

Etat des espèces forestières dans l'arrondissement de Cabrousse, Casamance/Sénégal

State of forest species in the district of Cabrousse, Casamance/Senegal

Ndiaye Seydou^{1*}, Djighaly Pape Ibrahima¹, Sambou Antoine¹, Dramé Fodé Amata²

¹Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie, Département d'Agroforesterie, UFR des Sciences et Technologies, Université Assane Seck de Ziguinchor, BP : 523 Ziguinchor, Sénégal

²Laboratoire de Géomatique et Environnement, Département de Géographie, UFR des Sciences et Technologies, Université Assane Seck de Ziguinchor, BP : 523 Ziguinchor, Sénégal

*Auteur correspondant : seydougdp@gmail.com

Comment citer l'article : Ndiaye Seydou, Djighaly Pape Ibrahima, Sambou Antoine et Dramé Fodé Amata (2023) Etat des espèces forestières dans l'arrondissement de Cabrousse, Casamance/Sénégal. *Rev Ecosystèmes et Paysages (Togo)*, 3(02) : 1–17, e-ISSN (Online) : 2790-3230
DOI : <https://doi.org/10.59384/recopays.tg3210>

Reçu : 1 octobre 2023

Accepté : 15 décembre 2023

Publié : 30 décembre 2023



Copyright: Published under a Creative Commons Attribution (CC-BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Résumé

En Casamance, les forêts jouent un rôle important en fournissant beaucoup de services écosystémiques aux populations. Cette étude est une analyse du potentiel actuel des espèces ligneuses de ce site. Elle combine l'analyse des images satellitaires (Landsat et Sentinel-2A) et les données d'inventaire. L'inventaire de la flore ligneuse a été réalisé sur 150 placettes carrées de 20 m x 20 m établies sur 6 layons équidistants de 100 m. Entre 2000 et 2010, la végétation a connu une dynamique positive avec une augmentation de la couverture végétale de +5,1 %. Entre 2010 et 2020, le couvert végétal a perdu 36,2 % de son potentiel. Ce qui justifie l'augmentation de +67,4 % des superficies des sols nus sur l'ensemble du périmètre de l'arrondissement par rapport à l'année 2010. La flore ligneuse est riche de 45 espèces réparties en 41 genres et 20 familles. Les espèces les plus importantes et représentatives sont *Eleais guineensis* Jacq. (50,1 %), *Terminalia macroptera* Guill. & Perr. (41,7%), *Dialium guineensis* Willd. (37,9%) *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. (35,2%) et *Kigelia africana* (Lam.) Benth. (30 %). En conclusion cette étude a permis de montrer une surexploitation continue de la forêt sous l'effet de la pression démographique et les activités qui en découlent notamment l'agriculture expansive, la coupe abusive du bois, le surpâturage et les aménagements touristiques. Au regard de l'état de dégradation des ressources forestières, il devient urgent de redéfinir des stratégies de restauration écologique de cet écosystème en étroite collaboration avec les populations riveraines.

Mots clés

Biodiversité, végétation ligneuse, flore ligneuse, écologie, Sénégal

Abstract

In Casamance, forest play an important role in providing many ecosystem services to the population. This study analyses the current potential of woody species in this site. It combines analysis of satellite images (Landsat and Sentinel-2A) and inventory data. The inventory of the woody flora was carried out using 150 square plots measuring 20 m x 20 m established on 6 layouts spaced 100 m apart. Between 2000 and 2010 vegetation cover increased by 5,1 %. Between 2010 and 2020, the vegetation cover lost 36,2 % of

this potential. This justifies the +67,4 % increase in bare soil areas throughout the borough compared with 2010. The 45 species of woody flora, divided into 41 genera and 20 families. The most important and representative species are *Elaeis guineensis* Jacq. (50,1%), *Terminalia macroptera* Guill. & Perr (41,7%), *Dalium guineensis* Willd. (37,9%), *Parkia biglobosa* Jacq. R. Br (35,2%) and *Kigelia Africana* (Lam). Benth. (30%). In conclusion, this study revealed the continuing over-exploitation of the forest as a result of demographic pressure and related activities, particularly expansive agriculture, abusive logging, over-pasturing and tourist developments. Given the state of degradation of forest resources, there is an urgent need to develop strategies for the ecological restoration of this ecosystem, in close collaboration with local populations.

Keywords

Biodiversity, Woody vegetation, Woody flora, ecology, Sénégal

1. Introduction

L'état des forêts du monde continue de susciter de vives préoccupations. Les évaluations mondiales réalisées par diverses institutions (FAO, PIGB, JRC et WCMC) ont montré que la dégradation, la fragmentation et le déboisement des forêts avaient atteint un niveau alarmant, notamment dans les pays en développement (Gueye 2000). Ainsi la sauvegarde des ressources forestières constitue une préoccupation mondiale compte tenu des rôles importants qu'elles jouent dans la satisfaction des besoins des populations (Gueye 2000). Elles sont indispensables à la vie terrestre grâce à leurs fonctions écologiques. En effet, les forêts contribuent à la régularisation du climat et les ressources en eau et servent de biotope pour les espèces animales et végétales (Djogo et al. 2012). Les forêts fournissent aussi une vaste gamme de produits essentiels pour l'homme (Yameogo et al. 2013), tant ligneux (bois d'œuvre, bois d'énergie et bois de service) que non ligneux (fruits, tubercules, exsudats, fourrage, plantes médicinales, cordes etc.) (Camara et al. 2017), mais aussi de services (protection), de loisirs (récréation) et de pratiques culturelles (Gueye 2000).

Les écosystèmes forestiers du Sénégal ont subi de plein fouet les conséquences des dérèglements climatiques (Tappan et al. 2004) et des actions anthropiques (Soulama et al. 2015). La végétation est composée d'arbres et arbustes de type savane boisée. Elle est soumise à l'avancée des dunes et la salinisation des terres qui entraînent la disparition du couvert végétal. Parmi les conséquences notées, la régression des superficies de mangrove due à l'augmentation du taux de salinité grâce à la pénétration du front salé très loin en amont du fleuve, ce qui s'est traduit par une disparition brutale des palétuviers dans certains secteurs (Bassène 2016).

La basse Casamance est l'un des plus grands poumons verts du Sénégal. La végétation est caractérisée par des espèces subguinéennes dont les plus représentatives sont *Erythrophleum guineense*, *Parinari excelsa*, *Sterculia setigera*, *Khaya senegalensis*, *Ceiba pentandra* et *Chlorophora regia* (Ngom et al. 2018). Malheureusement, les forêts se dégradent à un rythme très inquiétant contribuant à une modification de l'occupation du sol. Les actions anthropiques se caractérisent par une urbanisation galopante au cours de ces dernières années (ANSD 2017) et le développement de l'activité touristique au niveau de l'arrondissement de Cabrousse. Ce qui a entraîné la réduction des superficies des forêts (Hill and Curran 2005 ; Cramer et al. 2007). A ces facteurs, s'ajoute l'avancée progressive de la mer, réduisant systématiquement les zones de cultures et de pâturage au niveau de Cabrousse et environnants. Ces pertes en surface forestière contribuent à l'extension des sols nus au détriment des forêts dans l'arrondissement de Cabrousse.

C'est fort de ce constat que cette étude a été initiée dont l'objectif est de contribuer à l'analyse de l'évolution du niveau de dégradation de la végétation et l'état de la diversité de la flore ligneuse afin d'alerter sur le niveau de la menace sur les ressources forestières dans cette partie du Sénégal.

2. Matériel et Méthode

2.1 Description du milieu d'étude

Cette recherche a été menée au niveau de l'arrondissement de Cabrousse. (Figure 1). Il est constitué de deux grandes communes rurales que sont Djimbering et Santhiaba Manjack qui polarisent 39 villages au total (Bassène 2016). Grâce à ses plages et aux cases typiques de l'architecture diola, Cabrousse vit essentiellement du tourisme. Il est localisé dans le département d'Oussouye, la région de Ziguinchor (Sénégal).

