillaison, floraison et fructification) dans chaque placette est noté sur la fiche d'inventaire dans la partie observation.



**Figure 3:** localisation des différentes placettes

### 2.2.3 Télédétection et cartographie

Pour une bonne discrimination des fasciés, l'imagerie spatiale a été utilisée. Les images satellitaires utilisées sont celles acquises par le satellite Landsat en 1972, 1992 et 2021 (Tableau 2). Le choix de ces différentes dates est justifié par la période à laquelle elles coïncident. Les images satellites ont été soumises à une correction atmosphérique et radiométrique au préalable à toute analyse (Davranche, 2008) grâce au logiciel ENVI version 5.3. Pour ce qui est de la correction géométrique, elle a consisté à ramener les images à la même géométrie de par le géoréférencement grâce à la méthode image par image avec choix de 5 GCP (Ground Control Point) ou points de contrôle au sol ou points d'amers à partir de l'image de 2021 (image de référence). Pour ce travail, le logiciel Envi version 4.5 a été utilisé. Le modèle de rectification utilisé ici est le Polynomial. Pour ce qui est de la méthode de ré-échantillonnage des données, la méthode Nearest neighbor ou méthode du « plus proche voisin » a été utilisée. La composition colorée utilisée dans cette étude est celle dite infrarouge fausse couleur. Elle combine les bandes correspondant aux longueurs d'ondes du PIR (Proche Infrarouge), Rouge (R) et Vert (V) respectivement dans les canaux R-G-B. Il s'agit des bandes 7-5-4 des images Landsat MSS de l'année 1972, des bandes 4-3-2 des images Landsat TM de l'année 1992 et enfin des bandes 5-4-3 des images Landsat « Oli-Tirs » de l'année 2021. Cette composition colorée s'appuie sur les propriétés de la végétation qui réfléchissent très fortement le rayonnement proche infrarouge (Solly et al., 2020). Afin d'extraire les informations thématiques des images satellites, une opération de classification a été effectuée. Elle consiste à regrouper des pixels où des groupes de pixel de manière à former des classes spectrales relativement homogènes. Après identification des différentes classes thématiques pour la cartographie de l'occupation des sols, la classification par la méthode supervisée a été adoptée pour l'ensemble des images. Le choix de cette méthode se justifie par le fait qu'elle se fonde non seulement sur une connaissance réelle du terrain mais également présente des résultats fiables (Solly, 2015). La mission de prospection qui a été effectuée de par les relevés de point GPS sur le terrain surtout sur la mangrove haute, moyenne et basse a permis d'avoir une idée du milieu. D'où le choix de cette méthode de classification. Neuf classes thématiques (zones de culture, autres classes, autres végétations, tannes humides et secs, eaux, mangrove basse, moyenne et haute) ont été identifiées. A ces différentes classes retenues, il a été appliqué des régions d'intérêts ou sites d'entraînement définies par la numérisation de plusieurs polygones pour chaque classe thématique. Une opération de séparabilité des ROI a été effectuée afin d'évaluer la qualité de la classification. L'indice de séparabilité de « Jeffries-Matusita » a servi dans ce travail. Tout juste après cette évaluation,

la classification suivant l'algorithme maximum de vraisemblance « Maximum Likelihood » a été lancée sur chacune des images. La dernière étape a consisté à réaliser les cartes de changements de par la cartographie diachronique afin d'évaluer avec précision les différents changements intervenus entre deux dates au sein des différentes strates de la mangrove. Pour cela, les images des différentes dates ont été additionnées à partir de l'algorithme « Intersect » de l'extension « Geoprocessing » du logiciel Arc GIS 10.5. Les résultats statistiques issus de ces traitements ont permis de connaître les superficies des strates de mangrove stables, apparues et disparues pour les périodes retenues (1972-1992 ; 1992-2021 et 1972-2021).

**Tableau 2:** images satellites Landsat utilisées

Satellite	Séries	Capteurs	Dates	Résolutions
Landsat	L1	MSS	05-11-1972	60m
	L4	TM	16-11-1992	30m
	L8	OLI_TIRS	24-11-2021	30m

### 2.3 Traitement et analyse des données

Les informations collectées lors de l'enquête ethnobotanique ont été d'abord saisies puis traitées avant d'être analysées à l'aide du logiciel SphinxPlus.V5. La fréquence de citation (FC) a été déterminée par la formule suivante :

$$FC = \frac{\text{Nombre de citation d'un element}}{\text{Nombre total de repondants}} * 100$$

Les données d'inventaire ont été utilisées pour calculer le taux de couverture (TC) et de régénération (TRN), la diversité et la distance écologique. Le taux de couvert est obtenu par la formule suivante :

$$TC = \frac{\sum \pi \left( \frac{Dmh}{2} \right)^2}{SE} * 100$$

Avec : **Dmh** : diamètre moyen des houppiers en mètre (m) et **SE** : surface de l'échantillon considéré en hectare (ha).

Le taux de régénération naturelle (TRN) représente la proportion des régénérations naturelles et est déterminé par la formule suivante :

$$TRN = \frac{\text{Nombre de régénération naturelle}}{\text{Nombre total de plants}} * 100$$

La diversité a été déterminée en calculant l'indice de Shannon (H') et l'équitabilité de Pielou (J') à l'aide du logiciel BiodiversityR. L'indice de Shannon (H') a été calculé en utilisant la formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Avec **p<sub>i</sub>** : abondance relative de l'espèce i et **S** : richesse spécifique

L'équitabilité de Pielou (J') a été calculée en utilisant la formule suivante :

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Pour comparer la différence en composition des espèces des communautés, la distance écologique de Jaccard (J) a été calculée à l'aide du logiciel BiodiversityR en utilisant la formule suivante :

$$J = 1 - \sum_{i=1}^s \min(a_i, b_i) / \max(a_i, b_i)$$

Les données floristiques issues de la caractérisation de la formation végétale de mangrove collectées par inventaire ont été saisies sur le tableur Excel 2013. Certaines des données ont été traitées avec le logiciel R version 4.2.2 et d'autres soumises à l'ANOVA et au test de Fisher (au seuil de 5%) grâce au logiciel XLSTAT version 2014. Pour voir la relation entre les strates et les paramètres structuraux, des analyses de « clustering » et en composantes principales (ACP) ont été réalisées.

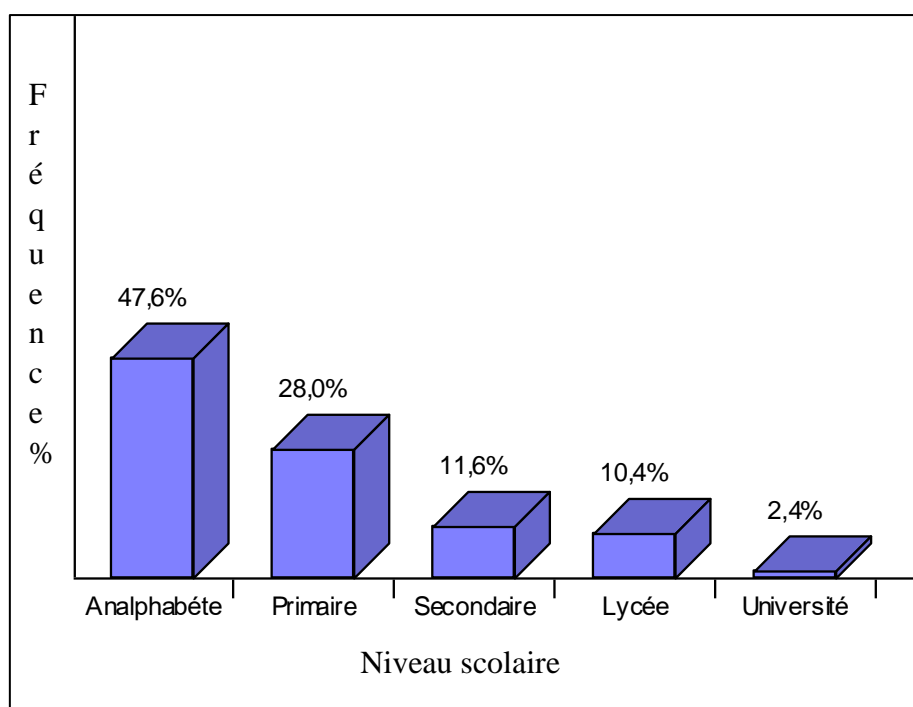
## **CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION**

### **3.1 Résultats**

#### **3.1.1 Caractéristiques des enquêtés**

Le genre des enquêtés dans l'étude est réparti de manière inégale. Ainsi, le pourcentage de la population féminine est estimé à 61,6% tandis que le genre masculin ne représente que 38,4% de la taille de l'échantillon. La majorité (24,4%) des personnes enquêtées se situe sur la tranche d'année entre 1970 et 1980.

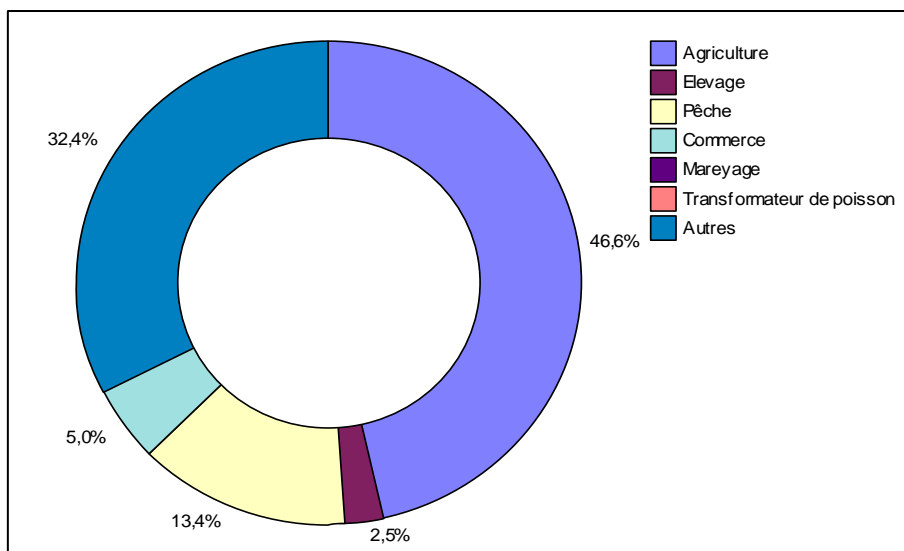
Pour ce qui est du niveau d'étude, 47,6% des enquêtés sont analphabètes. L'étude a révélé également que 28% des enquêtés ont arrêté leurs études au primaire. Les niveaux d'étude secondaire et lycée ont enregistré respectivement 11,6 et 10,4% des enquêtés. Uniquement 2,4% des enquêtés ont fait des études supérieures (Figure 4).



**Figure 4** : répartition des enquêtés en fonction du niveau d'étude

Les principales activités économiques pratiquées dans la zone sont l'Agriculture (46,6%), la pêche (13,4%), le commerce (5%) et l'élevage (2,5%). La catégorie autres activités (32,4%) regroupe l'ostréculture et la récolte du vin de palme (Figure 5).

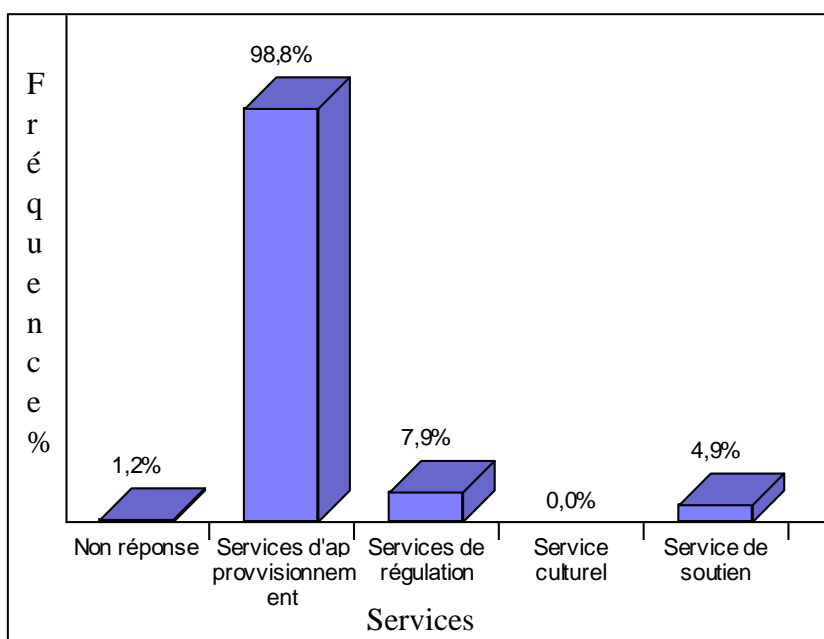




**Figure 5** : les différentes activités exercées par la population

### 3.1.2. Les services de l'écosystème mangrove

Parmi les services écosystémiques, le service d'approvisionnement (98,8%) reste la fonction première contribuant largement au bien-être des populations. Les principales activités par fréquence de citation sont l'extraction du bois (82%), la pêche (61,6%), l'exploitation des fruits de mer (57,9) et l'apiculture (3%). Le service de régulation quant à lui représente 7,9% des fréquences de citation de par le rôle de barrière que joue la mangrove contre l'avancé de la mer. Il s'ensuit enfin le service de soutien à travers la fonction de zone de frayère et d'habitat pour les poissons et autres fruits de mer qu'elle assure (Figure 6).



