

Université Assane Seck de Ziguinchor



UFR Sciences et Technologies

Département d'Agroforesterie

Mémoire de master

Spécialité: Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers

Caractérisation des peuplements de *Melaleuca leucadendra* L. dans la commune de Niaguis, Basse Casamance/ Sénégal

Présenté par:

M. Chérif Younouss CAMARA

**Sous l'encadrement de : Dr Antoine SAMBOU, Maître-Assistant CAMES UFR-ST/
UASZ**

Sous la supervision de : Dr Ousmane NDIAYE Maître de Conférences CAMES/ENSA

Soutenu publiquement le 22 Janvier 2025 devant le jury composé de:

Président du jury: Dr Ismaïla COLY Maître de Conférences CAMES UFR-ST/ UASZ

Membres :

Dr Aly DIALLO, Maître Assistant CAMES UFR-ST/ UASZ

Dr Antoine SAMBOU, Maître Assistant CAMES UFR-ST/ UASZ

Dr Ousmane NDIAYE, Maître de Conférences CAMES/ENSA

Dr Joseph Saturnin DIEME, Maître Assistant CAMES UFR-ST/ UASZ

Année universitaire : 2023-2024

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à mon papa rappelé à Dieu au cours de mes études, il sera toujours pour moi une référence. Que Dieu le Tout puissant, le clément, le miséricordieux, l'accueille dans son paradis ! Amen.

Il est aussi dédié à :

- *Ma maman pour son soutien durant tout mon cursus scolaire ;*
- *Mon épouse pour sa compréhension ;*
- *Ma famille dont mes frères et sœurs pour le soutien durant ces longues années d'études ;*
- *Mon Tuteur pour son soutien*
- *Tous mes camarades de la douzième promotion et, à travers eux, tous les étudiants du Département Agroforesterie et*
- *Vous tous, ce travail est le vôtre.*

REMERCIEMENTS

Je voudrais avant tout rendre grâce à Dieu de m'avoir donné la santé, le courage et la patience de réaliser ce travail. Je remercie tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à ce travail.

*Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde reconnaissance aux partenaires financiers qui ont permis la réalisation de ces travaux de recherche notamment la CEDEAO, Union européen et l'Agence Française de Développement à travers le projet SyRIMAO coordonné par le **Dr Ousmane NDIAYE**.*

*J'adresse mes sincères remerciements à mon encadrant **Dr Antoine SAMBOU** pour avoir accepté de diriger ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour sa disponibilité et tous les efforts consentis pour l'aboutissement de ce travail.*

*Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à l'endroit de **Dr Ousmane Ndiaye** qui a supervisé ce travail et avec qui j'ai eu le privilège de travailler depuis la Licence et d'apprécier ses qualités et ses valeurs. Sa rigueur, sa disponibilité et son sens du devoir m'ont énormément marqué. Ses orientations, ses nombreuses relectures et suggestions allant dans le but d'améliorer la qualité de ce mémoire m'ont été d'une grande utilité.*

*J'exprime ma profonde gratitude à l'endroit de **Dr El hadji CAMARA** du département de lettres modernes de l'université Assane Seck de Ziguinchor pour son soutien et sa disponibilité.*

*Je remercie du fond du cœur tous nos enseignants-chercheurs du département d'Agroforesterie : **Pr Ismaïla COLY** chef du département, **Pr Ngor NDOUR**, **Pr Siré DIEDHIOU**, **Pr Mohamed Mahmoud CHARAHABIL**, **Dr Djibril SARR**, **Dr Antoine SAMBOU**, **Dr Aly DIALLO**, **Dr Boubacar CAMARA**, **Dr Joseph Saturnin DIEME**, **Dr Saboury NDIAYE**, **Dr Abdoulaye SOUMARE** et **Dr Oulimata DIATTA**.*

Je remercie également l'ensemble des professeurs et intervenants du Master qui m'ont transmis leurs connaissances avec passion et professionnalisme. La qualité de leur enseignement a grandement contribué à ma formation et à mon développement professionnel

*Je remercie aussi **M. Henry SECK** Doctorant au département de géographie pour son soutien dans la réalisation des cartes. Mes remerciements vont aussi à l'endroit de l'ensemble des doctorants et docteurs du département d'Agroforesterie et de nos camarades de la douzième promotion.*

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	vi
RESUME	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1 Description botanique et classification	3
1.2 Origine, habitat et distribution géographique	4
1.3. Ecologie	5
1.4 Importance socio-économique et environnemental	5
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	6
2.1 Présentation du site	6
2.2 Collecte de données	7
2.2.1 Inventaire	7
2.2.2 Enquête socio-économique	14
2.2.3 Traitement et analyse des données	15
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	20
3.1 Résultats	20
3.1.1 Composition et diversité floristique	20
3.1.2 Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse	24
3.1.3 Importance des plantations de <i>Melaleuca leucadendra</i>	33
3.2 Discussion	36
3.2.1 Composition et diversité floristique	36
3.2.2 Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse	36
3.2.3 Importance des plantations de <i>Melaleuca</i>	38
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :.....	40
ANNEXES :	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1: *Melaleuca leucadendra*

Figure 2 : Origine, habitat et distribution géographique de *Melaleuca* dans le monde

Figure 3: Localisation de la commune de Niaguis

Figure 4: Localisation des placettes par image Google Earth dans les plantations

Figure 5: Carte des placettes à inventorier dans les plantations

Figure 6 : Forme et taille des placettes d'inventaire des ligneux (a) et de la régénération (b)

Figure 7: Les outils d'échantillonnages

Figure 8: Typologie des plantations de la commune de Niaguis

Figure 9: Variation de la diversité de Shannon (a) et de Pielou (b) en fonction des sites

Figure 10 : Dissimilarité entre les sites

Figure 11: Distribution des classes de hauteurs des individus du peuplements ligneux ($D_{1,3} \geq 5$ cm)

Figure 12: Distribution des classes de diamètre 1,3m ($D_{1,3}$) des individus du peuplement ligneux ($D_{1,3} \geq 5$ cm)

Figure 13: Répartition des sites en fonction des variables quantitatives évaluées

Figure 14: Matrice de corrélation des variables évaluées

Figure 15: Variation du pH du sol en fonction du site et de la zone

Figure 16: Variation de la CE du sol en fonction du site et de la zone

Figure 17: Mode d'accès des terres selon les villages

Figure 18: Effets de *Melaleuca* sur les cultures

Figure 19: Services associés à *Melaleuca*

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Répartition de l'échantillon en fonction des villages

Tableau 2: Nombre d'espèces ligneuses rencontrées par famille

Tableau 3: Matrice de dissimilarité de Bray-Curtis

Tableau 4 : Structure de la végétation ligneuse

Tableau 5 : Importance écologique des espèces

Tableau 6: Taux de régénération du peuplement et Importance spécifique de régénération de *Melaleuca leucadendra* suivant les zones d'études

Tableau 7: Genre et tranche d'âge

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AFC : Analyse factorielle des correspondances

ACP : Analyse en Composantes Principales

CE : Conductivité électrique

DHP : Diamètre à hauteur de poitrine

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

GPS : Global Positioning System (Système Global de Positionnement)

IRD : Institut de Recherche Développement

ISFAR : Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale

ISRA : Institut Sénégalais de Recherche Agricole

ISR : Importance Spécifique de Régénération

IVI : Indice de Valeur d'Importance

MEA : Millenium Ecosystem Assessment (Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire)

PRECOBA : Projet de Reboisement Communautaire dans le Bassin Arachidier

RN : Route Nationale

UASZ : Université Assane Seck de Ziguinchor

TRP : Taux de Régénération du Peuplement

ZIC : Zone Intertropicale de Convergence

RESUME

Les forêts à travers ses composantes rendent plusieurs services socio- économiques et écologiques. C'est ainsi que certaines espèces ligneuses sont utilisées pour restaurer les terres dégradées par la salinisation. Afin de mieux contribuer à une amélioration des connaissances sur l'état des peuplements de *Melaleuca leucadendra*, une analyse de la composition, de la structure, de la régénération et de l'importance de la végétation ligneuse a été effectuée. Pour ce faire, une enquête socio-économique et des relevés de végétation ont été réalisés. L'enquête est portée sur un échantillon de 263 chefs de ménages réparties dans les 3 villages de la commune. Le relevé de la végétation ligneuse a porté sur 164 placettes carrées de 2500 m² et les mensurations dendrométriques ont porté sur le diamètre des tiges et des houppiers et la hauteur des arbres. Pour la régénération, une sous-placette circulaire de 1256 m² (20 m de rayon) localisée au centre de la placette a été utilisée pour recenser tous les individus de diamètre inférieur au diamètre seuil. L'inventaire montre une composition floristique peu diversifiée avec 22 espèces réparties en 15 familles. Les familles les plus dominantes sont Anacardiacees (13,64%), Bombacacees (9,09%), Méliacées (9,09%), Mimosacées (9,09%), Moracées (9,09%) et Myrtacées (9,09%). La diversité varie en fonction des sites. Le site de Niaguis 1 est significativement plus diversifié ($0,25 \pm 0,08$) que ceux de Djifanghor ($0,12 \pm 0,03$), Djibelor ($0,11 \pm 0,03$) et Niaguis 2 ($0,04 \pm 0,02$). L'analyse de la structure verticale et horizontale révèle une variabilité des paramètres (hauteur, diamètre, densité, surface terrière) entre les sites. Le taux de régénération ($91,62 \pm 14,14$ %) est très élevé avec une forte capacité de régénération naturelle de *M. leucadendra* ($97,52 \pm 14,14$ %). Les facteurs édaphiques (pH, conductivité électrique) varient significativement entre les sites et influencent la structure et la composition de la végétation. Les enquêtes montrent une perception très positive des populations locales (80%) sur l'importance des plantations de *M. leucadendra*, qui sont associées à des services écosystémiques et à une augmentation de la production rizicole. Ces résultats soulignent l'adaptation et l'importance écologique et sociale de *M. leucadendra* dans les systèmes agroforestiers de la région.

Mots-clés : Diversité, services écosystémiques, régénération, *Melaleuca*, Salinisation, Agroforesterie, Casamance

ABSTRACT

Forests provide a number of socio-economic and ecological services. For example, certain woody species are used to restore land degraded by salinization. In order to contribute to a better understanding of the state of *Melaleuca leucadendra* stands, an analysis of the composition, structure, regeneration and importance of woody vegetation was carried out. To this end, a socio-economic survey and vegetation surveys were carried out. The survey was carried out on a sample of 263 heads of households spread across the commune's 3 villages. The woody vegetation was surveyed on 164 square plots of 2,500 m², and dendrometric measurements were taken on stem and crown diameter and tree height. For regeneration, a 1256 m² circular sub-plot (20 m radius) located at the plot center was used to count all individuals with diameters below the threshold diameter. The inventory showed a low floristic diversity, with 22 species in 15 families. The most dominant families are Anacardiaceae (13.64%), Bombacaceae (9.09%), Meliaceae (9.09%), Mimosaceae (9.09%), Moraceae (9.09%) and Myrtaceae (9.09%). Diversity varies from site to site. The Niaguis 1 site is significantly more diverse (0.25 ± 0.08) than Djifanghor (0.12 ± 0.03), Djibelor (0.11 ± 0.03) and Niaguis 2 (0.04 ± 0.02). Analysis of vertical and horizontal structure reveals variability in parameters (height, diameter, density, basal area) between sites. The regeneration rate ($91.62\pm 14.14\%$) is very high, with *M. leucadendra* showing a high capacity for natural regeneration ($97.52\pm 14.14\%$). Edaphic factors (pH, electrical conductivity) vary significantly between sites and influence vegetation structure and composition. Surveys show a very positive perception by local populations (80%) of the importance of *M. leucadendra* plantations, which are associated with ecosystem services and increased rice production. These results underline the adaptation and ecological and social importance of *M. leucadendra* in the region's agroforestry systems.

Keywords: Diversity, ecosystem services, regeneration, *Melaleuca*, Salinization, Agroforestry, Casamance

INTRODUCTION

Les forêts couvrent une superficie totale de 4 milliards d'hectares soit environ 31 % de la surface du globe, (FAO, 2020). Elles sont une source importante de biens et services diversifiés pour les sociétés humaines. Bien que nombreux, ces bienfaits que la société tire des écosystèmes sont classés en quatre catégories à savoir : les services de prélèvement ou d'approvisionnement, les services de régulation, les services culturels et les services d'entretien ou d'appui (Barnaud et *al.* 2011 ; Salles, 2015).