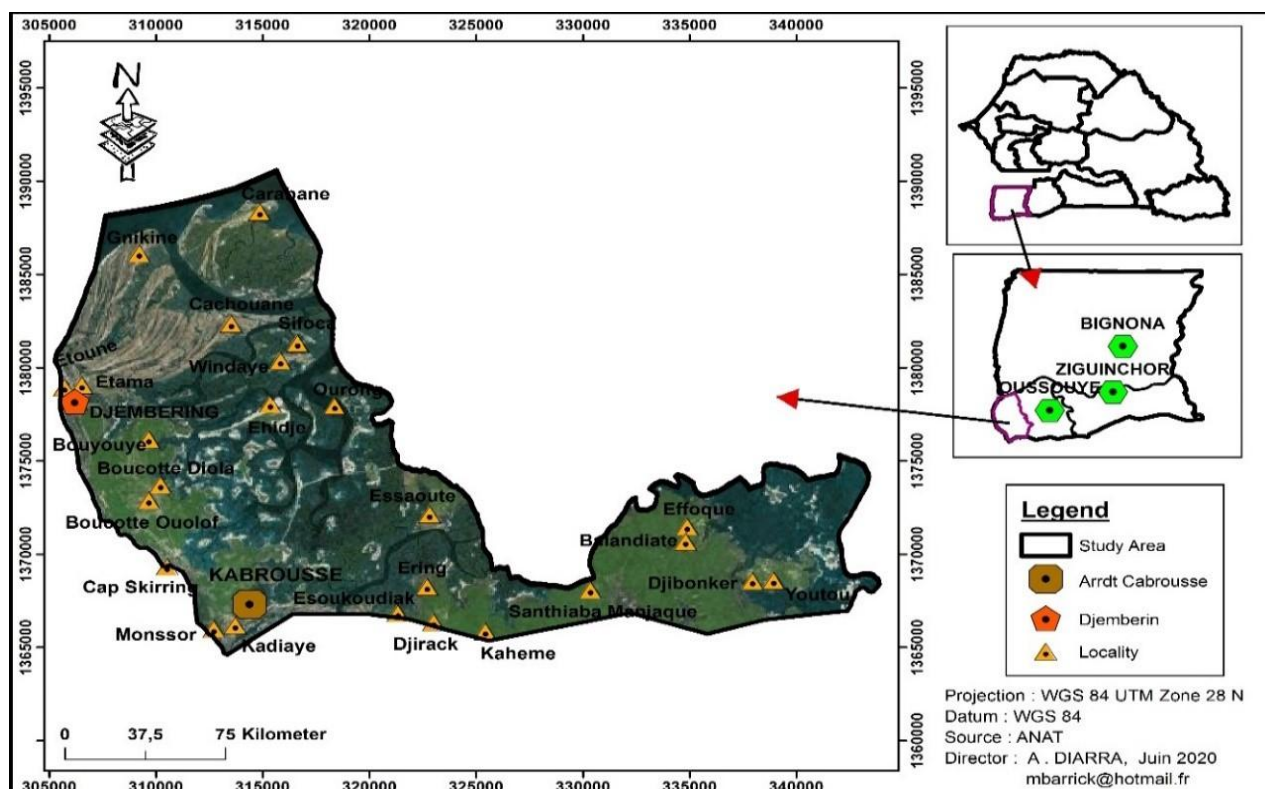


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude
(Source : USGS, ESEA, ANAT, 2020)

La région de Ziguinchor est caractérisée par une pluviométrie très variable en fonction des années. L'analyse de la situation pluviométrique de la région de Ziguinchor entre 1951 et 2016 à travers les stations de Ziguinchor, Bignona et Oussouye a permis de distinguer trois importantes phases. La première phase (1951 à 1970) est caractérisée par un excédent pluviométrique. La seconde (1970 à 2007) est marquée par des pluviométries déficitaires, caractérisées par une sécheresse avec des déficits très importants. A partir de 2008, un retour timide des précipitations marqué par l'alternance entre année humide et sèche. La tendance de cette évolution est à la hausse (Figure 2).

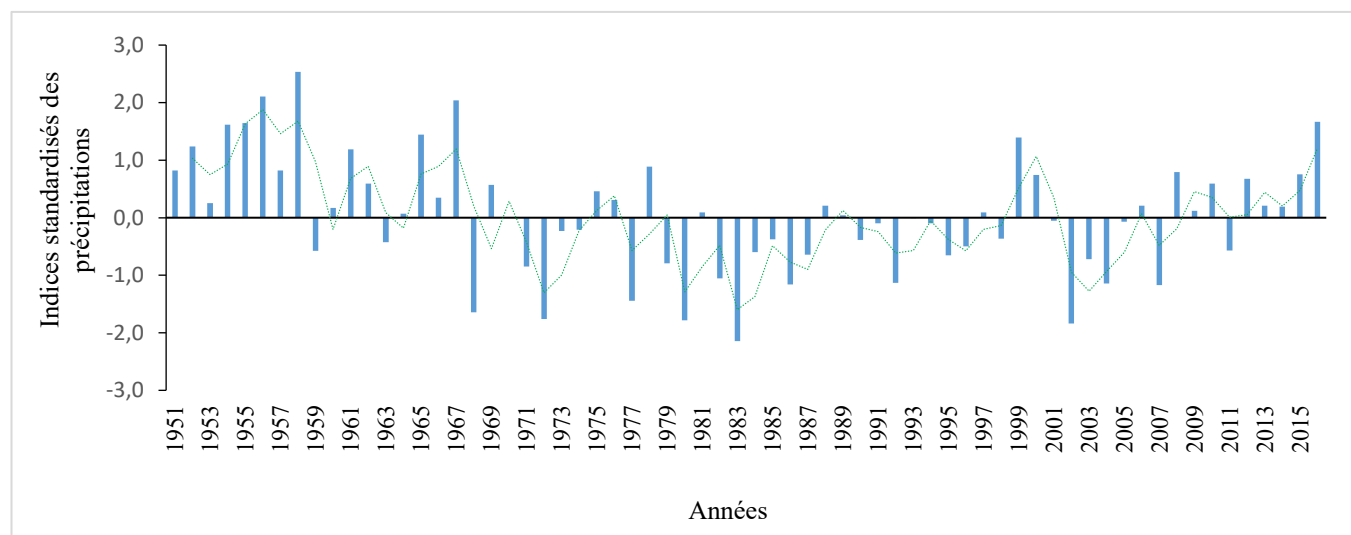


Figure 2. Synthèse sur les anomalies standardisées de la pluviométrie de la région de Ziguinchor entre 1951 et 2016

(Source : station pluviométrique de Ziguinchor, 2016)

2.2. Acquisition, Caractéristiques et analyse des images satellites

Le site (<https://earthexplorer.usgs.gov>) et des plates-formes (Landsat 5, Landsat 7, Sentinel-2b et Google Earth) ont été utilisés pour le téléchargement des images satellitaires (Tableau 1). Etant donné que les images satellites téléchargées ne sont pas toujours de bonne qualité, elles ont souvent des erreurs dites radiométriques et géométriques. Cependant, il est nécessaire de faire des prétraitements pour pouvoir les utiliser. Les techniques utilisées pour améliorer la qualité des images satellites sont le filtre (high pass, lowpass) et la géométrie pour pouvoir superposer et utiliser conjointement les images prises par des capteurs différents à des dates différentes (Ducrot 2005 ; Andrieu 2008).

La méthode de correction adoptée est le géoréférencement image par image avec choix de quatre points amers à partir de l'image de 2019, utilisée comme référence. Ensuite, il est nécessaire de faire des compositions colorées pour mieux interpréter les images. Elles permettent de combiner les bandes correspondant aux longueurs d'ondes du PIR, R et V respectivement dans les canaux R-G-B. Il s'agit des bandes 4-3-2 des images Landsat TM et ETM+. Pour sentinel-2A, il est important de combiner les bandes 2, 3,4 et/ou 8 pour avoir une résolution de 10 mètres. Après avoir combiné les bandes, il a été procédé à l'extraction de la zone d'étude pour faciliter l'exploitation de données.