**Figure 6** : fréquence de citation des différents services de l'écosystème mangrove

### 3.1.3 Le bois de mangrove

#### 3.1.3.1 Quantités de prélèvement

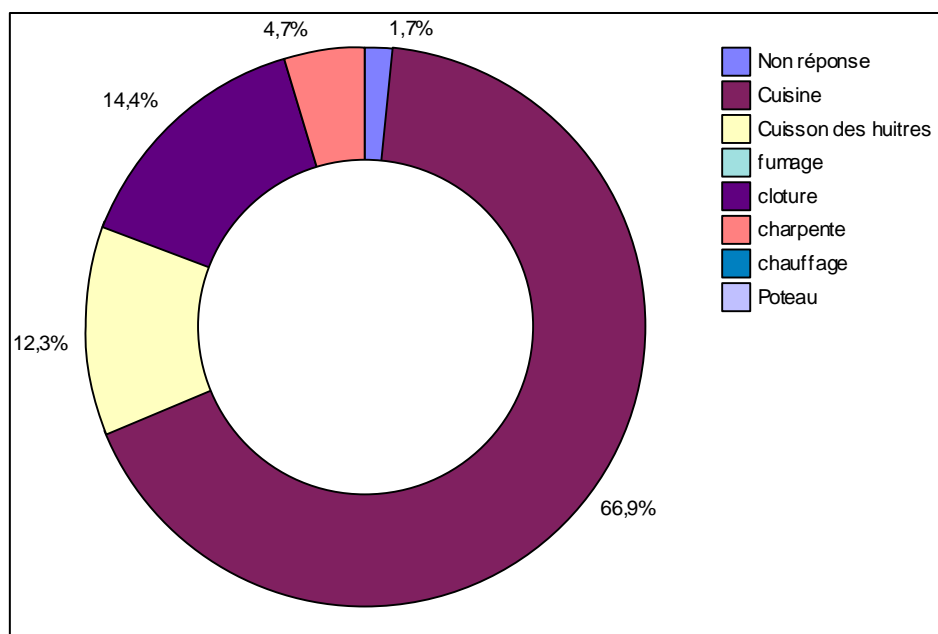
Les utilisateurs du bois de mangrove prélèvent différentes quantités sur la ressource (Tableau 3). Cette quantité varie d'une part en fonction de ce que la personne est capable de porter (19,5%) mais également des moyens de collecte comme les petites pirogues (48,4%), « taf taf » (2,5%) et charrette (0.6%) et de la disponibilité de la ressource (bois mort) une fois sur place.

**Tableau 3** : quantité de bois de mangrove prélevée

Valeurs	Fréquence
Une à 2 petites pirogues	42,8%
En fonction de ce que la personne peut porter	19,5%
1 à 2 tas	18,2%
2 à 3 petites pirogues	5,0%
2 à 3 tas	5,0%
1 à 2 "taf taf"	2,5%
3 à 5 tas	2,5%
+ 10 kg	1,3%
-10 kg	1,3%
5 à 6 petites pirogues	0,6%
7 à 8 tas	0,6%
Une charrette	0,6%
<b>TOTAL</b>	100%

#### 3.1.3.2 Usages du bois de mangrove

L'usage principal du bois de mangrove dans la zone humide d'importance internationale est la cuisine avec une fréquence de citation de 66,9% (Figure 7). Entre autre usage nous avons la clôture (14,4%), cuisson des huitres (12,3%) et la charpenterie (4,7%).



**Figure 7** : différents usages du bois de mangrove

### 3.1.4 Caractéristiques de la formation végétale de mangrove

#### 3.1.4.1 Composition floristique et diversité

##### ➤ Composition floristique et diversité de la végétation de mangrove

La mangrove basse est la plus diversifiée du point de vue de la composition floristique avec trois espèces : *R. mangle*, *R. racemosa* et *A. germinans*. Les strates de la mangrove haute et moyenne en ont deux espèces *R. racemosa* et *R. harrisonii*. Pour ce qui est des espèces, l'espèce *R. racemosa* s'avère être l'espèce la plus présente (40%) suivi des espèces *R. mangle* (24,44%), *A. germinans* (21,11%) et enfin *R. harrisonii* (14,44%). La diversité (0,98) et l'abondance (47) sont beaucoup plus élevées au niveau de la mangrove basse (Tableau 4). L'équitabilité (0,99) la plus importante a été obtenue au niveau de la mangrove haute suivi de la mangrove basse (0,89) et enfin de la mangrove moyenne (0,47).

**Tableau 4** : caractérisation de la diversité spécifique en fonction des strates à l'aide des indices de diversité

	Richesse spécifique	Indice de Shanon	Abondance	Equitabilité de Piélou
<b>Strate haute</b>	2	0,69	23	0,99
<b>Strate moyenne</b>	2	0,32	20	0,46
<b>Strate basse</b>	3	0,98	47	0,89

### ➤ Distance écologique

L'analyse de la matrice des distances écologiques a montré qu'il existe beaucoup plus de dissimilarité du point de vue de la composition floristique et taxonomique des communautés issues des différentes strates de la mangrove. Les distances écologiques entre les strates de mangrove varient entre 51,72 et 90,62%. Les plus grandes dissimilarités ont été notées entre la mangrove haute et basse (90,62%) et entre la mangrove moyenne et basse (90,16%). La plus petite dissimilarité a été enregistrée entre la mangrove haute et moyenne (51,72%) (Tableau 5).

**Tableau 5** : matrice des indices de dissimilarité de Jaccard

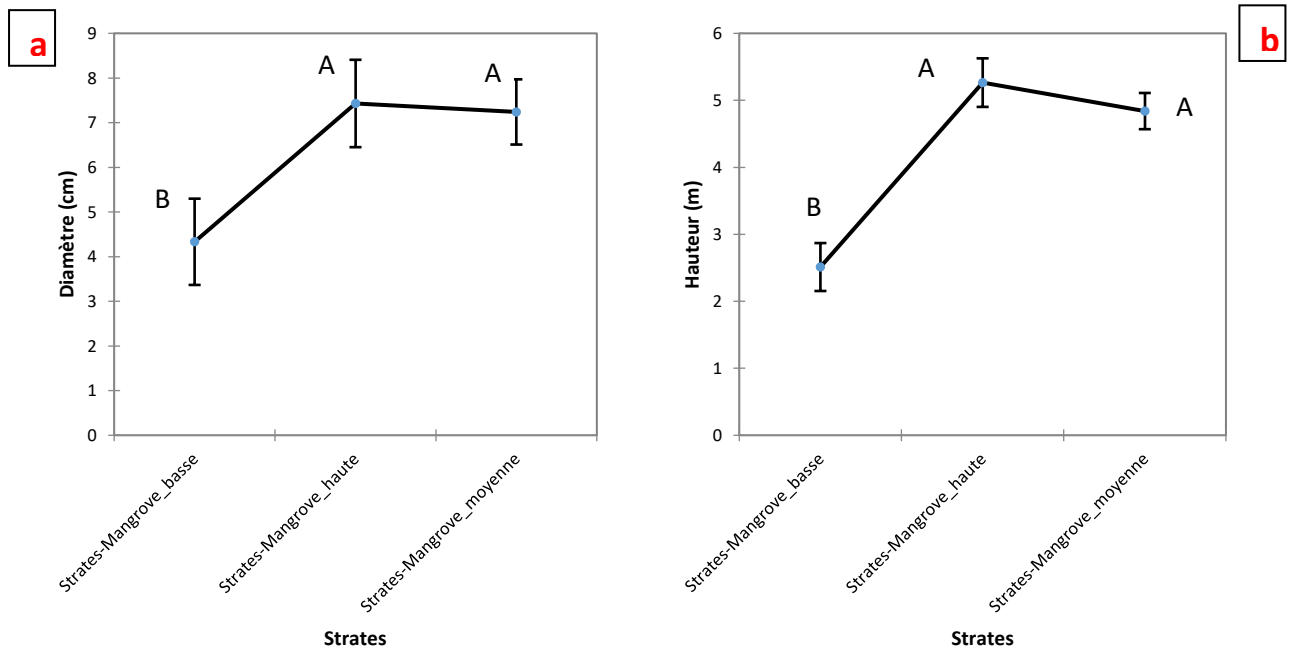
Indices de dissimilarité de Jaccard			
	Mangrove haute	Mangrove moyenne	Mangrove basse
Mangrove haute	0		
Mangrove moyenne	0,5172	0	
Mangrove basse	0,9062	0,9016	0

#### 3.1.4.2 Paramètres structuraux

##### ➤ Hauteur et diamètre

L'analyse de la variance a montré qu'il existe une différence significative ( $p=0,0001$ ) entre les strates du point de vue des diamètres et des hauteurs des individus (Figure 8). En effet, la mangrove haute ( $7,430 \pm 0,966$  cm) et moyenne ( $7,240 \pm 0,978$  cm) ont enregistré les diamètres significativement les plus importants par rapport à la mangrove basse ( $4,333 \pm 0,73$  cm).

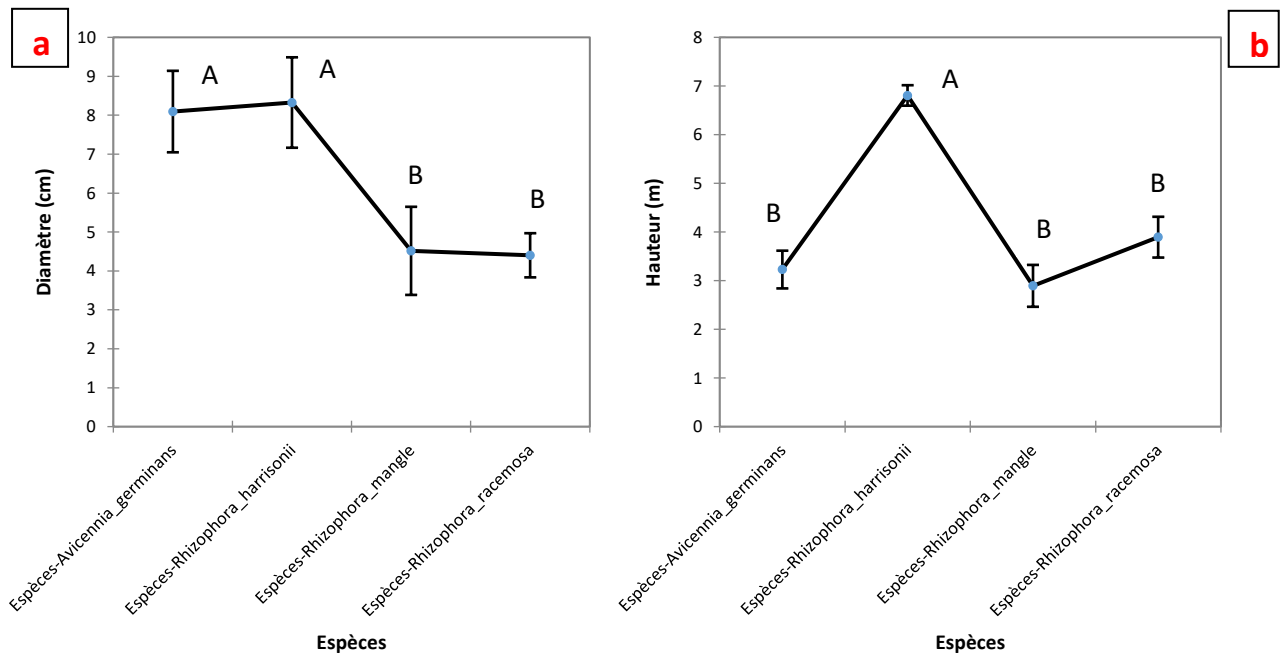
La hauteur moyenne de la strate haute est de  $5,264 \pm 0,358$  m avec des hauteurs variant de 2,15 m à 12 m entre les individus. La strate moyenne quant-à elle a enregistré une hauteur moyenne de  $4,840 \pm 0,362$  m avec des hauteurs variant de 2,15 m à 6,8 m. La moyenne pour la strate basse est de  $2,512 \pm 0,270$  m, quant-aux individus de cette strate, leurs hauteurs varient de 0,55 m à 2,8 m.



