

# Université Assane Seck de Ziguinchor



## UFR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

\*\*\*\*\*

### Mémoire de Master

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

## ANALYSE DE LA DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE ET CARACTERISATION DE LA COUVERTURE VEGETALE DANS LA RESERVE NATURELLE DE POPENGUINE (THIES, SENEGAL)

Présenté par

**Mme Christine Valentine Noella SAGNA**

Encadrant :

Pr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL, Maître de Conférences CAMES (UASZ)

Soutenu publiquement le 19 Octobre 2024 devant le jury composé de :

Président	<b>M. Ismaila Coly</b>	Maitre de conférences	UFR-ST / UASZ
Membres	<b>M. Mohamed. M. Charahabil</b>	Maître de conférences	UFR-ST / UASZ
	<b>M. Aly Diallo</b>	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	<b>M. Mamadou Abdoul-Ader DIEDHIOU</b>	Enseignant-Formateur	ISEP/Bignona
	<b>M. Momar SEYE</b>	Ingénieur des Eaux et Forêts	IREF / Ziguinchor

Année Universitaire 2022-2023

## DEDICACES

A la mémoire de mes grands-mères **Marie Thérèse MANGA** et **Madeleine Bassène** ;

A mon défunt oncle **Raphael SAGNA**, que la terre leur soit légère !!!

A mon père **Basile SAGNA** pour ma scolarisation et pour avoir toujours été à mes côtés pour la bonne marche de mes études ; tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, la reconnaissance et le respect que je te porte. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir ;

A ma mère **Beatrice NYAFOUNA** à qui je dois aussi tout ce que je suis aujourd'hui. Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient quantifier le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Depuis toujours, tu m'as comblé avec ta tendresse et ton affection. Tu n'as jamais cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes mes années d'études et tu as toujours été à mes côtés pour me consoler quand il fallait ;

Puisse le Tout Puissant vous donner tous deux santé, bonheur et longue vie afin que je puisse vous combler à mon tour.

A mes très chères sœurs **Marie Madeleine Antoinette SAGNA**, **Reine Elizabeth Kelly SAGNA** et **Margueritte Pascaline Boulé SAGNA** ainsi que mes très chers petits frères **Louis Désiré Edoumbou SAGNA** et **Jean Baptise SAGNA** en souvenir des meilleurs et des plus agréables moments passés en toute complicité avec vous ; votre dévouement dans vos études m'a toujours donné le plaisir, le courage et la volonté de toujours persévérer dans les miennes. Que Dieu vous préserve de tout mal et vous procure une longue vie, une santé robuste, ainsi que le bonheur et le succès dans tous vos projets.

A mon bien aimé, mon cher époux **Dr Fabrice DOUPA**, je ne saurais exprimer les sentiments que j'éprouve à ton égard. Tu es ma force, ma source de motivation, ma joie de vivre et la base de tous mes progrès. Depuis le début, tu as été présent, quand tout espoir semblait perdu, quand ma réussite semblait utopique, tu as su me redonner l'espoir et le courage nécessaires afin d'atteindre mon objectif. Merci pour ton soutien, tes conseils et tes encouragements. Ce travail

est le tien par tes immenses qualités de mari. Puisse DIEU le Tout Puissant t'accorder une longue vie couronnée de santé.

A toute la famille de **Roméo SAGNA** et **Elise Sophie SAGNA**, pour votre amour inconditionnel, votre soutien ainsi que vos conseils et encouragements tout au long de mes études. Que le Tout Puissant vous rende grâce ;

A tous mes parents, tant du côté paternel que maternel, mes tantes, oncles ainsi que mes cousines et cousins, mes neveux, mes nièces et mes ami(e)s, je vous exprime aussi ma profonde gratitude.

Trouver ici la satisfaction de tous les efforts consentis pour ma réussite.

## REMERCIEMENTS

Je rends grâce à **DIEU** le Tout Puissant, Créateur et Maître de Tout l'Univers de m'avoir accordé la santé, le courage, la volonté et la patience qui m'ont permis de mener à bout ma formation et de concevoir ce document.

Ce mémoire a vu le jour grâce aux enseignements, aux conseils, à la disponibilité et au dévouement d'un certain nombre de personnes qui, de près ou de loin, n'ont ménagé aucun effort pour mettre à ma disposition les bonnes conditions et moyens de production du présent mémoire. C'est l'occasion pour moi de leur exprimer toute ma reconnaissance, ma profonde gratitude et mes remerciements les plus sincères.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance et ma gratitude à mon Directeur de mémoire Mohamed M. CHARAHABIL. Vos orientations, vos nombreuses relectures et suggestions allant dans le but d'améliorer la qualité de ce mémoire m'ont été d'une grande utilité pour l'élaboration du présent document. La confiance et la patience que vous avez témoignées à mon égard, votre sérieux, votre disponibilité et votre sens du devoir m'ont énormément marquée. Que Dieu vous bénisse et vous comble de Ses grâces ;

Je remercie particulièrement le Capitaine Amadou Diouldé DIALLO, ancien Conservateur de la Réserve Naturelle de Popenguine et toute son équipe pour leur disponibilité, leur soutien et collaboration sans limite. Mention spéciale à vous mon Capitaine ;

Mes remerciements à l'équipe de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines et de la Géologie (ENSMG Ex Institut des Sciences de la Terre - IST) je veux nommer Dr Hélène Diakher MADIOUNE, Dr Moumar DIEYE et Dr Mohamadou Moustapha THIAM pour les orientations, les encouragements, les suggestions et les corrections qui ont permis à ce travail d'aboutir. J'ai été très marquée par votre sens du devoir et votre grande disponibilité.

Je remercie tous les enseignants du laboratoire de botanique et de biodiversité de l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD), plus précisément les Dr Jules Diouf et Ndongo Diouf ainsi que les étudiants du Master Taxonomie, Biodiversité, Ethnobotanique et Conservation des Ressources Naturelles (TABEC-RN) promotion 2021 pour leur aide dans la collecte des données d'inventaire floristique ;

Je remercie mon cadet de l'Institut de Formation Agricole et Rurale (ISFAR ex ENCR de Bambey), Mamadou SY pour avoir contribué au traitement des données satellitaires et l'élaboration des cartes ;

Mes remerciements vont aussi à l'endroit des Enseignants-chercheurs du département d'Agroforesterie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ) à savoir Pr Ismaila COLY, Pr Ngor NDOUR, Pr Siré DIEDHIOU, Dr Djibril SARR, Dr Antoine SAMBOU, Dr Aly DIALLO, Dr Boubacar CAMARA, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr Saboury NDIAYE, Dr Abdoulaye SOUMARE, Dr Oulimata DIATTA et de tous les docteurs et doctorants de ce département d'Agroforesterie pour leur grande disponibilité, le soutien technique et moral et la qualité de la formation qu'ils m'ont donnée ;

A mes camarades de la 10<sup>ème</sup> promotion du département d'Agroforesterie, je dis merci pour l'appui, la générosité, la bonne humeur et les encouragements durant toutes ces années.

# SOMMAIRE

<b>DEDICACES</b> .....	i
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	iii
<b>SOMMAIRE</b> .....	iv
<b>LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS</b> .....	vi
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	vii
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	viii
<b>LISTE DES ANNEXES</b> .....	viii
<b>RESUME</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>Chapitre I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	4
<b>II.1.1 Historique de la création de la Réserve Naturelle de Popenguine</b> .....	4
<b>II.1.2 Objectifs de la création</b> .....	5
<b>II.1.3 Pressions et menaces sur la RNP</b> .....	6
<b>Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES</b> .....	7
<b>II.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA ZONE D'ÉTUDE</b> .....	7
<b>II.1.1 Localisation administrative et limites de la réserve</b> .....	7
<b>II.1.2 Milieu biophysique</b> .....	8
<b>II.1.3 Le milieu socio-économique</b> .....	12
<b>II.1. MATÉRIEL ET MÉTHODES</b> .....	14
<b>II.1.1. Inventaire floristique</b> .....	14
<b>II.1.2. Télédétection</b> .....	20
<b>Chapitre III. RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	24
<b>III.1. RESULTATS</b> .....	24
<b>III.1.1. Caractéristiques floristique de la végétation de la Réserve Naturelle de Popenguine (RNP)</b> .....	24

<b>III.1.2. Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse de la Réserve Naturelle de Popenguine.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.3. Dynamique spatio-temporelle de la couverture végétale de la RNP de 1987 à 2022</b>	<b>38</b>
<b>III.2. DISCUSSION .....</b>	<b>42</b>
<b>III.2.1. La composition spécifique de la flore .....</b>	<b>42</b>
<b>III.2.2. Le spectre taxonomique .....</b>	<b>43</b>
<b>III.2.3. Le spectre biologique .....</b>	<b>43</b>
<b>III.2.4. Le spectre phytogéographique .....</b>	<b>43</b>
<b>III.2.5. Caractérisation de la végétation ligneuse.....</b>	<b>44</b>
<b>III.2.6. Dynamique des changements de la couverture végétale de la RNP.....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>50</b>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>56</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>A</b>

## **LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS**

AFC	Analyse factorielle des Correspondances
CCT	Centre Canadien de Télédétection
COMITAAS	Commission Interministérielle de Terminologie de la Télédétection Aérospatiale
COPRONAT	Collectif pour la Protection de la Nature
DHP	Diamètre à Hauteur de Poitrine
DPN	Direction des Parcs Nationaux
ENC	Espace Naturel Communautaire
ENSMG	Ecole Nationale Supérieure des Mines et de la Géologie
ENVI	Environment for Visualizing Images (Environnement pour la visualisation d'images)
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
IST	Institut des Sciences de la Terre
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MEPN	Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (Indice de Végétation par Différence Normalisée)
ORSTOM	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
RBF	Réserve de Biosphère du Ferlo
RFPPN	Regroupement des Femmes Pour la Protection de la Nature
RNP	Réserve Naturelle de Popenguine
TM	Thematic Map (Carte thématique)
UASZ	Université Assane Seck de Ziguinchor
UCAD	Université Cheikh Anta Diop
UG	Unité Géomorphologique
UICN	Union International pour la Conservation de la Nature
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodesic System (Système géodésique mondial)

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Récapitulatif de la composition végétale des différents habitats de la RNP .....	11
Tableau 2: Caractéristiques des images satellitaires Landsat utilisées.....	20
Tableau 3: Listes des espèces recensées dans la RNP avec des indications sur leur type biologique, morphologique et biogéographique.....	25
Tableau 4: Structure de la flore de la Réserve Naturelle de Popenguine .....	29
Tableau 5: Répartition de la densité en fonction des unités géomorphologiques .....	32
Tableau 6: Densité de régénération en fonction des unités géomorphologiques .....	35
Tableau 7: Les Indices de Valeur d'importance (IVI) des espèces selon les UG .....	36
Tableau 8: Statistiques de l'occupation du sol en 1987, 2000, 2013 et 2022 .....	40
Tableau 9: Évolution de l'occupation du sol dans la RNP de 1987 à 2022 .....	41

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la zone d'étude .....	7
Figure 2: Évolution des précipitations annuelles enregistrées dans la Réserve Naturelle de Popenguine de 1987 à 2022 .....	9
Figure 3: Position des placettes installées dans les unités géomorphologiques .....	15
Figure 4: Représentation du spectre biologique des espèces rencontrées dans la Réserve Naturelle de Popenguine .....	29
Figure 5: Représentation du spectre phytogéographique des espèces rencontrées dans la Réserve Naturelle de Popenguine .....	30
Figure 6: Typologie des différentes unités géomorphologiques de la réserve sur la base des ligneux ( $DHP \geq 5cm$ ) inventoriés .....	31
Figure 7: Taux de couverture en fonction des unités géomorphologiques.....	33
Figure 8: Surface terrière en fonction des unités géomorphologiques.....	34
Figure 9: Distribution des individus du peuplement ligneux de la Réserve Naturelle de Popenguine par classes de hauteur selon les différentes unités géomorphologiques.....	37
Figure 10: Distribution des individus du peuplement ligneux de la Réserve Naturelle de Popenguine par classes de diamètres selon les différentes unités géomorphologiques .....	38
Figure 11: Cartes des NDVI de la Réserve Naturelle de Popenguine de 1987, 2000, 2013 et 2022.....	39
Figure 12:Cartographie de l'occupation du sol de la Réserve Naturel de Popenguine en 1987, 2000, 2013 et 2022 .....	40
Figure 13: Cartographie des changements de l'occupation du sol de la Réserve Naturel de Popenguine entre 1987-2000, 2000-2013 et 2013-2022 .....	41

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Fiche d'inventaire forestier.....	A
Annexe 2: Fiche de comptage de la régénération.....	A
Annexe 3: Fiche de relevés floristiques .....	B
Annexe 4: Coordonnées géographiques des placettes installées.....	C

## RESUME

La Réserve Naturelle de Popenguine (RNP) au Sénégal est connue pour sa particularité d'être pionnière en matière de cogestion entre l'État, à travers la Direction des Parcs Nationaux (DPN) et les communautés locales à la périphérie de la réserve. Néanmoins, après plus de trente ans de conservation, il reste encore difficile de disposer de documentations, de données qui mettent en évidence cette réussite de la restauration de l'écosystème. L'objectif de ce travail est de contribuer à la connaissance de l'évolution spatio-temporelle et de la composition floristique du couvert végétal de la Réserve Naturelle de Popenguine. Ainsi, la composition floristique et de la structure de la végétation ligneuse de la RNP ont été étudiés à travers un inventaire itinérant sur des mailles de 250 m de côté, complété par un inventaire forestier conduit dans 25 placettes installées au centre des mailles. L'analyse de la dynamique spatio-temporelle des changements de la couverture végétale de la réserve, s'est basée sur la classification des images satellites de type Landsat de 1987 à 2022. Un total de 96 espèces réparties en 79 genres et 30 familles ont été recensées. La strate herbacée est la plus diversifiée (66,67% de la flore avec un total de 64 espèces dont 44 sont annuelles et 20 vivaces). L'analyse du spectre biologique montre que 54% des espèces sont des Thérophytes. Le spectre chorologique révèle une diversité géographique avec une prédominance des espèces africaines (37,5%). Une analyse factorielle des correspondances (AFC) associée à l'indice de valeur d'importance (IVI) des espèces ont permis de mettre en évidence les trois (3) Unités Géomorphologiques de la réserve ainsi que les espèces ligneuses qui les caractérisent : Le bas-fond dominé par *Prosopis glandulosa* Torr et *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Delile; Le versant, avec la prédominance de *Grewia bicolor* Juss. et *Adansonia digitata* L. et le plateau, peuplé principalement par *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst et *Combretum micranthum* G. Don. La dynamique de la végétation dans la RNP a montré des fluctuations au fil du temps. La couverture végétale est passée de 340,09 ha en 1987 à 587,26 ha en 2013. En décembre 2022, les images satellitaires révèlent une régression notable avec seulement 291,37 hectares de végétation. Ces résultats sont cruciaux dans la gestion des ressources végétales de la réserve et dans l'élaboration de son plan d'aménagement et de gestion. Ils témoignent des potentialités de la réserve à assurer le rôle de conservation de la biodiversité et soulignent également l'importance de redoubler les efforts de gestion car l'écosystème de la réserve est toujours en déséquilibre.

**Mots clés :** couverture végétale, inventaire, dynamique, télédétection, réserve naturelle

## ABSTRACT

The Popenguine Nature Reserve (PNR) in Senegal is known for its uniqueness in being a pioneer in co-management between the State, through the Directorate of National Parks (DNP), and the local communities on the periphery of the reserve. Nevertheless, after more than thirty years of conservation, it remains difficult to obtain documentation and data that highlight the success of the ecosystem restoration. The objective of this work is to contribute to the understanding of the spatio-temporal evolution and floristic composition of the vegetation cover of the Popenguine Nature Reserve. Thus, the floristic composition and the structure of the woody vegetation of the RNP were studied through a wandering inventory on grids of 250 m per side, complemented by a forest inventory conducted in 25 plots installed at the center of the grids. The analysis of the spatiotemporal dynamics of vegetation cover changes in the reserve was based on the classification of Landsat satellite images from 1987 to 2022. A total of 96 species distributed across 79 genera and 30 families have been recorded. The herbaceous layer is the most diverse (66.67% of the flora with a total of 64 species, of which 44 are annuals and 20 are perennials). The analysis of the biological spectrum shows that 54% of the species are Therophytes. The chorological spectrum reveals a geographical diversity with a predominance of African species (37.5%). A correspondence factor analysis (CFA) combined with the importance value index (IVI) of the species highlighted the three (3) geomorphological units of the reserve as well as the woody species that characterize them: The lowland dominated by *Prosopis glandulosa* Torr and *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Delile; The slope, with the predominance of *Grewia bicolor* Juss. and *Adansonia digitata* L. and the plateau, mainly populated by *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst and *Combretum micranthum* G. Don. The dynamics of vegetation in the RNP have shown fluctuations over time. The vegetation cover increased from 340.09 ha in 1987 to 587.26 ha in 2013. In December 2022, satellite images reveal a notable regression with only 291.37 hectares of vegetation. These results are crucial in the management of the reserve's plant resources and in the development of its management and planning plan. They testify to the potential of the reserve to fulfill the role of biodiversity conservation and also emphasize the importance of doubling management efforts as the reserve's ecosystem is still unbalanced.

**Keywords:** plant cover, inventory, dynamics, remote sensing, nature reserve

## INTRODUCTION

Le Sénégal est un pays sahélien qui bénéficie des influences favorables du climat guinéen au sud et de l'Atlantique sur les 700 km de sa façade maritime (DPN, 2023 ; Faye, 2020) ; grâce à sa position géographique, il possède des ressources biologiques non négligeables et une biodiversité relativement importante (MEPN, 1997). Cependant, la sécheresse erratique qui sévit depuis quelques décennies a largement entamé les ressources biologiques et la biodiversité. En effet, les sécheresses répétées dans les années 70 et 80, notamment en Afrique sahélienne, ont eu des conséquences graves sur les écosystèmes (Diop et al., 2019 ; Diop, 2009 & Bellefontaine et al., 1997). Selon ces derniers, directement, la sécheresse a eu pour effet sur les systèmes forestiers d'augmenter la mortalité, de rendre plus difficile l'installation de la régénération, de détruire le tapis graminéen très sensible à l'absence d'eau et d'augmenter la pression (écimage) sur les arbres survivants. Cela a abouti à une réduction de la productivité des sols. Indirectement, les effets de la sécheresse, combinés à la croissance de la population ont été beaucoup plus néfastes pour l'environnement. Ouattara et al. (2015) affirment que la sécheresse, conjuguée aux hostilités du climat, à la pression démographique et aux pratiques inadéquates au niveau de l'agriculture et de l'élevage ont entraîné par endroit, au Sahel la disparition du couvert végétal, la dégradation des terres en conséquence une grande perte de la biodiversité naturelle. PNUÉ (2002) cité par Faye (2020) souligne qu'au total, 126 espèces animales et 120 espèces végétales sont portées disparues, 2 018 autres espèces animales ainsi que 1 771 espèces végétales sont menacées d'extinction.

Après les indépendances, plusieurs gouvernements africains, reconnaissant l'importance de la protection de leurs ressources naturelles, ont mis en place des aires protégées sous l'impulsion de groupes environnementaux extérieurs. Au fil des décennies et suite à la reconnaissance par la communauté internationale des menaces qui pèsent sur la diversité biologique, l'importance accordée à la conservation s'est amplifiée (Dailly, 2012). Au Sénégal, la prise de conscience des préjudices que peut causer la dégradation de la biodiversité sur l'économie nationale et sur les biens et services éco systémiques que l'Homme tire de celles-ci, a poussé l'État, à très tôt entreprendre des actions allant dans le sens de la conservation et de la bonne gestion de cette biodiversité naturelle. Pour ce fait, un important réseau d'aires protégées constitué d'échantillons représentatifs des différents biotopes caractéristiques du pays a été mis en place sur l'étendue du territoire national (BIODEV2030, 2021).

Cinq décennies après la création des premières aires protégées du Sénégal, la conservation reste encore un défi majeur pour la plupart de ces aires protégées. En effet, dans certaines zones, les aires protégées étaient considérées par les populations comme parties intégrantes de leurs terroirs où l'accès leur a été interdit ainsi que l'usage des ressources, dont elles continuaient à réclamer la paternité après déguerpissement (Diop, 2009). Selon ce dernier, face à ce « coup de force », certains individus de cette population, étant impuissants devant ces mesures draconiennes, passaient outre les règles en procédant au braconnage soit par nécessité absolue, soit par simple réplique (acte de sabotage) pour manifester leurs désaccords à l'égard de cette politique de répression. Le cas du Parc National du Niokolo-Koba (PNNK) en est une parfaite illustration.

Par ailleurs, pour des aires protégées à l'instar de la Réserve Naturelle de Popenguine, Diédhiou (2010) estime que la conservation a plutôt réussi, entraînant un retour de la végétation préexistante. En effet, de 1936 à 1986, cinquante années durant, l'actuelle Réserve Naturelle de Popenguine a bénéficié du statut de forêt classée. Malgré ce statut, les pressions exercées par l'homme sur les ressources naturelles du site (coup de bois, surpâturage, feux de brousse, etc.), combinées aux facteurs d'ordre naturel (sécheresse, hostilité climatique, etc.) ont fini par dégradé le site. DIOP (2009) souligne qu'au moment de la création de la réserve en 1986, le site était très dégradé, le biotope essentiellement constitué de collines était entièrement dénudé ; l'exposant ainsi aux érosions pluviales et éoliennes.

Ainsi, suite à la création de la Réserve Naturelle de Popenguine en 1986, et sa mise en défens effective en 1987 (pose d'une clôture métallique sur toutes les limites de la partie continentale de la réserve), pour faciliter la restauration de la couverture végétale de l'aire protégée, lutter contre les prélèvements de produits forestiers par les populations (cueillette, bois de chauffe fourrage, plantes médicinales, etc.) et la divagation du bétail ; plusieurs actions de reboisement, d'aménagement d'ouvrages antiérosifs (digue, cordon pierreux), d'aménagement d'ouvrage de rétention d'eau, etc. ont été menées par les gestionnaires de la réserve et populations locales pour une restauration rapide de l'écosystème de la réserve.