Tableau 1. Métadonnées des images satellitaires

N°	Noms	Nombre de Bandes	Date de l'image	Source	Résolution spatiale	Capteur
1	Sentinel-2A	13	28/03/2020	ESEA	10 m	MSI
2	Landsat 5	5	26/11/2010	USGS	30 m	TM
3	Landsat 7	8	06/11/2000	USGS	30 m	ETM+

(Source : ESEA, 2020 ; USGS, 2000 et 2010)

2.3. Relevés de végétation

L'ouverture des layons a été adoptée pour faciliter l'inventaire compte tenu que la forêt est très touffue presque impénétrable. A cet effet, 6 layons équidistants de 100 m ont été dégagés et sur chaque layon, des placettes carrées de 20m x 20m de côté, équidistants de 10 m ont été installées (Figure 3). Au Total, 150 placettes ont été matérialisées pour couvrir toute la zone à

inventorier qui correspond à une superficie de 32 ha. Chaque placette a été délimitée par la méthode (3-4-5) avec un mètre ruban de 50m de long et huit jalons, et localisée à l'aide d'un appareil GPS (Global Positionning System). Dans chaque placette, un inventaire des espèces ligneuses a été réalisé en identifiant les espèces, comptant le nombre d'individus et mesurant le diamètre à hauteur de poitrine des individus. L'identification des espèces sur le terrain a été faite à l'aide de la flore du Sénégal (Behraut 1967).

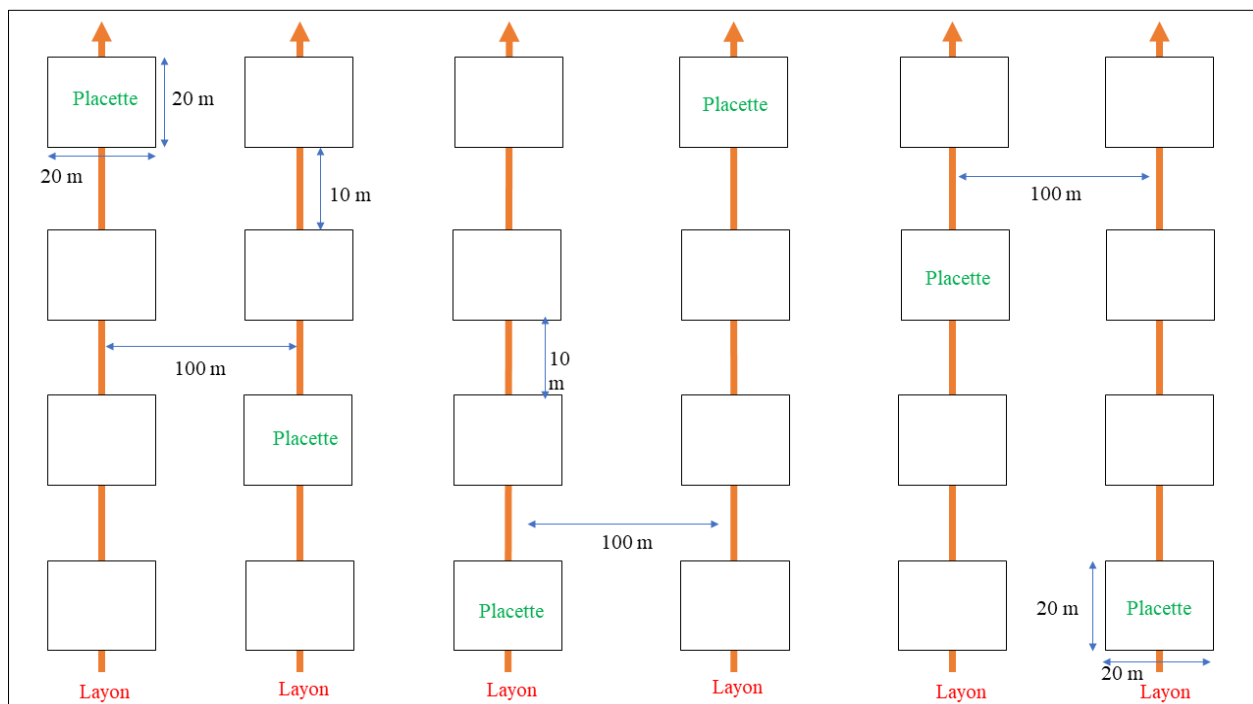


Figure 3. Dispositif d'inventaire de la végétation ligneuse

(Source : Ndiaye et al. 2023)

Les paramètres ainsi décrits ont permis de déterminer la diversité floristique et la richesse spécifique, de caractériser sa végétation, de déterminer sa structure et d'apprécier son degré d'homogénéité. La flore d'un milieu est définie comme l'ensemble de ses espèces végétales distinguées d'un point de vue systématique (Ngom et al. 2013). La diversité de la flore ligneuse est appréciée en utilisant la répartition des espèces dans les différents groupes taxonomiques (genres, familles). Pour établir les caractéristiques de la végétation ligneuse, les indicateurs suivants ont été utilisés : l'indice de valeur d'importance (IVI), le recouvrement (la surface terrière et le couvert aérien), et la régénération des espèces ligneuses.

La surface terrière désigne la proportion de la surface d'un échantillon occupée par l'aire d'encrage (évaluée à la base) d'un individu, d'une espèce ou d'un peuplement (Ngom et al. 2013). Elle est ainsi exprimée en mètre carré par hectare ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Pour un individu, c'est le rapport entre la surface de la section transversale de son tronc à 0,30 m du sol et la surface de l'échantillon considérée. Elle est donc obtenue à partir de la formule suivante :

$$St = \frac{\pi \left[\frac{d_{0,3}}{2} \right]^2}{S_E}$$
 avec St = surface terrière ; $d_{0,3}$ = diamètre en m du tronc à 0,3 m du sol, obtenu en divisant la circonférence mesurée à cette hauteur par SE ; SE = surface de l'échantillon considéré en ha. La surface terrière d'une espèce correspond à la somme des surfaces terrières de tous ses individus. Aussi, pour un peuplement, c'est la somme des surfaces terrières de tous les individus qui le composent. Elle dépend donc de la densité et de la grosseur des pieds.

L'Indice de valeur d'importance (IVI) (Curtis and McIntosh 1950), a permis d'apprécier la place et le rôle structurel de chaque espèce ligneuse dans le peuplement. L'IVI est très intéressante dans le classement des espèces ligneuses, dans la mesure où, elle est rarement égale pour deux espèces différentes. Le cas échéant, il s'agit d'espèces de petite taille et mal représentées en nombre. Il s'obtient pour chaque espèce par la somme de trois facteurs : la fréquence relative (Fr), la densité relative (Dr) et la dominance

$$\text{relative (Dom}_R\text{)} : \text{IVI} = \frac{\text{Fr} + \text{Dr} + \text{Dom}_R}{3}$$

La fréquence relative désigne la distribution d'une espèce par rapport à la distribution de toutes les espèces de l'échantillon. Elle est donnée par le rapport en pourcentage entre la fréquence de l'espèce considérée et le total des fréquences de toutes les espèces de l'échantillon :

$F_r = \frac{F_i}{F} * 100$ avec Fr = fréquence relative exprimée en pourcentage (%) ; F_i = fréquence de présence de l'espèce *i* exprimée aussi en pourcentage (%) et F = somme des fréquences de toutes les espèces de l'échantillon.

La densité relative correspond à la proportion des individus d'une espèce par rapport aux individus de toutes les espèces. Elle est égale à l'effectif d'une espèce sur l'effectif total de l'échantillon multiplié par 100 :

$D_r = \frac{N_i}{N} * 100$ avec Dr = densité relative exprimée en pourcentage (%) ; N_i = l'effectif de l'espèce *i* dans l'échantillon et N = l'effectif total de l'échantillon.

Dominance relative est l'aire occupée par une espèce (par sa surface terrière ou son recouvrement) par rapport à l'aire occupée par toutes les espèces dans l'échantillon. Elle est calculée, dans le cadre de cette étude avec les surfaces terrières, à partir de la formule suivante :

$$\text{Dom}_R = \frac{\sum_{i=1}^n \text{St}_i}{\text{St}} * 100 \text{ avec Dom}_R = \text{dominance relative exprimée pourcentage (\%)} ; \text{St}_i = \text{surface terrière occupée par l'espèce } i \text{ et}$$

St = surface terrière totale des espèces de l'échantillon.