Malgré leur importance pour la société, ces écosystèmes subissent une énorme pression qui constitue une menace pour leur pérennité (Ndiaye, 2023). En effet, les forêts subissent de nos jours de fortes pressions anthropiques, auxquelles s'ajoutent d'autres contraintes naturelles telles que la variabilité climatique, la baisse de la fertilité des sols, la salinisation des terres et l'érosion (Diouf et *al.*, 2002; Mbow et *al.*, 2014; Diatta et *al.*, 2016; Ali et *al.*, 2017 ; Ngom et *al.*, 2018). Au Sénégal, le rythme de déboisement annuel pour l'utilisation du bois combustible est deux fois plus élevé que celui de la reforestation, même dans les régions de Tambacounda, Kolda et Ziguinchor qui étaient excédentaires jusqu'à une période récente (MEDD, 2017). A l'image des autres terroirs de la Basse-Casamance, la commune de Niaguis subit également les impacts de la variabilité climatique marquée par des irrégularités pluviométriques, la salinisation et l'acidification des rizières, entraînant ainsi l'évolution du paysage agricole et des pratiques rizicoles (Sagna et *al.* ,2022).

Pour restaurer ces espaces affectés par la salinité, des méthodes biologiques de valorisation des terres dégradées par le reboisement de plantes tolérantes au sel ont été recommandées. Au Sénégal, des espèces forestières tolérantes à la salinité appartenant aux genres *Eucalyptus*, *Melaleuca*, *Acacia*, *Tamarix* et *Atriplex* ont été utilisées dans le cadre du Projet de Reboisement Communautaire dans le Bassin Arachidier (PRECOBA). Ces espèces tolérantes au sel sont plantées dans les *tannes* enherbées et arbustives en début d'hivernage (Ndour, 2006). Certains de leurs individus peuvent atteindre 20 m de haut avec un tronc recouvert d'écorce épaisse (parfois rosâtre ou crème) et de branches fines (Patel et *al.*, 2018). Elles sont largement utilisées pour restaurer et valoriser les terres salinisées dégradées du fait de leur résilience, leur croissance rapide et leur tolérance à la salinité (Broadhurst et *al.*, 2005). Elles sont résistantes aux contraintes environnementales et s'adaptent aux sols acides, infertiles et marécageux (Naidu et *al.*, 2000) ; aux sols sodiques ou salins (Tran et *al.*, 2015 ; Nguyen et *al.*, 2009). Les *Myrtacées* offrent des huiles essentielles à propriétés attractives pour les mouches des fruits (Sambou et *al.*, 2020 ; Mendy et *al.*, 2021 ; Diallo et *al.*, 2021). Elles ont un intérêt

écologique considérable plus important que leur valeur commerciale (Tran et *al*, 2015). Grâce à leur capacité à stocker des quantités énormes de carbone, elles sont aussi utilisées dans l'atténuation des changements climatiques (Tran et *al*, 2015). En Casamance, *Melaleuca leucadendra*, communément appelé Niaouli ou Cajeput, occupe une place particulière dans la commune de Niaguis. L'espèce est largement cultivée dans les parcs en zones tropicales et subtropicales (Patel et *al*, 2018).

Bien que *Melaleuca leucadendra* soit reconnue pour ces propriétés médicinales et son adaptabilité à divers environnements, son comportement spécifique dans le contexte écologique de la Casamance reste peu documenté.

Cette présente étude s'inscrit dans la perspective de contribuer à une meilleure caractérisation des peuplements de *Melaleuca leucadendra* de la commune de Niaguis. Il s'agit spécifiquement de caractériser la végétation ligneuse et d'évaluer son importance socio-économique et environnementale pour les populations environnantes.

Ce travail de recherche s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre fait la synthèse bibliographique. Le second chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre les objectifs de l'étude. Le troisième chapitre présente les résultats et la discussion.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Description botanique et classification

Melaleuca leucadendra est un arbre de 2 à 43 m de haut, à écorce blanchâtre (Brophy et al., 2013). Les feuilles sont verticales, glabres à l'état adulte, oblongues-linéaires, atténuées aux deux extrémités, aiguës, présentant 3 à 7 nervures longitudinales, mesurant de 4 à 8 cm de long sur 10 à 22 mm de large (Chevalier, 1927). Les inflorescences sont des épis cylindriques, se regroupant par trois. Les fleurs blanches possèdent de nombreuses étamines de 7 à 16 mm de long, rassemblées en 5 faisceaux opposés aux pétales. Le fruit est une capsule ligneuse, glabre, de plus de 4 mm de diamètre. *M. leucadendra* est un arbre de la famille des Myrtaceae, classe des Dicotylédones, Ordre des Myrtales et Genre *Melaleuca*.



Figure 1 : *Melaleuca leucadendra* (crédit photo, Camara, 2024)

1.2 Origine, habitat et distribution géographique

M. leucadendra est originaire d'Australie (Australie-Occidentale, territoire du Nord, Queensland), de Papouasie-Nouvelle-Guinée, et de l'Indonésie (Brophy et al., 2013). Il croît partout où les eaux souterraines sont abondantes, le long des cours d'eaux en Australie du nord, dans les zones marécageuses et dans la forêt tropicale humide. Il tolère les sols acides et infertiles (Diagne, 2020). La formation des racines adventives est observée lorsqu'il pousse dans les zones inondées. Il est cultivé dans les parcs et le long des rues. *M. Leucadendra* est très répandu en Australie dans les régions septentrionales, en Nouvelle Galédonie, en Nouvelle-Guinée dans la partie OUEST et SUDOUEST ainsi que du côté du Déroit de Torres qui sépare cette île de la pointe NORD EST de l'Australie. *M. Leucadendra* se trouve dans presque toutes les îles de la Malaisie, principalement sur le littoral, au Péninsule d'Indo-Malaisie, en Indochine et aux Philippines. Dans la plupart des régions tropicales du globe, *M. Leucadendra* est cultivé dans les jardins botaniques et parfois il a été semé dans les plantations (figure 2). Au Sénégal, grâce à l'appui de l'ISRA et l'IRD, mais aussi dans le cadre du PRECOBA, un reboisement a été réalisé avec des espèces forestières adaptées à la salinité des genres *Eucalyptus*, *Melaleuca*, *Acacia*, *Tamarix*, et *Atriplex*. Elles sont plantées dans les *tannes* enherbées et dans les *tannes* arbustives en début d'hivernage (Ndour, 2006).

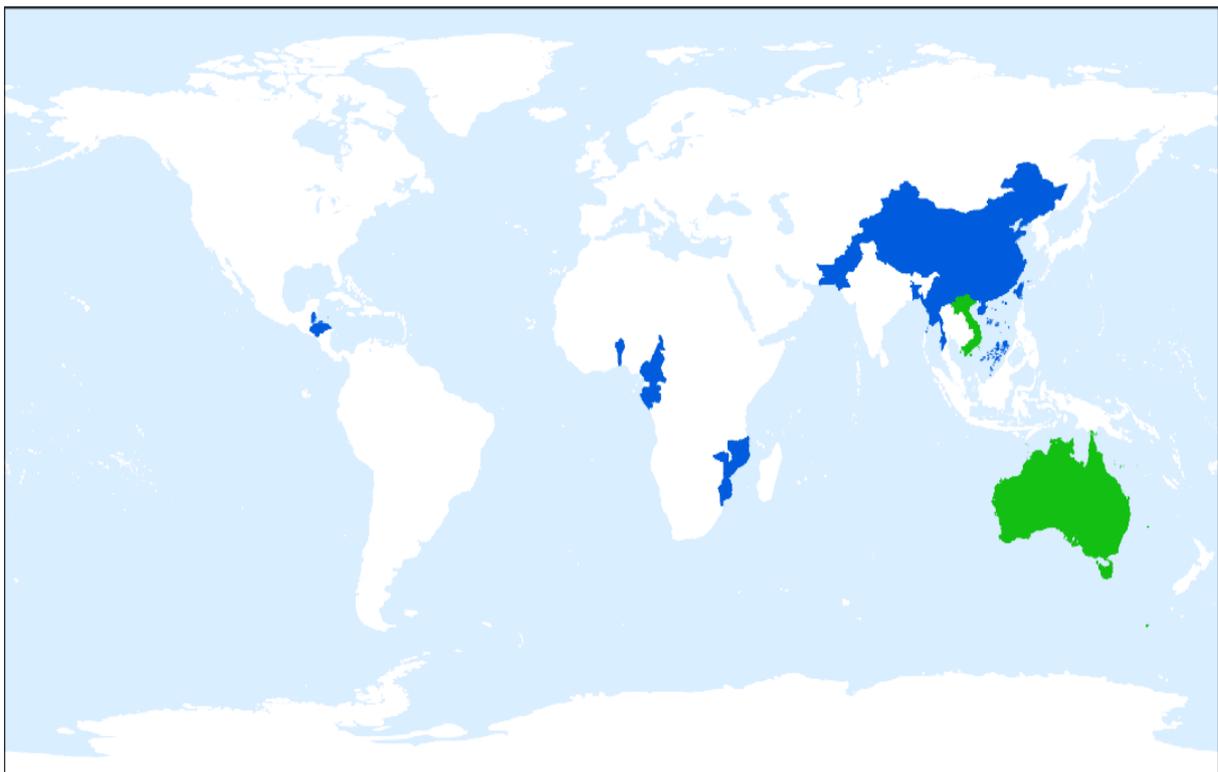


Figure 2 : Origine, habitat et distribution géographique de *Melaleuca* dans le monde (source google)

1.3. Ecologie

Melaleuca leucadendra présente des adaptations écologiques remarquables. Il résiste aux inondations périodiques et supporte des sols salés et peu fertiles grâce à un système racinaire développé. Sa capacité de régénération après les feux et sa tolérance aux conditions extrêmes lui permettent de prospérer dans des environnements difficiles. Au niveau biologique, *Melaleuca leucadendra* joue un rôle crucial dans son écosystème. Il est pollinisé par les insectes et les oiseaux, produisant du nectar et offrant un habitat à de nombreuses espèces locales. Sa reproduction se fait par graines et drageons, assurant sa propagation. Son importance écosystémique est significative. L'arbre stabilise les berges, lutte contre l'érosion, protège les sols et contribue à la séquestration du carbone. Il constitue un support essentiel pour la biodiversité des écosystèmes tropicaux australiens

1.4 Importance socio-économique et environnemental

Les espèces du genre *Melaleuca* sont dotées d'une plus grande capacité de résistance dans les milieux salés. Leurs arbres peuvent atteindre 43 m de haut avec un tronc recouvert d'écorce épaisse (parfois rosâtre ou crème) et de branches fines (Patel et al., 2018). Elles sont largement utilisées pour restaurer et valoriser les terres salinisées dégradées du fait de leur résilience, leur croissance rapide et leur tolérance à la salinité (Broadhurst et al., 2005). Elles sont résistantes aux contraintes environnementales et s'adaptent aux sols acides, infertiles et marécageux (Naidu et al, 2000) ; sols sodiques ou salins (Tran et al, 2015 ; Nguyen et al, 2009). Ces *Myrtacées* offrent des huiles essentielles à propriétés antimicrobiennes, antifongiques, antivirales, antiseptiques, mais aussi antioxydantes (Farang et al, 2004 ; Noosidum et al, 2008). Elles ont cependant un intérêt écologique considérable plus important que leur valeur commerciale (Tran et al, 2015). Grâce à leur capacité à stocker des quantités énormes de carbone, elles sont aussi utilisées dans l'atténuation des changements climatiques (Tran et al, 2015). En outre, du fait de l'importance de son bois pour la construction (poteaux et copeaux de bois), l'espèce est largement cultivée dans les parcs en zones tropicales et subtropicales (Patel et al, 2018).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1 Présentation du site

La commune de Niaguis couvre une superficie de 160 km² et est limitée au Nord par le fleuve Casamance, au Sud par la commune de BoutoupaCamaracounda, à l'Est par la commune d'Adéane et à l'Ouest par l'arrondissement de Nyassia. Sa particularité se décrit par sa forme en arc s'étendant d'Est en Ouest de la Commune de Ziguinchor située à 15km du village de Niaguis (Sagna, 2022). Elle est constituée des villages de Niaguis, Sône, Fanda, Soucoute, Boulome, Boutoute, Boucotte Mancagne, MandinaManjacque, MandinaMancagne, Gouraf, Djifanghor, Baraf, et Djibélor. A l'image des autres terroirs de la Basse-Casamance, la commune de Niaguis présente un cadre biophysique divers et varié permettant le développement d'une large gamme d'activités socioéconomiques.