Après une trentaine d'années de conservation et de restauration, la couverture végétale de la réserve a connu une grande évolution. Cependant, les données caractérisant cette évolution dans le temps et dans l'espace de la couverture végétale de la réserve sont vraisemblablement quasi inexistantes. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui a pour objectif principal

de contribuer à la connaissance de l'évolution spatio-temporelle et de la composition floristique du couvert végétal de la Réserve Naturelle de Popenguine.

Il s'agira plus spécifiquement de :

- Analyser l'évolution spatiale de la couverture végétale de la Réserve Naturelle de Popenguine après 35 ans de conservation à partir de la télédétection ;
- Analyser la composition floristique et la structure de la végétation ligneuse de la Réserve Naturelle de Popenguine par l'inventaire ;

Le présent mémoire comporte trois chapitres :

- le premier chapitre porte sur la synthèse bibliographique;
- le deuxième chapitre présente la zone d'étude et décrit le matériel et les méthodes adoptés pour atteindre les objectifs ;
- Et enfin, le troisième chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion.

# Chapitre I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

## II.1.1 Historique de la création de la Réserve Naturelle de Popenguine

A l'origine de la création de la Réserve Naturelle de Popenguine (RNP), se trouve essentiellement l'initiative d'un homme, à savoir Charles Rouchouse, chercheur à l'ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer), actuel Institut de Recherche pour le Développement (IRD) qui, par ses travaux sur les oiseaux migrateurs paléarctiques de la petite côte entre 1982 à 1989, en particulier le Merle bleu (*Monticulata solitaria*), a su convaincre les autorités de la Direction des Parcs Nationaux d'ériger une partie de la forêt classée de Popenguine en Réserve Naturelle.

Cette initiative individuelle de la création de la Réserve Naturelle de Popenguine avait bénéficié d'un soutien moral assez fort et de conseils en termes d'orientation nouvelle de la part de plusieurs organismes comme l'ORSTOM, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) et le Conseil International pour la Protection des Oiseaux. Ces soutiens et conseils, en plus de son travail et de la passion qu'il a porté à cet espace, ont su convaincre les responsables techniques et administratifs de la nécessité de restaurer le site en créant une aire protégée ;

Ainsi, grâce à la volonté et à l'insistance de Charles Rouchouse auprès de la DPN, la RNP a vu officiellement le jour en 1986 par le décret n° 86-604 du 21 mai, dans le cadre de la mise en œuvre de la politique de réhabilitation des milieux dégradés. Un an après la création de la réserve, cette dernière fut entièrement clôturée avec du barbelé, marquant ainsi le début officiel des activités de conservation et de restauration de l'écosystème du milieu (DPN, 2023).

Au-delà des motifs écologiques de la conservation de la RNP, la volonté d'impliquer les populations locales dans la restauration et la gestion durable de leur propre environnement a mené la réserve à se singulariser du reste des aires protégées du Sénégal.

En effet, la création d'une aire protégée sur un territoire soustrait à l'utilisation directe est souvent génératrice de conflits entre les populations et les responsables de la conservation. Mais dans le cas de la RNP, en raison d'une dégradation incontestable et d'un statut foncier particulier, aucune hostilité à la réserve ne s'est manifestée au départ. Une exception concerne cependant les pêcheurs sensibles aux risques d'interdiction éventuelle de la capture de la langouste dans la zone marine de la réserve, accessible sans restriction avant 1986.

En somme, il n'y avait aucune opposition significative, mais également aucun intérêt particulier ouvertement exprimé en faveur de la nouvelle aire protégée.

La première réaction suite à la mise en place de la réserve est venue de Guéréo dès 1987, grâce à l'appui de quelques bonnes volontés du village. Mais l'initiative décisive, qui donnera une identité particulière à cette réserve, est la création d'un "Comité d'Investissement des Femmes de Popenguine pour la Protection de la Nature", par Wolimata Thiaw en 1988. Ce comité, mobilisant 119 femmes du village de Popenguine, avait pour objectif la restauration du couvert végétal de la Réserve.

En 1989, le comité prit le nom de Regroupement des Femmes Pour la Protection de la Nature (RFPPN) dont le statut fut adopté et un bureau élu. Le RFPPN a incité les femmes des différents villages autour de la réserve à suivre leur exemple et un groupement s'est créé dans chacun des 8 villages limitrophes de la RNP.

En 1996, ces groupements se sont rassemblés au sein d'un collectif dit Collectif pour la Protection de la Nature (COPRONAT) et comptaient environ 1500 membres. L'élargissement de l'espace d'action, à partir du village de Popenguine et de la RNP (1009 ha), à un espace constitué de 8 terroirs villageois (environ 10.000 ha) fit naître le concept d'Espace Naturel Communautaire (ENC) Kër Cupaam (du nom du génie local).

Depuis 1987, la nouvelle philosophie des Parcs Nationaux, étant d'impliquer les populations à la gestion des aires protégées, a fait de Popenguine une zone de test pour l'application de cette volonté. Suite à un protocole d'accord signé en 1996, l'État a délégué certaines compétences au COPRONAT.

Actuellement, les activités de surveillance et d'entretien sont assurées non seulement par le Conservateur, mais aussi en partie par le COPRONAT, à qui l'autorité administrative a délégué certaines fonctions de valorisation économique de la réserve, à savoir : l'exploitation touristique, la perception des droits d'entrée, etc (DPN, 2023).

### **II.1.2 Objectifs de la création**

L'objectif fondamental de la création de la Réserve Naturelle de Popenguine est de restaurer un habitat complètement dégradé par l'effet combiné de la sécheresse et du déboisement abusif, pour permettre la réinstallation de la faune préexistante en vue de favoriser le développement d'un tourisme de récréation au bénéfice des populations locales.

Les objectifs secondaires relatifs à la création de la réserve sont de :

- Combler les lacunes dans le réseau des aires protégées du Sénégal où tous les biotopes caractéristiques du pays sont représentés par un échantillon ;
- Impliquer les populations dans la gestion de la réserve, augmenter leurs revenus par la création d'activités génératrices de revenus afin de lutter contre la pauvreté ;
- Promouvoir des activités d'éducation environnementale pour mieux sensibiliser et conscientiser le public.

### **II.1.3 Pressions et menaces sur la RNP**

La Réserve Naturelle de Popenguine est une aire protégée classée par décret. A ce titre, elle est partie intégrante du domaine classé de l'État. Sa gestion obéit à des règles spécifiques au plan national (lois) et international (conventions). Comme la plupart des aires protégées du pays, la RNP n'est pas à l'abri des pressions et menaces aussi bien d'ordre anthropique que naturelle :

- L'ensablement de sa lagune (point d'eau saisonnière) est un phénomène qui prend de plus en plus de l'ampleur ces dernières années rendant ainsi son assèchement très rapide ;
- L'érosion hydrique et côtière importante risquant de conduire à des intrusions d'eau salée dans les parties basses de la réserve ainsi qu'à la formation de nombreux ravinements qui entraînent la destruction ou la déstabilisation des habitats ;
- La divagation du bétail est l'une des causes principales de la dégradation de la clôture de la réserve. En effet, cette dernière est très convoitée par les éleveurs de la zone à cause de sa lagune saisonnière et de la richesse de son tapis herbacé ;
- Les feux de brousse, d'origine anthropique et provenant le plus souvent de la route séparant la réserve du reste de la forêt classée de Popenguine ;
- La pression foncière sur la zone tampon accentuée par de la croissance démographique ;
- Les pressions sur la ressource halieutique (utilisation des scènes de plage) ;
- La coupe de bois de chauffe pour les ménages ;
- Le déversement d'ordures ménagères au niveau des versants.

## Chapitre II. MATERIEL ET METHODES

### II.1 PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

#### II.1.1 Localisation administrative et limites de la réserve

La Réserve Naturelle de Popenguine (partie intégrante de l'espace naturel communautaire *Kër Cupaam* du nom du génie féminin local qui, dit-on, veille sur les lieux) est localisée à 50 km de la capitale du Sénégal. Elle est située dans la communauté rurale de Diass, département de Mbour et région de Thiès (Diédhiou, 2010).

La Réserve Naturelle de Popenguine est limitée à l'Est et au Sud par la commune de Sindia avec les villages Kignabour 1, Kignabour 2, Thiafoura, Sorrokhassap, Guéréo ; au Nord par la commune Popenguine- Ndayane (érigée en commune en juillet 2008) où nous avons les villages de : Popenguine Escale, Popenguine Sérère et Ndayane et à l'Ouest par l'Océan Atlantique (DPN, 2023).

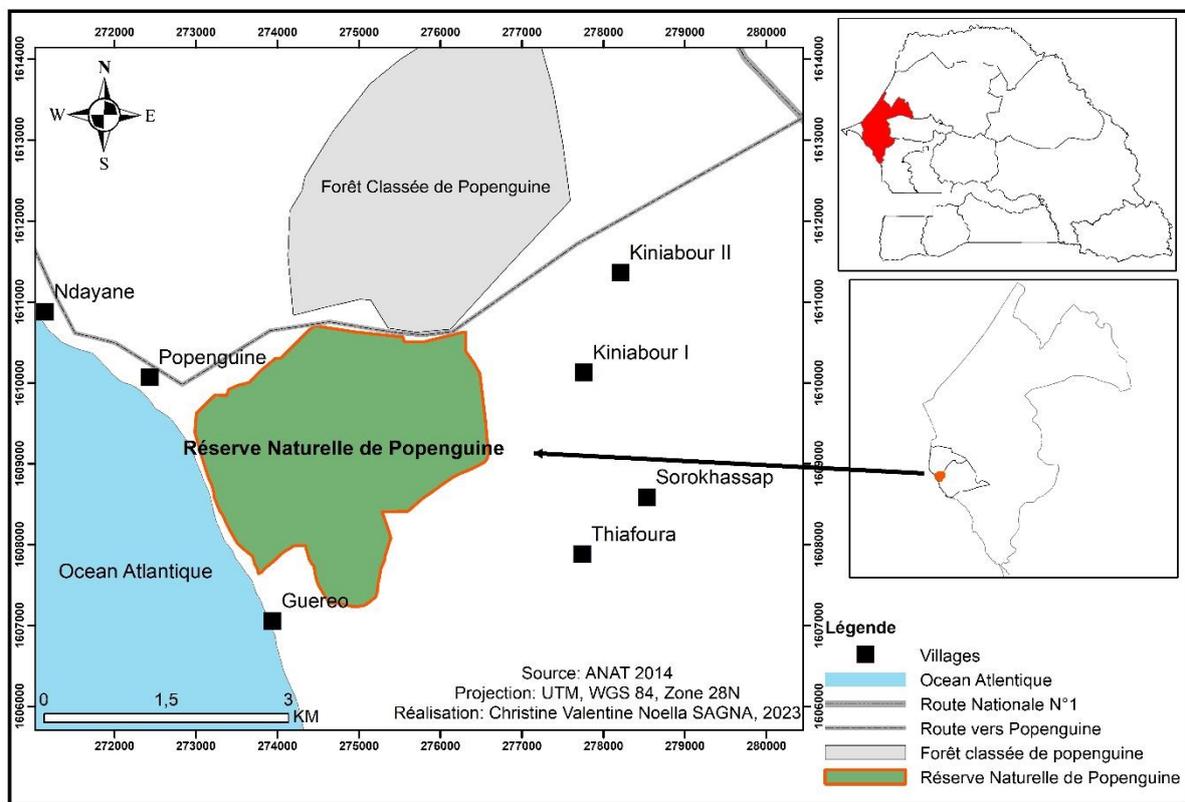


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

Créée en 1986, cette réserve jouit d'un statut spécial, car elle est cogérée par la Direction des Parcs Nationaux et les populations locales. Elle est issue de la partie Sud de la forêt de Popenguine, classée depuis 1936, dont le statut et la protection officielle ne lui ont pas permis d'échapper à la pression humaine. L'évolution du statut de forêt classée en Réserve Naturelle

n'a été que partielle, puisque la partie Nord de la forêt classée de Popenguine n'a pas été intégrée à l'aire protégée. Néanmoins, une partie marine s'avancant sur 1/2 mile (soit environ 925 mètres) vers le large, a été intégrée à la Réserve (Boulud, 1998) répartissant ainsi l'aire protégée en deux parties :

- Une partie maritime large de 1/2 mile marin sur 2 km de longueur de plage, cette zone est constituée essentiellement de milieux rocheux servant de lieu de reproduction et de nurseries pour les poissons ;
- Une partie continentale de 1009 ha.

## **II.1.2 Milieu biophysique**

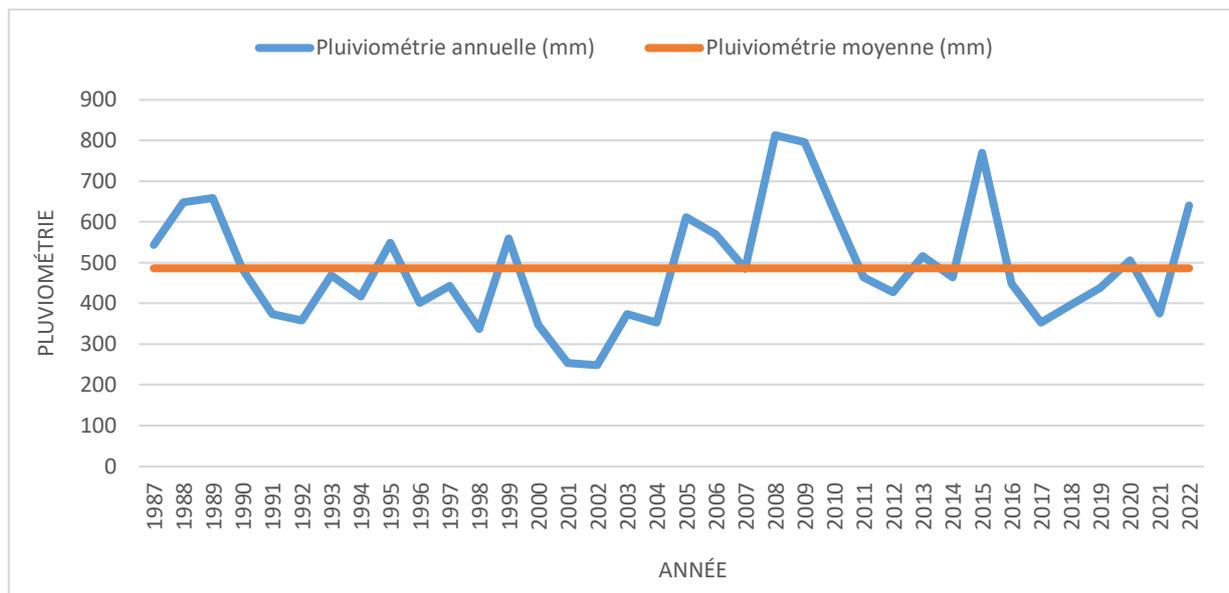
### **II.1.2.1 Le climat**

La RNP se situe en zone sahélo-soudanienne, soumise à un climat de type transition entre celui de la côte sénégalaise influencé par les alizés maritimes et le climat continental sahélo-soudanien. Le climat, chaud et sec avec une influence maritime sur le franc côtier, est caractérisé par l'alternance de deux saisons, l'une pluvieuse et l'autre sèche.

Cette dernière dure huit (08) mois de novembre à juin. Au cours de cette période, un vent de secteur Nord-Est à Est prédomine ; les températures sont alors fraîches avec une maximale enregistrée au mois d'avril soit 35,3 °C et une minimale au mois de janvier soit 17,37 °C (Ndour, 2021).

La saison pluvieuse ne dure généralement que trois (03) à quatre (04) mois de juillet à octobre. Les températures ainsi que l'humidité augmentent, et les vents soufflent en provenance du Sud-Ouest (Diédhiou, 2010). Pendant cette saison, la température minimale est observée au mois d'octobre avec 23,80 °C et le maximal au mois juillet avec 32,59 °C (Ndour, 2021). Les précipitations y sont assez faibles et atteignent rarement les 500 mm. La pluviométrie moyenne enregistrée dans la zone tourne autour de 486,60 mm entre 1987 et 2022.

En effet, il est installé dans la réserve naturelle de Popenguine un pluviomètre pour mesurer la quantité de pluie qui tombe dans la zone. De 1987 à 2022, la pluviométrie annuelle la plus faible, donc l'année la plus sèche (2002) est de 247,79 millimètres. L'année la plus humide dans la réserve est observée en 2008 avec 812,02 millimètres (voir figure 2).



*Figure 2: Évolution des précipitations annuelles enregistrées dans la Réserve Naturelle de Popenguine de 1987 à 2022*

### II.1.2.2 Le relief et les Sols

La RNP se trouve sur le bassin sédimentaire sénégal-mauritanien. Elle constitue une continuité du plateau de Ndiass. Le relief est formé de collines d'altitudes moyennes se situant entre 20 et 30 m avec comme point culminant le Cap de NAZE avec 74 m. Le site présente un relief assez accidenté avec un important ravinement créé par la forte érosion hydrique. Signalons que le Cap de NAZE reste l'un des rares reliefs d'origine non volcanique sur cette portion de la façade atlantique. Quant aux sols, ils sont de nature assez variée et souvent incultes du fait de l'extension des cuirasses ferrugineuses, mais aussi des cuirasses ferralitiques qui couvrent une grande partie de la réserve et de sa périphérie.

Au niveau du site, nous pouvons distinguer les types de sols suivants :

- Les sols ferrugineux tropicaux : sols à texture sableuse autour de la RNP, ils sont bien drainés grâce à leurs matériaux sableux. Ces sols sont souvent dégradés et donc pauvres pour l'agriculture ;
- Les sols hydromorphes : caractérisés par l'excès d'eau temporaire et qui occupent la zone alluvionnaire basse qui borde la Somone ;
- Les sols complexes : des sols d'éboulis des pentes localisés sur le Cap de NAZE ;
- Les sols halomorphes : ce sont des sols salés se trouvant le long de la côte ;

- Les vertisols à matériaux argileux : ce sont les sols que l'on rencontre au niveau des bas-fonds et qui sont lourds et difficiles à travailler. En saison sèche, à certains endroits de la réserve, le sol est craquelé, traduisant la présence de couches d'argile (Diédhiou, 2010 ; Diédhiou, 2011 & DPN, 2023).

### **II.1.2.3 L'hydrographie**

Le réseau hydrographique est faiblement représenté dans la réserve et est principalement constitué par une lagune d'une superficie pouvant aller jusqu'à 1 ha voire plus (variable suivant la période de l'année) qui est un exutoire des eaux de ruissellement des pluies. Cette lagune constitue un bassin de retenue renforcé par une digue qui a pour rôle d'empêcher l'eau, à une certaine hauteur, de traverser vers la mer. Hormis cette lagune, il faut noter l'existence à l'intérieur de la RNP d'axes de drainage qui recueillent l'eau des pluies et l'acheminent vers la lagune.

### **II.1.2.4 La végétation**

Issue d'une reconstitution favorisée par des efforts de régénération naturelle assistée (RNA), de reboisement et des aménagements antiérosifs, la formation du peuplement végétal dans la réserve est de type ouvert par endroits. Normalement, le peuplement végétal de la RNP devait faire partir de la zone sahélo-soudanienne, mais selon Diédhiou, (2010), la dégradation végétale, aidée en cela par le déficit pluviométrique, a favorisé l'installation d'une végétation sahélienne avec une grande majorité d'herbacées et d'arbustes épineux. Néanmoins, des essences arborées et arbustives sont identifiées dans le site. Ainsi, au niveau des plateaux, des espèces épineuses, buissonnantes et arbustives y sont localisées ainsi que sur les versants des collines. Les essences arborescentes sont plutôt rencontrées dans les bas-fonds et le tapis herbacé, constitué surtout d'espèces annuelles, est répandu sur l'ensemble de l'aire protégée. En effet, la flore est quelquefois répartie suivant les différents biotopes tels que mentionnés dans le tableau n°1.

Tableau 1: Récapitulatif de la composition végétale des différents habitats de la RNP

Habitat	Flore présente	Relief et sol
<b>Steppes arbustive et herbacée</b>	Flore peu diversifiée Arbustes plus représentés : <i>Acacia seyal</i> , <i>A. ataxacantha</i> , <i>Dichrostachys cinerea</i> , <i>Combretum glutinosum</i> , <i>C. micranthum</i> , <i>Boscia senegalensis</i>	Versants de collines : sols gravillonnaires et ferralitiques
<b>Savane arbustive</b>	Flore peu diversifiée (arbres et herbacées rares, arbustes abondants) Espèces représentées : <i>Acacia ataxacantha</i> et <i>Dichrostachys cinerea</i>	Collines : sols gravillonnaires et dalle de latérite
<b>Prairie arbustive</b>	Flore peu diversifiée (rareté des arbustes et abondance des herbacées)	Bas-fonds aux sols argilo-sableux
<b>Lagune</b>	Flore très peu diversifiée : (arbustes rares, herbacées absentes) Versants de collines : sols gravillonnaires et ferralitiques	Cuvette : sols sablo-argileux à argilo-limoneux

Source : Tropis 2004 cité par Diédhiou (2011)

### II.1.2.5 La faune

L'évolution de la faune suit celle de la végétation. La destruction de l'habitat a eu pour conséquence une réduction drastique de la faune. Actuellement, on assiste à une remontée biologique avec la présence de plus en plus de guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*), d'hyène tachetée (*Crocuta crocuta*), de Civette (*Viverra civetta Schreber*), de chacal commun (*Canis aureus L.*), de genettes pardine (*Genetta pardina*), de mangouste (*Atilax paludinosus G. Cuvier*), de singe rouge (*Erythrocebus patas*), de porc épic (*Hystrix cristata*), etc.