La structure du peuplement ligneux est appréciée par la définition des classes de diamètre à travers la structure horizontale de la flore ligneuse associée. Les classes de diamètre ont été définies grâce à la formule ci-dessous. (Sturges 1926) :

$$C = 1 + 3,3 \log_2 N \text{ où } N \text{ est la taille de l'échantillon et } C \text{ le nombre de classe.}$$

Les amplitudes sont obtenues grâce à la formule ci-dessous :

$$\text{L'amplitude (P) est obtenue par : } P = \frac{i \text{ Max} - i \text{ Min}}{C} \text{ où } i \text{ représente les valeurs de l'échantillon (Sturges 1926)}$$

2.4. Traitement des données

Les images satellites ont été traitées et analysées par les logiciels ERDAS et Arc Gis 10.0l. Pour déterminer le statut et la dynamique, des analyses des images satellites basées sur l'indice de végétation normalisée (NDVI), la classification et la cartographie ont été faites. Ces logiciels ont ainsi permis de faire le traitement et l'analyse des images satellites, la confection des cartes et le calcul des surfaces ainsi que la réalisation des tableaux statistiques. Le NDVI est un indice de végétation qui se définit comme la différence normalisée des mesures de réflectance spectrale acquises dans les zones de longueurs d'ondes 'Proche infra-rouge'(PIR) et 'Rouge'.

L'indice de végétation normalisée (NDVI) permet de caractériser les différents types de végétation par rapport à l'intensité de leur activité photosynthétique. La formule utilisée combine les bandes du proche infrarouge et du rouge $\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{Rouge}}{\text{PIR} + \text{Rouge}}$ (Rousse et al. 1974). Il varie entre -1 et +1. De manière générale, les valeurs inférieures à 0,1 donnent des informations sur les sols nus, l'eau et les surfaces très peu végétalisées, tandis que les valeurs supérieures à 0,1 renseignent sur la

couverture végétale (Dessay 2006). L'utilisation de ce dernier a permis d'avoir une base comme photo-interprétation afin de différencier la classe végétation aux autres classes d'occupation du sol. Les techniques conventionnelles d'interprétation basées sur les caractéristiques de l'image, à savoir la couleur sont respectées.

Une classification supervisée des images satellites a été réalisée. Cette classification a été validée par les données de terrain obtenues à partir de la combinaison des données d'enquête sur le terrain et de la photo-interprétation des images. Les données d'enquête de terrain et de NDVI ont été utilisées pour la validation de la classification. Malgré la visite du terrain et l'utilisation du NDVI, l'identification de la classe « Bâti » était difficile sur les images à classer. Les maisons dans cette zone sont presque toutes basses et entourées de plantes. En effet, la signature spectrale de la végétation domine entièrement sur celle du bâti. Ainsi, cette difficulté d'identifier le bâti n'est pas un frein à l'atteinte de l'objectif de cette recherche, qui est d'évaluer l'évolution de la végétation dans le temps particulièrement dans la partie correspondant à l'emprise de l'Ecoparc de Djimbéring.

Après la classification, une évaluation de la précision a été effectuée pour déterminer l'exactitude du processus de classification. Pour ce faire, une matrice de confusion a été réalisée. Elle est utilisée pour analyser correctement la validité de chaque classe ainsi que le classement dans son ensemble. Pour appliquer la matrice de confusion, 20 échantillons de points ont été générés à partir de l'image (2020) classée puis pour chaque point, on compare la carte classée avec la véritable classe (points sur le terrain). Les images classées des années antérieures (2000 et 2010) sont validées via les images Google Earth aux mêmes dates avec pour chacune 25 points d'échantillons. La formule de la classification dans son ensemble et celle pour chaque classe sont respectivement : Exactitude générale ou Overall Classification Accuracy = nombre de pixels bien classé (A)/nombre total de pixels à classer (N) et le coefficient de kappa ou Overall Kappa Statistics ($K = \frac{NA - B}{N^2 - B}$) ; B est la somme de pixels classés pour chaque unité d'occupation multipliée par l'échantillon de référence de chaque classe. Kappa s'applique à un échantillonnage au hasard, pour une comparaison de pixels. Il varie de 0 à 1. Un kappa de 0,75 signifie que 75% de la classification n'est pas dus au hasard (Girard 1999).

Les données sur la flore ligneuse collectées à partir des relevés de végétation ont fait l'objet d'une saisie et d'un traitement informatique, notamment avec l'usage du pro logiciel Excel. Les analyses multivariées, l'analyse en composante principale (ACP) et la contribution de chaque espèce au recouvrement ont été effectuées avec le logiciel R. L'équation et le coefficient de détermination R^2 ont été obtenus grâce à la courbe de tendance.

3. Résultats

3.1. Variation de l'activité chlorophyllienne entre 2000, 2010 et 2020

L'indice de végétation (NDVI) indique de façon globale, une activité chlorophyllienne importante en 2000 et 2020. En 2000, la valeur minimale du NDVI est de -0,29 tandis que sa valeur maximale est de 0,43. Les valeurs positives particulièrement celles supérieures à 0,1 occupent la moitié de l'image. Ce qui montre une activité chlorophyllienne moyenne à cette date. En 2010, l'activité chlorophyllienne est aussi importante. Les valeurs maximales et minimales varient respectivement entre -0,08 et 0,67. Les zones à forte activité chlorophyllienne se trouvent au Sud et au Nord-Est. En 2020, le NDVI varie de -0,001 à 0,75 avec une activité chlorophyllienne importante au Sud et au Sud-Est (Figure 4).

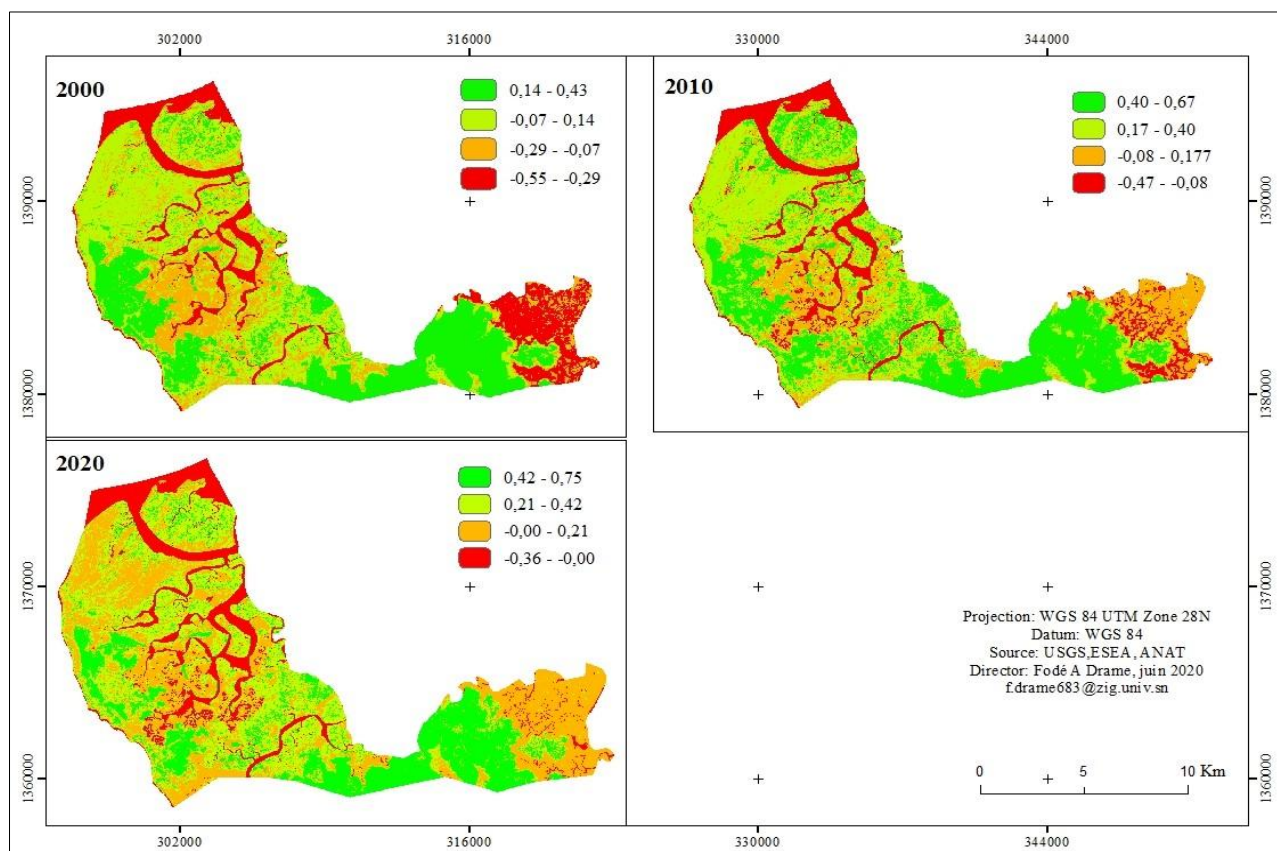


Figure 4. Indices de végétation (NDVI) entre 2000, 2010 et 2020

(Source : USGS, ESEA, ANAT, 2000)

3.2. Dynamique de la végétation entre 2000, 2010 et 2020

La dynamique de la végétation a été analysée grâce au traitement des images satellitaires à différentes dates (Figure 5). En 2000, la végétation était luxuriante avec une présence des sols nus. Entre 2000 et 2010, la végétation a connu une dynamique positive avec une augmentation de la couverture végétale de +5,1 %. Entre 2010 et 2020, le couvert végétal a perdu 36,2 % de son potentiel. Ce qui justifie l'augmentation de +67,4 % de l'emprise des sols nus sur l'ensemble du périmètre de l'arrondissement par rapport à l'année 2010 (Tableau 2). Cette dynamique d'augmentation des sols nus liée à la régression de la végétation, a même impacté la disponibilité en eau au niveau de l'extrémité Est de l'arrondissement de Cabrousse avec une diminution de 11,7 % du potentiel.