Parmi les 06 domaines climatiques du Sénégal, la commune de Niaguis se situe dans le domaine sud-soudanien côtier sous l'influence de l'Océan Atlantique et par les remontées de la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC). La particularité de cette zone climatique réside dans l'alternance entre l'alizé maritime et la mousson. L'influence de l'Harmattan y demeure moindre. A l'image de la région, la commune de Niaguis a deux saisons distinctes de durée inégale : une saison pluvieuse avec des précipitations relativement abondantes qui s'étend de mai à octobre et une saison sèche qui va de novembre à avril. Les températures sont variables en fonction des saisons.

La commune de Niaguis dispose de sols ferrugineux tropicaux aptes aux cultures sous pluies (riz, arachide, niébé, etc.). Au niveau du plateau, les sols sont sablo-argileux à argilo-sableux (Deck Dior) (Sagna, 2022). Ce sont des sols qui accueillent souvent les cultures de mil et de l'arachide. La partie nord de la commune qui s'étire sur le long du fleuve Casamance comprend des mangroves ; les sols y sont acidifiés avec une forte teneur en sel et en pyrite et sont souvent impropres à l'agriculture. Au niveau des bas-fonds, les sols hydromorphes (Deck) sont favorables à la riziculture et au maraîchage. Ainsi, les principaux types de sols rencontrés dans la commune de Niaguis sont : des sols ferrallitiques, des sols hydromorphes, des sols halomorphes, des vasières, des sols de plateaux et de terrasses (ferrugineux tropicaux lessivés et non lessivés) (Plan de Développement Communal, 2019). Ces formations pédologiques se localisent de manière dispersée un peu partout sur l'ensemble des terroirs de la commune de Niaguis.

La commune de Niaguis, qui entoure celle de Ziguinchor, présente un réseau hydrographique composé du fleuve Casamance et de ses affluents : marigots de Guidel et de Boutoute. A

ceux-là s'ajoutent de nombreuses vallées inondées et aménagées pour l'agriculture et certains points d'eau temporaires situés dans la quasi-totalité des villages de la commune. Ces vallées et points d'eau occupent une place importante dans les activités agricoles et de l'élevage de la commune de Niaguis(Figure 3).

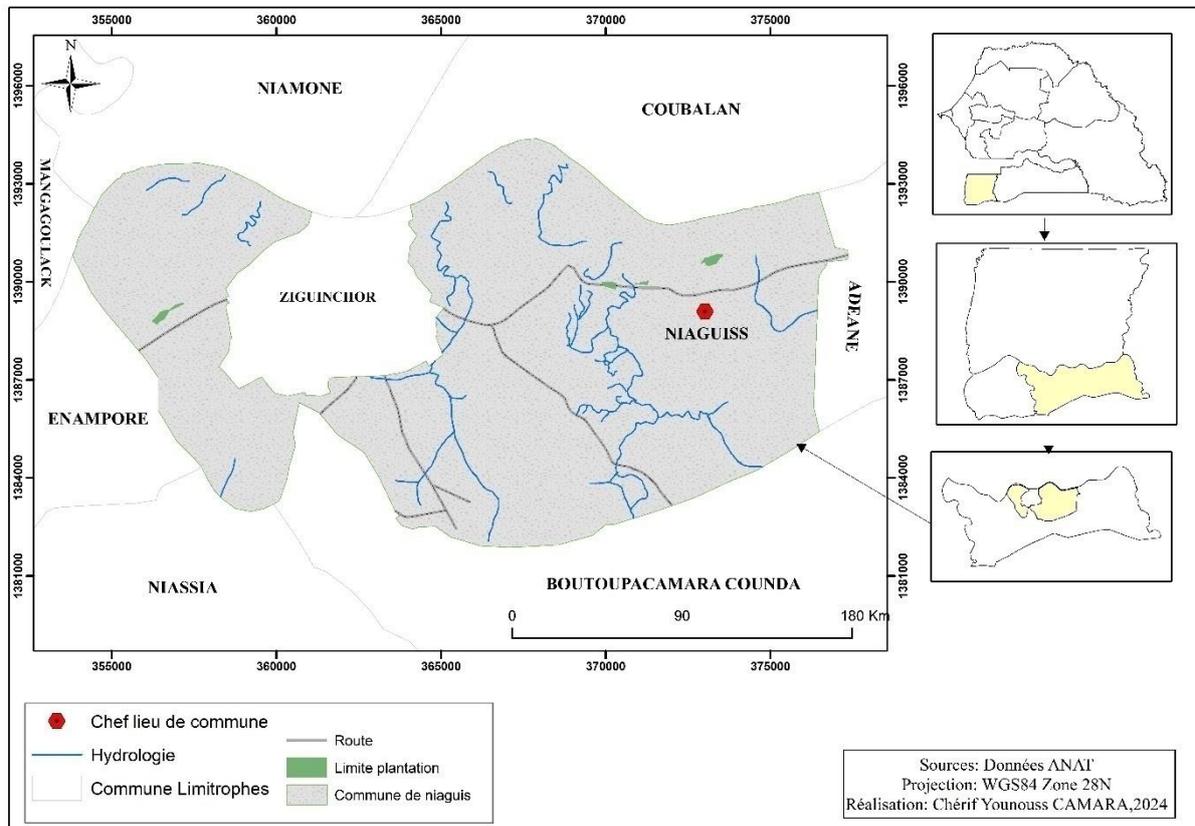


Figure 3: Localisation de la commune de Niaguis

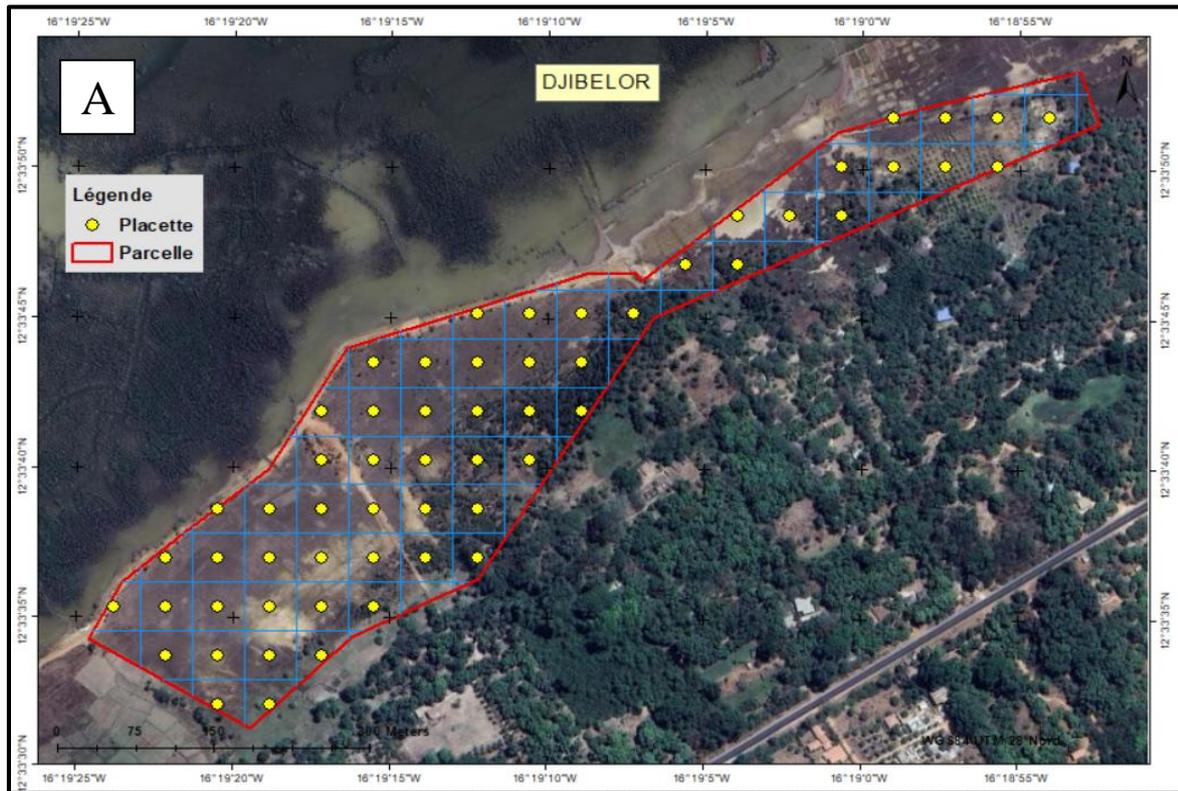
2.2 Collecte de données

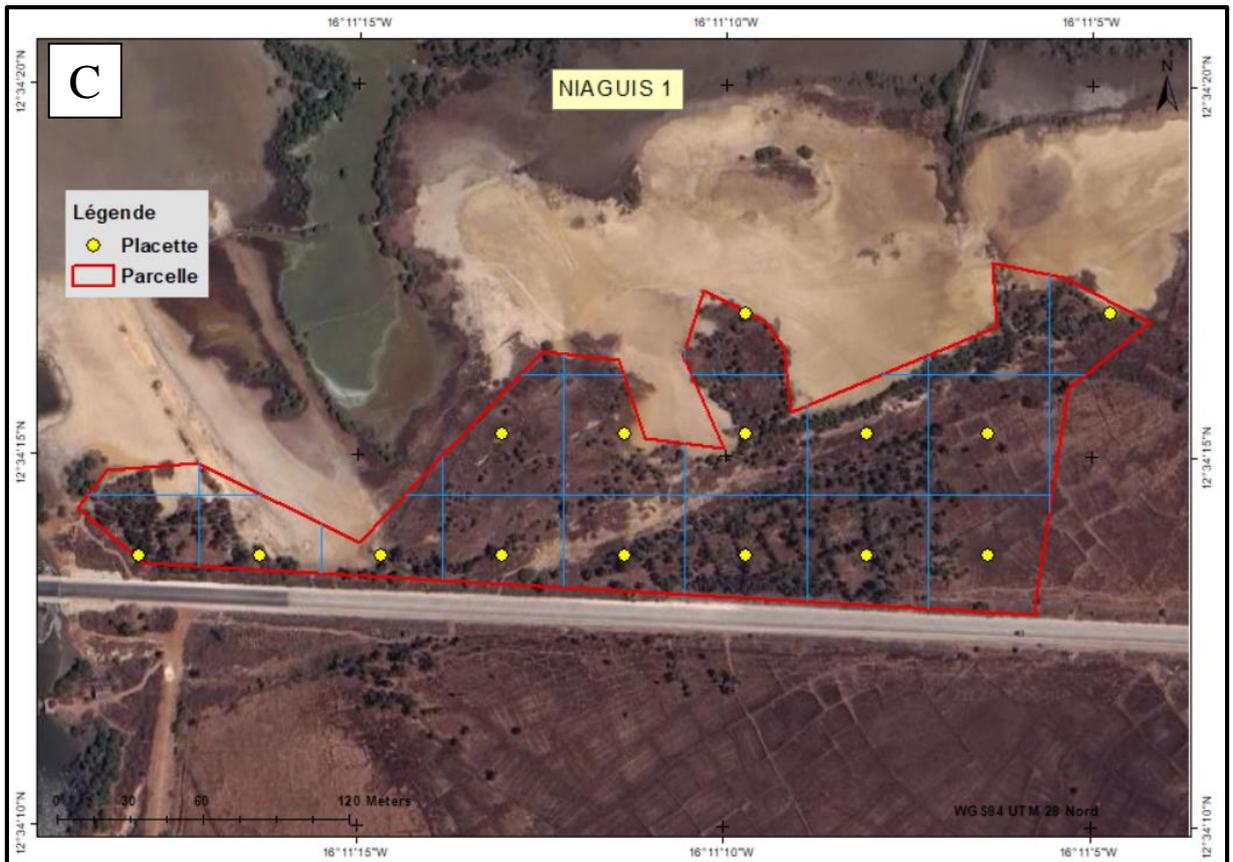
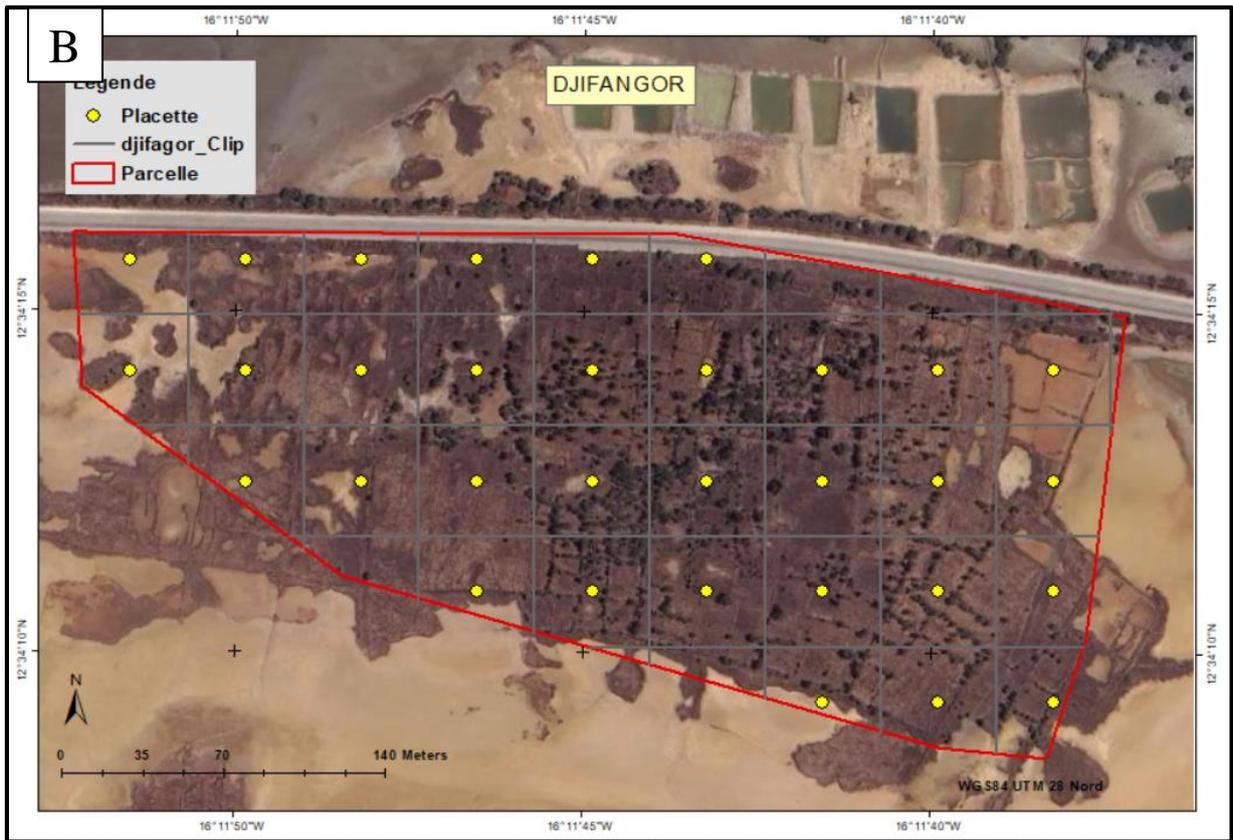
2.2.1 Inventaire