**Figure 8** : distribution des diamètres (a) et des hauteurs (b) en fonction des strates

L'analyse de la variance a montré qu'il existe une différence significative ( $p=0,0001$ ) des diamètres et hauteurs entre les espèces (Figure 9). Les espèces *R. harrisonii* ( $8,326 \pm 1,047$  cm) et *A. germinans* ( $8,094 \pm 1,161$  cm) ont enregistré les diamètres les plus importants que *R. mangle* ( $4,515 \pm 1,132$  cm) et *R. racemosa* ( $4,402 \pm 0,567$  cm).

C'est au sein de l'espèce *R. harrisonii* qu'a été noté les individus les plus hauts avec une hauteur moyenne de  $6,806 \pm 0,388$  m suivi de l'espèce *R. racemosa* ( $3,893 \pm 0,210$  m), de l'espèce *A. germinans* ( $3,228 \pm 0,430$  m) et enfin de l'espèce *R. mangle* avec une hauteur moyenne de  $2,893 \pm 0,419$  m.



**Figure 9** : distribution des diamètres (a) et des hauteurs (b) en fonction des espèces

➤ **Densité**

La strate de la mangrove basse a enregistré la densité la plus importante (10 743 individus/ha) suivi de la strate de la mangrove haute (5 257 individus/ha) et enfin celle de la mangrove moyenne avec 4 571 individus/ha (Tableau 6). Dans la strate de la mangrove basse, l'espèce *R. mangle* s'avère être l'espèce la plus représentée (5 029 pieds/ha) au détriment des espèces *A. germinans* (4 343 pieds/ha) et *R. racemosa* (1 371 pieds/ha). Au sein des strates de la mangrove haute et moyenne, c'est l'espèce *R. racemosa* qui est l'espèce la plus représentée avec respectivement 2 743 pieds/ha et 4 114 pieds/ha. L'espèce *R. harrisonii* n'est cependant pas représentée au sein de la strate de la mangrove basse mais toute fois elle est l'espèce la moins représentée au sein des strates de mangrove haute (2 514 pieds/ha) et moyenne (457 pieds/ha).

**Tableau 6** : répartition de la densité en fonction des strates

<b>Strates</b>	<b>Espèces</b>	<b>Densité relative (pieds/ha)</b>	<b>Densité totale (pieds/ha)</b>
<b>Mangrove haute</b>	<i>Rhizophora racemosa</i>	2743	5257
	<i>Rhizophora harrisonii</i>	2514	
<b>Mangrove moyenne</b>	<i>Rhizophora racemosa</i>	4114	4571
	<i>Rhizophora harrisonii</i>	457	
<b>Mangrove basse</b>	<i>Rhizophora mangle</i>	5029	10743
	<i>Rhizophora racemosa</i>	1371	
	<i>Aviceniagerminans</i>	4343	

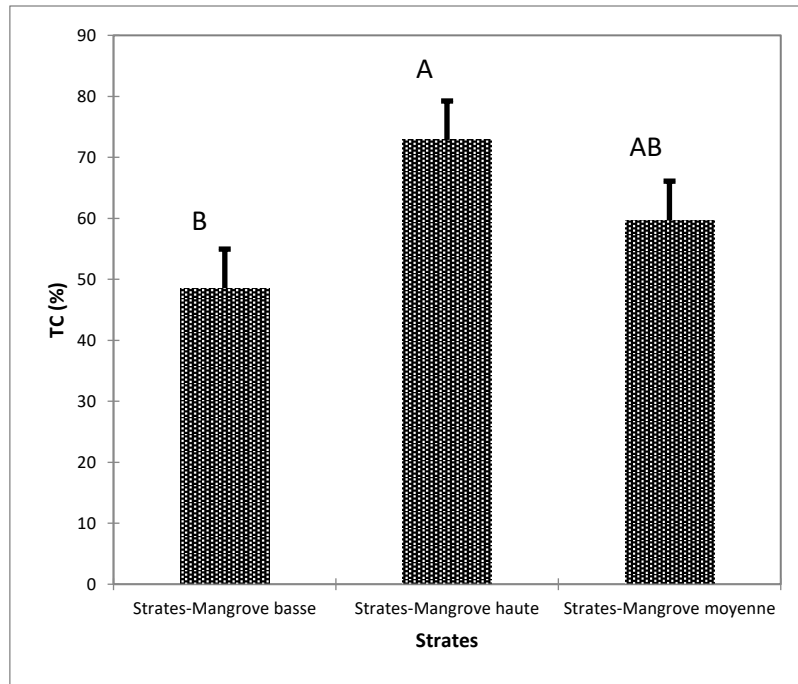
Il ressort des résultats de ces calculs que c'est au sein de la strate de la mangrove moyenne qu'a été noté la densité de la régénération la plus élevée avec 21 029 individus/ha suivi de la strate de la mangrove basse avec 15 314 individus/ha et enfin la strate de la mangrove haute avec la densité la plus faible 8 000 individus/ha (Tableau 7).

**Tableau 7** : variation de la densité de régénération naturelle au sein des strates

<b>Strates</b>	<b>Densité (ind/ha)</b>
<b>Mangrove basse</b>	15314
<b>Mangrove moyenne</b>	21029
<b>Mangrove haute</b>	8000

➤ **recouvrement**

L'analyse de la variance a montré qu'il existe une différence significative entre les strates ( $p=0,047$ ) pour ce qui est du taux de couverture (Figure 10). Le taux de couverture le plus important a été enregistré au sein de la strate de la mangrove haute avec  $72,857 \pm 6,376\%$  suivi de la strate de la mangrove moyenne ( $59,714 \pm 6,376\%$ ) et enfin celle de la mangrove basse ( $48,571 \pm 6,376\%$ ).

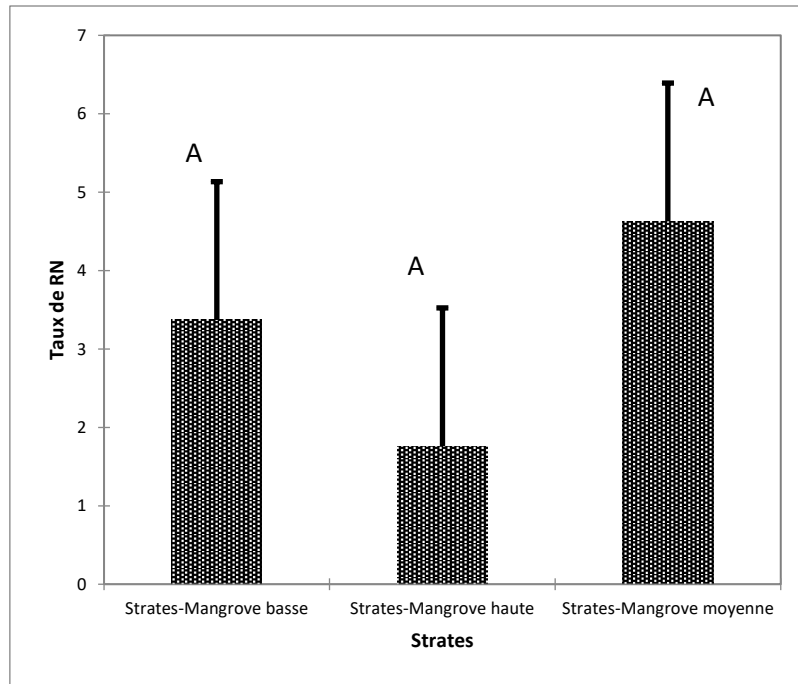


**Figure 10** : répartition des taux de couverture en fonction des strates

➤ **Régénération**

Les taux de régénération naturelle dans les placettes varient de 0 à 13,732% avec une moyenne de  $3,253 \pm 4,587\%$ . Ainsi, l'analyse a montré qu'il n'y a aucune différence significative ( $p=0,527$ ) entre les strates pour le taux de régénération naturelle (Figure 11). En valeur absolue, la mangrove moyenne ( $4,628 \pm 1,764\%$ ) a enregistré le taux de régénération naturelle le plus important suivi de la mangrove basse ( $3,370 \pm 1,764\%$ ) et de la mangrove haute ( $1,761 \pm 1,764\%$ ).

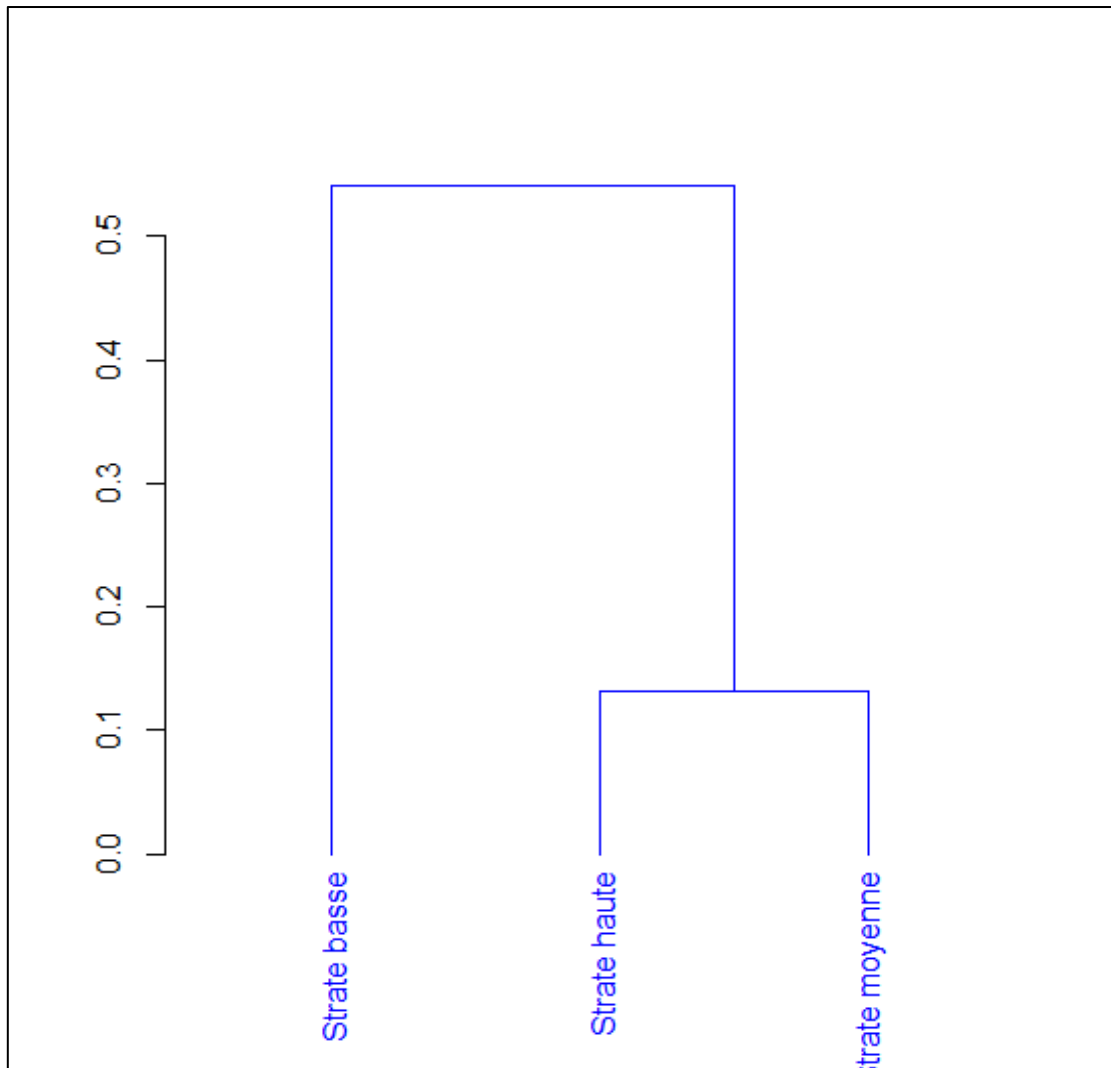




**Figure 11** : répartition des taux de régénération naturelle au sein des strates

### 3.1.4.3 Relation entre les strates et les paramètres structuraux

L'analyse de groupage ou clustering a discriminé deux groupes distincts (Figure 12). L'Analyse en Composante Principales (ACP) a fait ressortir les caractéristiques de chaque groupe (Figure 13). Ainsi, le groupe 1 regroupe les strates de mangrove haute et moyenne. La mangrove haute a favorisé plus le développement du diamètre et de la hauteur des individus ainsi que le taux de couverture et est fortement corrélée à l'axe principal F2 (0,613). Quant à la mangrove moyenne, elle est caractérisée par des taux de régénération importants et est fortement corrélée à l'axe principal F1 (0,535). Le second groupe est uniquement représenté par la strate de la mangrove basse. Cette dernière est caractérisée par une composition floristique, une diversité, une abondance et une densité plus importante et est très fortement corrélée à l'axe principal F1 (0,998).