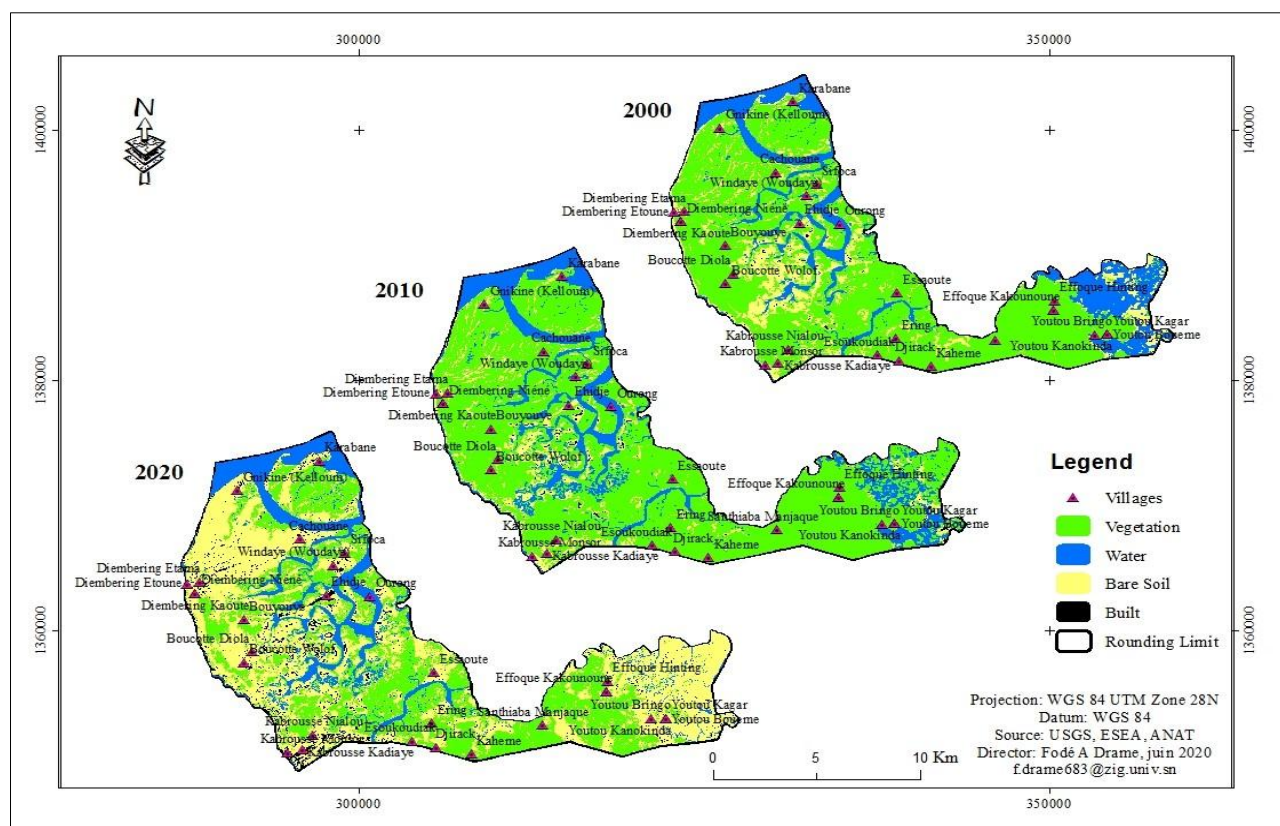


Figure 5. Dynamique d'occupation de sol entre 2000, 2010 et 2020

(Source : USGS, ESEA, ANAT, 2020)

Tableau 2. Modification des unités d'occupation du sol

Occupation du sol (ha)	Années			Evolutions des surfaces	
	2000	2010	2020	2000-2010	2010-2020
				(%)	(%)
Bâti	102	221	1260	+36,8	+70,1
Sols nus	6794	3979	20499	- 26,1	+67,4
Végétation	27299	30237	14154	+5,1	-36,2
Eaux	7257	7013	5539	-1,7	-11,7

(Source : résultat d'analyse des images satellitaires Sentinel-2A, Landsat 5 et 7)

3.3. Richesse spécifique et fréquence des espèces ligneuses

La flore ligneuse est riche de 45 espèces réparties en 41 genres et 20 familles. Les espèces les plus fréquentes sont *Dialium guineensis* Willd. (17,7%), *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (14,7%), *Terminalia macroptera* Guill. & Perr. (9,32%), *Eleais guineensis* Jacq. (7 %) et *Fagara zantoxylodes* Lam. (6,01%) (Tableau 3).

Tableau 3. Diversité spécifique du peuplement

Familles	Genres	Espèces	Fréquence (%)
Bombacaceae	Adansonia	<i>Adansonia digitata</i> L.	0,53
	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	0,05
Mimosaceae	Albizzia	<i>Albizzia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	0,31
	Dichrostachys	<i>Dichrostachys glomerata</i> (Forssk.) Chiov.	4,33
	Parkia	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br.	2,23
	Faidherbia	<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	0,70
Caesalpiniaceae	Afzelia	<i>Afzelia Africana</i> Smith.	0,15
	Piliostigma	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	0,65
	Dialium	<i>Dialium guineensis</i> Willd.	17,70
	Detarium	<i>Detarium guineensis</i> Gmel.	0,63
Sapindaceae	Allophylus	<i>Allophylus africanus</i> P. Beauv.	0,48
Euphorbiaceae	Alchornea	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schumach. & Thonn.) Müll. Arg.	1,26
	Anthostema	<i>Anthostema senegalensis</i> Juss., W.	1,49
Anacardiaceae	Anacardium	<i>Anacardium occidentale</i> L.	0,29
	Lannea	<i>Lannea acida</i> A. Rich.	0,85
	Mangifera	<i>Mangifera indica</i> L.	6,56
	Spondias	<i>Spondias monbin</i> L.	0,05
Loganiaceae	Anthocleista	<i>Anthocleista procera</i> Lepr.	1,38
Annonaceae	Annona	<i>Annona senegalensis</i> Pers.	0,19
	Uvaria	<i>Uvaria chamae</i> P. Beauv.	0,68
Moraceae	Antiaris	<i>Antiaris africana</i> Engl.	0,10
	Ficus	<i>Ficus sycomorus. gnaphalocarpa</i> (Miq.) C.C. Berg	1,77
		<i>Ficus thonningii</i> Blume.	0,24
		<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	0,06
	Chlorophora	<i>Chlorophora regia</i> A. Chev.	0,02
Arecaceae	Borassus	<i>Borassus akeassii</i> Bayton, Ouédraogo & Guinko	0,63
	Eleais	<i>Eleais guineensis</i> Jacq.	7,00
Meliaceae	Carapa	<i>Carapa procera</i> Dc.	0,41
	Khaya	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	14,7
	Trichilia	<i>Trichilia prieureana</i> A.Juss.	0,51
Rubiaceae	Citrus	<i>Citrus medica</i> L.	0,05
	Nauclea	<i>Nauclea latifolia</i> Sm.	0,27
	Sabicea	<i>Sabicea venosa</i> Benth.	0,46
Combretaceae	Combretum	<i>Combretum micrantum</i> G. Don	0,07
	Terminalia	<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.	9,32
Fabaceae	Dalbergia	<i>Dalbergia melanoxydon</i> Guill. & Perr.	0,48
Rutacées	Fagara	<i>Fagara rubescens</i> (Planch. ex Hook.f.)	0,12
		<i>Fagara zantoxylodes</i> Lam.	6,01
Bignoniaceae	Kigelia	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	2,30
Apocynaceae	Landolphia	<i>Landolphia heudelotii</i> A. DC.	3,86
	Saba	<i>Saba senegalensis</i> (A. DC.) Pichon	4,61
Sapotaceae	Malacantha	<i>Malacantha alnifolia</i> (Bak.) Pierre	4,06
Rosaceae	Parinari	<i>Parinari excelsa</i> Sabine.	0,19
		<i>Parinari macrophylla</i> Sabine	2,23
Verbenaceae	Vitex	<i>Vitex doniana</i> Sweet	0,02