La faune aviaire présente une densité très importante à certaines périodes de l'année avec l'arrivée de la migration. En effet, les oiseaux migrateurs partent du Nord en automne afin de passer l'hiver sous des conditions plus clémentes. C'est pourquoi la réserve et la lagune enregistrent pendant cette période de nombreuses espèces. Parmi ces espèces, nous avons entre autres le merle bleu ou monticole bleu (*Monticola solitaria*), le merle de roche (*Monticola saxatalis*), la spatule blanche (*Platalea leucorodia*), etc. Dans la RNP, les oiseaux autochtones sont variés et représentés par : la pintade commune (*Numida meleagris*), la poule de rocher (*Ptilophacus petrosus*), le francolin commun (*Francolinus bicalcaratus*), le héron cendré (*Ardea cinera*), etc. (Diédhiou, 2010).

## **II.1.3 Le milieu socio-économique**

### **II.1.3.1 Le milieu humain**

Selon le Recensement Général de la Population, de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage (RGPHAE) réalisé par l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) en 2013, la commune de Popenguine-Ndayane compte 8878 habitants. La part des femmes est légèrement supérieure avec 50,5 % de la population totale contre 49,5 % pour les hommes. Quant à la Communauté rurale de Sindia, elle totalise 39 542 personnes.

A l'instar de la plupart des zones rurales du pays, l'essentiel des jeunes (hommes et femmes) sont en exode rural vers les centres urbains comme Mbour et Dakar (DPN, 2023).

### **II.1.3.2 Les activités économiques**

Les principales activités économiques développées dans l'ENC (Espace Naturel Communautaire) sont d'ordre vivrier et participent à l'amélioration des conditions de vie des populations.

#### **II.1.3.2.1 L'élevage**

La grande originalité du terroir sérère réside dans l'association très fine et étroite entre les pratiques agricoles et l'élevage. Cette association constitue l'un des rares exemples d'intégration des cultures vivrières dominantes dans la zone et de l'élevage par le biais de la stabulation (Ndour, 2021). L'élevage est de type extensif avec une prédominance des bovins dans le cheptel qui viennent des villages environnants tels que Thiafoura, Sorokhassap et de Sindia. En plus des ovins, des caprins, de la volaille et des porcins, nous trouvons également dans le cheptel des équins et des asins, surtout élevés pour les besoins de la traction. Diédhiou (2011) a noté que l'élevage peut trouver des lendemains meilleurs dans la zone grâce à la proximité des grandes agglomérations pour l'écoulement des produits. De plus, son intensification pourrait être encouragée et rendue possible grâce à l'adoucissement du climat. Cependant, selon Ndour (2021), la disposition du relief telle qu'il apparaît avec ses formes ne favorise pas l'éclosion des activités pastorales. Ce dernier estime que les collines, buttes et pentes qui jalonnent le milieu sont inadaptées à la pratique de l'élevage, notamment lorsque celui-ci est extensif.

En outre, les quantités pluviométriques que reçoit la zone ne facilitent pas le développement de l'élevage, dont l'une des conséquences est l'absence de points d'eau hors celui situé dans la réserve naturelle ainsi que la faiblesse de la couverture végétale.

#### **II.1.3.2.2 La pêche**

Guéréo et Ndayane constituent les milieux les plus importants en termes de débarquement des pirogues, ensuite vient Popenguine. La pêche est pratiquée toute l'année dans une zone où l'écosystème est relativement adéquat à la reproduction avec la présence de rochers, mais aussi avec l'existence de la frange maritime de la réserve riche en phytoplancton, où seule est autorisée la pêche artisanale destinée à la consommation. Il s'y ajoute la partie maritime contiguë à la résidence de la Présidence de la République (petit Palais) où la pêche est interdite, de sorte qu'elle sert de lieu de reproduction et d'approvisionnement en poisson du reste du plan d'eau côtier. La pêche est caractérisée par des embarcations de fabrication traditionnelle. Ainsi, ces pirogues motorisées quittent les quais de débarquement très tôt l'aube et souvent l'après-midi et reviennent le même jour. Ces pirogues reviennent en quais avec de faibles captures qui sont destinées à l'autoconsommation et à l'approvisionnement des villages alentours, créant ainsi des ressources financières additionnelles non négligeables aux populations locales. Toutes les couches sociales sont concernées par cette activité. Les hommes et les jeunes la pratiquent tandis que les femmes assurent la transformation et l'écoulement des produits capturés (Diédhiou, 2011 & Ndour, 2021).

#### **II.1.3.2.3 L'agriculture**

C'est l'agriculture pluviale qui domine dans la zone avec comme spéculations principales l'arachide et le niébé. Il est noté une tendance à l'abandon des cultures vivrières tels que le mil, le sorgho. Les cultures de contre-saisons, à savoir le maraichage (tomate, aubergine, haricot, piment, etc.) et l'arboriculture (manguiers, agrumes) ne mobilisent pas beaucoup de personnes. Néanmoins, elle constitue une source de revenu non négligeable (Ndour, 2021). Selon ce dernier, à cause des contraintes comme :

- La baisse et la mauvaise répartition spatiale et temporelle de la pluviométrie ;
- La perte de fertilité des sols due à la surexploitation ;
- L'insuffisance des semences, des matériels agricoles et l'importance du parasitisme des cultures, etc.

L'ENC fait face aujourd'hui à la perte des terres de cultures au profit des particuliers par une spéculation foncière qui prend davantage d'ampleur.

#### **II.1.3.2.4 Le tourisme**

La petite côte sénégalaise, notamment notre zone d'étude, a une vocation touristique grâce à ses belles vues panoramiques, ses plages et à sa proximité de Dakar. La grande particularité de

la Réserve Naturelle Popenguine par rapport aux autres zones touristiques du littoral réside très certainement en la présence de la falaise du Cap de Naze. Cette dernière domine tout le paysage. Les nombreuses infrastructures d'accueil (hôtels, campements touristiques, cabanons et résidences secondaires...) observées tout le long de la plage favorisent le développement du tourisme (Ndour, 2021). L'activité touristique contribue à l'amélioration des conditions de vie des populations locales ; elle offre de petits emplois comme le gardiennage, les travaux domestiques, le jardinage, le guidage, la vente des légumes aux hôtels, etc. L'écotourisme constitue aujourd'hui un secteur de premier ordre pour la RNP avec le campement touristique Kër Cupaam géré par les femmes. Ce dernier a vu augmenter ses entrées touristiques, passant de 2009 à 2022 de 600 à 800 entrées payantes avec des recettes exclusivement au bénéfice des femmes de la périphérie (Diédhiou, 2011; DPN, 2023).

#### **II.1.3.2.5 L'artisanat**

L'artisanat dans la zone est tributaire de l'activité touristique. On note particulièrement la production et la vente d'objets d'art (sculpture, peinture, bijouterie, etc.) qui prend de plus en plus d'importance. C'est l'exemple du Regroupement des Femmes de Popenguine pour la Protection de la Nature (RFPPN) qui s'attèle à la fabrication de colliers à partir de coquillages ramassés sur la plage. Ces objets sont vendus sur la plage, mais aussi aux pèlerins qui viennent au sanctuaire marial de Popenguine. La mission catholique gère également des boutiques de vente d'objets d'art pour les pèlerins qui viennent périodiquement se recueillir (DPN, 2023).

## **II.1. MATERIEL ET METHODES**

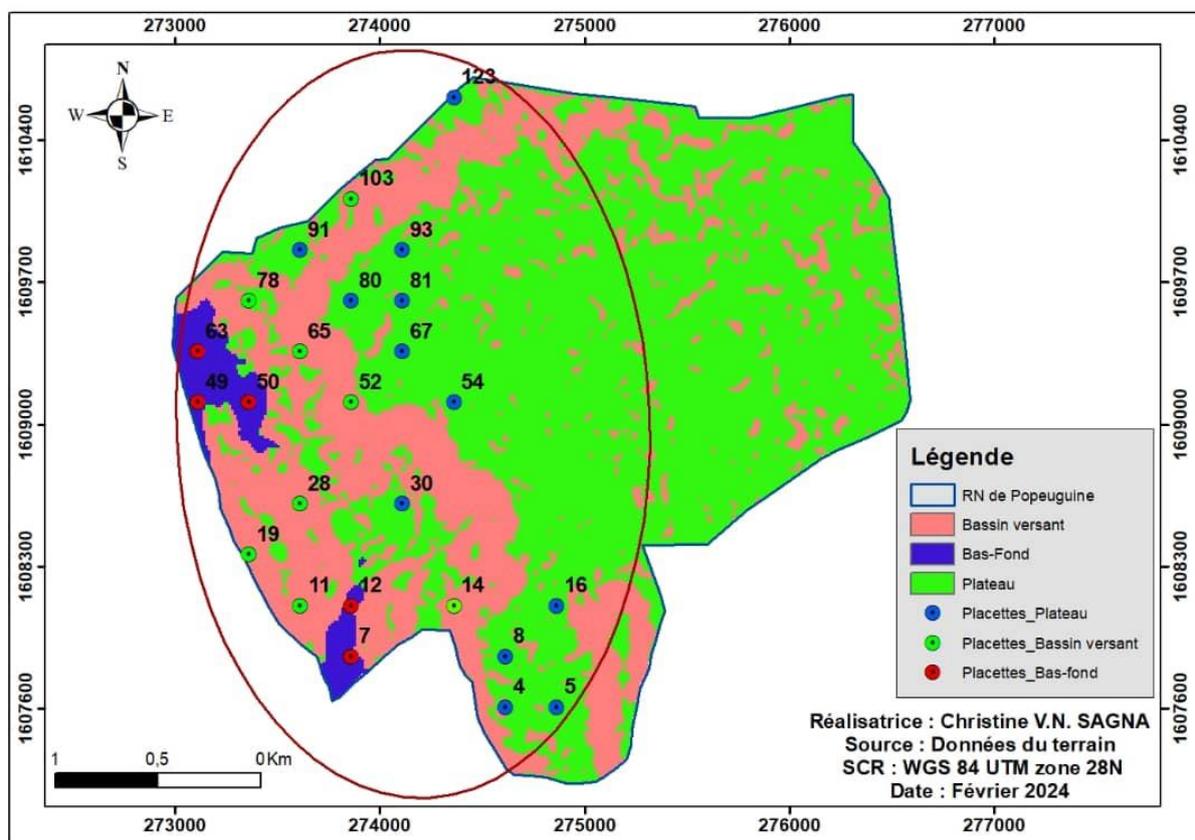
### **II.1.1. Inventaire floristique**

Pour les besoins de l'inventaire, la zone a subi un maillage en fonction des unités géomorphologiques qui la composent (plateau, versant et bas-fond) grâce au logiciel Arc Gis. L'outil fishnet de Arc toolbox a été utilisé pour définir la dimension des mailles (250m sur 250m) ainsi que les coordonnées du centre de chaque maille. Un numéro a été affecté à chaque maille soit un total de 126 mailles obtenue dans la réserve. Suivant un échantillonnage stratifié, les différentes placettes d'inventaire sont distribuées dans les différentes unités géomorphologiques suivant un taux d'échantillonnage de 20 %. Avec **A** est la surface du massif à inventorier, **S** la surface des placettes d'inventaire, et **N** leur nombre, le taux d'échantillonnage **T** est égal :

$$T = \frac{NS}{A}$$

A partir de cette formule, le nombre de placette **N** pour la réserve a été calculé en se fixant d’abord une précision de 20 % (Samb et al., 2020).

Ainsi, En tenant compte de la superficie de chaque unité géomorphologique ainsi que des limites des mailles, 32 mailles devraient être installées, soit 25 % de la RNP. Cependant, seules 25 mailles (12 plateaux, 8 versants et 5 bas-fonds) ont pu être installées. Les 7 mailles manquantes (5 plateaux et 2 versants) correspondent à des zones inaccessibles à cause des conditions du terrain. Ces dernières ne pouvaient être remplacées par peur d’avoir des mailles dans lesquelles on trouve deux unités géomorphologiques. En référence à l’aire minimale, contenant la quasi-totalité des espèces présentes dans les savanes, il a été installé au centre de chaque maille et suivant la direction Nord-Est, des placettes carrées avec une dimension de 10 m \* 10 m, soit 100 m<sup>2</sup>. Pour la délimitation des placettes, la méthode 3-4-5 de la réciproque du théorème de Pythagore a été utilisée avec un ruban mètre et des piqués.



*Figure 3: Position des placettes installées dans les unités géomorphologiques*

Les inventaires ont été réalisés du 24 au 27 janvier 2023. Dans chacune des mailles installées, un inventaire itinérant a été effectué. Il a été question de parcourir la maille dans tous les sens

et de recenser toutes les espèces végétales (ligneuses et herbacées) rencontrées sur une fiche. Les espèces entre les mailles ont également été recensées (Samb et al., 2020).

Dans chacune des placettes installées dans les mailles, l'ensemble des espèces ligneuses ont été inventoriées et les paramètres dendrométriques collectés. Les individus dont le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) est inférieur à 5 cm sont considérés comme appartenant à la régénération.

Les espèces dont l'identification sur le terrain n'était pas possible ont été récoltées et conservées dans des presses de collecte pour ensuite être identifiées à l'aide de documents de la nomenclature (Berhaut, 1971 ; Ba & Noba, 2001).

### **II.2.1.1. Mesure des paramètres dendrométriques**

Sur chacun des ligneux recensés dans les placettes, des mesures dendrométriques ont été effectuées. Ces mesures ont porté sur la hauteur totale de l'arbre, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) soit 1,30 m du sol, et les diamètres croisés Est-Ouest et Nord-Sud du houppier.

La hauteur des arbres sur pied a été mesurée à l'aide d'une perche graduée.

Le diamètre à hauteur de poitrine (1,3 m au-dessus du niveau du sol) des arbres a été mesuré à l'aide d'un compas forestier. Il existe des cas particuliers qui nécessitent un réajustement de la hauteur de mesure du diamètre :

- Lorsque la forme du tronc de l'arbre n'est pas cylindrique, le diamètre maximum et le diamètre minimum sont déterminés par une déduction de la valeur du diamètre moyen qui est retenu comme le diamètre du tronc de l'arbre dans la base de données.
- Pour les arbres portant des contreforts qui dépassent 1,3 m, le diamètre ou la circonférence est mesuré à 30 cm au-dessus des contreforts ;
- Pour les arbres avec des défauts à la hauteur de 1,3 m (nœuds, branches, blessure, etc.), le diamètre est pris juste au-dessus de la déformation ;
- Si l'arbre est fourchu en dessous de 1,3 m, chaque tige de diamètre suffisant ( $\geq 5$  cm) est considérée comme un arbre entier ;
- Pour les arbres qui sont situés sur une pente, la hauteur de poitrine (1,30 m) en amont du pied d'arbre, est considérée.

Le diamètre du houppier est mesuré à l'aide d'un ruban métrique. Pour ce faire, deux mesures croisées ont été effectuées au niveau de chaque arbre (Est-Ouest et Nord-Sud), puis le diamètre moyen du houppier a été calculé.

### **II.2.1.2. Traitement des données d'inventaire**

Les données obtenues ont été traitées à l'aide du tableur Excel et du logiciel XLSTAT Version 2024 qui ont servi au classement des données numériques et à l'élaboration des graphiques. Plusieurs formules ont été employées afin de déterminer les paramètres de la végétation ligneuse de la réserve.

#### **II.2.1.2.1. Caractérisation de la flore de la réserve naturelle de Popenguine**

Les données collectées ont été saisies et traitées avec le tableur Excel pour établir la liste floristique, le spectre taxonomique, le spectre biologique et le spectre chorologique. La nomenclature employée est celle de Lebrun et Stork (1997) et est basée sur la classification APGIII (2009) (Diouf et al., 2020).

Les types biologiques désignent l'ensemble des particularités morphologiques qui jouent un rôle dans la résistance aux conditions défavorables, donc dans la localisation des espèces végétales (Mbayngone, 2008). Les types biologiques considérés pour l'analyse des spectres biologiques sont ceux de Raunkiaer (1934). Il s'agit des types et sous-types :

- Des Phanérophytes (Ph) : plantes à bourgeons persistants aériens et situés à une distance considérable du sol ;
- Des Chaméphytes (Ch) : plantes dont les bourgeons persistants sont aériens mais situés à une distance minimisable du sol ;
- Des Hémicryptophytes (Hc) : plantes dont les bourgeons persistants sont situés au ras du sol ;
- Des cryptophytes c'est-à-dire des plantes à bourgeons persistants situés dans le sol Géophytes (G) ou dans l'eau Hydrophytes (H) ;
- Des Thérophytes (Th) : plante annuelle ou à très courte saison de végétation et dépourvues des bourgeons à proprement parler et dont la survie est assurée par les graines ; (Sirvent, 2020 ; Mbayngone, 2008 ; Mouton, 1966 & Baudoin et al., 2018).

Les subdivisions chorologiques utilisées dans l'analyse des spectres biogéographiques ont été définies par White (1986). Selon Gomis et al. (2022), ces types biologiques seraient utilisés par plusieurs auteurs pour les phytochories africaines (Sinsin, 1993 ; Faye, 2010 ; etc.). Il s'agit : des espèces à large distribution comme les espèces Afro-américaines (Aa), espèces Afro-américaines et Asiatiques (AaAs), espèces Afro-asiatiques (Afs), espèces Américaines et Asiatiques (AmAs), espèces Afro-asiatiques et australiennes (Asu), des espèces Afro-malgaches et asiatiques (Ama), des espèces Afro-malgaches-asiatiques-australienne ou européennes (Amau), des espèces Cosmopolites (Cos), des espèces Pantropicales (Pan); des

espèces Africaines (Af), des Espèces Afro-australienne (Afu), des espèces Australiennes (Au) et des espèces Asiatiques (As).

Les types morphologiques au sens de Raunkiaer (1934) ont été identifiés sur le terrain par l'observation respectivement des ports végétatifs. Dans cette étude, deux grands types morphologiques ont été considérés, à savoir : les ligneux et les herbacées subdivisées en herbacées annuelles et herbacées vivaces.

L'ensemble des informations ayant servi à renseigner les types biologiques et biogéographiques proviennent des travaux de Seydou et al. (2017) ; Gomis et al. (2022) ; Manga et al. (2022) ; Diop et al. (2017) et Gbozé et al. (2020).

#### II.2.1.2.2. Évaluation des paramètres structuraux de la végétation ligneuse

##### La densité (D)

Elle exprime le nombre d'individus par unité de surface ( $\text{ind. ha}^{-1}$ ) pour les arbres dont le DHP  $\geq$  5 cm. Elle est obtenue par le rapport de l'effectif total des individus dans l'échantillon par la surface échantillonnée (Ngom et al., 2013).

$$D = \frac{N}{S}$$

Avec  $D$  = Densité observée ;  $N$  = effectif total d'individus dans l'échantillon considéré et  $S$  = surface de l'échantillon en ha.

##### La fréquence (F)

La notion de fréquence était définie par Gaussen (1963) et Gounot (1969) comme le rapport entre le nombre de relevés dans lesquels l'espèce est représentée et le nombre total de relevés. Elle renseigne sur la distribution d'une espèce dans un peuplement. Elle peut être en valeur absolue ou en pourcentage par la formule suivante (Gomis et al., 2022).

$$F = \left( \frac{Nri}{Nr} \right) \quad \text{ou} \quad F = \left( \frac{Nri}{Nr} \right) * 100$$

Avec  $F$  = Fréquence de présence exprimée en pourcentage (%),  $Nri$  = nombre de relevés où l'on retrouve l'espèce  $i$  et  $Nr$  = nombre total de relevés.

##### La richesse spécifique

La richesse spécifique est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 2003 cité par Gomis et al., 2022 ; Seydou et al., 2017 ; Gomez, 2022).

### Le couvert ligneux (C)

Le couvert ligneux est la surface de la couronne de l'arbre projetée verticalement au sol. Il est exprimé en mètre carré par hectare ( $m^2ha^{-1}$ ). Le couvert ligneux est calculé avec la formule ci-dessous (Ngom et al., 2013) :

$$C = \frac{\sum \pi \left(\frac{dmh}{2}\right)^2}{S}$$

Avec  $C$  = couvert ligneux ;  $d_{mh}$  = diamètre moyen du houppier en m ;  $S$  = surface de l'échantillon considéré en ha.

### La surface terrière (St)

La surface terrière ou recouvrement basal désigne la surface d'encrage au sol de l'arbre évaluée à la base du tronc de l'arbre. Elle est exprimée en mètre carré par hectare ( $m^2ha^{-1}$ ) et obtenue à partir de la formule suivante (Ngom et al., 2013) :

$$St = \frac{\sum \pi \left(\frac{d_{1,3}}{2}\right)^2}{S}$$

Avec  $St$  = surface terrière ;  $d_{1,3}$  = diamètre en m du tronc à 1,3 m ;  $S$  = surface de l'échantillon considéré en ha.

### L'Indice de Valeur d'Importance (IVI)

L'analyse des données structurales combinées aux données floristiques permet de calculer l'Indice de Valeur d'Importance (IVI). L'IVI caractérise la place qu'occupe chaque espèce par rapport à l'ensemble des espèces dans les écosystèmes forestiers. Cet indice est fréquemment utilisé pour évaluer la prépondérance spécifique en forêts tropicales selon la formule de Curtis et Macintosh (1950) cité par Adjonou et al. (2016) :

$$IVI = \frac{Domr(espèce) + Dr(espèce) + Fr(espèce)}{3}$$

- $Domr = \frac{ABi}{ABt} * 100$

( $Domr$  = dominance relative (%) ;  $ABi$  = Aire basale occupée par l'espèce  $i$  ;  $ABt$  = Aire basale totale des espèces de l'échantillon).

- $Dr = \frac{Ni}{N} * 100$

( $Dr$ = densité relative (%);  $Ni$  =l'effectif de l'espèce  $i$  dans l'échantillon;  $N$ = effectif total de l'échantillon)

- $Fr = \frac{Fi}{F} * 100$

( $Fr$ = Fréquence relative (%);  $Fi$  = Fréquence de présence de l'espèce  $i$  (%);  $F$  =somme des fréquences de toutes les espèces de l'échantillon)

### La régénération naturelle

Sont considérés comme régénération tous les individus dont les diamètres à hauteur de poitrine sont inférieurs à 5 cm.