2.2.1.1 Echantillonnage

Une délimitation et un maillage de la zone d'étude ont été effectués avec l'utilisation des images satellitaires Google Earth. Ces images ont été traitées avec le logiciel QGIS qui nous a permis de faire un maillage et les coordonnées géographiques des centroïdes sont enregistrées dans un GPS (Figure 4). Ensuite, ces images ont été traitées avec ArcGIS pour transformer les données rasta en vectorielles (Figure 5). Un plan d'échantillonnage systématique a été adopté. Le choix de cet échantillonnage s'explique par le fait qu'il permet de parcourir l'intégralité des plantations. Cette méthode a l'avantage de donner des placettes plus faciles à localiser que si elles étaient placées au hasard selon White & Edwards (2000). Elle est plus simple à mettre

en place et est plus rapide, donc moins coûteuse (Tomasini, 2002). Grâce au logiciel ArcGIS, une carte de 164 placettes carré de 2500 m² a été générée pour les ligneux, et pour la régénération une sous-placette circulaire de 1256 m² (20 m de rayon) localisée au centre de la placette. Ainsi, 58 placettes ont été retrouvés au niveau de Djibélor avec une superficie de 14,5 ha, Djifanghor 32 placettes avec une superficie de 8ha, 15 placettes à Niaguis1 avec une superficie de 3,75ha et en fin 59 placettes à Niaguis 2 avec une superficie de 14, 75 ha.





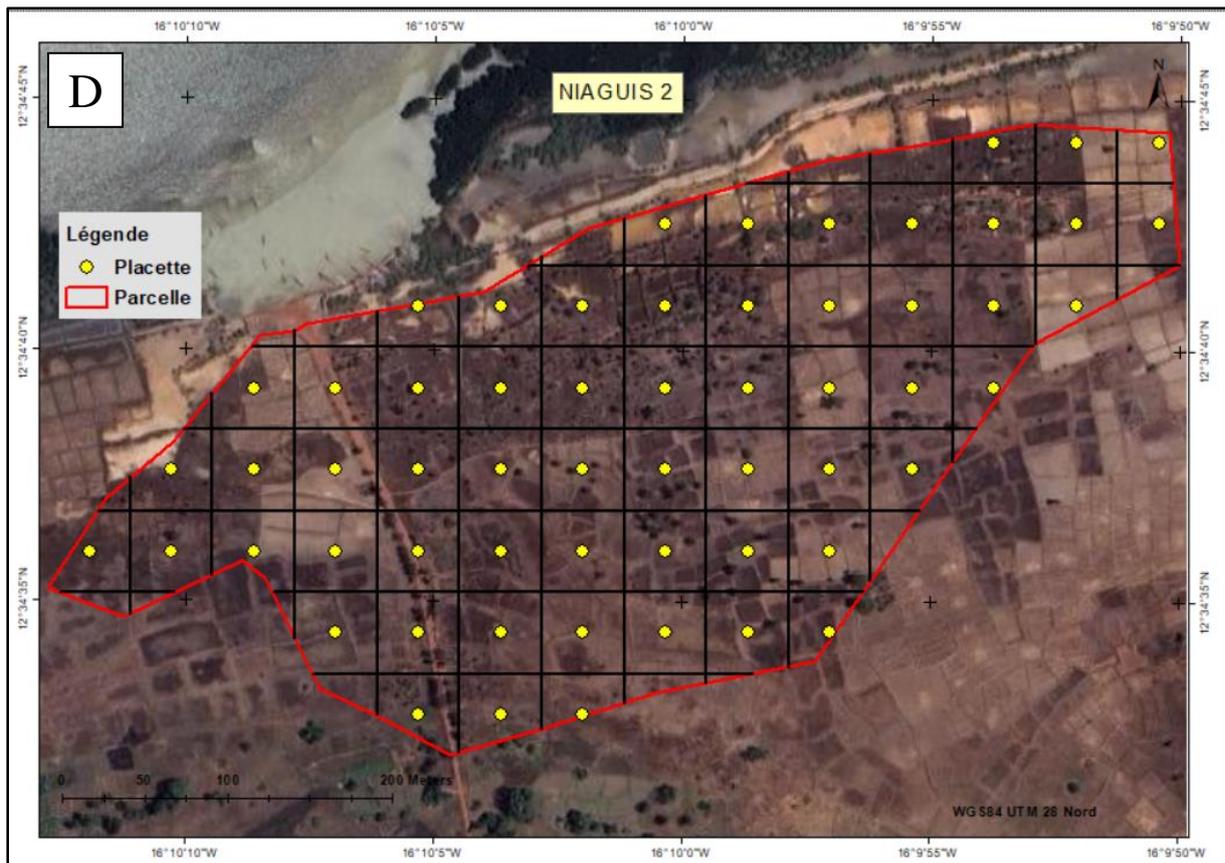
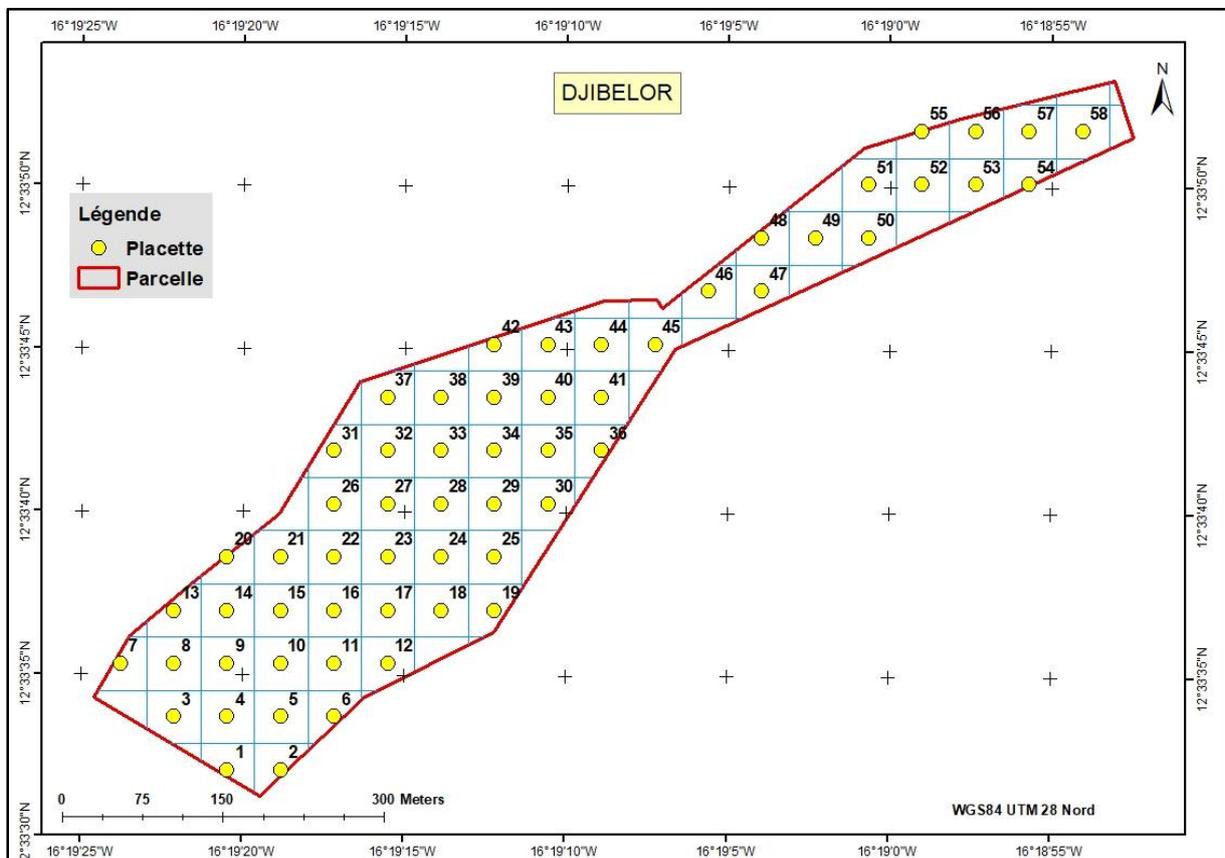
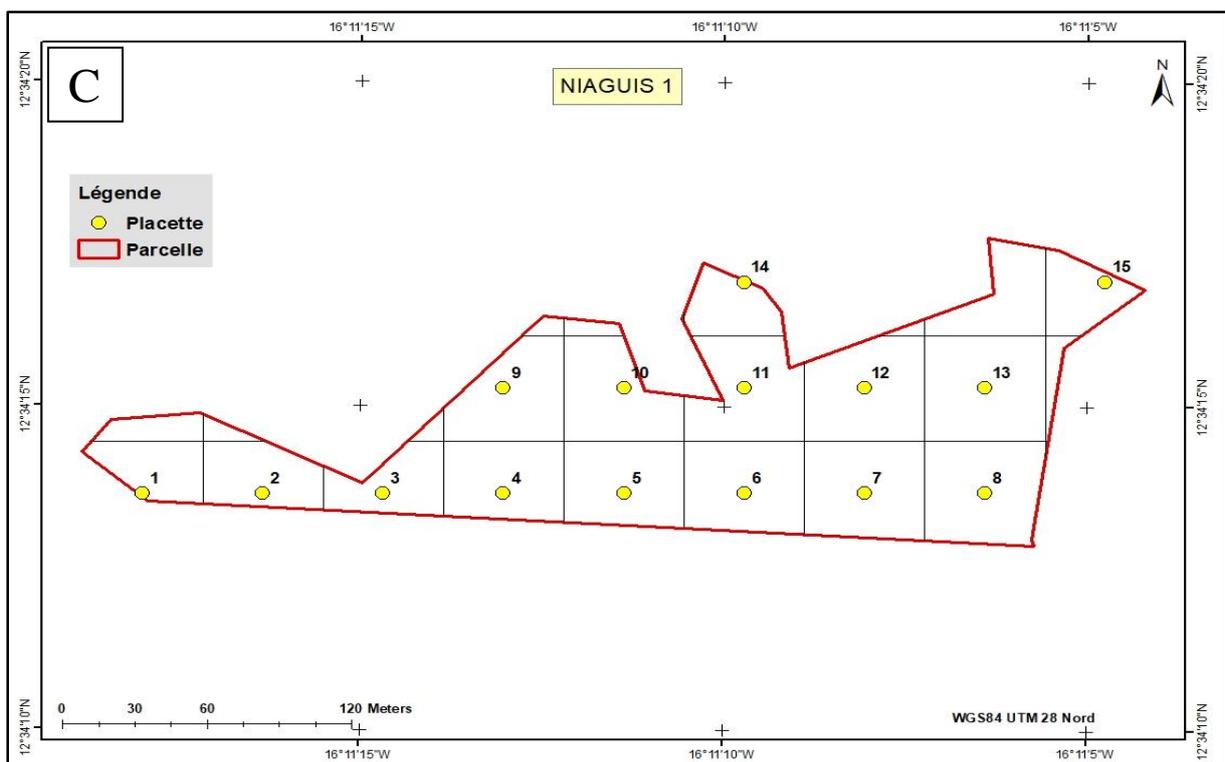
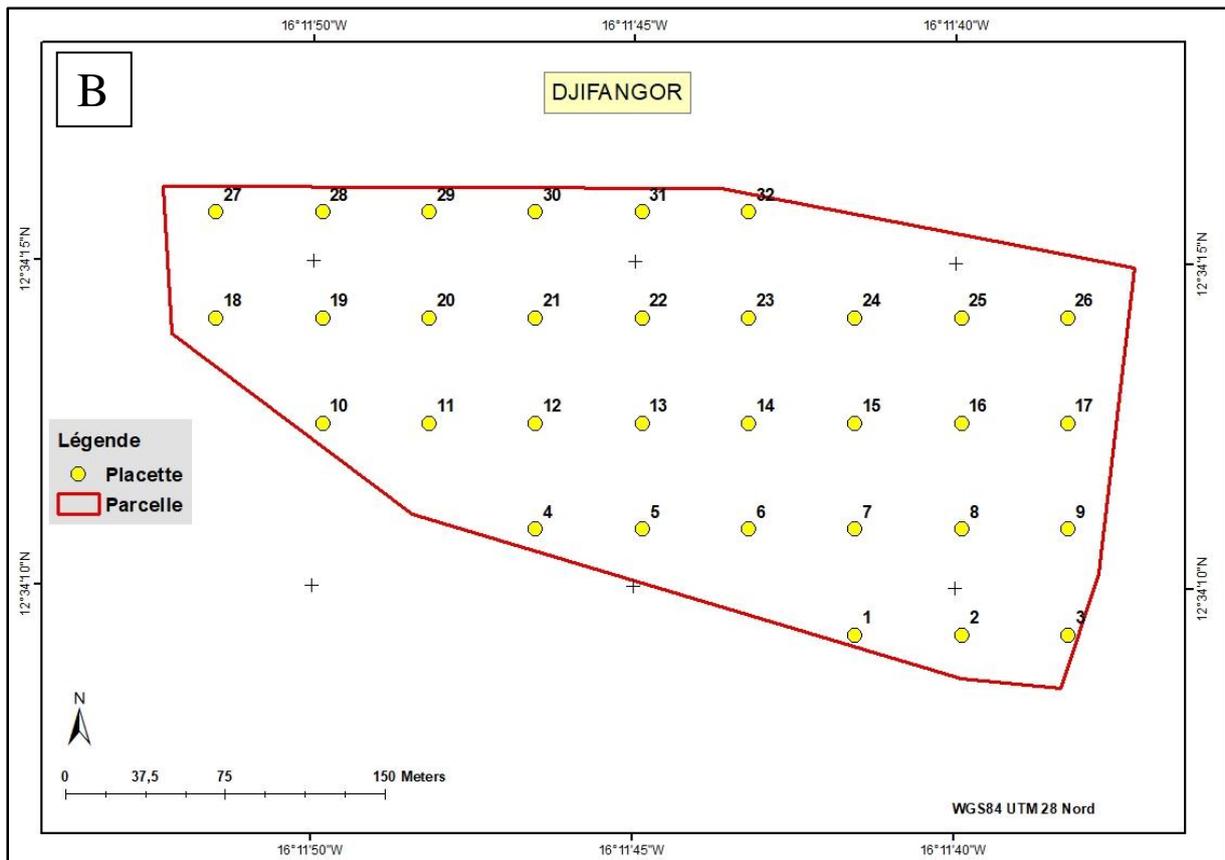