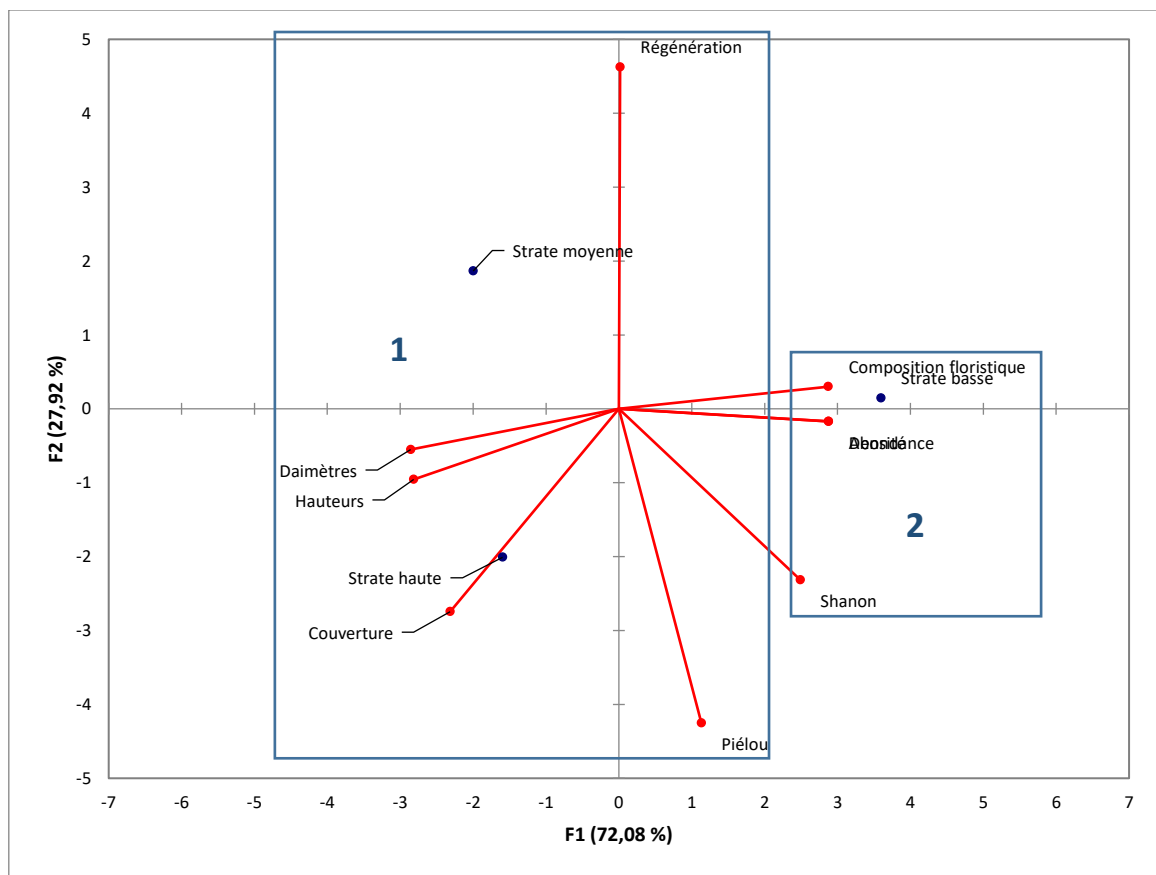


**Figure 12** : classification hiérarchique des strates en fonction des paramètres structuraux

L'ACP et l'analyse de corrélation ont montré une relation entre les paramètres (Tableau 8 et Figure 13). L'analyse révèle une corrélation parfaite entre l'abondance et la densité d'une part et entre la composition floristique et les diamètres d'autres part. Une relation très forte a été notée entre la composition floristique et les variables comme l'indice de Shanon, l'abondance et la hauteur. Il en est de même pour l'indice de Shanon et les variables tels l'abondance, l'équitabilité de Piélou et la densité. L'abondance est très fortement corrélée au diamètre et à la hauteur, il en est de même pour l'indice de Piélou et la variable taux de régénération. Il existe une très forte corrélation entre le diamètre et la hauteur d'une part et qui sont tous deux très fortement corrélés également à la densité et au taux de couverture. Toutefois, il existe des corrélations faibles entre le taux de régénération et les variables composition floristique, abondance, diamètre et densité.

**Tableau 8** : matrice de corrélation de Pearson (n) entre les paramètres structuraux

Variables	Composition floristique	Shanon	Abondance	Piélou	Diamètres	Hauteurs	Densité	Couverture	Régénération
Composition floristique	1								
Shanon	0,831	1							
Abondance	0,995	0,883	1						
Piélou	0,333	0,801	0,427	1					
Diamètres	<b>-0,999</b>	-0,800	-0,988	-0,281	1				
Hauteurs	-0,990	-0,743	-0,970	-0,195	0,996	1			
Densité	0,995	0,883	<b>1,000</b>	0,427	-0,988	-0,970	1		
Couverture	-0,841	-0,399	-0,782	0,229	0,870	0,910	-0,782	1	
Régénération	0,071	-0,496	-0,031	-0,917	-0,125	-0,213	-0,031	-0,599	1



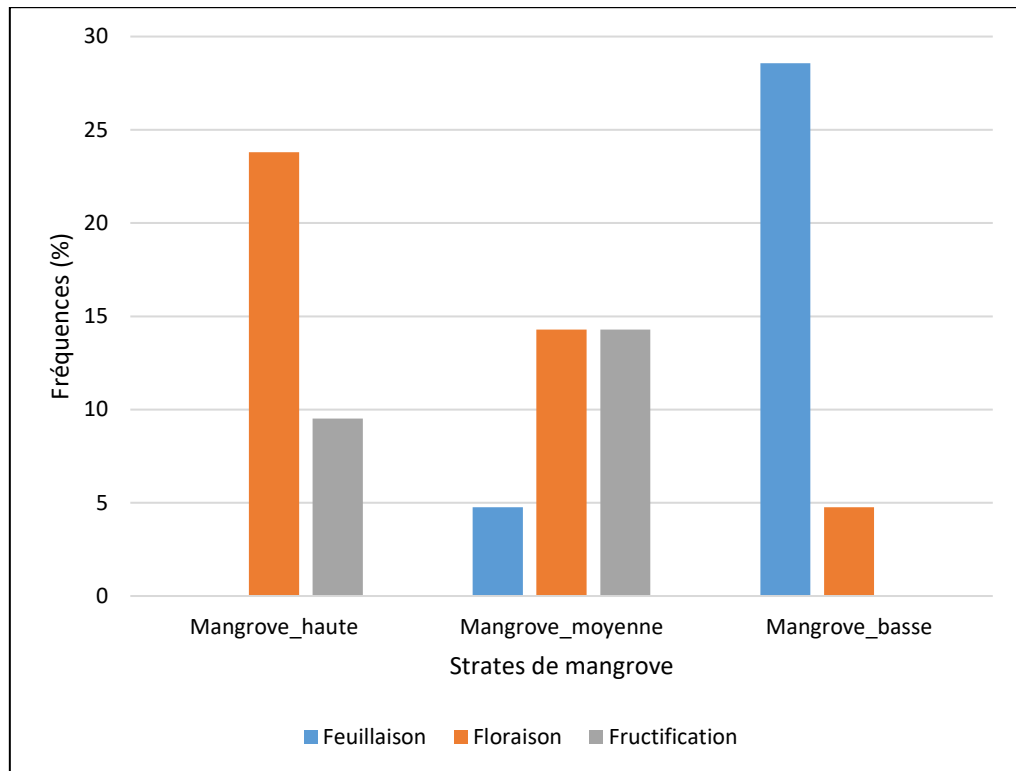
**Figure 13** : caractérisation des strates en fonction des différents paramètres structuraux

### 3.1.4.4 Caractéristiques phénologiques et sanitaires

#### ➤ La phénologie

La feuillaison a été notée qu'au sein des strates de la mangrove basse (28,57%) et moyenne (4,7619%) (Figure 14). Sur l'ensemble des placettes de la strate de la mangrove haute, la phase végétative y est absente. La floraison est la phase de développement qu'on observe sur tous les trois strates avec une dominance au sein de la mangrove haute (23,8%) suivi de la

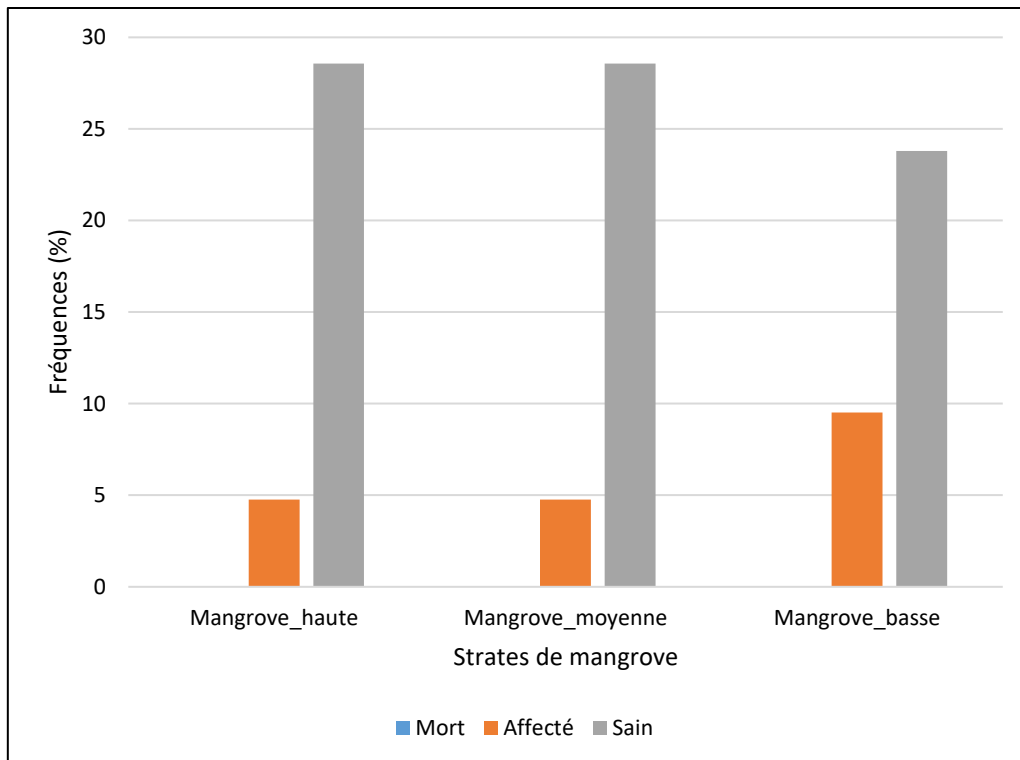
strate de la mangrove moyenne avec 14,2857% et enfin celle de la mangrove basse (4,7619%). De la même manière que le stade de développement feuillaison, la phase de fructification a été notée que sur deux strates à savoir la mangrove moyenne (14,2857%) et la mangrove haute (9,5238%).



**Figure 14** : état phénologique des individus de palétuvier en fonction des strates

#### ➤ L'état sanitaire

De la même manière que l'état phénologique des individus a été observé, leur état sanitaire a également été observé sur chacune des 21 placettes d'inventaire selon que les individus sur une placette donnée soient majoritairement en bonne santé, affectés ou morts. Ainsi, on note sur l'ensemble des trois strates des individus sains avec respectivement des fréquences d'apparition de 28,57% ; 28,57% et 23,8% pour la mangrove haute, moyenne et basse (Figure 15). Egalement, il y a la présence de placette avec des individus affectés sur tous les strates dont 9,5238% pour la strate de la mangrove basse et 4,7619% pour les strates de la mangrove moyenne et haute. Cependant, on ne note dans aucune strate la présence de mortalité.