### L'analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'analyse factorielle des correspondances (AFC), ou analyse des correspondances simples, est une méthode statistique d'analyse des tableaux de contingence développée essentiellement par J. P. Benzecri durant la période 1970-1990. L'objectif de cette technique statistique est d'analyser la relation (ou correspondance) entre deux variables qualitatives. Cette technique permet de réduire le nombre de variables afin d'obtenir une représentation graphique des tableaux de contingence. Elle vise à y rassembler la quasi-totalité de l'information initiale, en s'attachant aux correspondances entre les caractères (Masri, 2021).

## II.1.2. Télédétection

Pour la réalisation de cette étude, il a été utilisé des images Landsat avec une résolution au sol de 30 mètres téléchargées à partir du site : <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Les années de prises de vue des différentes images traitées sont 1987 / 2000 / 2013 / 2022. L'an 1987 correspond à l'année de la mise en défens effective de la réserve. L'année 2022 nous renseigne sur la situation récente concernant l'occupation des sols en général et l'évolution de la végétation dans la réserve en particulier. Entre ces deux dates, nous avons choisi des dates intermédiaires, séparées de plus ou moins 10 ans; à savoir 2000 et 2013 pour une meilleure analyse des changements.

Tableau 2: Caractéristiques des images satellitaires Landsat utilisées

Satellite	Capteur	Date d'acquisition	Résolution Spatial
Landsat 5	TM	13 décembre 1987	30 m
Landsat 7	ETM	08 décembre 2000	30 m
Landsat 8	OLI_TIRS	04 décembre 2013	30 m
Landsat 9	OLI_TIRS	13 décembre 2022	30 m

En ce qui concerne la période de prise de vue, il a été choisi des images acquises durant la saison sèche (décembre) du fait qu'elles présentent une meilleure qualité par rapport à celles prises en saison des pluies qui présentent des zones nuageuses ou brumeuses (les nuages sont présents en quasi-permanence dans la zone durant la saison des pluies) (Solly et al., 2021).

#### **II.1.2.2. Prétraitement des images et identification des classes d'occupation du sol**

L'interprétation et l'analyse des images satellitaires exigent des traitements numériques de ces derniers (Zemmar, 2010). Ainsi, les images satellitaires ont été soumises à une correction radiométrique, atmosphérique et géométrique grâce au logiciel ENVI version 5.3 avant de procéder au calcul de l'Indice de Végétation Normalisée (NDVI).

Les corrections radiométriques consistaient en un calibrage permettant aux utilisateurs de comparer dans le temps, à différentes saisons, les images et de tirer une information significative de la réalité du terrain, et ce, indépendamment des conditions instrumentales (Omari, 2005).

Les corrections atmosphériques ont consisté à déterminer les vraies valeurs de réflectance de surface et à récupérer les paramètres physiques de la surface de la Terre, en supprimant les effets atmosphériques des images satellites (Hadjimitsis et al., 2010).

Les corrections géométriques ont consisté à ramener les images à la même géométrie. Cette étape est nécessaire pour pouvoir superposer et utiliser conjointement les images prises par des capteurs différents à des dates différentes (Solly et al., 2020). La méthode de correction adoptée est le géo-référencement image par image avec choix de quatre points amers à partir de l'image de 2022, utilisée comme référence.

La composition colorée d'une image est le résultat de la superposition des bandes dans les canaux Rouge, Vert et Bleu (RGB). Elle permet de faciliter l'interprétation des images satellitaires et de mettre en évidence des phénomènes environnementaux. La composition colorée utilisée dans cette étude est celle dite infrarouge fausse couleur. Elle combine les bandes correspondant aux longueurs d'onde du PIR, R et V respectivement dans les canaux R-G-B. Il s'agit des bandes 4-3-2 des images Landsat TM de 1987 et ETM+ de 2000, et des bandes 5-4-3 de l'image Landsat OLI\_TIRS de 2013 et 2022. Cette composition colorée s'appuie sur les propriétés de la végétation qui réfléchissent très fortement le rayonnement proche infrarouge (Girard & Girard, 2010).

L'indice de végétation normalisée (NDVI) permet de caractériser les différents types de végétation par rapport à l'intensité de leur activité photosynthétique. Dans cette étude, cet indice est utilisé pour suivre la dynamique de la végétation de 1987 à 2022. La formule utilisée combine les bandes du proche infrarouge et du rouge (Zemmar, 2010).

$$NDVI = \frac{(PIR - R)}{(PIR + R)}$$

Cet indice varie entre -1 et +1 ( $-1 \leq NDVI \leq +1$ ).

De manière générale, les valeurs inférieures ou égales à 0,1 donnent des informations sur les surfaces autres que les couverts végétaux, comme l'eau, le bâti et les nuages, sols nus, les zones de culture, les surfaces affectées par les feux et les surfaces très peu végétalisées pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge, tandis que les valeurs supérieures à 0,1 renseignent sur la couverture végétale, c'est-à-dire les zones où l'activité chlorophyllienne est importante (Solly et al., 2020 ; Zemmar, 2010 & REKIS, 2012). Plus la valeur est proche de 1, plus l'activité chlorophyllienne est importante et la végétation dense. En saison sèche (de fin janvier à début juin), la végétation est caractérisée par un NDVI autour de 0,5 ; alors qu'en saison végétative (de fin juin à début janvier), elle présente des maxima voisins de 0,9 (Solly et al., 2020).

### **II.1.2.3. Traitement des images**

Afin de mettre en exergue les différentes thématiques d'occupation du sol des images satellites de 1987 à 2022, une opération de classification a été effectuée. Cette dernière consiste à regrouper des pixels ou des groupes de pixels de manière à former des classes spectrales, relativement homogènes. Ainsi, une identification des différentes classes thématiques d'occupation des sols existantes dans la réserve a d'abord été faite à partir des visites et relevés de terrain. Ensuite, la classification par la méthode supervisée a été adoptée pour l'ensemble des images. Le choix de cette méthode se justifie d'abord par notre connaissance réelle du terrain, mais également par le fait qu'elle présente des résultats fiables (Solly et al., 2018).

Il a été identifié dans la Réserve Naturelle de Popenguine trois (3) classes thématiques établies comme suit : l'eau, la végétation (qui regroupe toutes les formations végétales de la réserve : herbacées et ligneuses), et les sols nus. Dans chacune des différentes classes retenues, nous avons appliqué des régions d'intérêts (ROIs) définies par la numérisation de plusieurs polygones pour chaque classe thématique. Pour évaluer la qualité de la classification, une opération de séparabilité spectrale des différentes classes d'occupation du sol a été ainsi

effectuée grâce à l'indice de séparabilité Jeffries-Matusita (Solly et al., 2018). À la suite de l'ensemble de ces étapes, nous avons utilisé l'algorithme maximum de vraisemblance pour classifier les différentes classes sur chacune des images. Selon (Denis, 2020), la méthode de classification par maximum de vraisemblance est l'algorithme le plus utilisé pour la classification d'images en télédétection. La validation des résultats cartographiques permet de s'assurer de leur qualité et de leur précision. Pour cela, nous avons utilisé le contrôle-terrain pour l'année la plus récente et par interpolation pour les années antérieures.

La phase finale a consisté à réaliser des cartes de changement par la cartographie diachronique de chaque image étudiée, afin d'évaluer avec précision les principaux changements intervenus entre deux dates dans la végétation de la Réserve Naturelle de Popenguine. 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. Des tableaux et graphiques issus de ces traitements sont venus compléter les résultats en apportant des précisions sur les superficies de la régression, de la progression et de la stabilité de la végétation au niveau de la réserve naturelle de Popenguine pour les périodes retenues (1987-2000 ; 2000-2013 et 2013-2022).

## Chapitre III. RESULTATS ET DISCUSSION

### III.1. RESULTATS

#### III.1.1. Caractéristiques floristique de la végétation de la Réserve Naturelle de Popenguine (RNP)

##### III.1.1.1. Composition floristique de la Réserve Naturelle de Popenguine

Le tableau 3 représente la liste globale des espèces, genres et familles rencontrées au cours de cette étude dans la réserve naturelle de Popenguine. Chaque espèce est affectée de son type biologique, de son type morphologique et de sa répartition biogéographique. Une richesse spécifique de 96 espèces réparties en 79 genres et 30 familles a été relevée dans la Réserve Naturelle de Popenguine. Cette richesse spécifique est majoritairement composée d'herbacées, 66,67 % (64 espèces dont 44 sont annuelles et 20 vivaces) suivie d'une minorité de ligneuses avec 33,33 %, soit 32 espèces.

L'analyse de la répartition des espèces et genres dans les familles montre une diversité importante dans la réserve naturelle de Popenguine. La flore de la RNP est dominée par des espèces de la famille des *Fabaceae* occupant 23,96 % de l'effectif total, viennent ensuite les espèces de la famille des *Malvaceae*, des *Poaceae* et des *Rubiaceae* avec respectivement 14,58 %, 6,25 % et 6,25 %. Le genre *Spermacoce* est le plus important dans la réserve avec 4 espèces, suivi des genres *Combretum*, *Cassia* et *Corchorus* avec 3 espèces chacun. Les genres avec plusieurs espèces sont au nombre de 12 et les genres avec une seule espèce sont au nombre de 67.

Il faut aussi retenir de l'analyse de ces informations que plus de 20 familles ne sont représentées que par un nombre d'espèces inférieur ou égal à trois (3).

Tableau 3: Listes des espèces recensées dans la RNP avec des indications sur leur type biologique, morphologique et biogéographique

<b>Familles</b>	<b>Genres</b>	<b>Espèces</b>	<b>Type biologique</b>	<b>Type morphologique</b>	<b>Type biogéographique</b>	
<i>Acanthaceae</i>	<i>Blepharis</i>	<i>Blepharis maderaspatensis</i> (L.) B. Heyne ex Roth	Th	Herbacée vivace	Afs	
	<i>Peristrophe</i>	<i>Peristrophe bicalyculata</i> (Retz.) Nees	Th	Herbacée annuelle	As	
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Cos	
	<i>Alternanthera</i>	<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R. Br. ex DC.	Th	Herbacée vivace	Pan	
	<i>Blutaparon</i>	<i>Blutaparon vermiculare</i> (L.) Mears	Ch	Herbacée annuelle	Aa	
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Sclerocarya</i>	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst	Ph	Ligneux	Pan	
<i>Apocynaceae</i>	<i>Apocynoideae</i>	<i>Calotropis</i>	<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T.Aiton	Ph	Ligneux	Afs
		<i>Pentatropis</i>	<i>Pentatropis spiralis</i> (Forssk.) Decne.	Th	Herbacée vivace	Ama
		<i>Strophanthus</i>	<i>Strophanthus sarmentosus</i> DC.	Ph	Ligneux	Af
	<i>Asclepioideae</i>	<i>Leptadenia</i>	<i>Leptadenia hastata</i> Vatke	Th	Herbacée vivace	Af
<i>Asparagaceae</i>	<i>Asparagus</i>	<i>Asparagus africanus</i> Lam.	Ch	Ligneux	Af	
<i>Asteraceae</i>	<i>Blainvillea</i>	<i>Blainvillea gayana</i> Cass.	Th	Herbacée annuelle	Af	
	<i>Dicoma</i>	<i>Dicoma tomentosa</i> Cass.	Th	Herbacée annuelle	Pan	
	<i>Sclerocarpus</i>	<i>Sclerocarpus africanus</i> Jacq.	Th	Herbacée annuelle	Pan	
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia</i>	<i>Cordia sinensis</i> Lam.	Ph	Ligneux	Afs	
<i>Burseraceae</i>	<i>Commiphora</i>	<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.	Ph	Ligneux	Af	
<i>Capparaceae</i>	<i>Cadaba</i>	<i>Cadaba farinosa</i> Forssk.	Ph	Ligneux	As	
	<i>Boscia</i>	<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	Hc	Ligneux	Af	
		<i>Boscia senegalensis</i> . (Pers.) Lam. ex Poir.	Hc	Ligneux	Af	
<i>Ceratophyllaceae</i>	<i>Ceratophyllum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	H	Herbacée vivace	Cos	
<i>Combretaceae</i>	<i>Combretum</i>	<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	Hc	Ligneux	Af	
		<i>Combretum glutinosum</i> Perr.	Ph	Ligneux	Af	

		<i>Combretum micranthum</i> G. Don	Th	Ligneux	Af	
	<i>Guiera</i>	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	Th	Ligneux	Af	
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Evolvulus</i>	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	Th	Herbacée vivace	Af	
	<i>Merremia</i>	<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	Th	Herbacée annuelle	Af	
		<i>Merremia pinnata</i> (Hochst. ex Choisy) Hallier f.	Th	Herbacée annuelle	Pan	
	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	Th	Herbacée annuelle	Amou	
	<i>Jacquemontia</i>	<i>Jacquemontia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	Th	Herbacée annuelle	Aa	
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Coccinia</i>	<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt	Ch	Herbacée vivace	Afu	
	<i>Ctenolepis</i>	<i>Ctenolepis cerasiformis</i> (Stocks) Hook. f.	Th	Herbacée vivace	As	
	<i>Cucumis</i>	<i>Cucumis melo</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Afs	
	<i>Mukia</i>	<i>Mukia maderaspatana</i> (L.) M. Roem.	Th	Herbacée annuelle	Au	
<i>Cyperaceae</i>	<i>Bolboschoenus</i>	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	G	Herbacée vivace	Cos	
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Croton</i>	<i>Croton lobatus</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Af	
	<i>Dalechampia</i>	<i>Dalechampia scandens</i> L.	Ph	Herbacée annuelle	Af	
<i>Fabaceae</i>	<i>Caesalpinoïdeae</i>	<i>Bauhinia</i>	<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	Ph	Ligneux	Af
		<i>Cassia</i>	<i>Cassia absus</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Af
			<i>Cassia mimosoides</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Pan
			<i>Cassia nigricans</i> Vahl	Th	Herbacée annuelle	Pan
		<i>Piliostigma</i>	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Th	ligneux	Pan
		<i>Senna</i>	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Th	Herbacée annuelle	Pan
		<i>Sesbania</i>	<i>Sesbania leptocarpa</i> DC.	Th	Herbacée annuelle	Af
			<i>Sesbania pachycarpa</i> DC.	Ph	Herbacée annuelle	Au
	<i>Tamarindus</i>	<i>Tamarindus indica</i> L.	Ph	Ligneux	Af	
	<i>Faboïdeae</i>	<i>Aeschynomene</i>	<i>Aeschynomene indica</i> L.	Ch	Herbacée annuelle	Pan
<i>Crotalaria</i>		<i>Crotalaria retusa</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Pan	

		<i>Indigofera</i>	<i>Indigofera astragalina</i> DC.	Th	Herbacée annuelle	Af
			<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Hc	Herbacée annuelle	AmAs
		<i>Rhynchosia</i>	<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.	Th	Herbacée vivace	AaAs
		<i>Tephrosia</i>	<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. & Perr.	Th	Herbacée annuelle	Af
			<i>Tephrosia uniflora</i> Pers.	Ch	Herbacée vivace	Af
	<i>Zornia</i>	<i>Zornia glochidiata</i> Rchb. ex DC.	Th	Herbacée annuelle	Pan	
	<i>Mimosoideae</i>	<i>Senegalia</i>	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	Ph	Ligneux	Af
		<i>Acacia</i>	<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Delile	Ph	Ligneux	Afs
		<i>Vachellia</i>	<i>Acacia seyal</i> Delile	Th	Ligneux	Ama
		<i>Dichrostachys</i>	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	Th	Ligneux	Pan
<i>Prosopis</i>		<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	Ph	Ligneux	Af	
	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr	Ph	Ligneux	Pan		
<i>Lamiaceae</i>	<i>Hyptis</i>	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	Ph	Herbacée vivace	AmAs	
<i>Lythraceae</i>	<i>Lawsonia</i>	<i>Lawsonia inermis</i> L.	Ph	Ligneux	Af	
<i>Malvaceae</i>	<i>Bombacoideae</i>	<i>Adansonia</i>	<i>Adansonia digitata</i> L.	Ph	Ligneux	Af
	<i>Malvoideae</i>	<i>Abelmoschus</i>	<i>Abelmoschus ficulneus</i> (L.) Wight & Arn.	Th	Herbacée annuelle	Amau
		<i>Gossypium</i>	<i>Gossypium barbadense</i> L.	Ph	Ligneux	Pan
		<i>Hibiscus</i>	<i>Hibiscus asper</i> Hook. f.	G	Herbacée annuelle	Af
			<i>Hibiscus physaloides</i> Guill. & Perr.	Th	Herbacée annuelle	Af
		<i>Sida</i>	<i>Sida alba</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Pan
	<i>Wissadula</i>	<i>Wissadula amplissima</i> (L.) R.E. Fr.	Th	Herbacée vivace	Af	
	<i>Tilioideae</i>	<i>Corchorus</i>	<i>Corchorus aestuans</i> L.	Th	Herbacée vivace	Pan
			<i>Corchorus olitorius</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Pan
			<i>Corchorus tridens</i> L.	Th	Herbacée annuelle	Asu
<i>Gréwia</i>	<i>Grewia bicolor</i> Juss.	Ph	Ligneux	As		

		<i>Grewia flavescens</i> Juss.	Ph	Ligneux	Af
	<i>Triumfetta</i>	<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.	Th	Herbacée annuelle	Pan
	<i>Waltheria</i>	<i>Waltheria indica</i> L.	Ch	Herbacée vivace	Pan
<i>Meliaceae</i>	<i>Azadirachta</i>	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Ph	Ligneux	Afs
<i>Nymphaeaceae</i>	<i>Nymphaea</i>	<i>Nymphaea lotus</i> L.	H	Herbacée vivace	Amou
<i>Onagraceae</i>	<i>Ludwigia</i>	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H. Hara.	Th	Herbacée annuelle	Aa
<i>Poaceae</i>	<i>Andropogon</i>	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	Hc	Herbacée vivace	Af
	<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	Th	Herbacée annuelle	Afs
	<i>Phragmites</i>	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	G	Herbacée vivace	Cos
	<i>Schizachyrium</i>	<i>Schizachyrium exile</i> (Hochst.) Pilg.	Th	Herbacée annuelle	Pan
	<i>Schoenefeldia</i>	<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth	Th	Herbacée annuelle	Afs
	<i>Rottboellia</i>	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	Th	Herbacée annuelle	Pan
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Ziziphus</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Ph	Ligneux	Pan
<i>Rubiaceae</i>	<i>Feretia</i>	<i>Feretia apodanthera</i> Delile	Ph	Ligneux	Af
	<i>Mitracarpus</i>	<i>Mitracarpus villosus</i> (Sw.) DC.	Th	Herbacée annuelle	Af
	<i>Spermacoce</i>	<i>Spermacoce chaetocephala</i> DC.	Th	Herbacée annuelle	Af
		<i>Spermacoce ruelliae</i> DC.	Th	Herbacée annuelle	Af
		<i>Spermacoce stachydea</i> DC.	Hc	Herbacée annuelle	Afs
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Th	Herbacée vivace	Af		
<i>Sapindaceae</i>	<i>Cardiospermum</i>	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Hc	Herbacée vivace	Cos
<i>Solanaceae</i>	<i>Physalis</i>	<i>Physalis micrantha</i> Link	Th	Herbacée annuelle	Pan
<i>Sphenocleaceae</i>	<i>Sphenoclea</i>	<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.	Th	Herbacée annuelle	Pan
<i>Tamaricaceae</i>	<i>Tamarix</i>	<i>Tamarix senegalensis</i> DC.	Ph	Ligneux	Pan
<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Balanites</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Delile	Ph	Ligneux	Afs

### III.1.1.2. Spectre taxonomique de la Réserve Naturelle de Popenguine

Le tableau 4 donne des indications sur la structure de la flore de la réserve naturelle de Popenguine. Les résultats montrent que les dicotylédones sont largement dominantes dans le milieu avec 91,67 % de l'effectif spécifique du milieu contre 8,33 % pour les monocotylédones. Ces dicotylédones sont aussi majoritaires en genre et en famille, avec respectivement 90 et 89,87 % contre 10 et 10,13 % pour les monocotylédones.

Tableau 4: Structure de la flore de la Réserve Naturelle de Popenguine

	Familles		Genres		Espèces	
	Nombres	%	Nombres	%	Nombres	%
Dicotylédones	27	90	71	89,87	88	91,67
Monocotylédones	3	10	8	10,13	8	8,33
TOTAL	30	100	79	100	96	100

### III.1.1.3. Spectre biologique brut de la Réserve Naturelle de Popenguine

La figure 5 illustre les proportions des types biologiques des espèces recensées dans la RNP. Cette figure indique que 54 % des espèces de la RNP sont des Thérophytes composés majoritairement des *Fabaceae*, des *Malvaceae* et des *Convolvulaceae*, qui sont des familles fortement présentes dans la RNP. A côté, on retrouve les Phanérophytes qui occupent 27 % de cette flore, s'expliquant aussi par la présence en nombre important de *Fabaceae* et de *Malvaceae*. Les hémicryptophytes (8%), les chaméphytes (6 %), les géophytes (3 %) et les hydrophytes (2 %) sont faiblement représentées.