Figure4: Localisation des placettes par image GoogleEarth dans les plantations





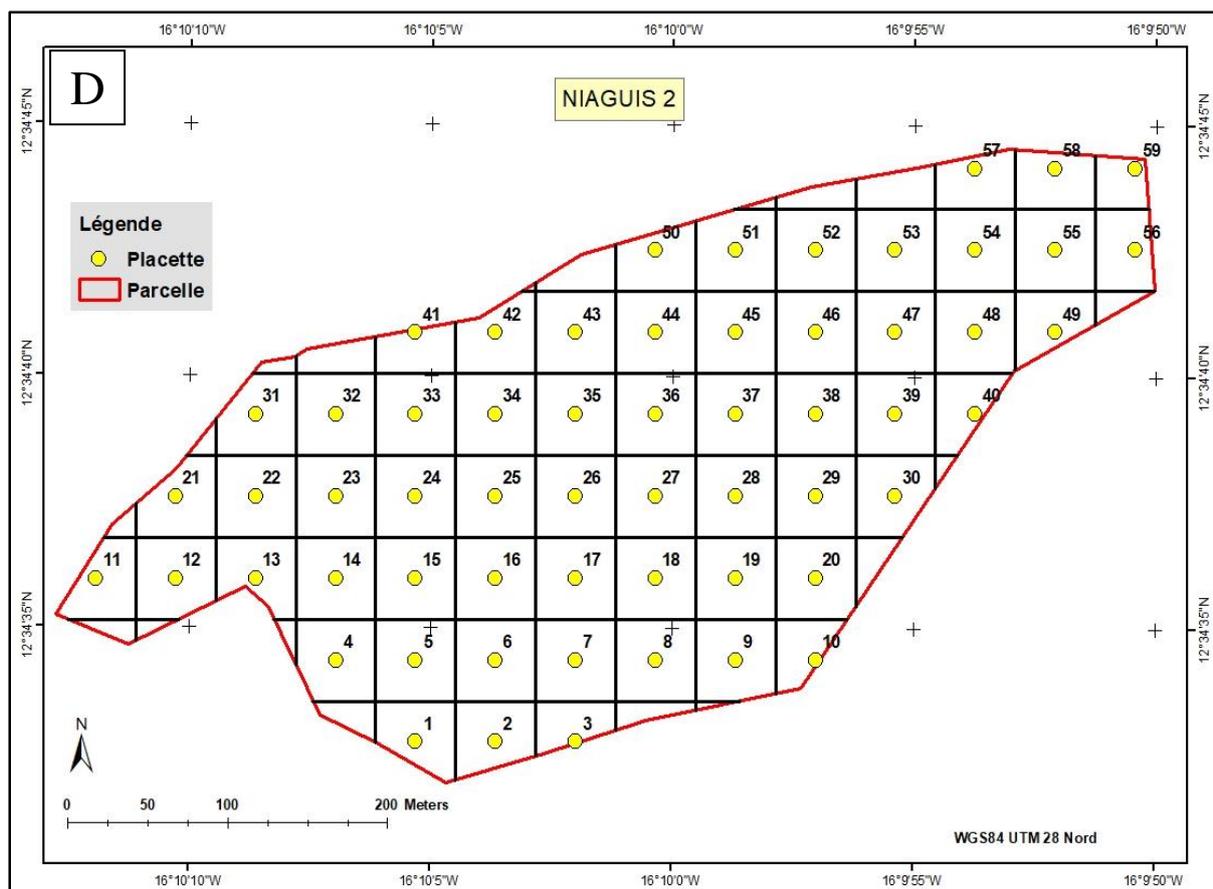


Figure 5: Carte des placettes à inventorier dans les plantations

2.2.1.2 Inventaire proprement dit

L'inventaire systématique a permis une distribution homogène des unités d'échantillonnage sur tout le peuplement. Le GPS a été utilisé pour localiser les placettes. Chaque placette a été délimitée par un ruban-mètre de 50m de long et cinq jalons (Ndiaye et *al.* 2023). Dans chaque placette, un inventaire des espèces ligneuses a été réalisé en identifiant les espèces présentes, en comptant le nombre d'individus et en mesurant le diamètre à hauteur de poitrine des individus, la hauteur totale de l'arbre et du fut, le diamètre croisé du houppier.

2.2.1.3. L'inventaire de régénération

Une évaluation du potentiel de régénération est effectuée dans une sous-placette circulaire de 1256 m² (20 m de rayon) localisée au centre de la placette (Figure 6). Les semis naturels et les rejets de souche dont le Diamètre à Hauteur de poitrine (DHP) est inférieur à 5 cm sont dénombrés (Sokpon et *al.*, 2006).

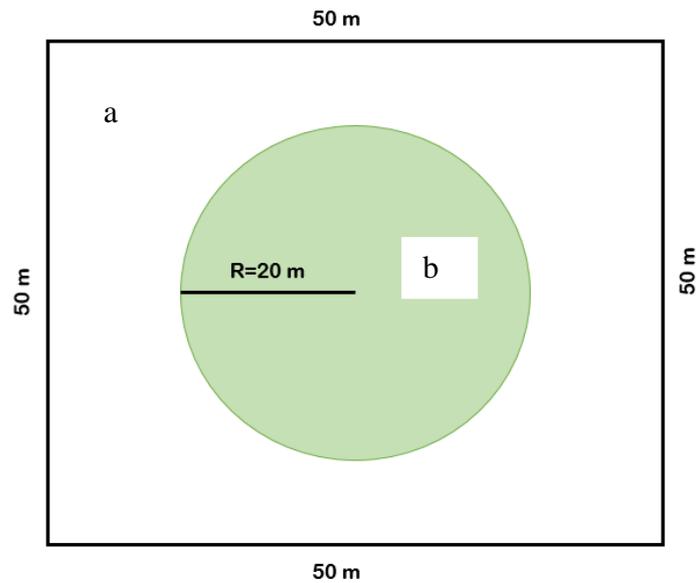


Figure6: Forme et taille des placettes d’inventaire des ligneux (a) et de la régénération (b)

2.2.1.4 Prélèvement et analyse d’échantillons de sol

Pour la caractérisation chimique des sols des rizières, des échantillons de sol ont été prélevés. Dans chacune des 164 placettes, une carotte de sols est prélevée et 5 autres prélèvements ont été effectués hors plantation pour une étude comparative des deux zones. Ainsi, les carottes de sol ont été collectées dans l’horizon 0 - 20 cm à l’aide d’une tarière pédologique. Le choix de cet horizon pédologique a tenu compte de la profondeur d’occurrence des racines des cultures de riz et de leur alimentation en chaleur, eau et éléments nutritifs (Reyniers et *al.*, 1979 ; Koné et *al.*, 2008 ; Touhtouh et *al.*, 2014 ; Rafik et *al.*, 2015 ; Dasyuva et *al.*, 2019).Après, les sols ont été analysés au laboratoire d’Agroforesterie pour déterminer le pH et la conductivité électrique (CE) avec un pH-mètre "HANNA" (Figure 7).



Figure7: Les outils de collecte et de mesure. (A) : GPS, (B) : Tarière, (C) : sachet plastique, (D) : Sac de riz vide, (E) : Bécher, (F) : pH mètre.

2.2.2 Enquête socio-économique

2.2.2.1 échantillonnage

Le choix des villages pour les besoins de l'enquête est basé sur le critère de proximité par rapport aux plantations de *Melaleuca leucadendra*. La méthode d'échantillonnage stratifié a été utilisée pour déterminer le nombre de ménages à enquêter dans chaque village, et chaque village est considéré comme une strate. Après, le nombre de ménages à enquêter dans chaque village a été déterminé en utilisant la formule suivante :

$$n = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

n = taille d'échantillon

z= valeur correspondante à un niveau de confiance donnée selon la loi normale centrée réduite

p = proportion estimée de la population qui présente la caractéristique (0.5)

e = marge d'erreur tolérée ou précision (0.05)

N = taille de la population

L'échantillonnage a été effectué sur 832 ménages de la commune de Niaguiss. Ainsi, un nombre de 263 ménages a été retenu pour être enquêtés. La méthode des quotas basée sur le poids démographique a été utilisée pour attribuer le nombre de personnes à enquêter dans les trois villages de la commune. Ainsi, sur les 263 chefs de ménages retenus pour l'échantillon, 58 % sont attribués au village de Niaguis, 19 % à Djifanghor et 23 % à Djibélor avec un taux de sondage de 31,6% (Tableau 1). Le choix des ménages est fait au hasard.