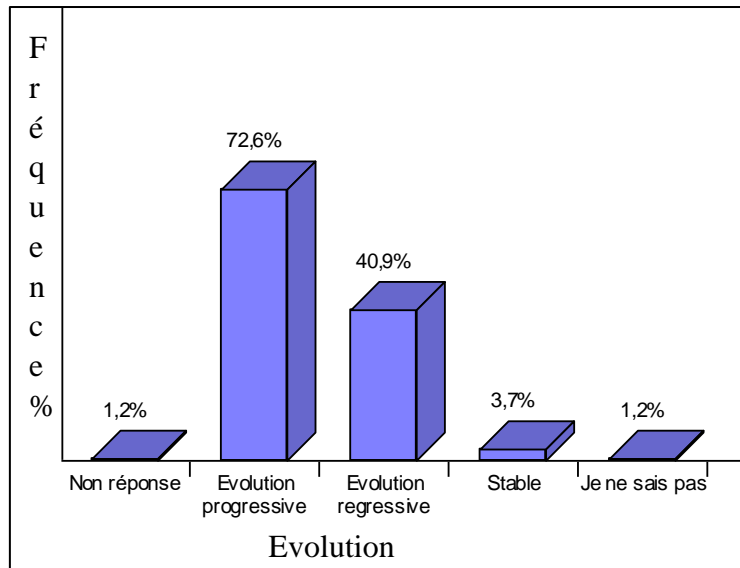


**Figure 15** : état sanitaire des individus de palétuvier en fonction des strates

### 3.1.5 Dynamique de la mangrove

#### ➤ Perception des populations

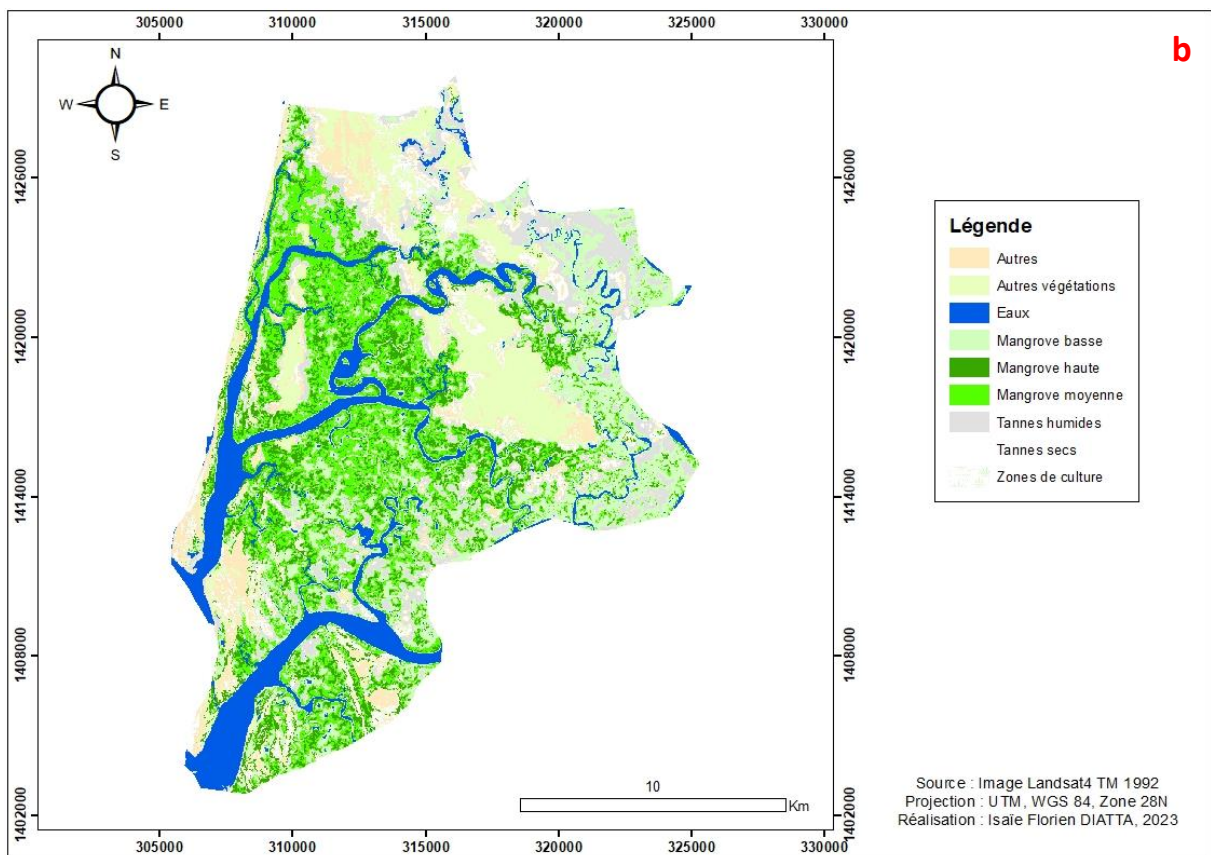
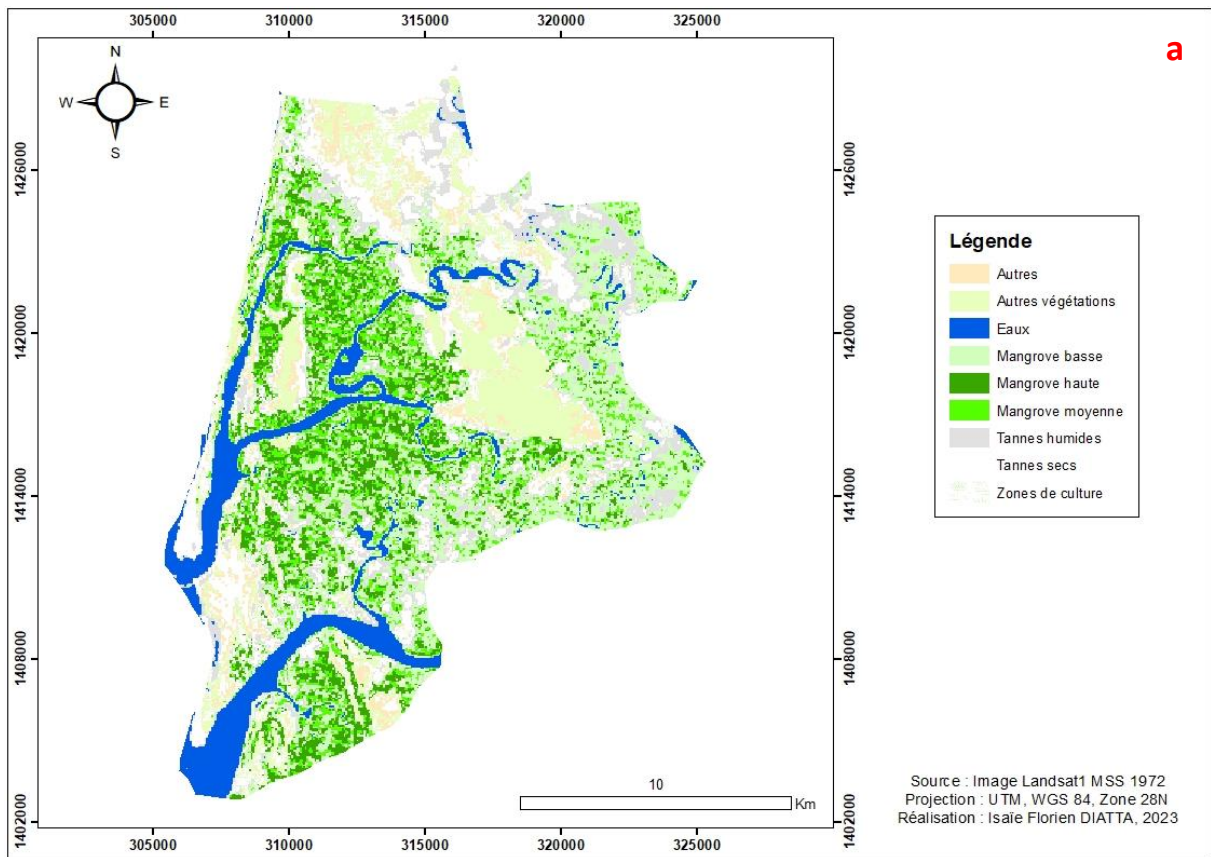
La majorité des enquêtés (72,6%) a constaté une évolution progressive dans le temps et dans l'espace de la mangrove dans la zone de Kalissaye tant dis que 40,9% notent une évolution régressive (Figure 16). Les causes de la régression de la mangrove selon les enquêtés sont d'ordre naturelles et anthropiques. Pour les causes de la progression, elles sont d'ordre naturelles grâce aux opérations de reboisement.

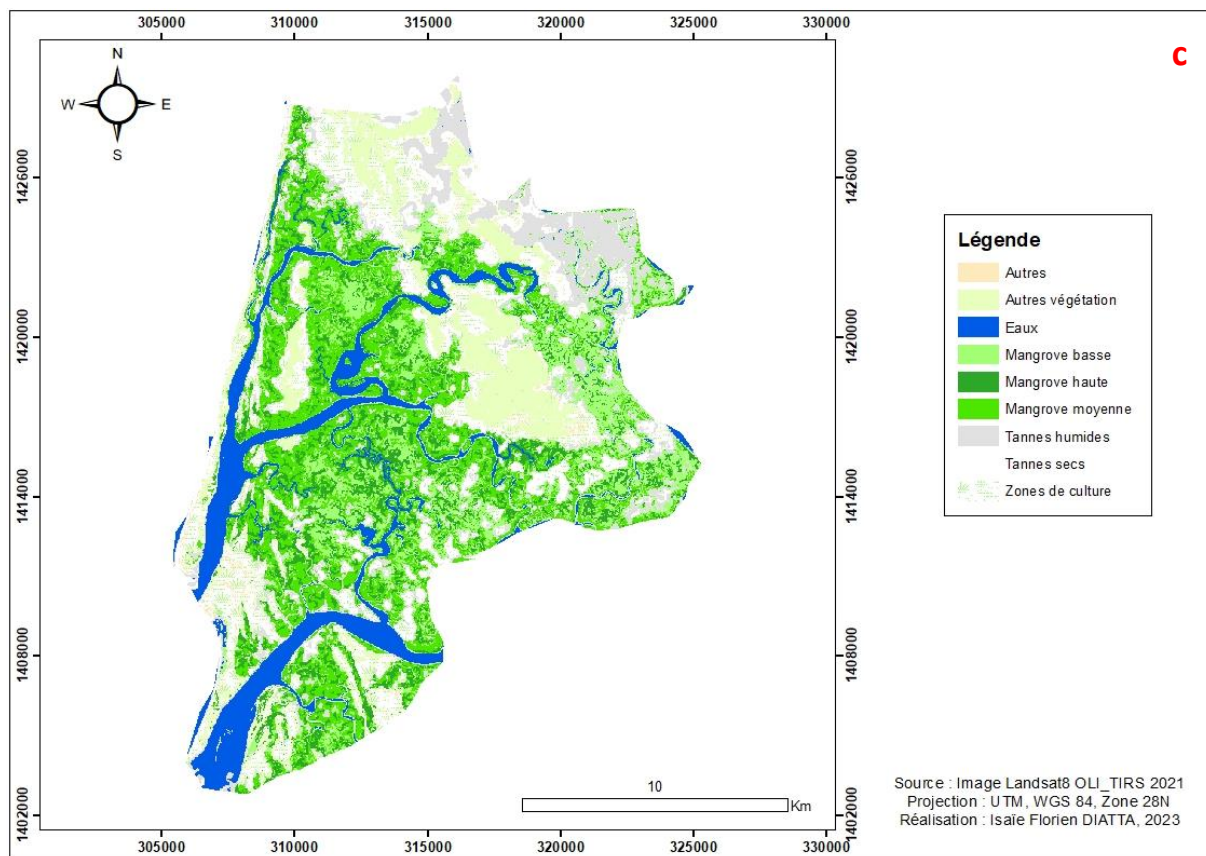


**Figure 16** : dynamique de la mangrove selon les enquêtés

➤ **Télédétection et cartographie**

L'écosystème mangrove dans cette zone est passé d'une superficie globale de 13 917,92 ha en 1972 à 15 306,81 ha en 1992 avant de chuter à 13 704,1 ha en 2021 (Figure 17). En effet, la strate de la mangrove moyenne a connu une augmentation considérable de sa superficie entre 1972 à 1992 d'une part en passant de 3 318,15 ha à 5 919,45 ha soit une progression de 78,40% et d'autre part entre 1992 et 2021 en passant de 5 919,45 ha à 6 104,63 ha soit une progression de 3,13%. Les strates de la mangrove haute et basse ont enregistré une diminution progressive sur les différentes dates de prise de vue des images. La strate de la mangrove haute est passée d'une superficie de 3 375 ha en 1972 à une superficie de 3 296,74 ha en 1992 puis à 3 179,60 ha en 2021. Tandis que celle de la mangrove basse est passée également des superficies respectives de 7 224,07 ha ; 6 090,62 ha à 4 419,77 ha au cours des années 1972 ; 1992 et 2021 (Tableau 9).