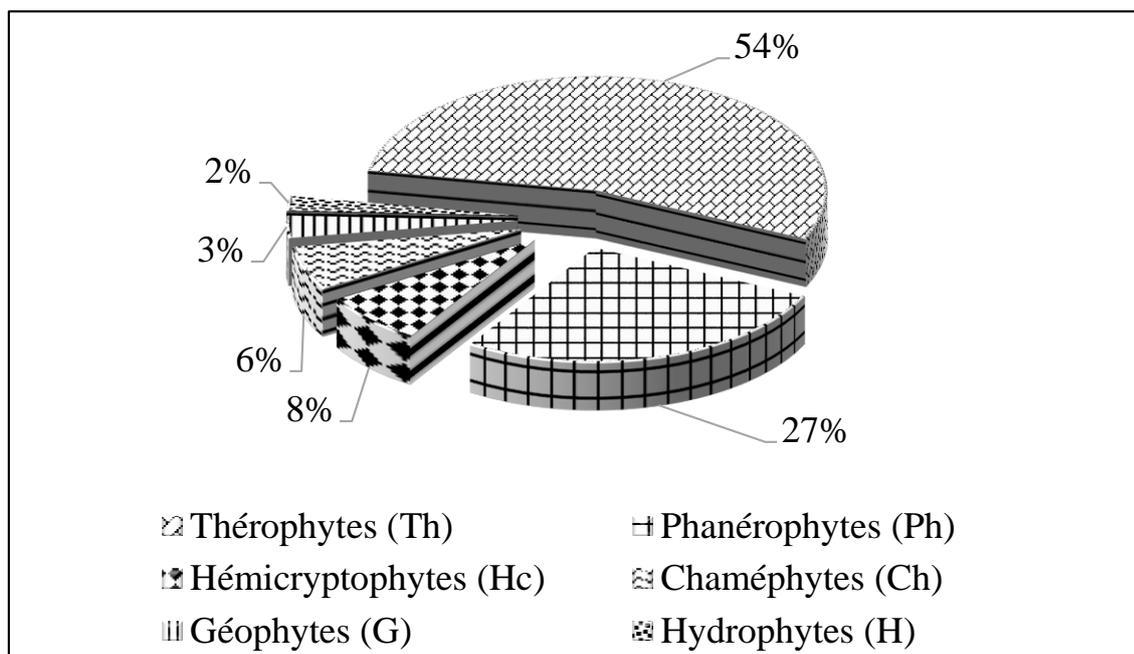


Figure 4: Représentation du spectre biologique des espèces rencontrées dans la Réserve Naturelle de Popenguine

### III.1.1.4. Spectre phytogéographique de la Réserve Naturelle de Popenguine

La figure 6 représente la répartition des espèces de la RNP regroupées en fonction de leurs affinités géographiques. Le spectre chorologique montre aussi une diversité importante dans le milieu avec des espèces d'aire de répartition géographique diverses. La figure montre que la flore de la RNP est dominée par des espèces africaines (37,50 %), pantropicales (27,08 %) et afro-asiatiques (10,42 %) qui occupent à elles seules plus de 70 % des espèces du milieu. L'analyse de cette flore montre aussi la présence des espèces intercontinentales à forte valence écologique (large distribution géographique). Ce sont les espèces cosmopolites (5,21 %), asiatiques (4,17 %), afro-américaines (3,13 %) et afro-malgaches-asiatiques-australiennes ou européennes (3,13 %).

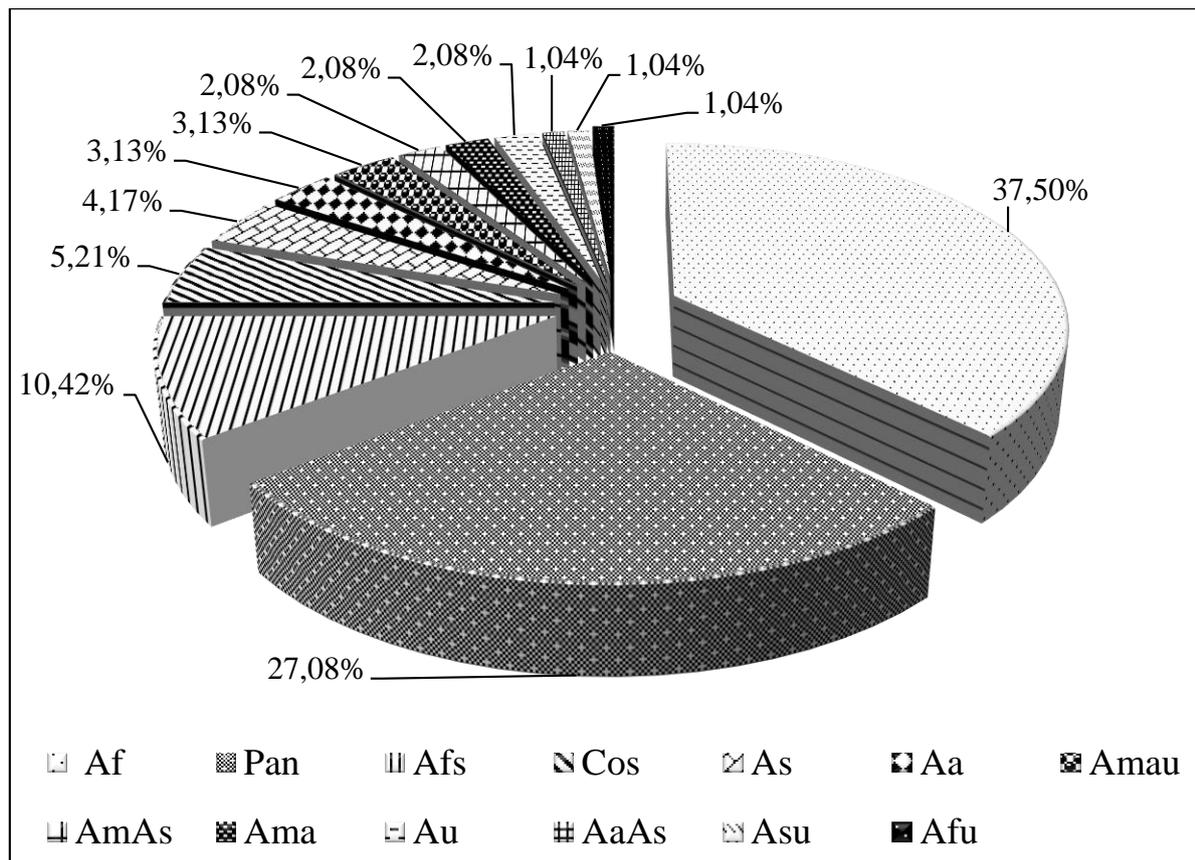


Figure 5: Représentation du spectre phytogéographique des espèces rencontrées dans la Réserve Naturelle de Popenguine

**Légende :** Afro-américaines (Aa), espèces Afro-américaines et Asiatiques (AaAs), espèces Afro-asiatiques (Afs), espèces Américaines et Asiatiques (AmAs), espèces Afro-asiatiques et australiennes (Asu), des espèces Afro-malgaches et asiatiques (Ama), des espèces Afro-malgaches-asiatiques-australiennes ou européennes (Amau), des espèces Cosmopolites (Cos), des espèces Pantropicales (Pan); des espèces Africaines (Af), des Espèces Afro-australienne (Afu), des espèces Australiennes (Au) et des espèces Asiatiques (As)

## III.1.2. Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse de la Réserve Naturelle de Popenguine

### III.1.2.1. Caractéristiques distinctives des unités géomorphologiques de la RNP

La figure 7 présente des données concernant la distribution des espèces selon les unités géomorphologiques. Les données ont été traitées à l'aide de l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) en utilisant un tableau croisé des espèces ligneuses identifiées ( $DHP \geq 5$  cm) et des trois (3) variables indiquant les différentes unités géomorphologiques de la réserve. L'axe F1 et l'axe F2, qui représentent 100 % de l'inertie totale, transmettent l'information globale.

Ainsi, nous constatons que :

- Le bas-fond est caractérisé par la forte présence des légumineuses arborescentes, à savoir *Prosopis glandulosa* et *Acacia nilotica* ;
- Le versant se distingue par une végétation composée majoritairement par les espèces *Gréwia bicolor* et *Adansonia digitata* ;
- Et le plateau abrite beaucoup plus une végétation composée de *Combretum micranthum*, *Grewia flavescens*, *Sclerocarya birrea* et *Grewia bicolor*.

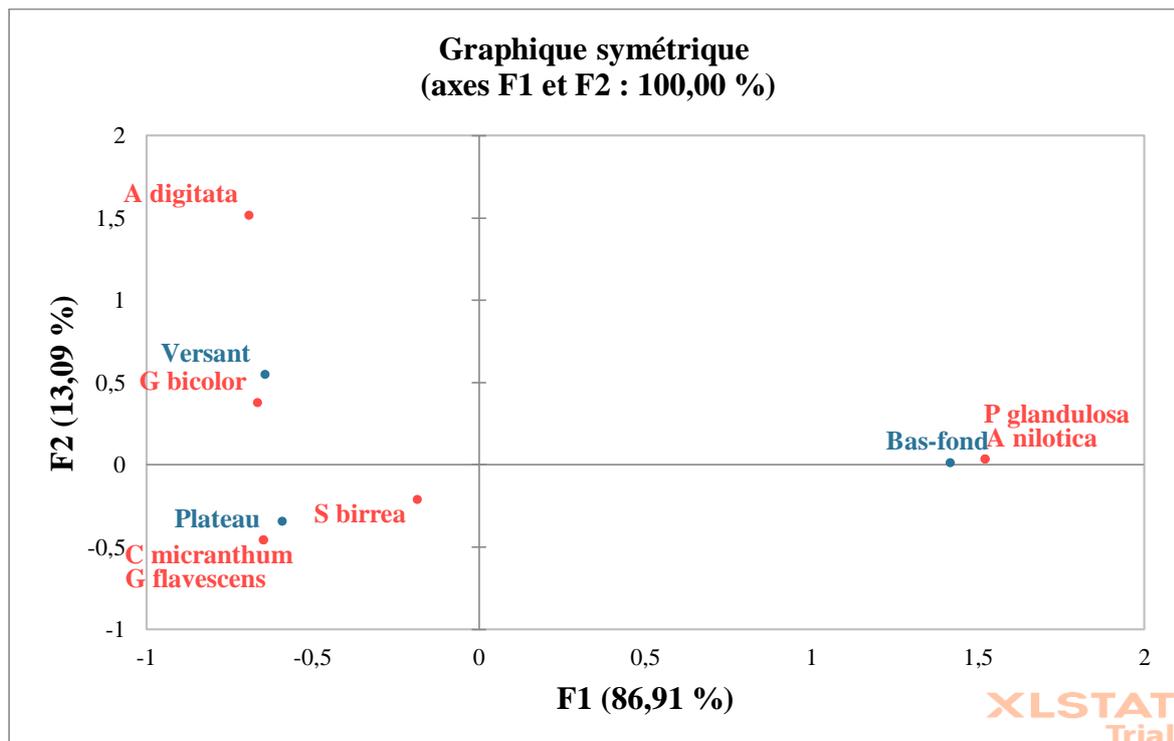


Figure 6: Typologie des différentes unités géomorphologiques de la réserve sur la base des ligneux ( $DHP \geq 5$ cm) inventoriés

### III.1.2.2. Paramètres structuraux

#### III.1.2.2.1. La densité

La densité réelle du peuplement ligneux est de 332 pieds/hectare dans l'ensemble de la réserve. Elle est plus importante sur le bas-fond (500 individus/ha), suivi du versant (275 individus/ha) et enfin du plateau avec 233,33 individus/ha (tableau ci-dessous). Les espèces qui présentent les plus fortes densités ont varié d'une unité à l'autre. Dans le bas-fond, l'espèce *Prosopis glandulosa* s'avère être l'espèce la plus représentée (340 pieds/ha) au détriment des espèces *Acacia nilotica* (100 pieds/ha) et *Sclerocarya birrea* (60 pieds/ha). Sur le plateau, il est noté une forte présence de *Grewia bicolor* et *Combretum micranthum* avec 100 pieds/ha. Au niveau du versant, *Grewia bicolor* suivie de *Combretum micranthum* et *Sclerocarya birrea* sont les plus représentés avec respectivement 175 pieds/ha et 37,5 pieds/ha. L'espèce *Grewia flavescens* absente dans le bas-fond est l'espèce la moins représentée au sein du plateau (33,33 pieds/ha) et du versant (12,5 pieds/ha).

Tableau 5: Répartition de la densité en fonction des unités géomorphologiques

Unité Géomorphologique	Espèces	Densité spécifique (pieds/ha)	Densité totale (pieds/ha)
<b>Bas-fond</b>	<i>Acacia nilotica</i>	100	500
	<i>Prosopis glandulosa</i>	340	
	<i>Sclerocarya birrea</i>	60	
<b>Plateau</b>	<i>Combretum micranthum</i>	100	233,33
	<i>Grewia bicolor</i>	100	
	<i>Grewia flavescens</i>	33,33	
	<i>Sclerocarya birrea</i>	66,67	
<b>Versant</b>	<i>Adansonia digitata</i>	12,5	275
	<i>Combretum micranthum</i>	37,5	
	<i>Grewia bicolor</i>	175	
	<i>Grewia flavescens</i>	12,5	
	<i>Sclerocarya birrea</i>	37,5	

#### III.1.2.2.2. Taux de couverture

La Réserve Naturelle de Popenguine a un taux de couverture du peuplement ligneux de 32,13 %. Ce pourcentage diffère d'une unité géomorphologique à l'autre, car sa valeur dépend très

fortement de la présence de grands arbres aux larges houppiers. Le taux de couverture le plus élevé a été obtenu sur le bas-fond (51,57 %), suivi du versant (37,50 %) et à la fin du plateau (20,44 %).

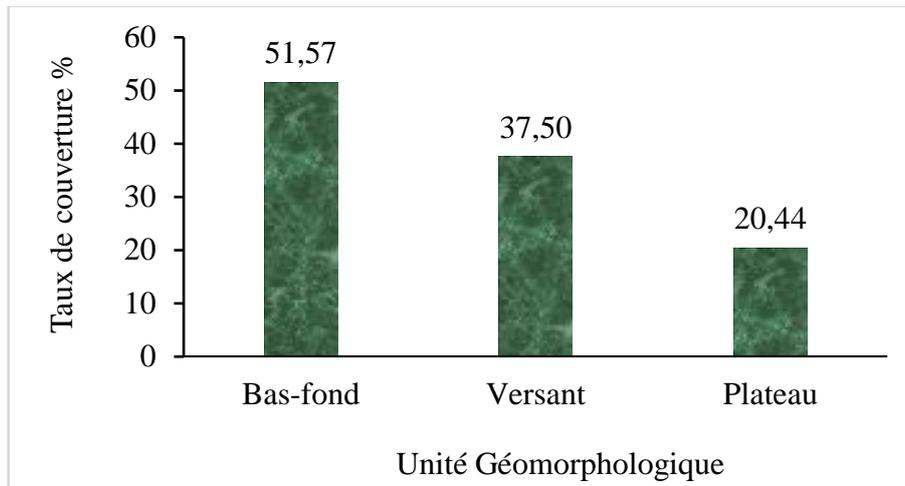


Figure 7: Taux de couverture en fonction des unités géomorphologiques

### III.1.2.2.3. Surface terrière

La surface terrière de l'ensemble de la Réserve Naturelle de Popenguine est de 6,82 m<sup>2</sup>.ha.<sup>-1</sup>. Elle varie d'une unité géomorphologique à l'autre. La surface terrière la plus importante a été enregistrée sur le versant avec 16,31 m<sup>2</sup>.ha.<sup>-1</sup> suivi du bas-fond 3,63 m<sup>2</sup>.ha.<sup>-1</sup> et en fin du plateau avec 1,82 m<sup>2</sup>.ha.<sup>-1</sup>. Sur le versant, *Adansonia digitata* (14,14 m<sup>2</sup>.ha.<sup>-1</sup>) présente la surface terrière la plus élevée et contribuent pour 86% à la surface terrière de cette unité. Sur le bas-fond *Prosopis glandulosa* avec 1,74 m<sup>2</sup>.ha.<sup>-1</sup> et *Acacia nilotica* 1,18 m<sup>2</sup>.ha.<sup>-1</sup> contribuent pour 80 % à la surface terrière. Sur le plateau, *Combretum micranthum* (1,21 m<sup>2</sup>.ha.<sup>-1</sup>) domine largement car elle représente plus de la moitié de la surface terrière de l'unité géomorphologique.

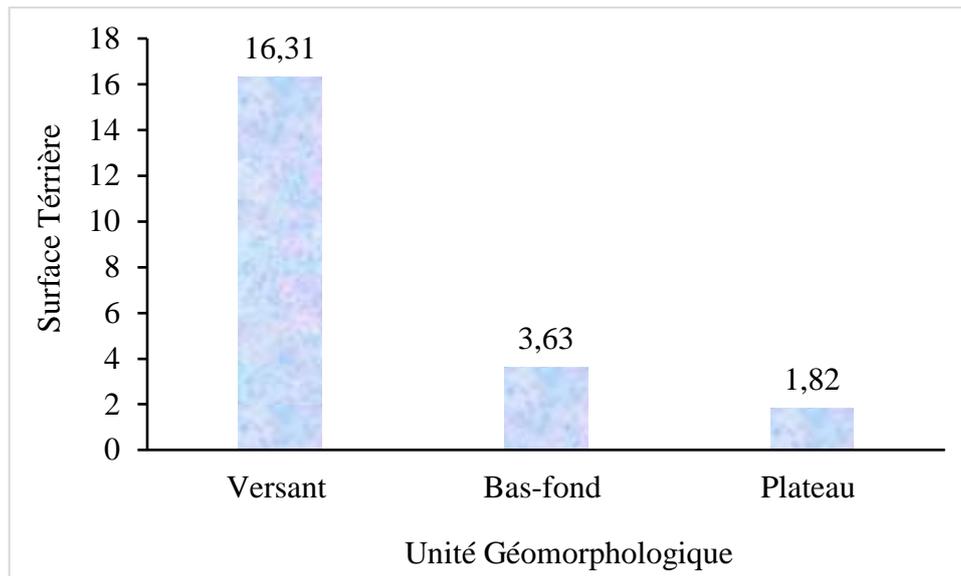


Figure 8: Surface terrière en fonction des unités géomorphologiques

### III.1.2.3. Diversité spécifique du peuplement ligneuse de la RNP

#### III.1.2.3.1. Densité de régénération du peuplement

La densité de régénération totale du peuplement ligneux de la RNP est de 8 060 individus/ha. Cette densité et la composition floristique de la régénération varient suivant les unités géomorphologiques (tableau 6). Il ressort de l'analyse du tableau 6 que c'est au sein du versant qu'a été notée la densité de la régénération la plus élevée avec 10 600 individus/ha, suivie du plateau avec 8 016,67 individus/ha et enfin du bas-fond avec la densité la plus faible 4 100 individus/ha. Sur le versant, l'espèce *Acacia ataxacantha* a enregistré la plus grande densité de régénération avec 3 925 individus/ha et l'espèce *Feretia apodanthera* la plus faible densité avec 75 individus/ha. Au niveau du plateau, la régénération de *Boscia senegalensis* avec 2 625 individus/ha est la plus représentée et celle de *Sclerocarya birrea* avec 141,67 individus/ha est la moins représentée. Dans le bas-fond, la régénération de *Boscia senegalensis* est la plus élevée avec une densité relative de 960 individus/ha ; la densité de régénération naturelle de *Sclerocarya birrea* la plus faible dans cette unité géomorphologique avec 20 individus/ha.

Tableau 6: Densité de régénération en fonction des unités géomorphologiques

Unité géomorphologique	Espèces	Densité spécifique (pieds/ha)	Densité totale (pieds/ha)
<b>Bas-fond</b>	<i>Acacia ataxacantha</i>	780	4100
	<i>Acacia nilotica</i>	320	
	<i>Acacia seyal</i>	640	
	<i>Boscia senegalensis</i>	960	
	<i>Prosopis glandulosa</i>	520	
	<i>Guiera senegalensis</i>	860	
	<i>Sclerocarya birrea</i>	20	
<b>Plateau</b>	<i>Acacia ataxacantha</i>	1108,33	8016,67
	<i>Boscia senegalensis</i>	2625	
	<i>Combretum micranthum</i>	850	
	<i>Grewia bicolor</i>	891,67	
	<i>Grewia flavescens</i>	658,33	
	<i>Guiera senegalensis</i>	1741,67	
	<i>Sclerocarya birrea</i>	141,67	
<b>Versant</b>	<i>Acacia ataxacantha</i>	3925	10600
	<i>Boscia senegalensis</i>	1750	
	<i>Combretum micranthum</i>	1250	
	<i>Feretia apodanthera</i>	75	
	<i>Grewia bicolor</i>	1325	
	<i>Grewia flavescens</i>	1088	
	<i>Guiera senegalensis</i>	1012,5	
<i>Sclerocarya birrea</i>	175		

### III.1.2.3.2. Indice de Valeur d'Importance (IVI)

Les espèces ligneuses de DHP  $\geq 5$  cm avec les Indices de Valeur d'Importance (IVI) les plus importants dans les différentes unités géomorphologiques de la réserve sont présentées dans le tableau 7.

Au niveau du versant, les espèces ayant l'Indice de Valeur d'Importance le plus élevé sont *Grewia bicolor* (38,45 %) et *Adansonia digitata* (34,57 %). Dans le bas-fond, les espèces les plus importantes du point de vue écologique sont respectivement *Prosopis glandulosa* (45,33 %), *Acacia nilotica* (30,86 %) et *Sclerocarya birrea* (23,81 %). Concernant le plateau, les espèces qui y sont les plus importantes écologiquement sont *Sclerocarya birrea* (38,22 %), *Combretum micranthum* (28,40 %) et *Grewia bicolor* (22,73 %).