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

Villages	Nombre de Ménages	Nombre de ménage à enquêter	Nombre de ménage à enquêter (%)
Niaguis	480	153	58%
Djifanghor	162	50	19%
Djibélor	190	60	23%
Total	832	263	100%

2.2.2.2 Enquête proprement dite

Les données socio-économiques sont obtenues via des entretiens semi-structurés individuels avec un questionnaire sur les trois villages de la zone d'étude à savoir Niaguis, Djifanghor et Djibélor. Les personnes à interroger sont les chefs de ménage et/ou leurs épouses, selon leur disponibilité. Les entretiens semi-structurés individuels sont privilégiés pour éviter que les informations ne soient biaisées. Les entretiens ont été réalisés à l'aide d'un questionnaire. Les questions ont concerné l'identification de l'enquêté, l'importance des plantations de *Melaleuca* et enfin les services associés à *Melaleuca*. Le questionnaire a été implémenté dans le système KoBoToolbox (<https://www.kobotoolbox.org/>). Grâce à un smartphone, les données de terrain ont été collectées via l'application web KoboCollect et directement stockées dans la base de données KoBo.

2.2.3 Traitement et analyse des données

Pour caractériser la végétation ligneuse, les paramètres évalués sont entre autres :

- ✓ **La fréquence relative** qui est le nombre de points où cette espèce a été rencontrée. Elle exprime la présence ou l'absence de l'espèce et est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Nombre de relevés dans lesquels l'espèce est présente}}{\text{Nombre total de relevés}} \times 100$$

- ✓ **La Richesse spécifique** : La richesse spécifique est considérée comme l'une des principales caractéristiques d'un peuplement végétal. Elle représente une mesure largement utilisée pour étudier la biodiversité. Elle renseigne sur le nombre d'espèces total rencontrée lors d'une étude de la végétation. Elle est notée S .

$$S = \sum n$$

- ✓ **La Densité totale** qui est le nombre d'individus par unité de surface. Elle s'exprime en nombre d'individus par hectare et est notée D :

$$D = \frac{\text{Nombre total d'individu}}{\text{Surface total (ha)}}$$

- ✓ **L'abondance relative (Ar)** qui correspond à la proportion exprimée en pourcentage des individus d'une espèce par rapport aux individus de l'ensemble des espèces.

$$Ar = \frac{Ni}{N} \times 100$$

Ar = abondance relative exprimée en pourcentage (%)

Ni = effectif de l'espèce i dans l'échantillon

N = effectif total de l'échantillon.

- ✓ **La surface terrière**

La surface terrière désigne la surface de l'arbre évaluée à la base du tronc de l'arbre. Elle est exprimée en mètre carré par hectare (m^2/ha). Elle est donc obtenue à partir de la formule suivante :

$$St = \frac{(\sum \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2)}{SE}$$

Avec **St** = surface terrière ; **d1,3** = diamètre en m du tronc à 1,3 m ; **SE** = surface de l'échantillon considéré en ha.

✓ **Recouvrement**

Le couvert ligneux est la surface couverte par la couronne de l'arbre projetée verticalement au sol. Il est exprimé en mètre carré par hectare (**m²/ ha**). Il est calculé avec la formule ci-dessous :

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

Avec **C** = couvert ligneux ; **dmh** = diamètre moyen du houppier en m ; **SE** = surface de l'échantillon considéré en ha.

✓ **L'Indice de Valeur d'Importance (IVI)**

Il a été mis au point par Curtis et Macintosh (1950) cité par Ngom et *al* 2013 comme étant la somme de la fréquence relative, la densité relative et la dominance relative. Pour une interprétation plus facile de l'IVI, Labat (1995) l'a exprimé en pourcentage (%) en le définissant comme la moyenne arithmétique, pour l'espèce *i*, de l'abondance relative (*Ar*), la fréquence relative (*Fr*) et la dominance relative (*Domr*).

$$IVI = \frac{Domr + Fr + Ar}{3}$$

✓ **Indice de dissimilarité de Bray-Curtis**

Voici l'équation permettant le calcul de la distance de Bray-Curtis :

Ici, deux échantillons *j* et *k* sont comparés

$$BC_{jk} = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^p \min(N_{ij}, N_{ik})}{\sum_{i=1}^p (N_{ij} + N_{ik})}$$

N_{ij} est l'abondance d'une espèce *i* dans l'échantillon *j* et

N_{ik} l'abondance de la même espèce *i* dans l'échantillon *k*.

✓ **Le Taux de régénération du peuplement** qui est donné par le rapport en pourcentage entre l'effectif total des jeunes plants et l'effectif du peuplement (Poupon, 1980).

$$TRP = \frac{\text{Effectif total des jeunes plants}}{\text{Effectif total du peuplement}} * 100$$

✓ **L'Importance spécifique de régénération**

Elle est obtenue à partir du rapport en pourcentage entre l'effectif des jeunes plants d'une espèce et l'effectif total des jeunes plants dénombrés (Ngom et *al.*, 2013) :

$$ISR = \frac{\text{Effectif des jeunes plants d'une espèce}}{\text{Effectif total des jeunes plants dénombrés}} * 100$$

✓ **L'indice de diversité (H') de Shannon-Weaver**

Il considère à la fois l'abondance et la richesse spécifique et il est utilisé pour apprécier la distribution des individus suivant les espèces. Il est compris entre 0 et 4,5. L'indice est minimum quand tous les individus appartiennent à la même espèce. Il est maximal quand chaque individu représente une espèce distincte. Il est exprimé en nats(ou sans unité)et calculé à partir de la formule :

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

P_i = abondance relative de chaque espèce i .

✓ **L'Indice d'équitabilité (J') de Piélou**

Il renseigne sur la distribution des abondances des espèces dans le peuplement. Selon Devineau et *al.*, 1984, l'indice de régularité apparaît comme un terme de comparaison plus rigoureux. Il est compris entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand l'ensemble des individus correspond à une seule espèce. Il tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus (Ramade, 2003). Cet indice est donné par la formule suivante :

$$J' = H' / H_{\max}$$

$$H_{\max} = \ln S$$

S = richesse spécifique.

Les données de relevés de la végétation ont été saisies et traitées grâce au tableur Excel. L'analyse de la diversité a été faite avec le package BiodiversityR du logiciel R. Le logiciel Minitab 14 a été utilisé pour analyser la structure verticale et horizontale de la végétation ligneuse. Pour voir la typologie de la végétation ligneuse, une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée en utilisant le logiciel R.. L'AFC s'applique au

traitement des tableaux de contingence qui croise deux caractères qualitatifs en donnant pour chaque combinaison l'effectif concerné (Ngom, 2014). L'AFC permet, plus que les indices de diversité, de détecter les effets plus rapidement (Pohle et Thomas, 2001). Pour faire la comparaison entre les sites et les zones, une analyse de variance (ANOVA) suivie de Tukey test au seuil de 5% de significativité a été effectuée. Pour caractériser les communautés de la végétation ligneuse dans les sites, une analyse en composantes principales et une analyse hiérarchisée ou clustering basée sur la distance écologique de Bray-Curtis ont été effectuées grâce au logiciel R. Pour déterminer la relation entre les variables de la végétation ligneuse, une analyse de corrélation a été effectuée. Les données socio-économiques, après avoir été collectées via KobotoolBox ont été importées dans Excel pour le dépouillement et le nettoyage.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats

3.1.1 Composition et diversité floristique

3.1.1.1 Composition floristique

L'inventaire de la végétation ligneuse a permis de dénombrer 22 espèces réparties en 15 familles. Les familles les plus représentées sont les Anacardiées (13,64%) suivies des Bombacées, les Méliacées, les Mimosacées, les Moracées et les Myrtacées 9,09% chacune. Enfin les Acanthacées, les Arécacées, les Bignoniacées, les Boraginacées, les Combrétacées, les Euphorbiacées, les Rhizophoracées, les Rubiacées et les Verbénacées représentées chacune par une seule espèce, soit 4,55% (Tableau 2).

Tableau 2: Nombre d'espèces ligneuses rencontrées par famille

Famille	Espèces	Nombre d'espèce	% des espèces présentes sur le site
Anacardiées	<i>Anacardium occidentale</i> L.	3	13,64
	<i>Lannea fruticosa</i> (Hochst. Ex A. Rich.) Engl.		
	<i>Mangifera indica</i> L.		
Bombacées	<i>Adansonia digitata</i> L.	2	9,09
	<i>Bombax costatum</i> P. Ellegr. et Vuillet		
Méliacées	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	2	9,09
	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.		
Mimosacées	<i>Acacia holosericea</i> A.Cunn. ex G. Don	2	9,09
	<i>Dichrostachys glomerata</i> (Forssk.) Chiov.		
Moracées	<i>Ficus racemosa</i> L.	2	9,09
	<i>Ficus sycomorus</i> subsp. <i>gnaphalocarpa</i> (Miq) C.C. Berg		
Myrtacées	<i>Eucalyptus. Camaldulensis</i> Dehnh	2	9,09
	<i>Melaleuca leucadendra</i> L.		
Acanthacées	<i>Avicenia africana</i> P.Beauv.	1	4,55

Arécacées	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	1	4,55
Bignoniacées	<i>Newbouldia laevis</i> (P.Beauv.) Seem.	1	4,55
Boraginacées	<i>Cordia mannii</i> C.H.Wright	1	4,55
Combrétacées	<i>Conocarpus erectus</i> L.	1	4,55
Euphorbiacées	<i>Anthostema senegalensis</i> A.Juss.	1	4,55
Rhizophoracées	<i>Rizophora mangle</i> L.	1	4,55
Rubiacées	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.)Kuntze	1	4,55
Verbénacées	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	1	4,55
Total général		22	100

3.1.1.2 Typologie floristique des plantations

Le test d'indépendance de χ^2 significatif ($p < 0,0001$) traduit une forte dépendance entre les zones et les espèces rencontrées. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a montré une variation de la distribution des espèces en fonction des sites (Figure 10). Le premier axe (F1) porte 55,20 % de la variance. Le deuxième axe (F2) porte 32,93% de la variance. Le cumul des deux premiers axes porte 88,14 % de la variance totale. L'AFC a permis de distinguer trois groupes. Les groupes A et B situés du côté des abscisses négatives et le groupe C situé du côté des abscisses positives. Le groupe constitué de Djifanghor est caractérisé par la prédominance d'espèces telles que *Conocarpus erectus* L. et *Mitragyna inermis* (Willd.) KuntzePellegr. Le groupe B est composé de Niaguis1 et Niaguis 2 et caractérisé par la prédominance des espèces telles que *Lannea fruticosa* (Hochst. Ex A. Rich.) Engl., *Adansonia digitata* L, *Bombax costatum* Pellegr. et Vuillet, *Azadirachta indica* A. Juss., *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., *Acacia holosericea* A.Cunn. ex G. Don., *Ficus racemosa* L., *Newbouldia laevis* (P.Beauv.) Seem., *Rizophora mangle* L. Le groupe C constitué de Djibélor est associé à la prédominance d'espèces telles que *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Dichrostachys glomerata* (Forssk.) Chiov., *Ficus sycomorus* subsp. gnaphalocarpa (Miq)C.C.Berg, *Eucalyptus. Camaldulensis* Dehnh, *Avicenia africana* P.Beauv., *Elaeis guineensis* Jacq., *Cordia mannii* C.H.Wright, *Anthostema senegalensis* A.Juss., *Gmelina arborea* Roxb. On note dans ces groupes une dominance de l'espèce indifférente *Melaleuca leucadendra* L. au niveau des quatre sites.