3.4. Caractéristiques de la végétation ligneuse

Le rôle et la place structurelle de chaque espèce au sein du peuplement sont indiqués par l'indice de valeur d'importance. Ainsi, l'analyse du Tableau 4 montre que les espèces les plus importantes en termes de représentativité sont *Eleais guineensis* Jacq. (50,1 %), *Terminalia macroptera* Guill. & Perr. (41,7 %), *Dialium guineensis* Willd. (37,9 %) *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. (35,2 %) et *Kigelia africana* (Lam.) Benth. (30 %).

Tableau 4. Indice de valeur d'importance (IVI) des espèces

Espèces	Fr	DomR	Dr	IVI
<i>Adansonia digitata</i> L.	66,7	4,5	0,53	23,9
<i>Albizzia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	66,7	0,23	0,31	22,4
<i>Azelia Africana</i> Smith.	33,3	0,6	0,15	11,4
<i>Allophyllus africanus</i> P. Beauv.	33,3	0,11	0,48	11,3
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schumach. & Thonn.) Müll. Arg.	66,7	0,36	1,28	22,8
<i>Anacardium occidentale</i> L.	16,7	0,59	0,29	5,8
<i>Anthocleista procera</i> Lepr.	16,7	0,78	1,38	6,3
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	33,3	0,07	0,19	11,2
<i>Anthostema senegalensis</i> Juss., W.	66,7	0,78	2,49	23,3
<i>Antiaris africana</i> Engl.	33,3	0,32	0,10	11,2
<i>Borassus akeassii</i> Bayton, Ouédraogo & Guinko	66,7	2,42	0,63	23,2
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	16,7	0,71	0,05	5,8
<i>Carapa procera</i> Dc	16,7	0,28	0,41	5,8
<i>Citrus medica</i> L	16,7	0,01	0,05	5,6
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	16,7	0,016	0,07	5,6
<i>Dalbergia melanoxylon</i> Guill. & Perr.	16,7	0,2	0,48	5,8
<i>Dialium guineensis</i> Willd.	83,3	12,6	17,76	37,9
<i>Detarium guineensis</i> Gmel.	50	5,18	0,63	18,6
<i>Dichrostachys glomerata</i> (Forssk.) Chiov	66,7	1,05	4,33	24,0
<i>Eleais guineensis</i> Jacq.	100	39,89	10,50	50,1
<i>Fagara rubescens</i> (Planch. ex Hook.f.)	33,3	0,03	0,12	11,2
<i>Fagara zantoxylodes</i> Lam.	83,3	2,28	8,01	31,2
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	50	0,97	0,70	17,2
<i>Ficus sycomorus</i> sp. <i>gnaphalocarpa</i> (Miq.) C.C. Berg	66,7	1,43	1,77	23,3
<i>Ficus thonningii</i> Blume.	50	0,36	0,24	16,9
<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	33,3	0,1	0,07	11,2
<i>Chlorophora regia</i> A. Chev.	16,7	0,01	0,02	5,6
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	16,7	0,88	0,10	5,9
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	83,3	4,29	2,30	30,0
<i>Landolphia heudelotii</i> A. DC.	66,7	1,09	4,86	24,2
<i>Lannea acida</i> A. Rich.	50	0,87	0,85	17,2
<i>Malacantha alnifolia</i> (Bak.) Pierre	66,7	1,12	4,06	24,0
<i>Mangifera indica</i> L.	66,7	7,32	6,56	26,9

<i>Nauclea latifolia</i> Sm.	16,7	0,11	0,27	5,7
<i>Parinari excelsa</i> Sabine.	50	0,03	0,19	16,7
<i>Parinari macrophylla</i> Sabine	83,3	1,59	4,23	29,7
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br.	100	3,44	2,23	35,2
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	33,3	0,58	0,65	11,5
<i>Sabicea venosa</i> Benth.	16,7	0,001	0,46	5,7
<i>Saba senegalensis</i> (A. DC.) Pichon	66,7	1,55	6,61	25,0
<i>Spondias monbin</i> L.	33,3	0,05	0,05	11,1
<i>Trichilia prieureana</i> A.Juss.	33,3	0,7	0,51	11,5
<i>Terminalia macroptera</i> Guill. &Perr.	100	12,86	12,32	41,7
<i>Uvaria chamae</i> P. Beauv.	50,0	0,18	0,68	17,0
<i>Vitex doniana</i> Sweet	16,7	0,005	0,02	5,6

(Source : Données d'inventaire de la flore)

3.5. Répartition spatiale des espèces ligneuses

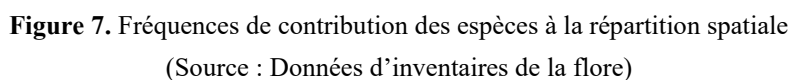
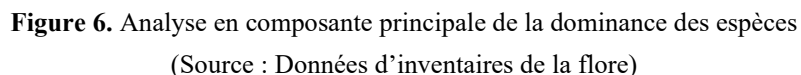
L'inventaire des espèces a été réalisé à partir de 150 placettes réparties sur les 6 layons. La matrice de corrélation des espèces recensées au niveau de chaque layon a été réalisée pour donner une idée de la répartition spatiale des espèces dans le milieu. Une forte corrélation a été notée entre les layons 1 et 2 (71%) ; 90% entre les layons 2 et 3 ; 64 % entre les layons 3 et 4 et 61 % entre les layons 5 et 6. L'analyse de cette matrice montre que la répartition des espèces n'est pas homogène dans le milieu (Tableau 5).

Tableau 5. Matrice de corrélation de Pearson normée

	Layon1	Layon2	Layon3	Layon4	Layon5	Layon6
Layon1	1					
Layon2	0,71	1				
Layon3	0,51	0,90	1			
Layon4	-0,01	0,38	0,64	1		
Layon5	0,10	0,29	0,27	0,32	1	
Layon6	0,01	0,21	0,24	0,28	0,61	1

(Source : Données d'inventaire de la flore)

L'analyse en composante principale a été réalisée sur une matrice (x/y, où x représente la densité de chaque espèce et y représente les différents layons dans lesquels les placettes ont été matérialisées). L'information issue de l'analyse en composante principale est contenue dans le plan (axe Dm1) avec 49 %. Une faible contribution au recouvrement du plan Dm2 a été notée avec 24 % (Figure 6). L'analyse est centrée sur l'axe Dm1 qui permet de discriminer le recouvrement au niveau des layons. Ainsi, les espèces qui ont plus contribué au recouvrement du milieu sont : *Dialium guineensis* Willd. (23,8 %), *Terminalia amacroptera* Guill. &Perr. (21,5 %), *Eleais guineensis* Jacq. (17,5 %), *Fagara zantoxylodes* Lam. (6,5 %), *Saba senegalensis* (A. DC.) Pichon (3 %), *Mangifera indica* L. (2,8 %) et *Parinari macrophylla* Sabine (2,6 %) (Figure 7).



3.6. Structure en diamètre de la flore ligneuse

L'analyse de la structure en diamètre de la flore ligneuse montre que la nature du peuplement est constituée en majorité par de jeunes plantes. Les espèces de diamètres compris entre 14 et 24 cm sont les plus représentatifs. Cela traduit qu'il y a une bonne régénération dans le sous-bois (Figure 8).