Tableau 7: Les Indices de Valeur d'importance (IVI) des espèces selon les UG

UG	Espèces	Dr (%)	Fr (%)	Domr (%)	IVI (%)
<b>Versant</b>	<i>Adansonia digitata</i>	4,55	12,5	86,66	34,57
	<i>Combretum micranthum</i>	13,64	12,5	0,35	8,83
	<i>Grewia bicolor</i>	63,64	50	1,72	38,45
	<i>Grewia flavescens</i>	4,55	12,5	0,11	5,72
	<i>Sclerocarya birrea</i>	13,64	12,5	3,60	9,91
<b>Bas-fond</b>	<i>Acacia nilotica</i>	20	32,58	40	30,86
	<i>Prosopis glandulosa</i>	68	47,99	20	45,33
	<i>Sclerocarya birrea</i>	12	19,42	40	23,81
<b>Plateau</b>	<i>Combretum micranthum</i>	33,33	15,02	58,33	28,40
	<i>Grewia bicolor</i>	33,33	13,82	33,33	22,73
	<i>Grewia flavescens</i>	11,11	5,03	25	10,64
	<i>Sclerocarya birrea</i>	22,22	66,13	41,67	38,22

**Légende :** **Dr** : Densité relative ; **Fr** : Fréquence relative ; **Domr** : Dominance relative

#### III.1.2.4. Structure démographique du peuplement ligneux de différentes unités géomorphologiques

##### III.1.2.4.1. Structure verticale

Les distributions en classes de hauteurs présentent des configurations assez régulières sur le versant et le plateau avec domination des individus de hauteurs inférieures à 5 m. Ces individus (jeunes) représentent 72,73 % et 80,56 % du peuplement ligneux trouvé respectivement sur le versant et sur le plateau, ce qui constitue une preuve d'une domination de la strate arbustive sur ces deux unités géomorphologiques. Les individus de hauteur comprise entre 5 et 10 m sont moyennement représentés sur les versants et les plateaux de la RNP avec respectivement 18,18 % et 16,67 %. Les individus de la classe de hauteur [10-15 m] sont très faiblement représentés avec 9,09 % sur le versant et 2,78 % sur le plateau. Cependant, au niveau du bas-fond, on note une dominance des individus de la classe de hauteur [5-10 m] [suivi de ceux de la classe de hauteur [10-15 m] [avec respectivement 66,67 % et 25 %]. Sur cette unité géomorphologique, les jeunes plantes (hauteur inférieur à 5m) sont faiblement représentées (8,33 %).

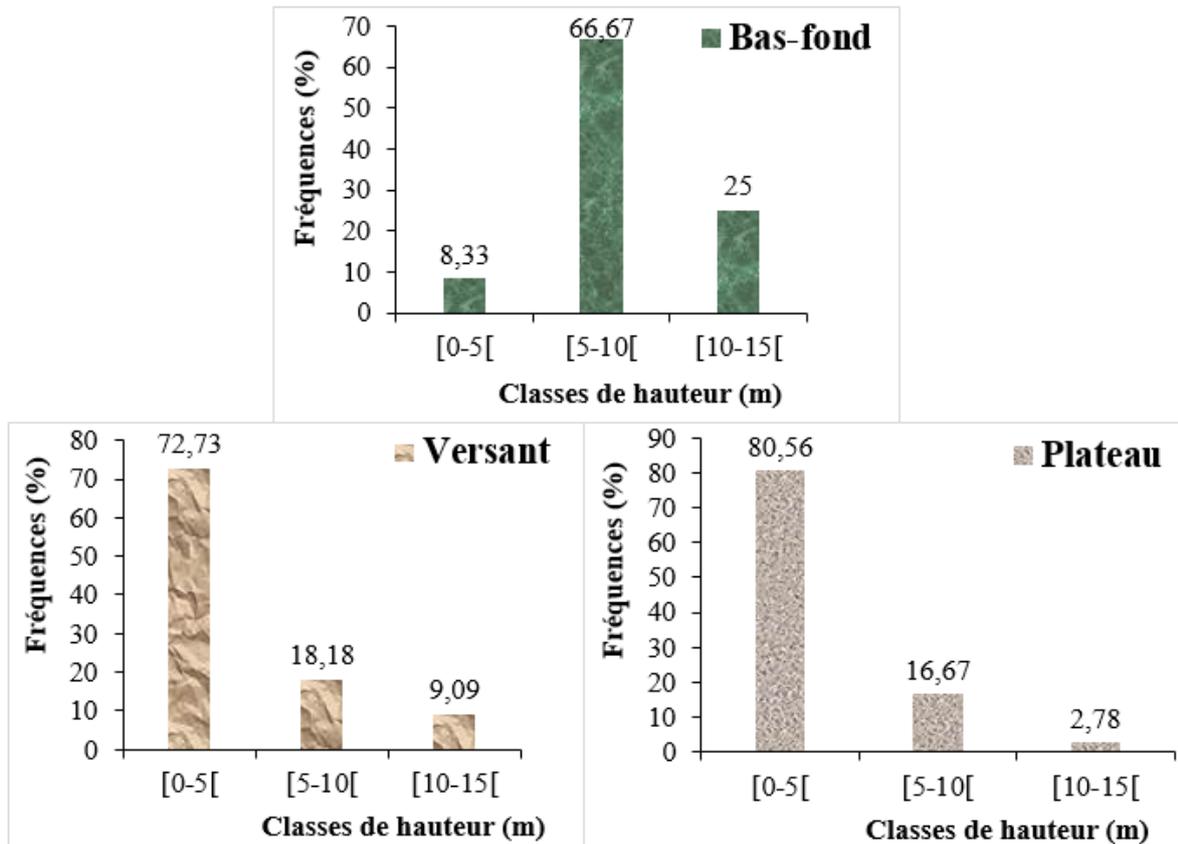


Figure 9: Distribution des individus du peuplement ligneux de la Réserve Naturelle de Popenguine par classes de hauteur selon les différentes unités géomorphologiques

#### III.1.2.4.2. Structure horizontale

La figure 10 montre que le peuplement ligneux dans les différentes unités géomorphologiques présente une structure horizontale de type décroissant (en J renversé), synonyme d'un peuplement particulièrement très jeune et équilibré ; et traduisant une bonne régénération de la végétation ligneuse de la réserve. On constate une prédominance des individus de diamètre compris entre [5-10 cm [avec 60 % ; 80,56 % et 81,82 % des individus du peuplement ligneux respectivement sur le bas-fond, le plateau et le versant. Cette classe de diamètre est suivie par les classes [10-15 cm [et [15-20 cm [avec 28 % et 12 % des individus du peuplement trouvés sur le bas-fond et 8,33 % et 8,33 % des individus du peuplement trouvés sur le plateau.

Cependant, sur le versant, les individus de la classe [10-15 cm [ne sont pas représentés, on note plutôt la présence de la classe [15-20 cm [avec 9,09 % du peuplement ligneux. Cette classe de diamètre est suivie par les classes [30-35 cm [et [120-125 cm [qui représentent respectivement 4,55 % et 4,55 %.

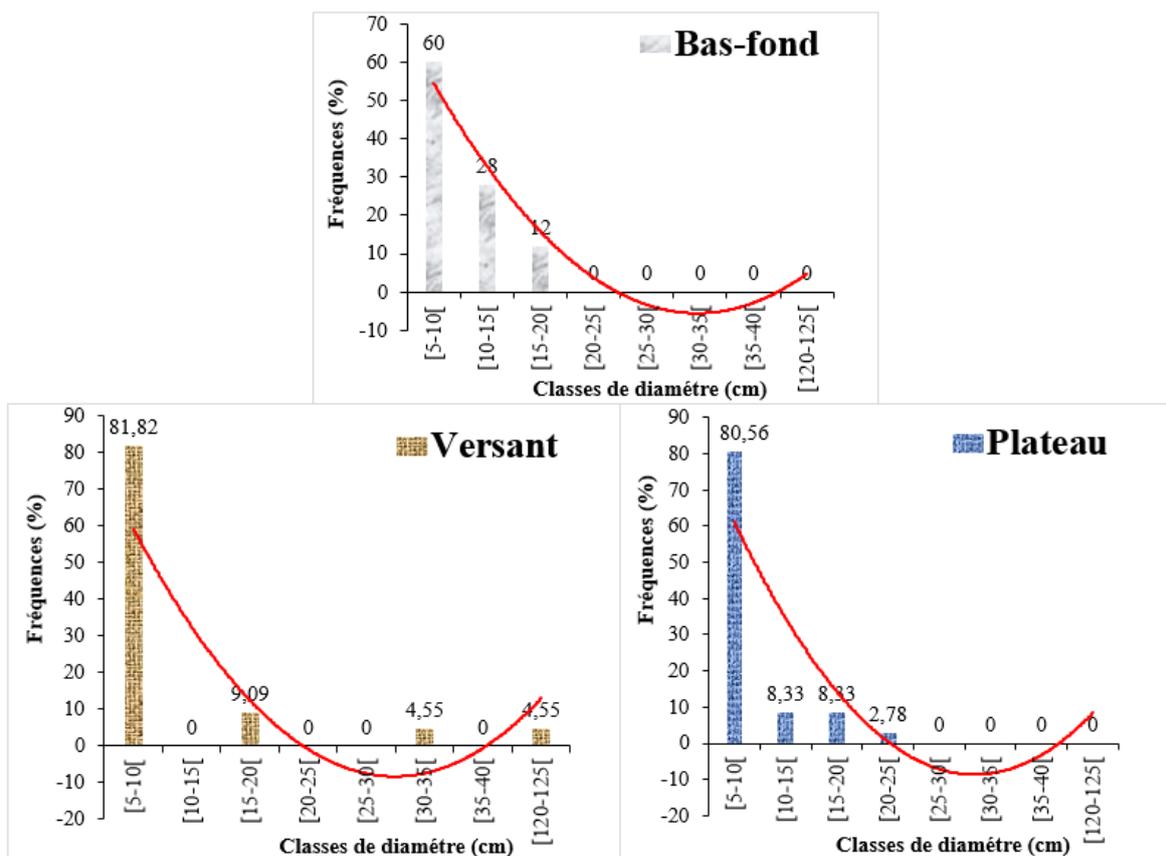
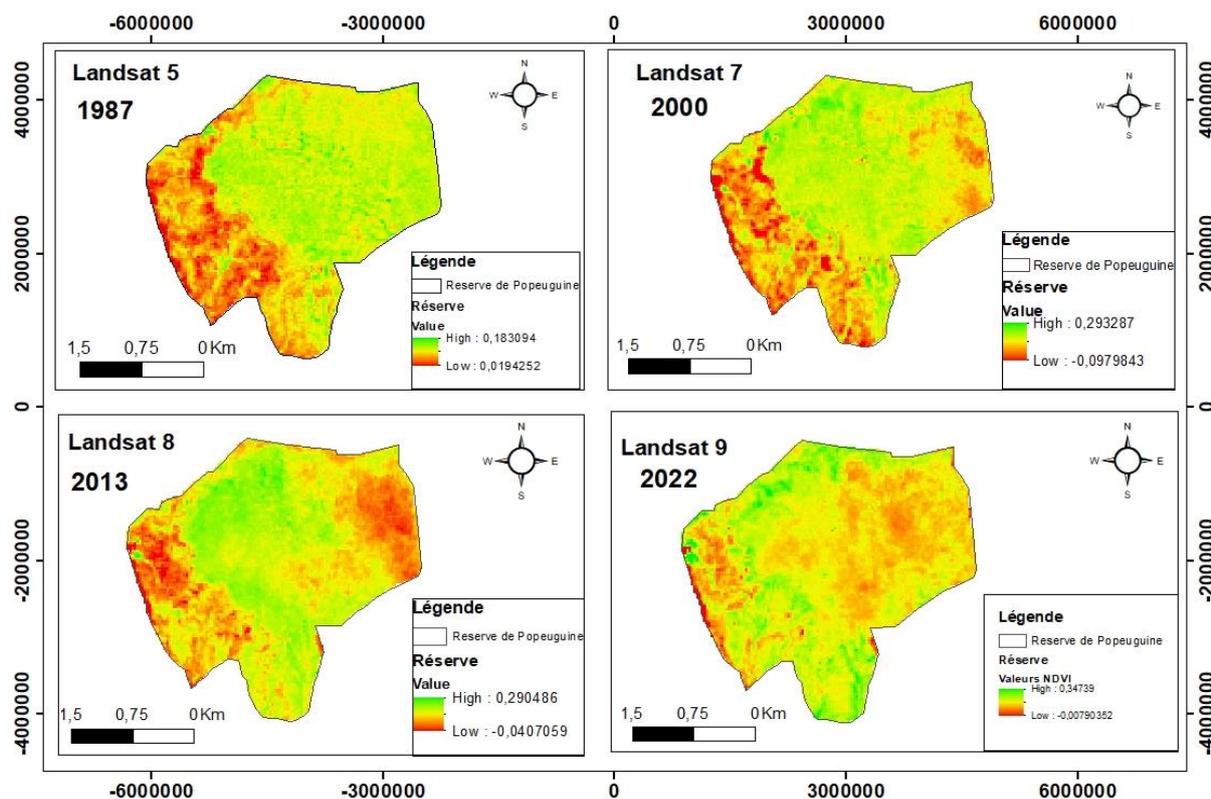


Figure 10: Distribution des individus du peuplement ligneux de la Réserve Naturelle de Popenguine par classes de diamètres selon les différentes unités géomorphologiques

### III.1.3. Dynamique spatio-temporelle de la couverture végétale de la RNP de 1987 à 2022

#### III.1.3.1. Évolution de l'activité chlorophyllienne aux quatre dates

Les résultats issus de l'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI) indiquent, d'une manière générale, une évolution progressive de l'activité chlorophyllienne au fil des années. En 1987, la valeur maximale du NDVI est de 0,18 ; tandis que la valeur minimale se situe à 0,019. L'activité chlorophyllienne est surtout observée au centre et à l'est de la réserve. En 2000 et en 2013, l'activité chlorophyllienne est plus importante qu'en 1987. La valeur maximale durant cette date est de 0,29 ; tandis que la valeur minimale est de -0,97 en 2000 et de -0,40 en 2013. Les zones à forte activité chlorophyllienne sont situées au centre, où la végétation est développée. Les zones à faible valeur de NDVI se situent essentiellement à l'est et un peu à l'ouest. L'année 2022 a enregistré la valeur la plus élevée de NDVI avec un maximum de 0,34 observé au nord, au sud et un peu à l'ouest de la réserve. La valeur minimale durant cette période est de -0,07 ; localisée au centre et à l'est de la zone d'étude.



Réalisateur : Christine V. N. SAGNA ; Source : USGS ; SCR : WGS 84 UTM zone 28N ; Date : Février 2024

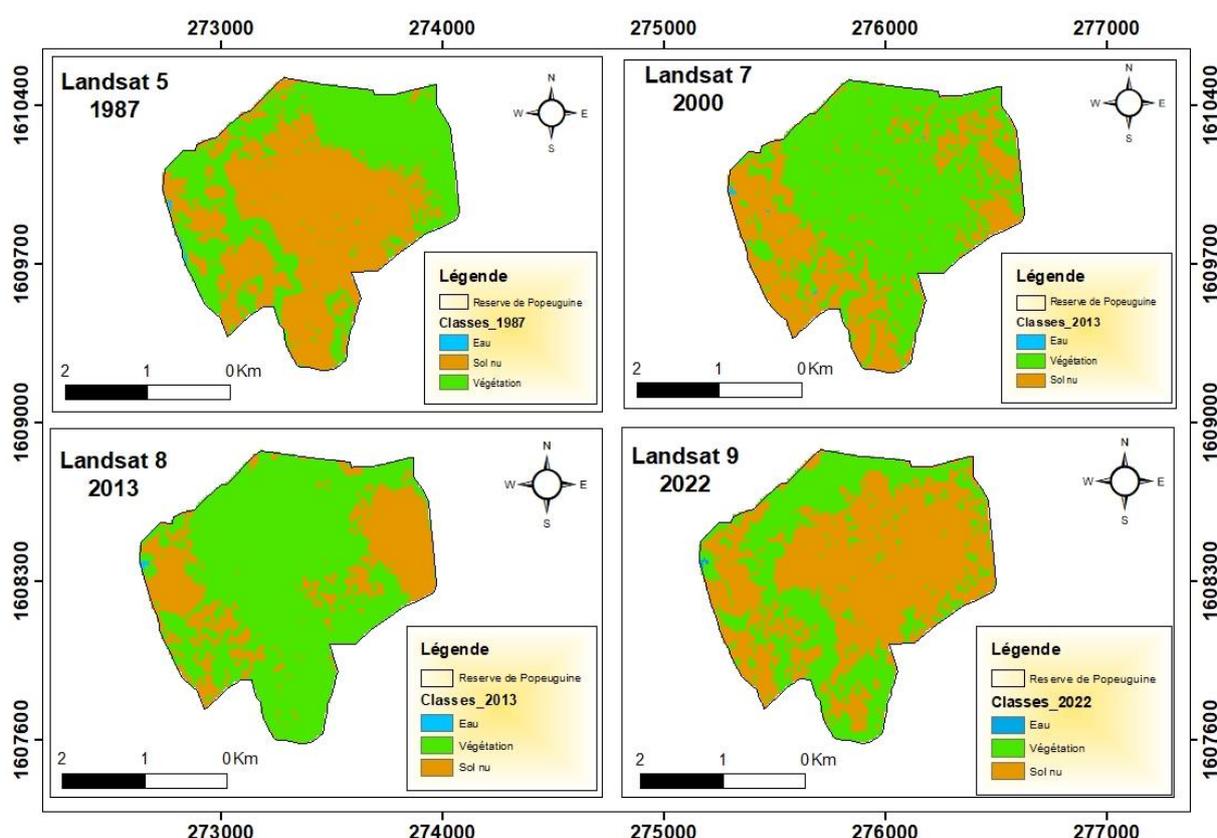
Figure 11: Cartes des NDVI de la Réserve Naturelle de Popenguine de 1987, 2000, 2013 et 2022

### III.1.3.2. Dynamique de l'occupation de sol de la RNP de 1987 à 2022

Les cartes (figure 12) et le tableau 8 associé à cette figure, montrent les différents changements de l'occupation du sol en général et du couvert végétal en particulier, constatés dans la RNP de 1987, 2000, 2013 et 2022. En 1987 et en 2022, l'occupation du sol de la réserve est caractérisée par une forte présence des sols nus qui occupent plus de la moitié de la superficie de cette dernière, soit respectivement 57,36 % (340,09 ha) et 63,56 % (509,73 ha) contre les surfaces végétales avec 42,40 % (521,73 ha) et 36,33 % (291,37 ha). En 2000 et 2013, le tableau mentionne une régénération de la végétation de la réserve à des proportions respectives de 65,08 % et 73,18 %. Au même moment, les sols nus ont fortement régressé dans la réserve et occupent 34,83 % en 2000 puis 26,72 % en 2013. L'eau très faiblement présente dans la partie terrestre de la réserve (un seul point d'eau temporaire) a également perdu de sa superficie au fil des années en passant de 0,24 % soit 1,93 ha en 1987 à 0,11 % soit 0,87 en 2022.

Tableau 8: Statistiques de l'occupation du sol en 1987, 2000, 2013 et 2022

Classes d'occupation du sol	Superficie en hectare (ha)				Proportion (%)			
	1987	2000	2013	2022	1987	2000	2013	2022
Eau	1,93	0,79	0,77	0,87	0,24	0,10	0,10	0,11
Végétation	340,09	521,73	587,26	291,37	42,40	65,08	73,18	36,33
Sol nu	460,02	279,20	214,42	509,73	57,36	34,83	26,72	63,56



Réalisatrice : Christine V. N. SAGNA ; Source : USGS Landsat 5, 7, 8 et 9 ; SCR : WGS 84 UTM zone 28N ; Date : Février 2024

Figure 12: Cartographie de l'occupation du sol de la Réserve Naturel de Popenguine en 1987, 2000, 2013 et 2022

### III.1.3.3. Évolution des changements de couverture végétale de 1987 à 2022

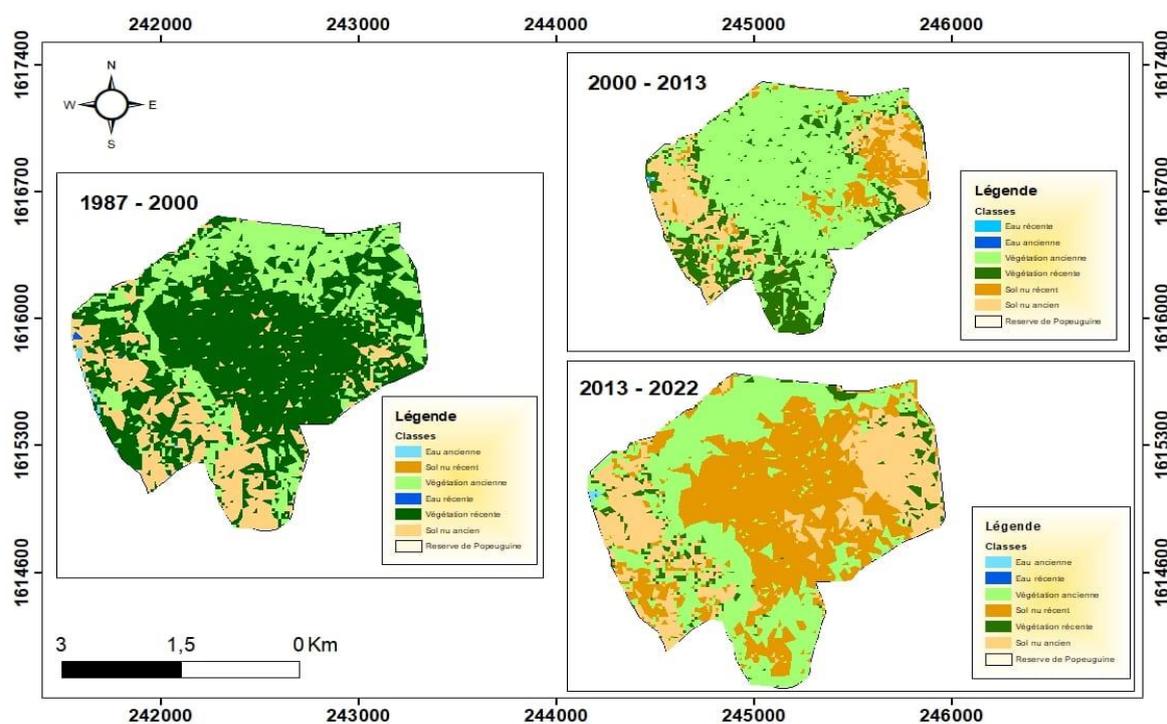
De 1987 à 2022, les trois (3) unités paysagères de la RNP ont connu des changements significatifs. La dynamique révèle une hausse pour certaines catégories d'occupation du sol et une baisse pour d'autres pendant les différentes dates de prise de vue des images. La dynamique initialement progressive du profil de la végétation a subi un changement significatif au cours des dernières années d'observation. En effet, la végétation a vu sa superficie augmenter respectivement de 181,64 ha et 65,53 ha, soit des augmentations de 53,41 % et 12,56 % durant

les périodes 1987-2000 et 2000-2013. Entre 2013 et 2022, on a constaté une importante diminution de la surface végétale, avec une perte de 295,89 hectares, soit 50,38 %. En parallèle, les sols nus qui diminuaient considérablement (-180,82 ha entre 1987-2000 et -64,78 ha entre 2000-2013) ont connu une augmentation de 295,31 ha, ce qui représente 137,73 % de leur superficie.