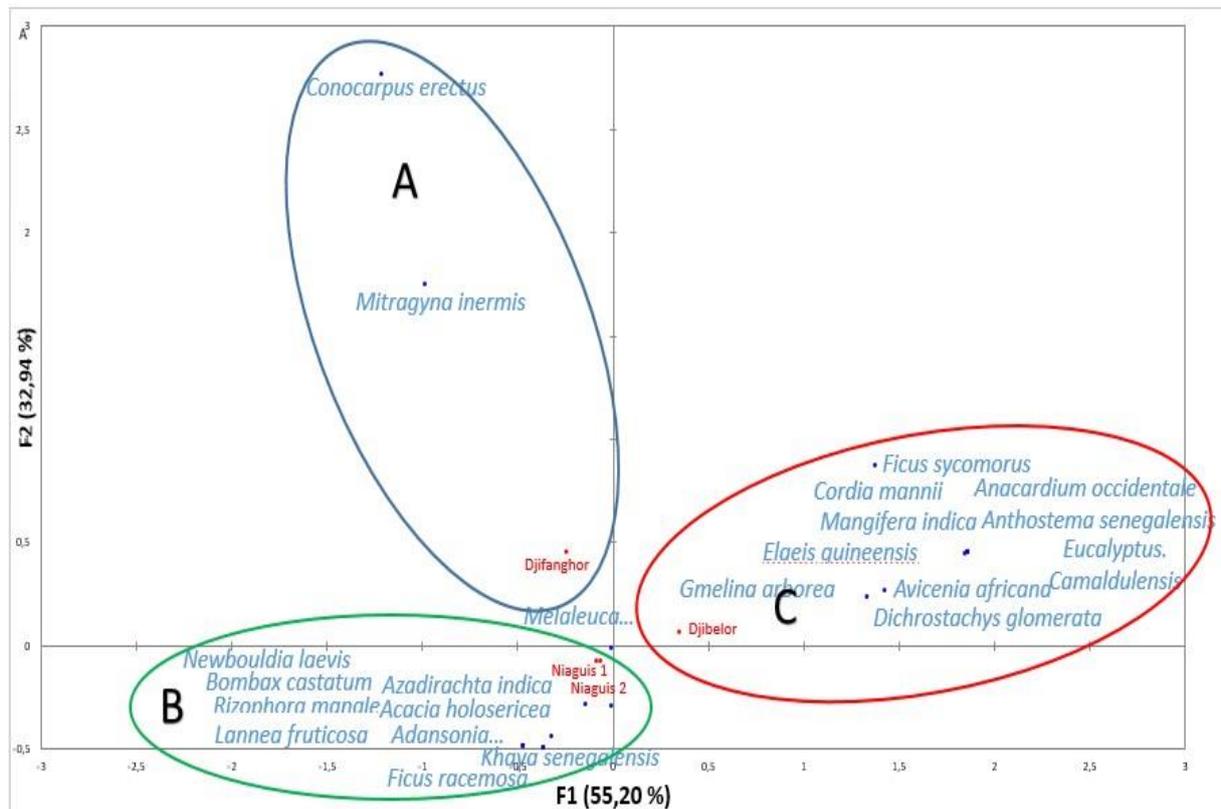


Figure 8: Typologie des plantations de la commune de Niaguis

3.1.1.3 Diversité floristique

La diversité moyenne est $0,13 \pm 0,04$ attestant que la diversité de la plantation est faible. La diversité varie entre $0,04 \pm 0,02$ et $0,25 \pm 0,08$ en fonction des sites. L'analyse de variance portée sur la variable diversité révèle une différence significative ($P < 0,0001$) entre les sites (Figure 8). La plus grande diversité ($0,25 \pm 0,08$) a été notée au niveau de Niaguis 1.. Cependant il n'y a pas de différence significative entre les zones de Djibélor, Djifanghor et Niaguis2.

L'équitabilité de la plantation au niveau de la commune est de $0,35 \pm 0,05$ révélant une répartition faiblement équitable des individus. L'analyse de variance portée sur l'équitabilité des espèces révèle une différence significative ($P < 0,0001$) entre les sites (Figure 8). Le site de Djifanghor a enregistré la valeur d'équitabilité plus élevée ($0,41 \pm 0,07$) comparée aux autres sites. Cependant il n'y a pas de différence significative entre les sites de Djibélor, Niaguis 2 et Niaguis 1.

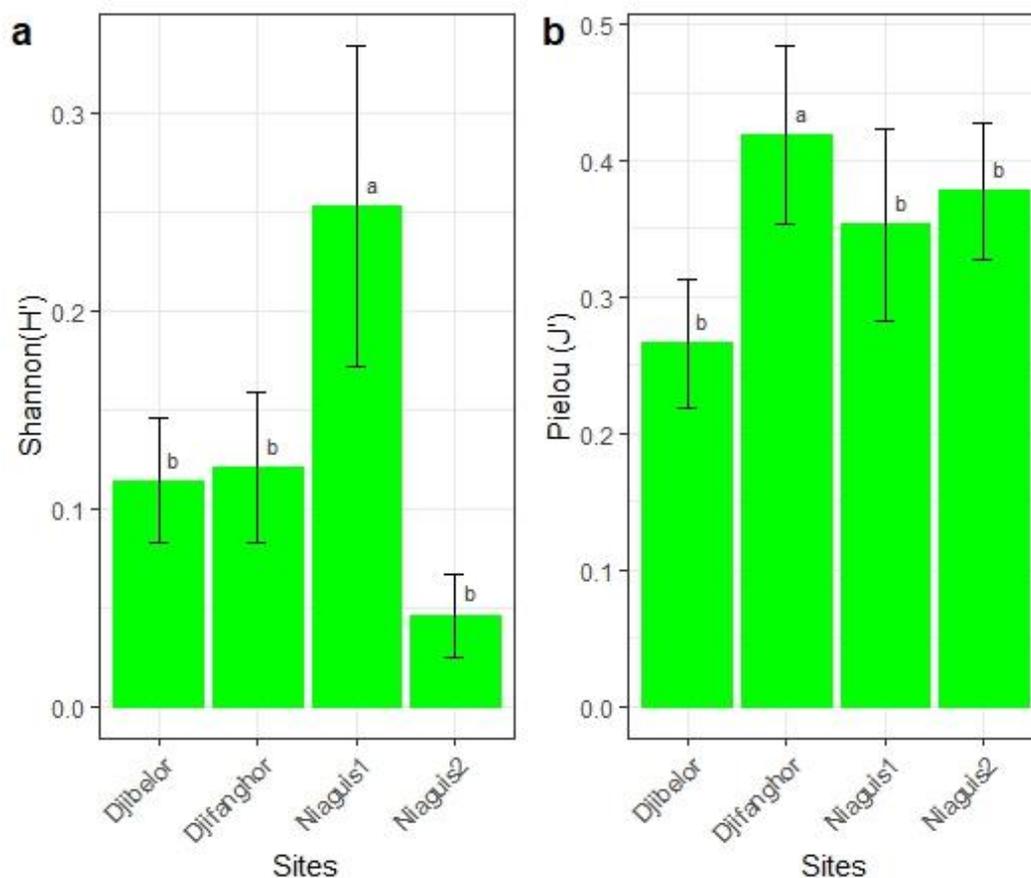


Figure 9: Variation de la diversité de Shannon (a) et de Pielou (b) en fonction des sites

3.1.1.4 Différence de composition en espèces ou distance écologique

La dissimilarité entre les sites varie entre 6,97 et 66,94% (Tableau 2). L'analyse de la distance écologique entre les sites a révélé une plus grande dissimilarité et similarité entre, Djifanghor, Niaguis1 (63,49%) et Niaguis2 (66,94%). Les faibles distances écologiques ont été notées entre Niaguis1 et Niaguis2 (6,97%) et Djibélor et Niaguis1 (25,16%). L'analyse de clustering basée sur la classification hiérarchique de la distance écologique de Bray-Curtis a révélé trois groupes (Figure 9). Le premier groupe est constitué du site de Djibélor, le seconde de Djifanghor et le troisième de Niaguis1 et Niaguis2.

Tableau 3: Matrice de dissimilarité de Bray-Curtis

	Djibelor	Djifanghor	Niaguis1
Djifanghor	0,4882270		
Niaguis1	0,2516068	0,6348989	
Niaguis2	0,3035005	0,6693715	0,0697021

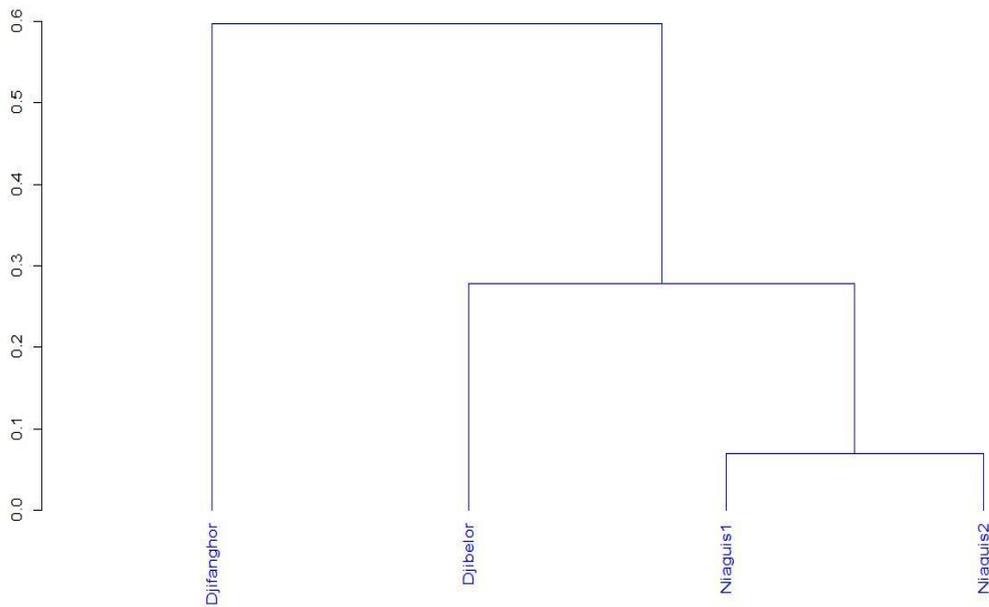


Figure 10 : Dissimilarité entre les sites

3.1.2 Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse

3.1.2.1 Recouvrement

Le recouvrement moyen sur l'ensemble de la commune est de $(2,75 \pm 2,44\%)$. Il varie ($p=0,06$) d'un site à l'autre. Il est plus élevé au niveau de Djifanghor ($3,48 \pm 3,45\%$) suivi de celui de Niaguis2 ($3,04 \pm 2,69\%$). Les sites de Niaguis1 ($2,25 \pm 1,94\%$) et Djibélor ($2,25 \pm 1,70\%$) ont enregistré les taux de recouvrement les plus faibles. Pour le recouvrement relatif, le taux de recouvrement le plus élevé à l'échelle de la commune a été observé chez l'espèce *Melaleuca leucadendra L.*

3.1.2.2 Surface terrière

Sur l'ensemble des sites de la commune de Niaguis, la surface terrière est de $0,72 \pm 0,62 \text{ m}^2/\text{ha}$. Elle est de $0,86 \pm 0,84 \text{ m}^2/\text{ha}$ dans le site de Djifanghor, à $0,80 \pm 0,66 \text{ m}^2/\text{ha}$ dans le site de Niaguis2, et les sites de Djibélor et Niaguis1 ont respectivement $0,72 \pm 0,56 \text{ m}^2/\text{ha}$ et $0,51 \pm 0,43 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Tableau 4).

3.1.2.3 Densité

Le nombre total d'individus inventoriés est de 46188 et parmi ces individus, 3628 sont des arbres adultes et les 42560 la régénération. Dans la commune de Niaguis, la densité moyenne est de $2083 \pm 0,26$ pieds/ha (Tableau 4). Elle est plus élevée dans le site de Niaguis1

(4075±0,59pieds/ha), suivi de Niaguis2 (3131±0,26 pieds/ha), Djibélor (684±0,11 pieds/ha) et Djifanghor (443±0,04pieds/ha).

Tableau 4 : structure de la végétation ligneuse

Sites	Paramètres écologiques		
	Recouvrement (m ² /ha)	Surface terrière (m ² /ha)	Densité observée (ind/ha)
Djibélor	2,25±1,70 ^a	0,72±0,56 ^a	684±0,11 ^a
Djifanghor	3,48±3,45 ^a	0,86 ±0,84 ^a	443 ±0,04 ^a
Niaguis1	2,25±1,94 ^a	0,51 ±0,43 ^a	4075±0,59 ^b
Niaguis 2	3,04±2,69 ^a	0,80 ±0,66 ^a	3131±0,26 ^a
p-value	0,06	0,058	0,0000202

3.1.2.4 Structure verticale

La répartition des individus selon la hauteur varie en fonction du site (Figure 11). Il apparaît nettement qu'il y'a une différence de la hauteur moyenne entre les sites. Djibélor a la hauteur moyenne des individus la plus élevée (13,18±4,88m) soit 19,32m de hauteur dominante, suivie de Niaguis1 (9,65±2,74m) ; Niaguis2 (8,82±3,41m) et Djifanghor (8,43±2,32m) ont respectivement une hauteur dominante de 13,61m, 13,04 m et 11,21m. A Djibélor, une grande variabilité des hauteurs des individus est notée avec une distribution plus étalée, une structure verticale diversifiée avec différentes strates bien représentées. A Djifanghor, on note une distribution plus concentrée avec un pic autour de 8m. Cela signifierait une dominance des individus de hauteur moyenne. Le site Niaguis1 et Niaguis2 ont la distribution la plus concentrée respectivement autour de 10m et 9m avec un pic très marqué. Cela pourrait indiquer une dominance des individus de hauteur supérieure à la moyenne (Figure11).