**Figure 17** : occupation du sol de la ZHII de Kalissaye en 1972 (a), 1992 (b) et 2021(c)

**Tableau 9**: superficie des classes d'occupation du sol de 1972 à 2021

Classes	1972		1992		2021	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
<b>Autres</b>	1237,81	4,13	2199,34	7,33	286,16	0,95
<b>Autres végétations</b>	3115,83	10,38	3397,57	11,32	3098,52	10,33
<b>Eaux</b>	2956,75	9,85	3779,27	12,60	3217,96	10,72
<b>Mangrove basse</b>	7224,07	24,08	6090,62	20,30	4419,77	14,73
<b>Mangrove haute</b>	3375,70	11,25	3296,74	10,99	3179,60	10,60
<b>Mangrove moyenne</b>	3318,15	11,06	5919,45	19,73	6104,73	20,35
<b>Tannes humides</b>	3083,87	10,28	2949,29	9,83	3692,15	12,31
<b>Tannes secs</b>	2799,93	9,33	426,76	1,42	1822,55	6,07
<b>Zones de culture</b>	2893,09	9,64	1946,13	6,49	4183,74	13,94
<b>TOTAL</b>	30005,19	100	30005,19	100	30005,19	100

Les différentes unités paysagères ont connu d'importantes dynamiques durant ces différentes dates. Cette dynamique laisse apparaître une augmentation pour certaines unités paysagères et

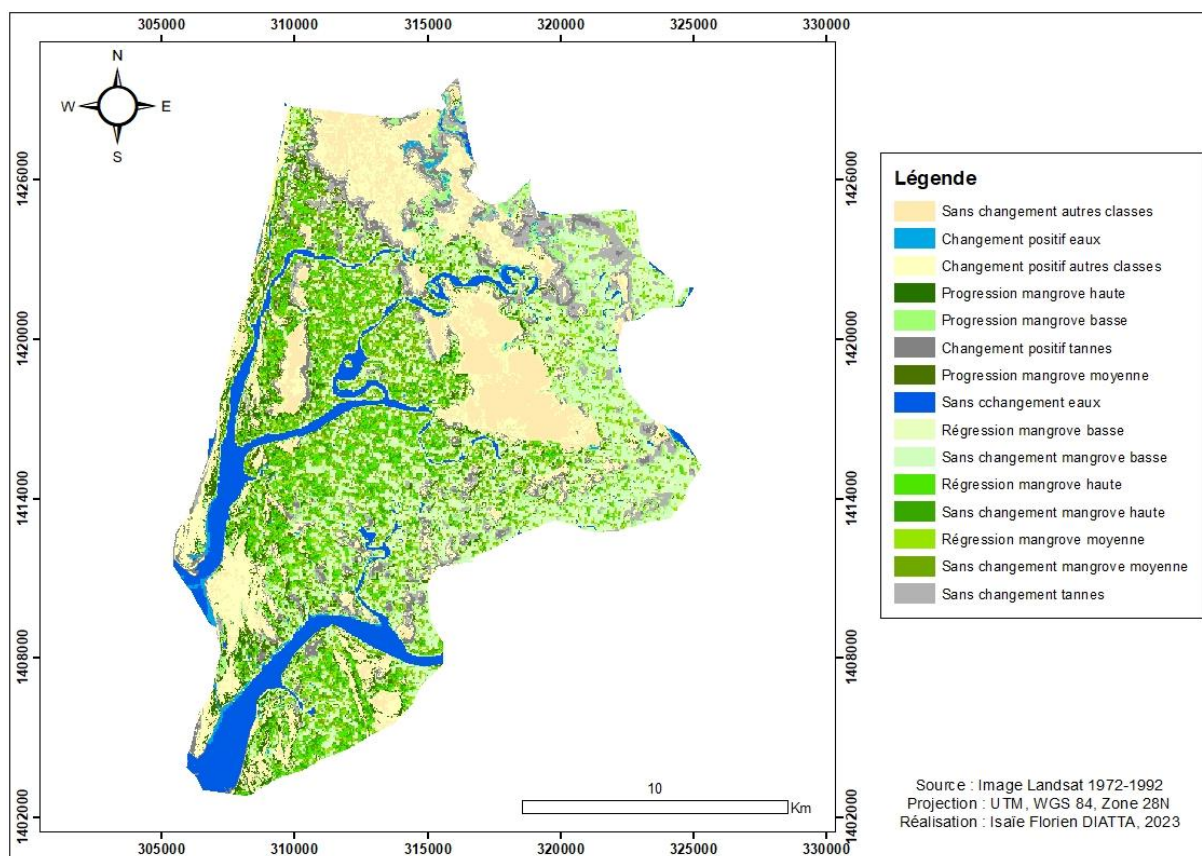


une diminution pour d'autres durant les différentes dates de prise de vue des images. Cette dynamique est de manière globale régressive dans la zone d'étude avec plus de classes d'occupation du sol qui ont vues leurs superficies diminuées par rapport à celles qui ont augmentées. Parmi les différentes strates de la mangrove, seule la strate de la mangrove moyenne a connu une augmentation de sa superficie durant toutes les trois périodes (1972-1992 ; 1992-2021 et 1972-2021). En effet, la strate de la mangrove moyenne a vu sa superficie augmentée respectivement de 2 601,31 ha ; 185,28 ha et de 2 786,58 ha soit des augmentations de 78,40% ; 3,13% et 83,98% durant les périodes 1972-1992 ; 1992-2021 et 1972-2021. Les deux strates de mangrove restantes ont enregistré une diminution de leur superficie durant toutes les trois périodes. Pour la strate de la mangrove haute, elle a enregistré des diminutions de 78,96 ha ; 117,14 ha et 196,10 ha durant les périodes respectives de 1972-1992 ; 1992-2021 et 1972-2021 soit des diminutions de 2,34% ; 3,55% et 5,81%. Quant à la strate de la mangrove basse, sa diminution est de l'ordre de 15,69% (1 133,44 ha) pour la période 1972-1992 ; 27,43% (1 670,86 ha) pour la période 1992-2021 et de 38,82% (2 804,30 ha) pour la période 1972-2021 (Tableau 10).

**Tableau 10** : évolution de l'occupation du sol de la ZHII de Kalissaye de 1972 à 2021

Classes	Evolutions					
	1972-1992		1992-2021		1972-2021	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
<b>Autres</b>	961,53	77,68	-1913,18	-86,99	-951,65	-76,88
<b>Autres végétations</b>	281,75	9,04	-299,05	-8,80	-17,31	-0,56
<b>Eaux</b>	822,53	27,82	-561,31	-14,85	261,22	8,83
<b>Mangrove basse</b>	-1133,44	-15,69	-1670,86	-27,43	-2804,30	-38,82
<b>Mangrove haute</b>	-78,96	-2,34	-117,14	-3,55	-196,10	-5,81
<b>Mangrove moyenne</b>	2601,31	78,40	185,28	3,13	2786,58	83,98
<b>Tannes humides</b>	-134,58	-4,36	742,86	25,19	608,28	19,72
<b>Tannes secs</b>	-2373,17	-84,76	1395,79	327,06	-977,38	-34,91
<b>Zones de culture</b>	-946,95	-32,73	2237,60	114,98	1290,65	44,61

Durant la période 1972-1992, la strate de la mangrove moyenne a acquis une progression importante de sa superficie de 1 981,3 ha et de 1 531,24 ha. Ces progressions se sont fait respectivement au détriment de la strate de la mangrove basse et de celle de la mangrove haute (Figure 18, Tableau 11).



**Figure 18** : dynamique de l’occupation du sol de la ZHII de Kalissaye entre 1972 et 1992

**Tableau 11** : matrice des changements de l’occupation du sol en ha entre 1972 et 1992

1972-1992						
	Eaux	MB	MH	MM	Tannes	Autres
Eaux	2527,76	150,27	23,89	56,62	104,32	93,86
MB	691,29	3189,48	806,47	1981,30	356,62	198,87
MH	68,54	546,04	1112,32	1531,24	7,83	109,71
MM	183,61	934,50	685,07	1402,08	42,70	70,16
Tannes	242,17	907,33	112,20	306,82	2569,51	1745,75
Autres	65,87	362,98	556,76	641,36	295,05	5324,67

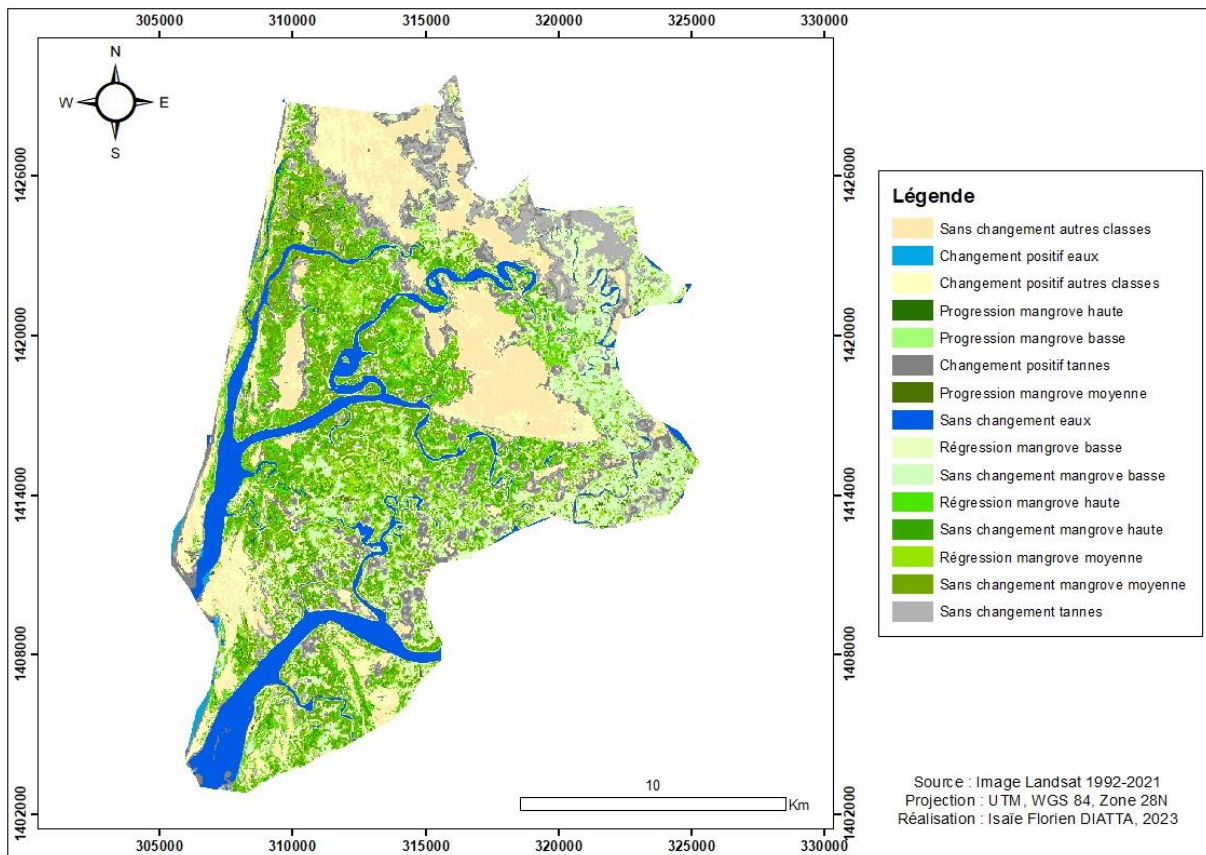
**Légende** : -colonnes représentent les changements positifs ou progression

-Lignes représentent les changements négatifs ou régression

-  Superficies stables

Au courant de la période 1992-2021, l’analyse des changements à travers la matrice des changements a montré une importante évolution des différentes classes d’occupation du sol (Figure 19, Tableau 12). Il apparaît que la strate de la mangrove moyenne a d’une part

progressé d'une superficie de 1 681,01 ha au détriment de la strate de la mangrove basse et d'autre part elle en a perdu respectivement 1 168,26 ha et 1 105,82 ha au profit de la strate de la mangrove basse et haute.