Globalement, la tendance de l'occupation du sol de de la RNP entre 1987 et 2022 est régressive pour la végétation et l'eau, avec respectivement 48,72 ha et 1,06 ha perdus, soit respectivement 14,33 % et 54,92 % de superficie. Concernant les sols nus, on a constaté une augmentation de 10,81 % entre 1987 et 2022 sur une superficie de 49,71 hectares (tableau 9 et figure 13).

Tableau 9: Évolution de l'occupation du sol dans la RNP de 1987 à 2022

Évolution des changements de couverture végétale								
Classes	1987-2000		2000-2013		2013-2022		1987-2022	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
<b>Eau</b>	-1,13	-58,55	-0,03	-3,75	0,1	12,99	-1,06	-54,92
<b>Végétation</b>	181,64	53,41	65,53	12,56	-295,89	-50,38	-48,72	-14,33
<b>Sol nu</b>	-180,82	-39,31	-64,78	-23,20	295,31	137,73	49,71	10,81



Réalisatrice : Christine V. N. SAGNA ; Source : USGS Landsat 5, 7, 8 et 9 ; SCR : WGS 84 UTM zone 28N ; Date : Février 2024

Figure 13: Cartographie des changements de l'occupation du sol de la Réserve Naturelle de Popéguine entre 1987-2000, 2000-2013 et 2013-2022

## III.2. DISCUSSION

### III.2.1. La composition spécifique de la flore

L'analyse de la flore de la Réserve Naturelle de Popenguine (RNP) a révélé une richesse spécifique de 96 espèces réparties en 79 genres et 30 familles. Les herbacées recensées, au nombre de 64 espèces (44 annuelles et 20 vivaces), sont majoritaires aux ligneuses estimées à 32 espèces dans la réserve. Ces résultats ne corroborent pas ceux obtenus par Niemet Gampika (2012) et Diédhiou (2011) d'une part et ceux obtenus par Thiam (2013) d'autre part. Ces auteurs, ayant respectivement travaillé uniquement sur les ligneux et uniquement sur les herbacées dans la RNP, ont enregistré des richesses spécifiques supérieures au nôtre. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que nous n'avons pas pu parcourir toute la réserve pour inventorier l'ensemble de l'échantillonnage à cause des mauvaises conditions du terrain. Ainsi, notre flore peut être revue à la hausse parce que quelques échantillons restent à déterminer. De plus, les périodes de la réalisation des études et les types d'échantillonnage qui diffèrent peuvent également expliquer cette différence. La présence importante des herbacées annuelles contrairement aux vivaces témoigne d'un déséquilibre de l'écosystème de la RNP. En effet, malgré le statut de protection de la réserve, cette dernière n'est pas à l'abri des feux de brousse. Par ailleurs, elle est sujette ces dernières années à des convoitises de la part des populations, notamment des éleveurs, à cause de sa végétation qui demeure la seule encore présente dans la zone. Cela pourrait expliquer la dominance des herbacées annuelles au détriment des vivaces dans la réserve. Ces mêmes raisons ont été avancées par Diallo et al. (2013) pour expliquer le rapport herbacées annuelles/vivaces élevé dans la réserve de Fina au Mali.

Les familles des *Fabaceae* (23,96 %), *Malvaceae* (14,58 %), *Poaceae* (6,25 %), *Rubiaceae* (6,25 %) sont les plus riches en espèces avec un cumul total de 51,04 %, soit un nombre de 69 espèces de la flore de cette étude. Ce résultat est similaire à l'étude antérieure menée dans la zone par Thiam (2013) qui a rapporté que les *Fabaceae* étaient la famille la plus représentée dans la RNP. Cette importance des *Fabaceae* et des *Malvaceae* s'expliquerait par l'utilisation de la classification APGIII qui réunit les sous-familles des *Fabaceae*, des *Mimosaceae* et des *Caesalpinaceae* dans la famille des *Fabaceae* et les sous-familles des *Tiliaceae* et des *Sterculiaceae* dans la famille des *Malvaceae* (Bassene et al., 2014 ; Bassene, 2012). En ce qui concerne les *Poaceae*, leur importance serait surtout liée à leur grande capacité de production de graines même dans les conditions hostiles (Ka et al., 2019). Saidou et al. (2010) soulignent

que les graminées résistent aux différentes perturbations et qu'elles développent des stratégies leur permettant de se maintenir et de se développer dans un environnement perturbé.

### **III.2.2. Le spectre taxonomique**

Les Dicotylédones dominent très largement cette flore avec 91,67 % des espèces (soit 88 espèces) contre 8,3 % chez les Monocotylédones (8 espèces). Ces résultats corroborent ceux de Faye et al. (2018) trouvés dans la Réserve Spéciale de Faune de Gueumbeul (RSFG). Sur l'étendue du territoire sénégalais, cette même tendance de prédominance des dicotylédones au profil des monocotylédones tant au niveau des familles, des genres et des espèces a été observée par plusieurs auteurs comme Ba & Noba (2001); Bassene et al. (2014) et Diouf et al. (2019).

### **III.2.3. Le spectre biologique**

La flore de la RNP est caractérisée par 6 types biologiques. Il s'agit des thérophytes, des phanérophytes, des chaméphytes, des hémicryptophytes, des géophytes et des hydrophytes. L'analyse du spectre biologique nous a permis de constater la prédominance des thérophytes, 54 % des espèces dans la RNP. Cette prédominance était déjà observée par Thiam (2013) , qui avait uniquement travaillé sur les herbacées de la réserve. La faiblesse de la pluviométrie de la zone, l'hydrologie mauvaise de la réserve caractérisée par l'assèchement progressif de son unique plan d'eau (pendant une grande période de l'année) et les pressions et menaces qui prennent de l'ampleur dans la RNP peuvent être la raison de cette importante présence des thérophytes. Ces espèces, dotées d'un cycle de vie très court, sont capables de résister aux conditions édapho-climatiques les plus extrêmes en passant la mauvaise saison à l'état de graine. Les phanérophytes (27 % des espèces), les plus importants après les thérophytes, montrent la faible représentativité des ligneux dans presque toute la réserve. Cette présence des phanérophytes constitue, selon Arouna et al. (2016) un espoir pour reconstituer les formations naturelles dégradées.

### **III.2.4. Le spectre phytogéographique**

Les types phytogéographiques ont été aussi évalués à travers leurs spectres bruts. Ils traduisent la fidélité des espèces à leur région de confinement et permettent de juger de la spécificité de la flore locale (Arouna, 2012). Dans l'ensemble, les espèces Africaines et Pantropicales constituent plus de la moitié de la flore de la réserve. Les espèces d'origine africaines sont plus nombreuses et représentent plus du quart (37,5 %), suivies des espèces pantropicale avec 27,28 %. Ces résultats sont similaires à ceux de Thiam (2013) qui a obtenu des proportions respectives

de 36,44 % et 22,42 % au cours de son étude sur la flore et groupements végétaux herbacées de la RNP. La dominance des espèces Africaines attestant que la flore de la réserve garde encore sa spécificité phytogéographique en dépit des perturbations qu'elle a subies (Arouna et al., 2016). Bassene (2012) estime que la dominance des espèces africaines pourrait s'expliquer par la position continentale et probablement par l'adaptation de ces espèces aux conditions bioclimatiques de la zone. Toutefois, l'importance remarquable des espèces pantropicales semble être liée à la position géographique du Sénégal en général et de la RNP en particulier, qui est occidentale et océanique (Noba et al., 2004 ; Bassene, 2012). Les espèces afro-asiatiques, cosmopolites et asiatiques sont à signaler compte tenu de leurs proportions. Ces proportions pourraient s'expliquer du fait que le biotope de la réserve est l'un des points de chute des eaux pluviales du bassin versant côtier de Popenguine, pouvant accueillir ainsi beaucoup d'éléments étrangers à la réserve comme les graines des espèces introduites.

### **III.2.5. Caractérisation de la végétation ligneuse**

L'étude de la variabilité des espèces en fonction des unités géomorphologiques par l'AFC a permis de mettre en évidence les trois unités géomorphologiques qui caractérisent la réserve. Nous constatons que le bas-fond, floristiquement pauvre, est caractérisé par une végétation constituée essentiellement de légumineuses, à savoir *Prosopis glandulosa* et *Acacia nilotica*, avec une forte dominance de *Prosopis glandulosa*. Ce groupe est similaire à celui rencontré dans la réserve spéciale de faune de Gueumbeul (RSFG) par Faye et al. (2018) et dans le conservatoire botanique Michel Adanson de Mbour par Diop et al. (2019). *Prosopis glandulosa*, originaire d'Amérique et introduite au Sénégal, s'adapte bien aux conditions climatiques et édaphiques. Elle est dotée d'un grand pouvoir de régénération, comme il a été constaté dans nos résultats, avec une densité de régénération assez importante de l'espèce. Cependant, l'effet allélopathique de *Prosopis glandulosa*, souligné par Dave et Bandari (2013) cité par Faye et al. (2018) pourrait être la raison de la pauvreté floristique du bas-fond. Le versant se reconnaît par la prédominance de *Gréwia bicolor* et *Adansonia digitata*. Ces deux espèces sont également enregistrées par Ndong et al. (2015) dans le Ferlo comme fourrage ligneux de préférence des animaux, car possédant une grande concentration en nutriments digestibles. Floristiquement, le versant est très diversifié. On y rencontre des espèces comme *Acacia ataxacantha*, *Boscia senegalensis*, *Combretum micranthum*, *Feretia apodanthera*, *Grewia flavescens*, *Guiera senegalensis*, *Sclerocarya birrea*, etc. Sur le plateau, il est constaté une dominance de *Combretum micranthum*, *Grewia flavescens* et *Sclerocarya birrea*. Ce résultat est comparable à celui trouvé par Ndong et al. (2015) dans le Ferlo-Nord. Ces espèces,

qui caractérisent le plateau ont la réputation d'être tolérante à la sécheresse et à la variabilité des conditions édapho-climatiques (Diouf et al., 2019; Wenemi Kagambèga et al., 2019).

La densité du peuplement dans l'ensemble de la réserve qui est de 332 pieds/hectare varie en fonction des unités géomorphologiques. La plus forte densité de ligneuse a été enregistrée sur le bas-fond (500 pieds/ha). Ce résultat est supérieur à celui obtenu par Ngom et al. (2013) dans l'aire centrale de la réserve du Ferlo (392 individus/ha). La densité relativement importante sur le bas-fond pourrait être liée aux paramètres hydrologiques qui caractérisent cette unité paysagère. En effet, dans le bas-fond, les essences bénéficient des conditions d'humidité assez élevées situées sur un sol profond bénéficiant des produits de l'érosion subie par le plateau. Ce qui n'est pas le cas sur le plateau et le versant où les arbres évoluent sur un sol peu à moyennement profond. Ces résultats sont confirmés par Wala (2004) et Kadeba (2009) cités par Toudou (2011) selon lesquels la composition floristique, la diversité spécifique, l'abondance des espèces et la structure des formations végétales varient suivant le gradient topographique et édaphique. En ce qui concerne les ligneux de  $DHP \geq 5$  cm ; *Prosopis glandulosa* (340 pieds/ha) et *Grewia bicolor* (175 pieds/ha) sont les espèces les plus densément peuplées de la Réserve Naturelle de Popenguine.

Le taux de couverture ligneux est de 32,13 % dans l'ensemble de la réserve. Cette valeur est proche de celle de Ngom et al. (2013) qui ont enregistré un taux de couverture de 35,3 % dans l'ensemble de la Réserve de Biosphère du Ferlo. Le couvert végétal plus élevé sur le bas-fond (51,57 %), que dans les autres unités s'explique par la forte densité de présence d'arbres à cimes assez grandes (*Acacia nilotica*, *Sclerocarya birrea*, *Prosopis glandulosa*). Ces résultats sont en phase avec les propos de Akpo (1993) cités par Ngom et al. (2013) qui souligne que les arbres à houppiers développés contribuent plus au recouvrement et, jusqu'à un certain degré de recouvrement, ils modifient les conditions écologiques en réduisant le pouvoir évaporant de l'air, en favorisant le bilan hydrique du sol et en améliorant la fertilité.

Dans l'ensemble de la réserve, la surface terrière est évaluée à  $6,82 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ . Cette dernière est plus élevée sur le versant ( $16,31 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) qui a l'une des densités les moins importantes de la réserve et assez faible sur le bas-fond ( $3,63 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) qui présente la plus grande densité. Ceci confirme Bouxin (1975) cité par Ngom et al. (2013) selon qui il n'existe pas de parallélisme entre la surface terrière et la densité. Cependant, la surface terrière importante de l'espèce *Adansonia digitata* ( $14,14 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) explique la dominance du versant en terme de surface

terrière, car cette espèce est l'une des plus dominantes sur le versant. De plus, c'est un arbre, avec des troncs d'importante grosseur.

La régénération naturelle est à la base de la compréhension de la dynamique de la végétation ligneuse. Elle peut être végétative ou par semis naturel (Ngom et al., 2013; Ousseina et al., 2015). La densité de régénération est globalement importante dans la réserve (8 128 pieds/ha) grâce à la forte présence d'espèces comme *Boscia senegalensis*, *Acacia ataxacantha*, *Guiera senegalensis*, etc. Dans le versant (10 600 individus/ha), elle est largement supérieure à celle du plateau (8 158,33 individus/ha) et du bas-fond (4 100 individus/ha). Cela s'explique par le fait que le versant est pratiquement au cœur de la réserve, ce qui signifie qu'il est moins soumis à la pression humaine que les deux autres unités où des établissements humains sont installés tout au long. L'importance de cette régénération diffère d'une espèce à l'autre. *Boscia senegalensis* est l'espèce avec la densité de régénération la plus importante de la réserve, suivie de *Acacia ataxacantha* et de *Guiera senegalensis*. Ces résultats sont similaires à ceux de Ngom et al. (2013) qui ont trouvé d'importants taux de régénération de *Guiera senegalensis* et *Boscia senegalensis* dans la Réserve de Biosphère du Ferlo (RBF). La forte densité de régénération de *Boscia senegalensis* peut être due à la présence des oiseaux qui sont de grands consommateurs et disséminateurs des graines de *Boscia*, ce qui facilite ainsi sa germination (Treca & Tamba, 1997). La deuxième, *Acacia ataxacantha* s'installe dans toutes les zones perturbées ou dégradées et dans toutes les configurations géographiques, ce qui peut expliquer sa forte présence. Selon Gning (2008), les caractéristiques d'adaptation des espèces et des structures de végétation face à la sécheresse et à la variabilité des conditions édapho-climatiques sont à l'origine des capacités de régénération en zone sahélienne. *Guiera senegalensis* est également très présente en termes de régénération dans la réserve. Ce résultat ne corrobore pas celui de Bationo (1994) qui souligne que *Guiera senegalensis* régénère mieux dans les conditions de parcelle non protégée que dans les conditions de parcelle protégée. Cependant, la forte dégradation de la clôture de la réserve l'exposant à la divagation du bétail, pourrait justifier cette forte densité de régénération de *Guiera senegalensis*, car selon Ngom et al. (2013), cette espèce est capable de régénérer même après une coupe rase par apparition de rejets de souches appréciées par les bovins. Par ailleurs, ces derniers soulignent aussi que le passage du feu stimule le rejet de souches chez certaines espèces, notamment *Guiera senegalensis* et *Boscia senegalensis*. En effet, les perturbations qui détériorent la partie aérienne de l'écosystème, mais qui préservent le sol, favorisent les espèces qui drageonnent, qui rejettent des souches ou qui

régénèrent à partir de la banque de semences du sol (Gosselin & Laroussinie, 2004) cité par Ngom et al. (2013).

Selon l'analyse de l'indice de valeur d'importance, il ressort que sur les 25 placettes, les espèces à DHP  $\geq 5$  cm les plus significatives dans la réserve sont : *Prosopis glandulosa* et *Grewia bicolor* en raison de leur densité et de leur fréquence élevées, tandis que *Adansonia digitata* et *Sclerocarya birrea* se distinguent également par leur abondance. Le bas-fond est dominé par *Prosopis glandulosa*, le versant par *Grewia bicolor* et *Adansonia digitata* et le plateau par *Sclerocarya birrea*.

La structure démographique du peuplement ligneux des unités géomorphologiques de la RNP a montré que le bas-fond est caractérisé par une forte dominance des individus de moyenne et grande taille et de faible diamètre. Ces caractéristiques témoignent de la présence d'une strate arborescente à faible diamètre. Sur le versant et le plateau, la structure du peuplement ligneux suivant la hauteur nous a permis de distinguer la présence d'une strate arbustive à *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, *Grewia flavescens* et *Sclerocarya birrea*. La structure des ligneux suivant le diamètre sur ces unités géomorphologiques montre un modèle de distribution de type exponentiel décroissant ou structure en «L» synonyme d'un bon état de renouvellement des ressources végétales ; le peuplement est relativement jeune, équilibré avec un important taux de régénération (Ouédraogo, 2006). D'après Ouédraogo et al. (2008), l'équilibre de ce peuplement ligneux révèle de la capacité d'adaptation aux pressions du milieu, notamment les feux précoces ainsi que les conditions édaphiques.

### **III.2.6. Dynamique des changements de la couverture végétale de la RNP**

Les recherches menées dans la Réserve Naturelle de Popenguine avant 2013-2022 ont révélé une évolution progressive dans le temps et dans l'espace de la flore de la réserve (P. M. Diédhiou, 2010; S. Diédhiou, 2011; B. Diop, 2009; Niemet Gampika, 2012; Thiam, 2013). Nos résultats de télédétection ont révélé cette tendance entre 1987 et 2013, avec une augmentation de la superficie de la végétation de la zone passant de 340,09 hectares à 587,26 hectares, ce qui représente une augmentation de 42,40 % à 73,18 %. Selon Niemet Gampika, (2012), ces résultats pourraient être expliqués par différentes raisons telles que le changement de statut de conservation de la réserve, qui est passé d'une forêt classée non clôturée à une réserve entièrement clôturée, ce qui limite considérablement les pressions anthropiques sur la ressource ; A cela s'ajoutent les actions de restauration de l'écosystème entreprises dans la réserve, telles que le reboisement, les aménagements antiérosifs, les barrages de rétention d'eau,

etc. ; ainsi que le retour de la pluviosité observé à partir de 1995 après la sécheresse intense des années 80 (Nicholson, 2005). Toutefois, nos résultats indiquent une diminution de la couverture végétale de la RNP entre 2013 et 2022, même si les quantités de pluie enregistrées dans la zone pendant cette période sont assez importantes. Cette diminution de la végétation pourrait être due au fait que la RNP est devenue très recherchée des populations riveraines ces dernières années en raison de la remontée biologique très visible et caractérisée par des buissonnements importants, après plus de trente ans de mise en défens (DPN, 2023). Celui-ci fait référence aux phénomènes de coupe illicite de bois, de divagation du bétail et surtout de feux de forêt qui se manifestent de plus en plus dans la réserve, en particulier dans sa partie Sud et Est.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail portait sur l'analyse de la dynamique spatio-temporelle et caractérisation de la couverture végétale dans la Réserve Naturelle de Popenguine. Elle a permis de répertorier 96 espèces réparties en 79 genres et 30 familles dans la réserve dont plus représentées sont les *Fabaceae*, les *Malvaceae*, les *Poaceae* et les *Rubiaceae*. Les herbacées recensées sont au nombre de 64 espèces (44 annuelles et 20 vivaces) contre 32 espèces ligneuses. L'analyse de la flore a montré en termes de types biologiques et phytogéographiques un peuplement marqué par l'importance des thérophytes et d'une végétation majoritairement composée d'espèces Africaines. La densité du peuplement tout comme son recouvrement était assez significative dans la réserve, notamment dans le bas-fond. La régénération était globalement très importante dans les trois (3) unités géomorphologiques de la réserve. En termes d'abondance et de dominance, les espèces telles que *Prosopis glandulosa*, *Grewia bicolor*, *Adansonia digitata* et *Sclerocarya birrea* étaient les plus représentées. La structure verticale du peuplement dans le bas-fond, marquée par l'abondance d'individus de taille moyenne, témoignait de la présence d'un peuplement arborescent. Le versant et le plateau étaient caractérisés par des individus de petite taille traduisant un peuplement arbustif. La structure horizontale de type décroissant sur toutes les UG de la réserve traduisait un peuplement dont la dynamique était en parfaite reconstruction avec une très bonne régénération. Ces résultats permettaient de déduire que dans la zone d'étude, le mode de conservation adopté depuis plus de trente ans avait fait ses preuves et que des efforts doivent être mobilisés davantage pour que l'écosystème de la réserve soit stable.

La dynamique spatio-temporelle de la couverture végétale dans cette zone est globalement régressive marquée par deux (2) phases : une évolution progressive de la couverture végétale de la réserve entre 1987 et 2013 suivi d'une forte régression de cette couverture végétale entre 2013 et 2022, malgré les bonnes pluviométries qui avaient été enregistrées pendant cette période. Il devient alors urgent de mettre en place des mesures d'intervention pour faire face à ces pressions et menaces.