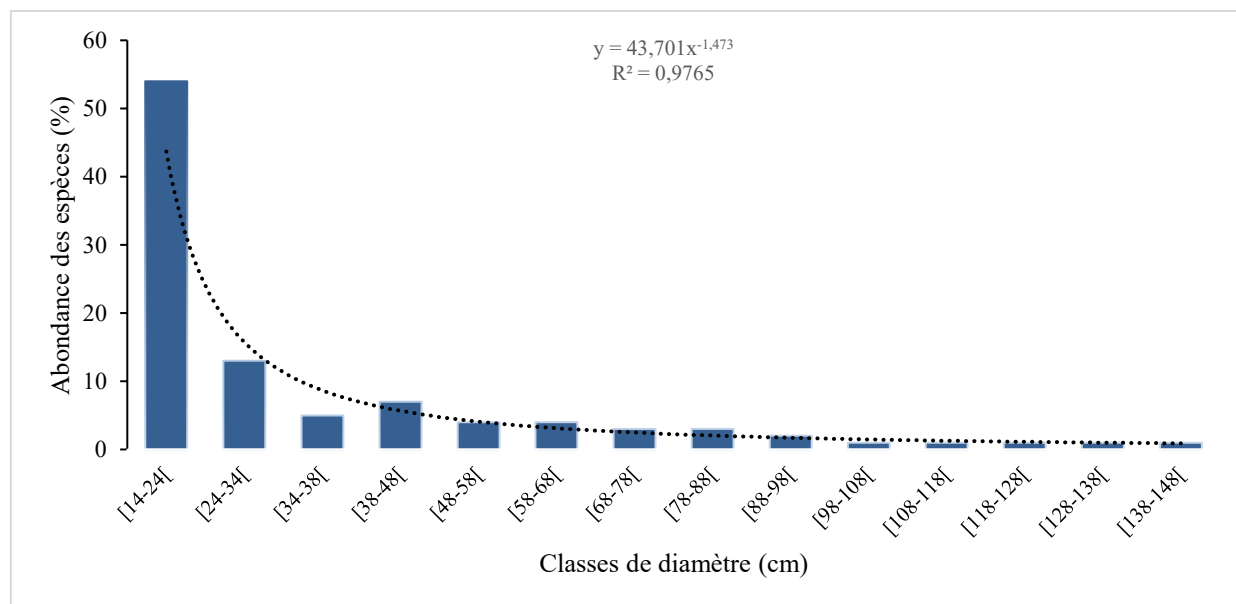


Figure 8. Structure en diamètre de la flore ligneuse
(Source : Données d'inventaires de la flore)

4. Discussion

La variation de l'indice de végétation entre les années 2000, 2010 et 2020 montre que la dynamique de la végétation est sous la menace de plusieurs facteurs. La tendance montre un rythme de dégradation de la végétation très inquiétante. Ceci pourrait s'expliquer par la croissance exponentielle de la population humaine avec son lot d'usages concurrentiels des ressources forestières dont l'agriculture expansive, la coupe abusive du bois et le surpâturage (Kadéba et al. 2019). Le développement de l'activité touristique qui se traduit par l'implantation des hôtels, des campements touristiques etc. ont également contribué à la disparition du couvert végétal (Masurier 1998). La région connaît depuis plus de 30 ans une rébellion qui n'a pas laissé indifférent les ressources forestières. En effet, cette crise a beaucoup favorisé le trafic de bois d'œuvre vers la Gambie. L'impact négatif des crises politiques sur la dynamique des ressources naturelles a été aussi mentionné par Kadéba et al. (2019). Les mêmes conclusions ont été relatées par AL-Awadhi et al. (2005) et Kombate et al. (2022) qui ajoutent à ces facteurs cités, la sécheresse et le développement de l'activité économique. L'expansion des sols nus pourrait s'expliquer par la dégradation des écosystèmes de mangrove qui constituent une bonne partie des unités d'occupation de sol (Soulama et al. 2015). De nombreuses études réalisées en Afrique et au Sénégal ont alerté sur la régression des espaces forestiers (Solly et al. 2020 ; Atakpa et al. 2023). La variabilité de la pluviométrie, marquée par un déficit important entre 1987 à 1997, a des conséquences sur la dynamique des paysages forestiers (Sagna et al. 2015). Il s'ensuit une salinisation des vallées entraînant la disparition de la végétation dans les bas-fonds comme mentionné par Djighaly et al. (2020) sur l'effet de la salinité sur le pouvoir infectif des champignons mycorhiziens à arbuscules et végétation herbacée dans la vallée de Tobor.

Le recensement des espèces ligneuses a révélé une flore ligneuse riche de 45 espèces réparties en 41 genres et 20 familles. Cette flore ligneuse est non moins importante par rapport à celle recensée dans la ville de Ziguinchor qui est de 132 espèces (Charahabil et al. 2018), 260 espèces recensées dans les Niayes, 176 espèces dans le Bassin arachidier (Faye et al. 2018) et 226 espèces

recensées dans le parc national Fazao-Malfakassa (Atakpa et al. 2023) et 221 espèces recensées dans l'aires protégées de Togodo au Togo (Folega et al. 2023). La Casamance, bien qu'abritant les plus grandes formations forestières du Sénégal connaît de plus en plus une régression de sa biodiversité végétale. Cette différence s'explique par une perte de la biodiversité d'origine souvent remplacée par les espèces exotiques (Charahabil et al. 2018) alors que celle de l'arrondissement de Cabrousse est à son état initial. Il résulte que ces résultats indiqueraient les caractéristiques d'un écosystème dégradé si on se réfère aux travaux de ces auteurs (Vincke 1995).

La structure des classes de diamètre traduit une bonne génération dans cet écosystème. Cette structure est typique des formations naturelles dans lesquelles, la densité des jeunes plants est généralement plus élevée. Ces mêmes conclusions ont été relatées par Diatta et al. (2009) sur la diversité de la flore et de la végétation ligneuse de la réserve de Ngazobil au Nord du Sénégal.

5. Conclusion

Cette étude a permis de noter qu'en espace de 10 ans (2010 et 2020) la forêt naturelle de l'arrondissement de Cabrousse a perdu 36,2 % de son couvert végétal et 11,7 % de ces ressources en eau. La flore ligneuse recensée quant à elle est riche de 45 espèces dont les familles, les plus dominantes sont : *Eleais guineensis* Jacq., *Terminalia macroptera* Guill. & Perr., *Dialium guineensis* Willd. *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. et *Kigelia africana* (Lam.) Benth. Au regard de l'état de dégradation des ressources forestières dans cette zone, il urge de redéfinir des stratégies de restauration écologique de cet écosystème en étroite collaboration avec les populations riveraines de cette zone pour en assurer la survie et la durabilité de son système d'utilisation.

Remerciement

Nous exprimons toute notre reconnaissance à l'endroit du Directeur de l'Ecoparc de Djimbérin pour avoir facilité les inventaires dans l'Ecoparc.

Références

- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) (2017) Recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage de 2013, *Rapport définitif*. Édit., Dakar (Sénégal), 417p <https://www.ansd.sn/sites/default/files/2022-11/SES-Dakar-2017-2018.pdf> consulté le 25/12/2023
- AL-Awadhi JM, Omar SA, Misak RF (2005) Land degradation indicators in Kuwait. *Land degradation & Development*, n°16, 163 – 176 <https://doi.org/10.1002/ldr.666>
- Andrieu J (2008) Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivièresdu-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau), Thèse de l'Université Paris Diderot - Paris 7 ; 532p (2) (PDF) [Dynamiques des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud \(Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau\) \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/311111111) consulté le 25/12/2023
- Atakpama W, Bimare K, Klevor K Amemavo J, Folega F, Batawila K, Akpagana K (2023) Feu de végétation et diversité des formations végétales du Parc national Fazao-Malfakassa au Togo. *RevÉcosystèmes et Paysages* (Togo), 03(1): 48 –65, e-ISSN (Online): 2790-3230 <https://doi.org/10.59384/recopays2023-3-1>
- Bassène OA (2016) L'évolution des mangroves de la Basse Casamance au sud du Sénégal au cours des 60 dernières années : surexploitation des ressources, pression urbaine, et tentatives de mise en place d'une gestion durable, Thèse de doctorat en co-tutelle de l'Université de Lyon (France), 311p <https://theses.hal.science/tel-01559306>
- Berhaut J (1967) Flore du Sénégal (2ième Edition), Clair Afrique : Dakar ; 485p [Berhaut, J. — Flore du Sénégal. 2e Edition plus complète. Avec les forêts humides de la Casamance. Dakar. Editions Clairafrique, 1967 - Persée \(persee.fr\)](https://www.persee.fr/doc/berhaut_1967) consulté le 25/12/2023