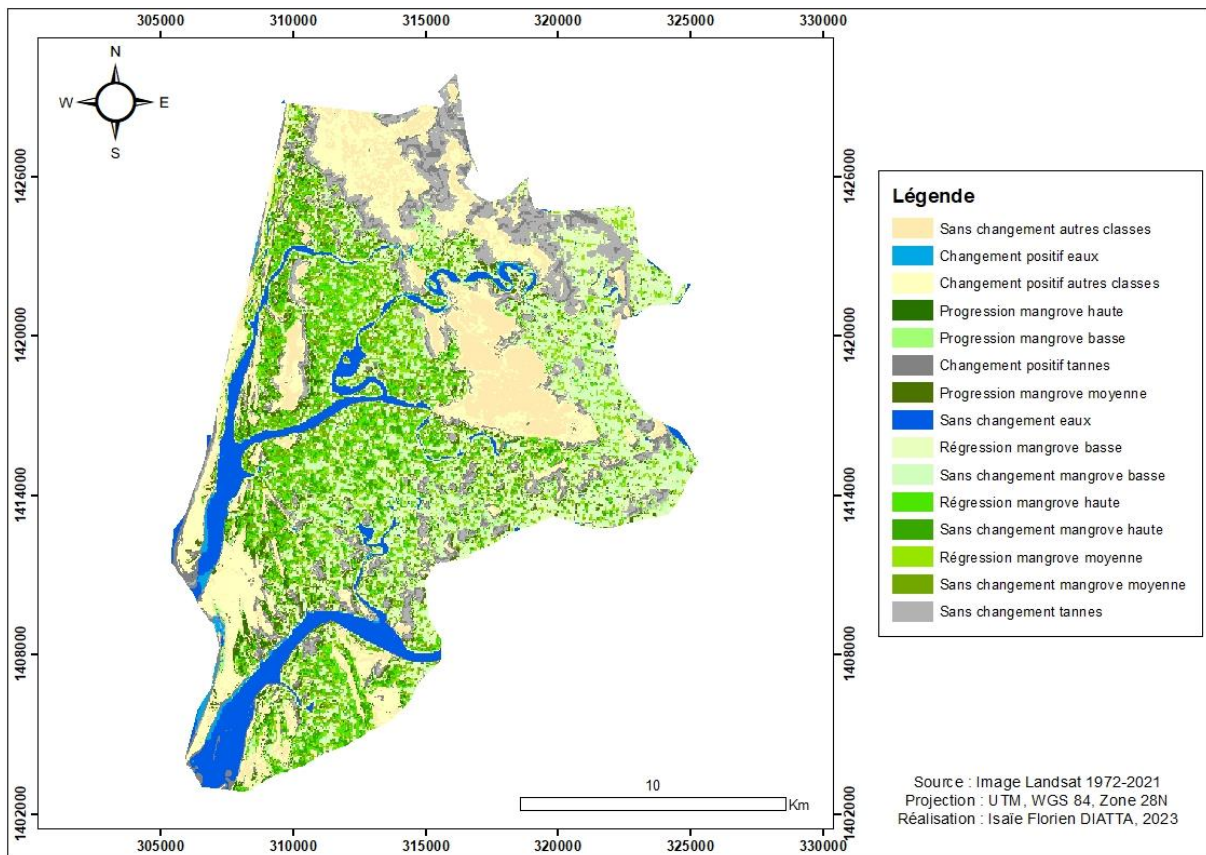


**Figure 19:** dynamique de l'occupation du sol de la ZHII de Kalissaye entre 1992 et 2021

**Tableau 12 :** matrice des changements de l'occupation du sol en ha entre 1992 et 2021

1992-2021						
	Eaux	MB	MH	MM	Tannes	Autres
Eaux	2953,24	181,72	26,49	26,22	552,83	38,74
MB	129,54	2589,60	394,52	1681,01	1073,47	222,45
MH	7,03	317,39	1595,50	919,97	10,15	446,66
MM	35,02	1168,26	1105,82	3274,19	59,22	276,93
Tannes	48,16	70,86	2,70	110,59	2932,63	211,10
Autres	44,94	91,91	54,54	92,73	886,38	6372,51

Pour la période 1972-2021, la matrice des changements (Tableau 13) a toujours révélé une progression importante de la strate de la mangrove moyenne respectivement de 2 200,16 ha et de 1 362,84 ha au détriment de la strate de la mangrove basse et haute (Figure 20).



**Figure 20** : dynamique de l’occupation du sol de la ZHII de Kalissaye entre 1972 et 2021

**Tableau 13** : matrice des changements de l’occupation du sol en ha entre 1972 et 2021

1972-2021						
	Eaux	MB	MH	MM	Tannes	Autres
Eaux	2352,96	95,37	36,22	54,17	320,06	97,93
MB	466,75	2326,36	995,01	2200,16	959,51	276,25
MH	53,66	590,11	1152,34	1362,84	49,75	166,98
MM	137,17	828,54	687,67	1377,67	172,13	114,94
Tannes	164,17	363,90	72,89	512,93	3375,92	1393,97
Autres	43,22	215,46	235,44	596,94	637,31	5518,32

## 3.2 Discussion

### 3.2.1 Services et usages de l'écosystème mangrove

Il en ressort des enquêtes trois services écosystémiques dont le service d'approvisionnement. Ce dernier constitue le service le plus cité par la population donc le plus important. Ceci pourrait s'expliquer par les nombreuses ressources vivrières dont dispose la mangrove et qui peuvent être directement consommées ou utilisées par la population côtière. Selon Diop (1990), les sociétés traditionnelles, qui ont occupé de manière très discontinue ces domaines littoraux depuis le 16ième siècle, ont toujours utilisé la mangrove comme milieu d'approvisionnement en bois (source d'énergie, construction d'ouvrage...), mais aussi de pêche et d'agriculture. L'alimentation et le bois d'énergie sont fondamentaux pour les populations locales (Camara et al., 2017). Ces résultats sont en phase avec ceux de Sambou et al., (2019) qui ont trouvé dans les Kalounayes que les services d'approvisionnement étaient considérés comme les fonctions les plus importantes de la forêt et des ligneux par les populations locales. Le bois, principal produit issu de l'approvisionnement en zone de mangrove est utilisé principalement sous forme de combustible comme source d'énergie (bois de chauffe). Cette utilisation massive du bois de mangrove pourrait se justifier par le fait que l'ostréiculture étant la seconde activité principale de ces populations après l'agriculture nécessite une quantité plus ou moins importante de bois pour la cuisson des huîtres. En effet, le combustible ligneux sous forme de bois de chauffage ou de charbon de bois est la principale source d'énergie domestique pour les ménages des populations côtières (Sarr et al. 2013).

### 3.2.2 Paramètres de la végétation ligneuse de mangrove

#### ➤ Composition floristique

Sur les 4 espèces recensées, l'espèce *R. racemosa* s'avère être l'espèce la plus présente. La dominance de l'espèce *R. racemosa* pourrait s'expliquer par le fait que c'est la seule et unique espèce sur les 4 à être présente sur tous les types de strate (haute, moyenne et basse). Ce résultat est en déphasage avec celui de Ndour (2005) qui a trouvé dans les mangroves de la réserve de biosphère du Delta du Saloum, *R. mangle* comme l'espèce la plus présente et la plus répandue. Par contre, ces résultats sont en phase avec ceux de Fousseni et al. (2017) qui a noté dans son étude sur « l'écologie et la dynamique spatio-temporelle des mangroves au Togo », une dominance de l'espèce *R. racemosa* au sein des mangroves conservées.

### ➤ Diamètres et hauteurs

Le diamètre et la hauteur des individus varient en fonction des espèces de mangrove. Les individus de *R. harrisonii* et *A. germinans* ont eu les diamètres les plus importants. Pour la hauteur, ce sont les individus de *R. harrisonii* qui dominent en occupant la strate supérieure. Ces résultats sont légèrement inférieurs à ceux trouvés par Fousseni et *al.* (2017) de l'ordre de  $10,33 \pm 1,52$  cm et  $11,83 \pm 0,76$  cm pour les diamètres moyens et de  $6,33 \pm 0,14$  m et  $7,38 \pm 0,16$  m pour les hauteurs moyennes des individus de *R. racemosa* et *A. germinans* au sein des mangroves conservées du Togo. La strate de la mangrove haute a enregistré la hauteur moyenne la plus importante ( $5,264 \pm 0,358$  m) suivi de la strate de la mangrove moyenne ( $4,840 \pm 0,362$  m) et de la basse ( $2,512 \pm 0,270$  m). Ce résultat peut être expliqué par la proximité des sites aux bolongs. En effet, les strates de la mangrove haute sont le plus souvent observées en bordure de bolongs suivi de la strate de la mangrove moyenne et de la strate basse d'où la différence de hauteur moyenne. Des résultats similaires ont été obtenus par Bocquet (2018) qui a démontré que l'éloignement des palétuviers par rapport au bolong aurait un impact négatif sur la croissance en hauteur des palétuviers. Cette moyenne de hauteur au sein de la strate de la mangrove basse est légèrement supérieure à celle trouvée par Diallo et *al.* (2021) au sein des plantations de mangrove de la commune de Coubalan qui est de l'ordre de 2,04 m. Les résultats montrent que la hauteur est inférieure à 3 m dans une strate de mangrove basse, quand elle est comprise entre 3 et 5 m on est au sein d'une strate de mangrove moyenne et quand c'est supérieur à 5 m on est en face d'une strate de mangrove haute. Ces résultats ne sont pas en phase avec ceux de Ndour (2005) dans les mangroves du Delta du Saloum qui grâce à la photo-interprétation a trouvé des hauteurs comprises entre 5 et 7 m pour la strate de la mangrove moyenne, supérieure à 7 m pour la strate de la mangrove haute et inférieure à 5 m pour la strate de la mangrove basse. L'espèce *R. mangle* est l'espèce la moins haute de toutes avec une hauteur moyenne de  $2,893 \pm 0,419$  m. Ces résultats ne sont pas en phase avec ceux de Ndour (2005) qui a trouvé dans les mangroves du Delta du Saloum dans l'unité d'échantillonnage U1 une hauteur moyenne du peuplement de l'espèce *R. mangle* de 5,5 m. D'autres part, les deux espèces avec les hauteurs moyennes les plus importantes sont *R. harrisonii* et *R. racemosa* et constituent à eux deux uniquement la strate de la mangrove haute, avec des moyennes respectives de  $6,806 \pm 0,388$  m ;  $3,893 \pm 0,210$  m. Ce résultat est en phase avec celui de Ndour (2005) dans les mangroves du Delta du Saloum.

### ➤ **Densité**

La densité entre les strates dans cette étude varie de 4 571 individus/ha à 10 743 individus/ha. Ce qui est légèrement supérieur à ceux de Bocquet (2018) qui a trouvé des densités à l'hectare qui varient de 3 000 à 9 000 individus dans les reboisements de mangroves du Delta du Saloum. La strate de la mangrove basse étant de loin la plus représentée des strates, a enregistré une densité de 10 743 individus/ha suivi de la strate de la mangrove haute (5 257 individus/ha) et enfin celle de la mangrove moyenne avec 4 571 individus/ha. Ces résultats corroborent ceux de Ndour (2005) dans les mangroves du Delta du Saloum pour qui au plan de l'occupation de l'espace, la mangrove basse est partout bien représentée et occupe l'essentiel des étendues de la mangrove. Par contre ces résultats ne sont pas en phase avec ceux de Proisy et *al.*, (1998) pour qui, la densité des arbres diminue en partant de la mer à l'intérieur des terres dans les mangroves du littoral du guyane française (Amérique du Sud). Pour ce qui est de la densité de la régénération naturelle, elle est comprise entre 8 000 et 21 029 individus/ha avec une dominance de la strate de la mangrove moyenne (21 029 individus/ha) suivi de la strate de la mangrove basse (15 314 individus/ha) et enfin la strate de la mangrove haute avec la densité la plus faible (8 000 individus/ha). L'écart entre les densités pourrait s'expliquer par la différence de physiologie des peuplements relativement à leur densité (taux de recouvrement élevé égal impact négatif sur la densité de la régénération naturelle) mais aussi par le positionnement des strates (là où la hauteur d'eau à marée haute et le rythme de submersion des vasières sont favorables). Cela témoigne de la bonne capacité de régénération au sein de la strate de la mangrove moyenne et donc d'une bonne relève dans le temps. Ces résultats sont en phases avec ceux de Ndour (2005) qui a également noté au sein des mangroves du Delta du Saloum plus précisément dans l'unité U4, une densité de régénération naturelle plus élevée sur la strate de la mangrove moyenne par rapport à la haute et donc la meilleure régénération sous la strate moyenne comparé à la haute. Cet intervalle de densité pour la régénération naturelle cité ci-dessus figure à l'intérieur de l'intervalle de la densité de régénération naturelle trouvé par Ndour (2005) qui est compris entre 3 500 et 97 673 individus/ha dans les mangroves du Delta du Saloum.