Les résultats de cette étude constituent à la fois une base de données et un outil pour les décideurs et les populations à bien orienter leurs actions de gestion et de protection des ressources naturelles de la réserve. Ainsi, il serait très intéressant de chercher à connaître la contribution de la Réserve Naturelle de Popenguine à l'atténuation des effets du changement climatique en caractérisant la capacité de séquestration de carbone de sa végétation.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjonou, K., Radji, A. R., Kokutse, A. D., & Kokou, K. (2016).** Considération des caractéristiques structurales comme indicateurs écologiques d'aménagement forestier au Togo (Afrique de l'Ouest). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 16(1), 16 p. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17004>
- Arouna, O. (2012).** Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la commune de Djidja au Bénin: Implications pour l'aménagement du territoire. [*Thèse de Doctorat Unique*]. Université d'Abomey-Calavi, 246 p.
- Arouna, O., Etene, C. G., & Issiako, D. (2016).** Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 108, 10543-10552. <https://doi.org/10.4314/jab.v108i1.7>
- Ba, A. T., & Noba, K. (2001).** Flore et biodiversité végétale au Sénégal. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 12(3), 149-155.
- Bassene, C. (2012).** Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal): Structure et nuisibilité des espèces. *Journal of Applied Biosciences* 59: 4307– 4320.
- Bassene, C., Mbaye, M. S., Camara, A. A., Kane, A., Gueye, M., Sylla, S. N., Sambou, B., & Noba, K. (2014).** La flore des systèmes agropastoraux de la Basse Casamance (Sénégal): Cas de la communauté rurale de Mlomp. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(5), 2258-2273. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i5.28>.
- Bationo, B. A. (1994).** Etude des potentialités agroforestières, de la multiplication et des usages de *Guiera senegalensis* J.F. GMEL [*Mémoire de fin d'études, Institut de Développement Rural/Université de Ouagadougou.*], 93 p. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:41793>
- Baudoin, W. T. J., François, N. V., & Théophile, F. (2018).** Analyses des spectres écologiques de la flore des savanes des hautes terres de l'Ouest Caméroun. 8 p.
- Bellefontaine, R., Gaston, A., & Petrucci, Y. (1997).** Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. Rome: FAO, 337 p. (*Cahiers FAO conservation, Vol. 32*) ISBN 92-5-203970-8.
- Berhaut, J. (1971).** Flore illustrée du Sénégal. *Editions Clairafrique*, 485 p.
- BIODEV2030. (2021).** Evaluation de l'état de la biodiversité et de ses différentes menaces au Sénégal, [*Rapport final*], (74 p).

- Boulud, G. (1998).** Les femmes des singes, la femme africaine en milieu rural : Une actrice privilégiée du développement durable? <<L'exemple de l'Espace Naturelle Communautaire Ker Cupaam et de la Réserve Naturelle de Popenguine au Sénégal.>> [Maîtrise d'aménagement]. Université Jean-Moulin, Lyon III, 161 p.
- Dailly, V. (2012).** Aménagement et gestion d'aire protégée en Afrique, 70 p.
- Denis, A. (2020).** Travaux Pratiques de Télédétection Spatiale. 111 p.
- Diallo, H., Faye, E. H., Kone, B., Bindelle, J., Lejoly, J., & Maiga, M. (2013).** Biodiversité et valeur pastorale des herbacées de la Réserve de Fina (Mali). *Scripta Botanica Belgica*, 50, 111-120.
- Diédhiou, P. M. (2010).** Les aires protégées au Sénégal : Espace durable ? Cas de la Réserve Naturelle de Popenguine et de la Réserve d'Intérêt Communautaire de la Somone. [Mémoire Master]. AgroParisTech-ENGREF. 147 p.
- Diédhiou, S. (2011).** Etude de faisabilité d'une introduction d'antilopes dans la réserve naturelle de Popenguine : Cas de l'Oryx Algazelle de la Gazelle Dama Mhor et de la Gazelle Dorcas [Mémoire Diplôme d'Ingénieur des Travaux des Eaux et Forêts]. Université de Thiès, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR) EX-ENCR de Bambey, 67 p.
- Diop, B. (2009).** Diagnostic de l'état de la conservation de la biodiversité dans l'Espace Naturel Communautaire Kër Cupaam : Perspectives pour une valorisation durable des ressources naturelles (Sénégal) [Mémoire Master]. Université de Liège, 66 p.
- Diop, R. D., Diop, I., Faye, B., Djihounouck, Y., Samb, A., Mbaye, M. S., DIOUF-AGBO, M., SY, M. T. A., & NOBA, K. (2019).** Etude comparée de la flore du conservatoire botanique Michel Adanson de Mbour (Sénégal) aux flores naturelles de la zone et aux espèces surexploitées et endémiques du Sénégal. *10(09)*, 10165-10176.
- Diop, R. D., Mbaye, M. S., & Noba, K. (2017).** La flore du conservatoire botanique Michel Adanson de Mbour (Sénégal) : Perspective pour un plan d'aménagement et de gestion. *Journal of Applied Biosciences*, 109, 10688-10700.
- Diouf, J., Camara, A., Mbaye, M., Diouf, N., Diop, D., Ndour, S., Birane, D., Mballo, R., Bassene, C., & Noba, K. (2020).** Le jardin botanique du département de biologie végétale (FST/UCAD/Sénégal) : Structure de la flore d'un site de haute diversité floristique. *International Journal of development Research*, 10(07), 37997-38004.
- Diouf, J., Mbaye, M. S., Camara, A. A., Dieng, B., Diouf, N., Sarr, M., & Noba, K. (2019).** Structure et dynamique de la flore et la végétation de la réserve spéciale botanique de

- Noflaye (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(3), 1458-1472.
- DPN. (2023).** Plan d'aménagement et de gestion de la Réserve Naturelle de Popenguine (2023-2027), 86 p.
- Faye, B., Bassene, C., Camara, A. A., Ngom, A., Mbaye, M. S., & Noba, K. (2018).** Flore et végétation de la Réserve Spéciale de Faune de Gueumbeul (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1), 43-61.
- Faye, E. H. (2010).** Diagnostic partiel de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal: Application de méthodes floristique, phytosociologique, ethnobotanique et cartographique [*Thèse de doctorat*]. Université Libre de Bruxelles, 266 p.
- Faye, M. H. T. (2020).** Conservation de la biodiversité et développement local : Cas de l'aire protégée autochtone et communautaire de Mangagoulack (Basse-Casamance) [*Mémoire Master*]. Université Assane Seck de Ziguinchor, 140 p.
- Gbozé, A. E., Sanogo, A., Amani, B. H. K., & N'dja, J. K. (2020).** Diversité floristique et valeur de conservation de la forêt classée de Badenou (Korhogo, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 32(1), 51-73.
- Girard, M.-C., & Girard, C.-M. (2010).** Traitement des données de télédétection\_ Environnement et ressources naturelles.-2e éd, *Parution*, Dunod, 553 p.
- Gning, O. N. (2008).** Caractéristiques des ligneux fourragers dans les parcours communautaires de Khossanto (Kédougou, Sénégal Oriental). [*Mémoire de DEA en Biologie végétale*]. Université Cheikh Anta Diop, 78 p.
- Gomez, F. A. (2022).** Caractéristiques structurales, floristique et stock de carbone de la végétation ligneuse des différents modes d'occupation du sol de la commune de Coubalan (département de Bignona). 52p.
- Gomis, D., Benga, A. D. T., Faye, B., Guisse, A., & Ndiaye, A. (2022).** Caractérisation du peuplement ligneux des zones de culture dans l'Arrondissement de Djilor (Fatick, Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(2), 824-841.
- Hadjimitsis, D. G., Papadavid, G., Agapiou, A., Themistocleous, K., Hadjimitsis, M. G., Retalis, A., Michaelides, S., Chrysoulakis, N., Toullos, L., & Clayton, C. R. I. (2010).** Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: Impact on vegetation indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(1), 89-95.

- Ka, S. L., Mbaye, M. S., Gueye, M., Camara, A. A., Dieng, B., & Noba, K. (2019).** Flore adventice du sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en Haute Casamance, zone soudanienne du Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(1), 411-425. Article 1. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.32>
- Manga, M., Diouf, N., Dieng, B., Ngom, A., Sidybe, M., Camara, A. A., Diouf, J., Gueye, B., Mbaye, M. S., & Noba, K. (2022).** Caractérisation de la flore ligneuse du Parc Forestier et Zoologique de Hann à Dakar (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(3), 1005-1018.
- Masri, M. (2021).** Analyse Factorielle des Correspondances : Etude de cas en utilisant le langage R [*Mémoire Master*]. Université Mohamed Khider, 64 p.
- Mbayngone, E. (2008).** Caractéristiques écologiques de la végétation ligneuse du sud-est du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest) : Cas de la réserve de Pama. *Candollea*, 63, 17-33.
- MEDD. (2014).** Cinquième rapport national sur la mise en oeuvre de la convention internationale sur la diversité biologique, 131 p.
- MEPN. (1997).** Rapport national biodiversité (1), 94 p.
- Mouton, J. A. (1966).** Les types biologiques foliaires de Raunkiaer. Etat actuel de la question. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 113(sup2), 28-36. <https://doi.org/10.1080/00378941.1966.10838471>
- Ndong, A. T., Ndiaye, O., Faye, M. N., Galop, D., & Guissé, A. (2015).** Espèces ligneuses du Ferlo-Nord, Sénégal : État actuel et usage. *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux*, 271, Article 271. <https://doi.org/10.4000/com.7557>
- Ndour, A. (2021).** Etude hydrologique des bassins versants côtiers de Popenguine [*Mémoire Master*]. Université Gaston Berger, UFR des Lettres et Sciences Humaines, 93 p.
- Ngom, D., Fall, T., Sarr, O., Diatta, S., & Akpo, L. E. (2013).** Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 65(0), 5008-5023.
- Nicholson, S. (2005).** On the question of the “recovery” of the rains in the West African Sahel. *Journal of Arid Environments*, 63(3), 615-641. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.004>
- Niemet Gampika, D. (2012).** Contribution à l'étude de la dynamique de l'occupation du sol et de la diversité des espèces végétales ligneuses dans la réserve naturelle, la forêt classée et la zone de terroir de Popenguine au Sénégal [*Mémoire Master*]. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 88 p.

- Noba, K., Ba, A. T., Caussanel, J.-P., Mbaye, M. S., & Barralis, G. (2004).** Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal). *Webbia*, 59(2), 293-308. <https://doi.org/10.1080/00837792.2004.10670774>
- Omari, L. (2005).** Contribution à l'étude d'un écosystème à *Artemisia herba alba* dans le Sud Oranais : Diagnose phytoécologique et cartographie par télédétection spatiale [*Thèse*]. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène, 125 p.
- Ouattara, K., Barron, J., Ouedraogo, I., & Gordon, L. J. (2015).** Etats des écosystèmes sahéliens : Reverdissement, perte de la diversité et qualité des sols. *Afrique science*, 11(5), 433-446.
- Ouédraogo, A. (2006).** Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso [*Thèse de doctorat*]. Université de Ouagadougou, 196 p.
- Ouédraogo, O., Thiombiano, A., Hahn, K., & Guinko, S. (2008).** Diversité et structure des groupements ligneux du parc national d'Arly (Est du Burkina Faso). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, 11, 5-16. <https://doi.org/10.21248/fvss.11.2>
- Ousseina, S., Fortina, R., Marichatou, H., & Yenikoye, A. (2015).** Diversité, structure et régénération de la végétation ligneuse de la Station Sahélienne Expérimentale de Toukounous, Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(2), 910-926. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.29>
- Raunkiaer, C. (1934).** The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. *Arno Press, 1997*, 632 p.
- Rekis, A. (2012).** Etude spatio-temporelle du changement de la végétation de la région ouest de Biskra. Approche cartographique par télédétection. 123 p.
- Saidou, O., Douma, S., Djibo, A. Z., & Fortina, R. (2010).** Analyse du peuplement herbacé de la station sahélienne expérimentale de Toukounous (Niger) : Composition floristique et valeur pastorale. *Sécheresse*, 21(2), 154-160. <https://doi.org/10.1684/sec.2010.0243>
- Samb, A., Mbaye, M. S., Diouf, J., Dieng, B., Camara, A. A., Ka, S. L., Noba, K., Sidybe, M., Sylla, S. N., & Diouf, N. (2020).** Réserve Naturelle de Bandia (Sindia /Sénégal) : Caractérisation floristique et l'état de conservation de la diversité végétale. *International Journal of Development Research*, 10(7), 38027-38033.
- Seydou, N., Mohamed, M. C., Ndiaye, O., & Malainy, D. (2017).** Influence de la flore ligneuse associée dans la production des parcs à *Anacardium occidentale* L. dans la communauté rurale de Djibanar (Casamance/Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2), 585-596.

- Sirvent, L. (2020).** Les types biologiques : Etat de l'art, actualisation des définitions et mise en place d'un référentiel. 64 p. *Conservatoires botaniques nationales méditerranéennes de Porquerolles*.
- Solly, B., Diéye, E. H. B., Mballo, I., Sy, O., Sane, T., & Thior, M. (2020).** Dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers dans le Sud du Sénégal : Cas du département de Vélingara. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, 15, 41-67.
- Solly, B., Diéye, E. H. B., Sané, T., & Diaw, A. T. (2018).** Dynamique de la Mangrove de Thiobon dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal) entre 1972 et 2017. *European Scientific Journal*, 14(33), 118-133. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n33p118>
- Solly, B., Oumar, S. Y., Jarju, A. M., & Tidiane, S. (2021).** Détection des zones de dégradation et de régénération de la couverture végétale dans le sud du Sénégal à travers l'analyse des tendances de séries temporelles MODIS NDVI et des changements d'occupation des sols à partir d'images LANDSAT. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 223(1), 1-15.
- Thiam, B. M. (2013).** Flore et groupements végétaux herbacées de la réserve naturelle de popenguine(Sénégal) [*Mémoire Master*]. Université Cheikh Anta Diop/ Institut des Sciences de l'Environnement, 60 p.
- Toudou, D. A. K. (2011).** Dynamique de l'occupation des terres et structure de la végétation dans la commune rurale de Garhanga(Tahoua) [*Master*]. Université de Niamey, 61 p.
- Treca, B., & Tamba, S. (1997).** Rôle des oiseaux sur la régénération du ligneux *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. En savane Sahélienne au Nord Sénégal. *Revue d'Écologie*, 52(3), 239-260.
- Wenemi Kagambèga, F., Nana, R., Bayen, P., Thiombiano, A., & Issaka Boussim, J. (2019).** Tolérance au déficit hydrique de cinq espèces prioritaires pour le reboisement au Burkina Faso. *BASE* (En ligne), Volume 23 (2019), Numéro 4, 245-256. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.18199>
- White, F. (1986).** La végétation de l'Afrique : Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique *Unesco/AETFAT/UNSO* (Vol. 20). IRD Editions, 384 p.
- Zemmar, N. (2010).** Etude diachronique da la végétation de la région de Djelfa [*Thèse*]. 110 p. <http://repository.usthb.dz/xmlui/handle/123456789/2954>. Consulté le 2023-02-15

# TABLE DES MATIERES

DEDICACES .....	i
REMERCIEMENTS.....	iii
SOMMAIRE .....	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ANNEXES .....	viii
RESUME.....	ix
ABSTRACT .....	x
INTRODUCTION.....	1
Chapitre I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
II.1.1 Historique de la création de la Réserve Naturelle de Popenguine .....	4
II.1.2 Objectifs de la création .....	5
II.1.3 Pressions et menaces sur la RNP .....	6
Chapitre II. MATERIEL ET METHODES .....	7
II.1 PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE .....	7
II.1.1 Localisation administrative et limites de la réserve .....	7
II.1.2 Milieu biophysique .....	8
II.1.2.1 Le climat .....	8
II.1.2.2 Le relief et les Sols.....	9
II.1.2.3 L'hydrographie .....	10
II.1.2.4 La végétation .....	10
II.1.2.5 La faune .....	11
II.1.3 Le milieu socio-économique.....	12
II.1.3.1 Le milieu humain .....	12
II.1.3.2 Les activités économiques.....	12

II.1.3.2.1	L'élevage .....	12
II.1.3.2.2	La pêche .....	13
II.1.3.2.3	L'agriculture.....	13
II.1.3.2.4	Le tourisme .....	13
II.1.3.2.5	L'artisanat .....	14
<b>II.1.</b>	<b>MATERIEL ET METHODES</b> .....	<b>14</b>
<b>II.1.1.</b>	<b>Inventaire floristique</b> .....	<b>14</b>
<b>II.2.1.1.</b>	<b>Mesure des paramètres dendrométriques</b> .....	<b>16</b>
<b>II.2.1.2.</b>	<b>Traitement des données d'inventaire</b> .....	<b>17</b>
<b>II.2.1.2.1.</b>	<b>Caractérisation de la flore de la réserve naturelle de Popenguine</b> ...	<b>17</b>
<b>II.2.1.2.2.</b>	<b>Évaluation des paramètres structuraux de la végétation ligneuse</b> ...	<b>18</b>
<b>II.1.2.</b>	<b>Téledétection</b> .....	<b>20</b>
<b>II.1.2.2.</b>	<b>Prétraitement des images et identification des classes d'occupation du sol</b>	<b>21</b>
<b>II.1.2.3.</b>	<b>Traitement des images</b> .....	<b>22</b>
<b>Chapitre III.</b>	<b>RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	<b>24</b>
<b>III.1.</b>	<b>RESULTATS</b> .....	<b>24</b>
<b>III.1.1.</b>	<b>Caractéristiques floristique de la végétation de la Réserve Naturelle de Popenguine (RNP)</b> .....	<b>24</b>
<b>III.1.1.1.</b>	<b>Composition floristique de la Réserve Naturelle de Popenguine</b> .....	<b>24</b>
<b>III.1.1.2.</b>	<b>Spectre taxonomique de la Réserve Naturelle de Popenguine</b> .....	<b>29</b>
<b>III.1.1.3.</b>	<b>Spectre biologique brut de la Réserve Naturelle de Popenguine</b> .....	<b>29</b>
<b>III.1.1.4.</b>	<b>Spectre phytogéographique de la Réserve Naturelle de Popenguine</b> ...	<b>30</b>
<b>III.1.2.</b>	<b>Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse de la Réserve Naturelle de Popenguine</b> .....	<b>31</b>
<b>III.1.2.1.</b>	<b>Caractéristiques distinctives des unités géomorphologiques de la RNP</b>	<b>31</b>
<b>III.1.2.2.</b>	<b>Paramètres structuraux</b> .....	<b>32</b>

III.1.2.2.1. La densité.....	32
III.1.2.2.2. Taux de couverture.....	32
III.1.2.2.3. Surface terrière.....	33
III.1.2.3. Diversité spécifique du peuplement ligneuse de la RNP.....	34
III.1.2.3.1. Densité de régénération du peuplement.....	34
III.1.2.3.2. Indice de Valeur d'Importance (IVI).....	35
III.1.2.4. Structure démographique du peuplement ligneux de différentes unités géomorphologiques.....	36
III.1.2.4.1. Structure verticale.....	36
III.1.2.4.2. Structure horizontale.....	37
III.1.3. Dynamique spatio-temporelle de la couverture végétale de la RNP de 1987 à 2022	38
III.1.3.1. Évolution de l'activité chlorophyllienne aux quatre dates.....	38
III.1.3.2. Dynamique de l'occupation de sol de la RNP de 1987 à 2022.....	39
III.1.3.3. Évolution des changements de couverture végétale de 1987 à 2022.....	40
III.2. DISCUSSION.....	42
III.2.1. La composition spécifique de la flore.....	42
III.2.2. Le spectre taxonomique.....	43
III.2.3. Le spectre biologique.....	43
III.2.4. Le spectre phytogéographique.....	43
III.2.5. Caractérisation de la végétation ligneuse.....	44
III.2.6. Dynamique des changements de la couverture végétale de la RNP.....	47
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	49
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	50
TABLE DES MATIERES.....	56
ANNEXES.....	A

# ANNEXES

## Annexe 1: Fiche d'inventaire forestier

FICHE D'INVENTAIRE FORESTIER					
N° de fiche: .....		Taille placette: .....		Date: ...../...../.....	
Unité Géomorphologique: .....			Coordonnées Géographiques Placette		
Code placette: .....			X: ..... / Y: .....		
Observations: .....					
N°	Espèces	DHP (cm)	Hauteur (m)	Diamètre croisé du houppier (m)	
				E-W	N-S
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					

## Annexe 2: Fiche de comptage de la régénération

FICHE DE COMPTAGE DE LA REGENERATION		
N° de fiche: .....		Date: ...../...../.....
Unité Géomorphologique: .....		Coordonnées Géographiques Placette
Code placette: .....		X: ..... / Y: .....
N°	Espèces	Nombre d'individu observé
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Annexe 3: Fiche de relevés floristiques

<b>FICHE DE RELEVÉS FLORISTIQUES</b>				
N° de fiche: .....		Taille maille: .....		Date: ...../...../.....
Unité Géomorphologique: .....			Coordonnées Géographiques Maille	
Code maille: .....			X: ..... / Y: .....	
Observations: .....				
N°	Espèces	Types		
		Ligneux	Herbacée annuelle	Herbacée vivace
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				

Annexe 4: Coordonnées géographiques des placettes installées

<b>Code maille / Code placette</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
4	274611	1607607
5	274861	1607607
7	273861	1607857
8	274611	1607857
11	273611	1608107
12	273861	1608107
14	274361	1608107
16	274861	1608107
19	273361	1608357
28	273611	1608607
30	274111	1608607
49	273111	1609107
50	273361	1609107
52	273861	1609107
54	274361	1609107
63	273111	1609357
65	273611	1609357
67	274111	1609357
78	273361	1609607
80	273861	1609607
81	274111	1609607
91	273611	1609857
93	274111	1609857
103	273861	1610107
123	274361	1610607