- Camara B, Sagna B, Ngom D, Niokane M (2017) Importance socio-économique de *Elaeis guineensis* J. (Palimier à huile) en Basse-Casamance (SENEGAL), *European Scientific Journal* : volume 13 n°12, pp 214-230. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n12p214>
- Charahabil MM, Bassène C, Baldé H, Ndiaye S, Diatta M (2018) Diversité et structure des espaces végétalisés urbains de la ville de Ziguinchor, Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(4): 1650-1666 DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.12>
- Cramer JM, Mesquita RCC, Williamson GB (2007) Forest fragmentation differentially affects seed dispersal of large and small-seeded tropical trees, *Biological Conservation*, 137: 415-423 DOI: [10.1016/J.BIOCON.2007.02.019](https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2007.02.019)
- Curtis JT, McIntosh RP (1950) The Interrelations of Certain Analytic and Synthetic Phytosociological Characters, *Ecology*, n°31, 434-455 <https://doi.org/10.2307/1931497>
- Dessay N (2006) Dynamique de la végétation et du climat : étude par télédétection de cinq Biomes brésiliens, forêt ombrophile dense et ouverte, Cerrados, Caatinga et Campanha Gaúcha, Thèse de l'Université Paris X - Nanterre, 364p [theses.fr – Nadine Dessay , Dynamique de la végétation et du climat : étude par télédétection de cinq biomes brésiliens, forêt ombrophile dense et ouverte, cerrados, caatinga et campanha gaúcha](https://theses.fr/Nadine_Dessay) consulté le 25/12/2023
- Diatta CD, Gueye M, Koma S, Akpo LE (2009) Diversité de la flore et de la végétation ligneuses dans la réserve de Ngazobil (Joal-Fadiouth) au Sénégal, *J.Sci.* Vol.9, N°3 1-13 <https://docplayer.fr/89470045-Diversite-de-la-flore-et-de-la-vegetation-ligneuses-de-la-reserve-de-ngazobil-joal-fadiouth-au-senegal.html> consulté le 25/12/2023
- Djogo J, Gibigaye M, Tente B, Sinsin B (2012) Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(2) : 705-713 <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i2.14>
- Djighaly PI, Ndiaye S, Diarra AM, Dramé FA, Barry B (2020) Effect of salinity on the infective power of arbusculated mycorrhizal fungi and the diversity of herbaceous vegetation in the rice perimeter of Niamone valley (Ziguinchor, Senegal), *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*; 8(5): -69-76 <http://www.american-jiras.com/>
- Ducrot D (2005) Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multisources, extraction de caractéristiques du paysage, Mémoire d'HDR, INP Toulouse, 240p <https://docplayer.fr/7248754-Methodes-d-analyse-et-d-interpretation-d-images-de-teledetection-multi-sources-extraction-de-caracteristiques-du-paysage.html> consulté le 25/12/2023
- Faye E, Dieng H, Bogaert J, Lejoly J (2014) 2014 Dynamique de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal, *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 108 (2) : 191- 206 https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/227523/1/faye_2014.pdf
- Folega F, Dagoua DP, Badjaré B, Atakpama W, Kanda M, Wala K, Batawila K, Akpagana K (2023). Biodiversité et structure des peuplements du complexe d'aires protégées de togodo au togo *Rev Écosystèmes et Paysages* (Togo), 03(1) : 78–93, e-ISSN (Online): 2790- 3230 <https://lbev-univlome.com/wp-content/uploads/2023/07/Folega-et-al.-01-2023.pdf>
- Girard MC (1999) Traitement des données de télédétection, *Dunod Ed.* Paris, 326-334 <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2848825> consulté le 25/12/2023
- Gueye S (2000) Etude sur les ressources forestières et les plantations forestières du Sénégal. Période : 1992- 1999. Programme de partenariat CE-FAO (1998-2002), ligne budgétaire forêt tropicale B7-6201/97-15/VIII/FOR PROJET GCP/INT/679/EC. Rapport Final 61p <https://www.fao.org/3/X6815F/X6815F00.htm> consulté le 25/12/2023
- Hill JL and Curran PJ (2005) Fragment shape and tree species composition in tropical forest: a landscape level <https://www.semanticscholar.org/paper/938e27ec25fbb2948ecc3cbf755f2a32d1b8b826> consulté le 25/12/2023
- Kadéba A, Kagambèga FW, Soulama S, Schmidt M, Thiombiano A, Boussim JI (2019) Dynamique des unités de végétation et réponse des espèces ligneuses à la dégradation des terres en zone sub-sahélienne du Burkina Faso *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, n°34, 144 – 162 [REVIST_34_10.pdf](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2711111/v1)

- Kadéba A, Nacoulma BMI, Ouédraogo A, Bachmann Y, Thiombiano A, Schmidt M, Boussim IJ (2015) Land cover change and plants diversity in the Sahel: A case study from northern Burkina Faso, *Annals of Forest. Research*, 58 (1) 109 – 123 <https://doi.org/10.15287/afr.2015.350>
- Kombate A, Folega F, Atakpama W, Dourma M, Wala K, Goïta K (2022) Characterization of Land-Cover Changes and Forest-Cover Dynamics in Togo between 1985 and 2020 from Landsat Images Using Google Earth Engine Land 11:1889 doi: <https://doi.org/10.3390/land11111889>
- Masurier D (1998) Hôtes et Touristes au Sénégal : imaginaires et relations touristiques de l'exotisme Paris, Harmattan, 255p <http://www.theses.fr/1994PA05H034> consulté le 25/12/2023
- Ngom D, Fall T, Sarr O, Diatta S, Akpo LE (2013) Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *J. Appl. Biosci.* 16p. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/272326754>.
- Ngom D, Camara B, Sagna B, Gomis ZD (2018) Cortège floristique, paramètres structuraux et indicateurs d'anthropisation des parcs agroforestiers à *Elaeis guineensis* Jacq en Basse Casamance, Sénégal, *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol.36, Issue 3 : 5919-5932 <http://www.m.elewa.org/JAPS>
- Rouse JW, Haas RW, Schell JA, Deering DW, Harlem JC (1974) Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green-wave effect) of natural vegetation, Édit, NASA/GSFC, rapport final, Greenbelt (USA), 164p <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19750020419/downloads/19750020419.pdf> consulté le 25/12/2023
- Sagna P, Ndiaye O, Diop C, Niang AD, Sambou PC (2015) Les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont-elles en phase avec les descriptions données par les scénarios du GIEC ? *POLLUTION ATMOSPHERIQUE* N°227 - OCTOBRE - DÉCEMBRE 2015 https://www.researchgate.net/publication/331440449_Les_variations_recentes_du_climat_constatees_au_Senegal_sont-elles_en_phase_avec_les_descriptions_donnees_par_les_scenarios_du_GIEC_Are_recent_climate_variations_observed_in_Senegal_in_conformity_with
- Solly B, Dieye EHB, Mballo I, Sy O, Sané T, Thior M (2020) Dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers dans le sud du Sénégal: cas du département de Vélingara, *Physio-Géo*, vol. n°15, 41-67 <https://doi.org/10.4000/physio-geo.10634>
- Soulama S, Kadeba A, Nacoulma IMB, Traore S, Bachmann Y, Thiombiano A (2015) Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique, *Journal of Applied Biosciences*, 87 : 8047 – 8064 <https://doi.org/10.4314/jab.v87i1.6>
- Sturges HA (1926) The Choice of a Class Interval. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 21, n° 153, 65-66 <http://www.jstor.org/stable/2965501>
- Tappan GG, Sall M, Wood EC, Cushing M (2004) Ecoregions and land cover trends in Senegal. *Journal of Arid Environments*, vol. 59, n° 3, p. 427-462 <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.03.018>
- Vincke C (1995) La dégradation des systèmes écologiques sahéliens. Effets de la sécheresse et des facteurs anthropiques sur l'évolution de la végétation ligneuse du Ferlo (Sénégal) MFE, UCL-FSA/UEF, 82 <http://www.theses.fr/2008BOR13754/abes> consulté le 25/12/2023
- Yameogo G, Yelemou B, Boussim IJ, Traore D (2013) Gestion du parc agroforestier du terroir de Vipalogo (Burkina Faso) : contribution des ligneux à la satisfaction des besoins des populations, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (3) 1087 - 1105 <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.16>