### ➤ **Recouvrement et régénération**

La strate de la mangrove moyenne a enregistré un taux de couverture moyen de l'ordre de  $59,714 \pm 6,376\%$ . Dans les mangroves du Delta du Saloum, Ndour (2005) a trouvé un taux de couverture moyen sur la strate de la mangrove moyenne de 55,2% ceux qui est en phase avec le résultat de notre strate moyenne dont l'intervalle de taux de couverture moyen est compris



entre 53,338 et 66,09%. Les taux de régénération naturelle sont plus ou moins faibles dans les placettes et varient de 0 à 13,732% avec une moyenne de  $3,253 \pm 4,587\%$ . La strate de mangrove ayant enregistré le taux de régénération naturelle moyen le plus important est la strate de la mangrove moyenne ( $4,628 \pm 1,764\%$ ). La strate de la mangrove basse s'ensuit avec une moyenne de  $3,370 \pm 1,764\%$  puis en dernière position celle de la mangrove haute ( $1,761 \pm 1,764\%$ ). Ces résultats peuvent se justifier par les submersions d'une part (temps et niveau d'élévation des submersions) et par les taux de couverture d'autre part. Dans un milieu à taux de couverture élevé et à temps et niveau de submersion longue et élevé, le taux de régénération y est généralement faible. Des travaux de recherche (Tomlinson, 1986) révèlent que les taux de régénération naturelle sont faibles dans les zones où la submersion est élevée, particulièrement dans les estuaires de delta.

### ➤ Phénologie

La floraison est la seule et unique phase de développement qu'on observe sur toutes les trois strates avec une dominance au sein de la mangrove haute suivi de la strate de la mangrove moyenne et enfin celle de la mangrove basse. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la période d'apparition des inflorescences sur les rameaux des palétuviers au Delta du Saloum surtout pour *Rhizophora sp* (*harrisonii* et *racemosa*) s'étale sur 12 mois (Ndour, 2005) et que l'espèce *R. racemosa* est la seule et unique espèce présente dans toutes les strates dans cette étude. La phase de fructification quant à elle, de même que la phase de feuillaison où végétative sont observée que sur deux types de strate respectivement dans les strates de mangrove haute et moyenne pour la fructification et moyenne et basse pour la feuillaison. Au sein de la strate de la mangrove basse, la phénophase fructification y est absente. Ce résultat n'est pas en phase avec celui de Ndour (2005) qui dans une étude de caractérisation de la végétation de mangrove dans le Delta du Saloum a trouvé que la phénophase fructifère toutes espèces confondues couvre la période janvier-décembre (12 mois).

### 3.2.3 Dynamique de la mangrove

La majorité des enquêtés a constaté une évolution progressive dans le temps et dans l'espace de la mangrove dans la zone de Kalissaye. Cette tendance a été notée sur nos résultats de télédétection durant la période 1972-1992 où l'écosystème de mangrove de cette zone a augmenté en superficie. Ces résultats pourraient s'expliquer par le retour de la pluviosité à partir des années 1990-1995 après la grande période de sécheresse des années 1970-1980 (Nicholson, 2005). Entre 1992 et 2021, la superficie qu'occupe la mangrove a diminué. Toute fois ces résultats sont en phase avec ceux de (Soumare et *al.*, 2020) qui a constaté une nette



diminution et une dégradation de la mangrove dans la commune de Kafountine entre 1972 à 2000. Durant les périodes 1972-1992 et 1972-2021, on note une importante progression de la strate de la mangrove moyenne au détriment des 2 autres strates à savoir la strate de la mangrove haute et basse. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que cette strate est caractérisée par un taux de couverture moyen, un taux de régénération important et une densité de régénération importante. Ce qui témoigne d'une bonne relève dans le temps et dans l'espace.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Les enquêtes sur la population de la ROK ont fait ressortir trois services écosystémiques rendus par la mangrove dont le plus important s'avère être le service d'approvisionnement. L'exploitation du bois, principal produit issu du service d'approvisionnement est utilisée sous trois manières différentes (bois de chauffe, de service et de construction). Le bois de chauffe (combustible) est l'usage le plus cité par les populations. Le taux de recouvrement, la hauteur et le diamètre à la base les plus importants ont été enregistré au sein de la strate de la mangrove haute. C'est au sein de la strate de la mangrove basse qu'a été enregistrée la densité la plus importante et sur la strate de la mangrove moyenne, le taux de régénération le plus élevé. Concernant la dynamique de la mangrove dans cette zone, la majeure partie des enquêtés ont notés une évolution progressive ce qui est en phase avec les résultats de télédétection que sur la période 1972-1992. Globalement, les images satellitaires ont révélé une régression de l'écosystème mangrove dans la zone d'étude sur la période 1972-2021.

En perspective, il serait intéressant d'établir le bilan et la dynamique du carbone (carbone séquestré et du sol) pour connaître le rôle des écosystèmes de mangrove dans les services écosystémiques de support et régulation (cycle du carbone).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ajonina, G., Diamé, T., & Kairo, J. (2008).** Etat actuel et conservation des mangroves de l’Afrique vue d’ensemble. IMO Bunkers Convention, 45.
- Bocquet, E., (2018).** Reboisements de mangrove dans le Delta du Saloum, Sénégal : évaluation écologique et sociale [Mémoire de master]. Université de Liège, 86.
- Bojang, F., & Ndeso-Atanga, A. (2009).** *L’importance des forêts de mangrove pour la pêche, la faune sauvage et les ressources en eau en Afrique.* Nature et Faune (FAO/PNUE), 24(1), 151.
- Camara, B., Sagna, B., Ngom, D., Niokane, M., & Gomis, Z. D. (2017).** Importance socio-économique de *Elaeis guineensis* Jacq. (Palmier à huile) en Basse Casamance (SENEGAL). 17.
- Corcoran, E., Ravilious, C., & Skuja, M. (2007).** Les mangroves de l’Afrique de l’Ouest et centrale (p. 92). PNUE-DEPI. <http://www.unep-wcmc.org/resources/publications>
- Davranche, A. (2008).** Suivi de la gestion des zones humides camarguaises par télédétection en référence à leur intérêt avifaunistique. 236.
- Diallo, L. D., Ndour, N., & Dasyva, M. (2021).** Analyse de la flore et de la végétation des plantations de mangrove de la commune de Coubalan (Casamance, Sénégal). 10.
- Diop, S. (1990).** La côte ouest-africaine : Du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (Rép. de Guinée). ORSTM, 366.
- Eichelsheim, J. L. (2008).** La mangrove en Casamance (N° 1; Les zones humides, p. 21). IDEE Casamance. <https://www.ideecasamance.net/index.php?page=reports>
- FAO. (2007).** The world’s mangroves 1980 - 2005 : A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 77.

- Fousseni, F., Andrianamenoso, R., Kperkouma, W., Agbelessesi, W., Madjouma, K., Hodabalo, P., Aniko, P.-A., Komlan, B., & Koffi, A. (2017).** *Écologie et dynamique spatio-temporelle des mangroves au Togo*. *Vertigo* : la revue électronique en sciences de l'environnement, 17(3). <https://www.erudit.org/en/journals/vertigo/2009-n6-vertigo04476/1058386ar/>
- Friess, D., Rogers, K., Lovelock, C., Krauss, K., Hamilton, S., Lee, S., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A., & Shi, S. (2019).** The State of the World's Mangrove Forests : Past, Present, and Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 1-27. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033302>
- Lippuner, M. (2021).** Contents / The state of the world's mangroves. 41.
- Lopez, P. M. (2021).** 23 types d'écosystèmes—Définition, classification et exemples. [projetecolo.com. https://www.projetecolo.com/types-d-ecosystemes-definition-classification-et-exemples-10.html](https://www.projetecolo.com/types-d-ecosystemes-definition-classification-et-exemples-10.html)
- Marius, C. (1976).** Effets de la sécheresse sur l'évolution des sols de mangroves : Casamance, Gambie (1<sup>re</sup> éd.). Dakar : Centre ORSTM, 84.
- Marius, C. (1989).** La mangrove. *La nouvelle revue maritime*, 29, 67-73.
- Marius, C. (1995).** Effets de la sécheresse sur l'évolution des mangroves du Sénégal et de la Gambie. *Sécheresse (Montrouge)*, 6(1), 123-125.
- Ndour, N. (2005).** Caractérisation et étude de la dynamique des peuplements de mangrove du Delta du Saloum (République du Sénégal) [Thèse de troisième cycle]. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 192.
- Ndour, N., Dieng, S. D., & Fall, M. (2012).** *Rôles des mangroves, modes et perspectives de gestion au Delta du Saloum (Sénégal)*. *Vertigo*, Volume 11 Numéro 3, 15. <https://doi.org/10.4000/vertigo.11515>

- Nicholson, S. (2005).** On the Question of the “Recovery” of the Ravis in the West African Sahel. *Journal of Arid Environments - J ARID ENVIRON*, 63, 615-641.  
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.004>
- Oceanopolis. (2019).** Les mangroves ([ECO]systèmes & Co., p. 60) [Dossier pédagogique]. Education nationale. <https://initiative-mangroves-ffem.com>
- Proisy, C., Mougin, E., Fromard, F., & Rudant, J. P. (1998).** Télédétection radar des mangroves de Guyane Française. *Photo Interpretation*, 36(1), 81.
- Rakotomanana, R. A. (2012).** Facteurs explicatifs de la déforestation et de la dégradation des mangroves en vue de la mise en place de REDD+ : Cas de Maintirano [Mémoire de fin d'étude]. Université d'Antananarivo, 61.
- Ramsar. (1971).** Adoption de critères spécifiques d'identification des zones humides d'importance internationale tenant compte des poissons (4<sup>e</sup> éd., Vol. 4). CH-1196 Gland.
- Ramsar. (2010).** L'influenza aviaire et les zones humides : Orientations relatives au contrôle de l'influenza aviaire hautement pathogène et aux mesures de lutte (4<sup>e</sup> éd., Vol. 4). CH-1196 Gland.
- Salako, V. K., Glèlè Kakai, R., Assogbadjo, A. E., Fandohah, B., Houinato, M., & Palm, R. (2013).** Efficiency of inventory plots patterns in the quantitative analysis of vegetation : Case study of tropical woodland and dense forest in Benin. *Southern forests*, 75(3), 137-143.
- Sambou, A., Camara, B., Goudiaby, A. O. K., Coly, A., & Badji, A. (2019).** Perception des populations locales sur les services écosystémiques de la forêt classée et aménagée de Kalounayes (Sénégal), 18. <http://rivieresdusud.uasz.sn/xmlui/handle/123456789/671>
- Sarr, O., Ngom, D., Bakhom, A., Akpo, L. (2013).** *Dynamique du peuplement ligneux dans un parcours agrosylvopastoral du Sénégal.* [VertigO] La revue électronique en

sciences de l'environnement, (2) 13.

**Show, M., Diallo, A., Diallo, N., Dixon, C. A., & Guissé, A. (1994).** Formations végétales et sols dans les mangroves des Rivières du Sud. Colloques et Séminaires, éd. ORSTOM, Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des Rivières du Sud, Dakar, 8, 51-57.

**Solly, B. (2015).** La mangrove de Thiobon en basse-casamance (Sénégal) : Dynamique spatiale, impacts et stratégies de gestion [Mémoire de master]. Université Assane Seck de Ziguinchor, 92.

**Solly, B., Diéye, E. H. B., Mballo, I., Sy, O., & Thior, M. (2020).** Dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers dans le Sud du Sénégal : Cas du département de Vélingara, 28.

<http://rivieresdusud.uasz.sn/xmlui/handle/123456789/168>

**Solofonirina, J. R. (2017).** Les importances et les menaces des mangroves de Madagascar [Thèse de troisième cycle]. Université d'Antananarivo, 53.

**Soumare, S., Fall, A., Andrieu, J., & Dieme, B. E. A. (2020).** Dynamique spatio-temporelle de la mangrove de Kafountine dans l'estuaire de la Basse-Casamance des années 1972 à nos jours : Approche par télédétection. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 10(9), 15.

**Tomlinson, P. B. (1986).** The botany of mangroves. Cambridge (UK) Cambridge Univ. Press.  
[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=The+botany+of+mangroves&author=Tomlinson%2C+P.B.&publication\\_year=1986](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=The+botany+of+mangroves&author=Tomlinson%2C+P.B.&publication_year=1986)

**Van Laar, A. & Akça, A. (2007).** Forest mensuration. Springer, Dordrecht, 383.