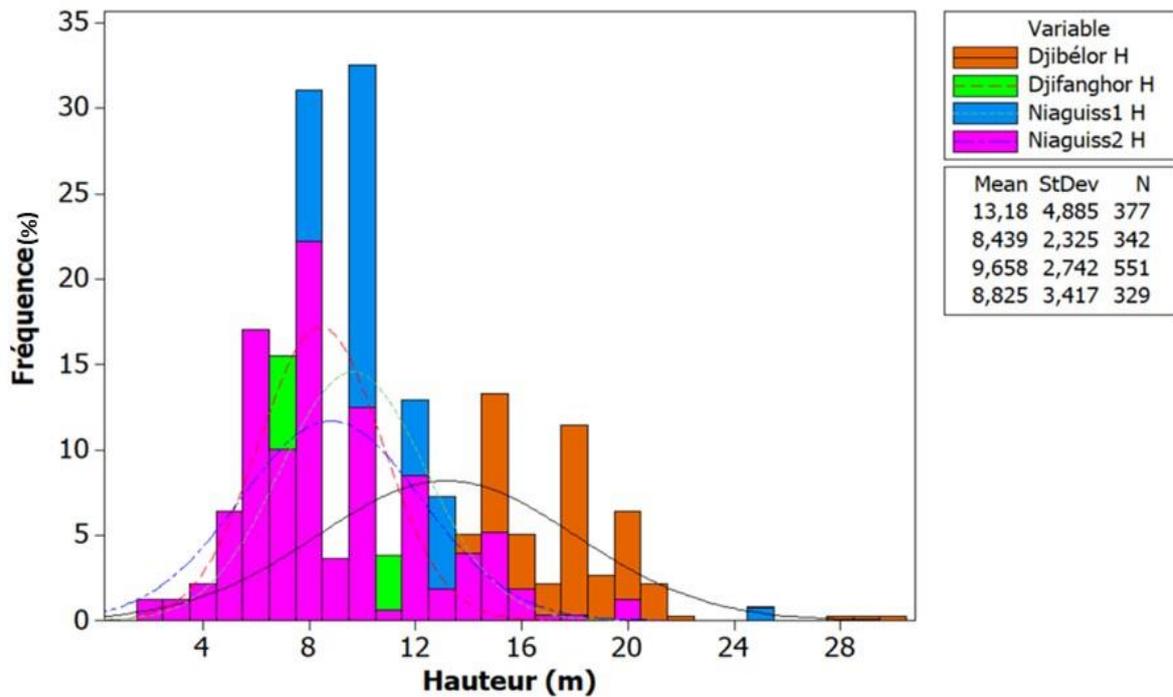


Figure11: Distribution des classes de hauteurs des individus du peuplements ligneux ($D_{1,3} \geq 5$ cm)

3.1.2.5 Structure horizontale

La distribution des diamètres des individus varie en fonction des sites (Figure 12). La distribution horizontale révèle que le site de Djibélor a le diamètre le plus élevé avec $15,39 \pm 10,26$ cm soit un diamètre dominant de 28,78 cm, suivi de Niaguiss2 ($14,06 \pm 9,09$ cm), Djifanghor ($11,72 \pm 4,69$ cm) et Niaguiss1 ($9,99 \pm 5,52$ cm) qui ont des diamètres dominants respectivement de 24,6 cm, 17,69 cm et 18,31 cm. A Djibélor et Niaguiss2, une plus grande variabilité des classes de diamètres avec une distribution plus étalée autour de la moyenne est notée laissant penser à une codominance des différentes classes de diamètres. A Djifanghor, on note une distribution moins étalée mais avec un pic autour de la moyenne avec une dominance des individus de diamètre moyen. A Niaguiss1, une distribution plus étroite des individus est notée avec un pic marqué autour de la moyenne, donc une dominance des individus de gros diamètre (Figure 12).

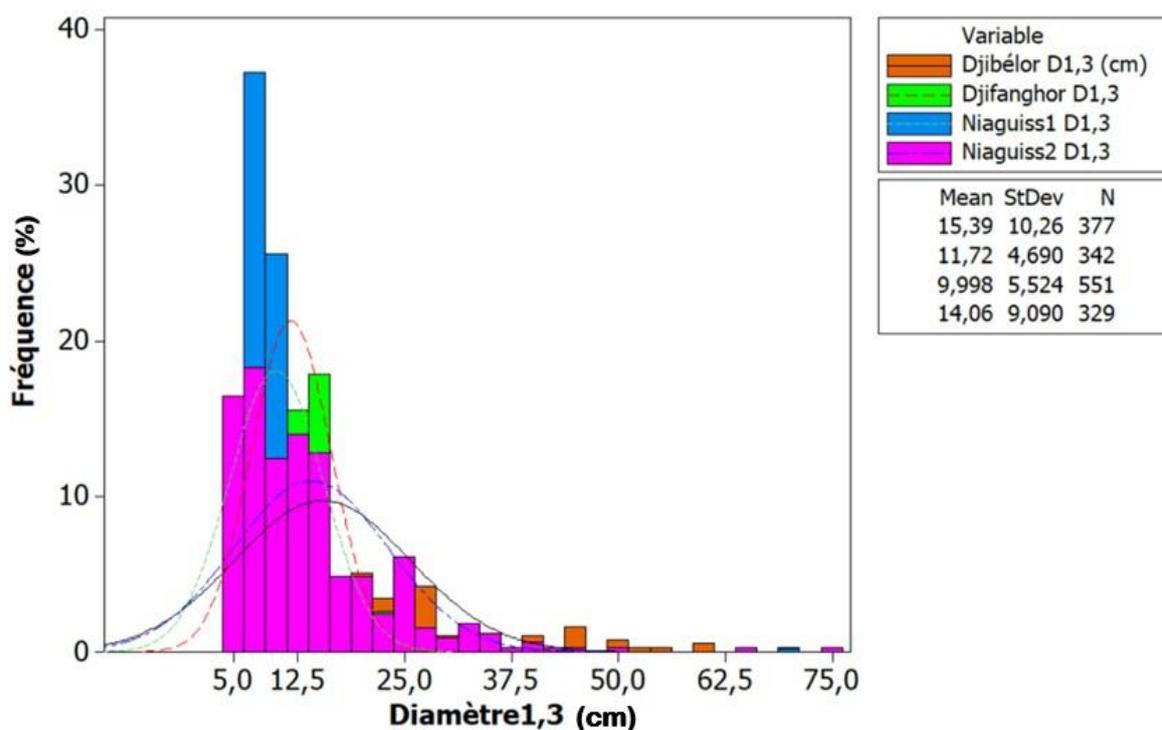


Figure 12: Distribution des classes de diamètre 1,3m ($D_{1,3}$) des individus du peuplement ligneux ($D_{1,3} \geq 5$ cm)

3.1.3 Importance écologique des espèces

Dans l'ensemble de la commune Niaguiss, les espèces qui ont les indices de valeur d'importance (IVI) les plus élevés sont *Melaleuca leucadendra* L. (75,67%), *Elaeis guineensis* Jacq. (6,63 %) et *Adansonia digitata* L. (6,01 %). Les autres espèces ont un indice de valeur d'importance (IVI) faible, inférieur à (1,92%) (Tableau 5).

Tableau 5 : Importance écologique des espèces

Espèces	Abondance relative(Ar)	Fréquence relative(Fr)	Dominance relative(Domr)	IVI (%)
<i>Acacia holosericea</i> A.Cunn. ex G.	0,01	0,9	0,07	0,33
Don				
<i>Adansonia digitata</i> L.	0,01	4,5	13,52	6,01
<i>Anacardium occidentale</i> L.	0	0,45	0,77	0,41
<i>Anthostema senegalensis</i> A.Juss.	0,05	0,45	0	0,17
<i>Avicenia africana</i> P.Beauv.	0,29	3,6	0,17	1,36

<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	0,13	3,6	2,02	1,92
<i>Bombax costatum</i> Pellegr. et Vuillet	0	0,45	0	0,15
<i>Conocarpus erectus</i> L.	0,22	3,15	0	1,12
<i>Cordia mannii</i> C.H.Wright	0,12	0,45	0,5	0,35
<i>Dichrostachys glomerata</i> (Forssk.) Chiov.	0,17	1,8	0,04	0,67
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	0,38	4,5	15,02	6,63
<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh	0,05	0,45	0	0,17
<i>Ficus racemosa</i> L.	0	0,9	0,63	0,51
<i>Ficus sycomorus</i> subsp.gnaphalocarpa (Miq)C.C.Berg	0,03	1,8	0,26	0,7
<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	0	0,45	0,59	0,35
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	0	0,45	0,38	0,28
<i>Lannea fruticosa</i> (Hochst. Ex A. Rich.) Engl.	0,22	1,8	0,81	0,94
<i>Mangifera indica</i> L.	0	0,45	2,07	0,84
<i>Melaleuca leucadendra</i> L.	98,09	65,77	63,15	75,67
<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.)Kuntze	0,08	2,7	0	0,93
<i>Newbouldia laevis</i> (P.Beauv.) Seem.	0,12	0,45	0	0,19
<i>Rizophora mangle</i> L.	0,05	0,9	0	0,32

3.1.4 Régénération de la végétation ligneuse des plantations

Le taux de régénération du peuplement ligneux est de 91,62 % dans la commune de Niaguis. Ce taux varie d'un site à l'autre. Le site de Niaguis1 a enregistré le taux de régénération le plus élevé ($95,70 \pm 8,55$) suivie de celui de Djibélor ($90,95 \pm 8,61$ %), Niaguis2 ($90,16 \pm 17,94$ %) et Djifanghor ($89,65 \pm 21,44$ %). L'importance spécifique de régénération (ISR) de *Melaleuca leucadendra* est très élevée ($94,52 \pm 14,13$ %) au niveau de la commune. Elle est plus importante dans le site de Niaguis2 ($99,59 \pm 17,94$ %) suivie de Niaguis1 ($98,50 \pm 8,55$ %), de Djifanghor ($96,72 \pm 21,44$ %) et de Djibélor ($95,26 \pm 8,61$ %). (Tableau 6)

Tableau 6: Taux de régénération du peuplement et Importance spécifique de régénération de *Melaleuca leucadendra* suivant les zones d'études

Sites	Régénération (%)	ISR de <i>Melaleuca leucadendra</i> (%)
Djibélor	90,95±8,61 a	95,26± 8,61 a
Djifanghor	89,65±21,44 a	96,72± 21,44 a
Niaguis1	95,70 ±8,55 a	98,50±8,55 a
Niaguis2	90,16±17,94 a	99,59±17,94 a
p-value	0,829	0,062

ISR = Importance spécifique de régénération

3.1.5 Caractéristiques des communautés et relation entre les variables de la végétation ligneuse

L'ACP a montré que les variables et les sites sont représentés à 86,45% sur les axes PC1 et PC2 avec F1 (60,36%) et F2 (26,09%). L'ACP a permis de discriminer trois groupes (Figure 13). Le groupe 1 constitué du site de Niaguis1 est caractérisé par les variables telles que l'indice de Shannon, la St (Surface tarière), IVI (Indice de valeur d'importance), la Richesse, la couverture, la Densité et la Hauteur. Le groupe 2 constitué des sites de Djifanghor et Niaguis2 est caractérisé par les variables telles que la régénération, la CE (conductivité électrique), le Diamètre, le pH et l'équitabilité de Pielou. Le groupe 3 constitué du site de Djibélor est caractérisé par l'indice d'équitabilité de Simpson. Les variables telles que richesse, abondance, pH, CE (conductivité électrique), Hauteur, Diamètre, Densité, St (Surface tarière), Couverture et IVI (Indice de valeur d'importance) contribuent à 77,58% de la formation de l'axe CP1. Celles telles que le pH, Diamètre, Simpson et Pielou contribuent à 73,15% de la formation de l'axe CP2. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a montré une corrélation entre les variables étudiées et les sites au niveau de la commune de Niaguis (p-value=0,05). L'analyse de corrélation montre une corrélation entre les paramètres de la végétation (Figure 14). Les coefficients de corrélation varient de **-49% à 99%**, indiquant des degrés de relation différents entre les variables. Les variables les plus fortement corrélées positivement sont la richesse, la diversité de Shannon, la densité, l'abondance et la hauteur avec des valeurs comprises entre **95% à 99%**. Cela suggère que ces paramètres tendent à varier de manière concomitante. La CE et la régénération montrent des corrélations plus faibles avec les autres variables. La variable "Simpson" est négativement corrélée à plusieurs

autres variables comme la richesse et la densité avec des valeurs comprises entre **-49% à -1%**.

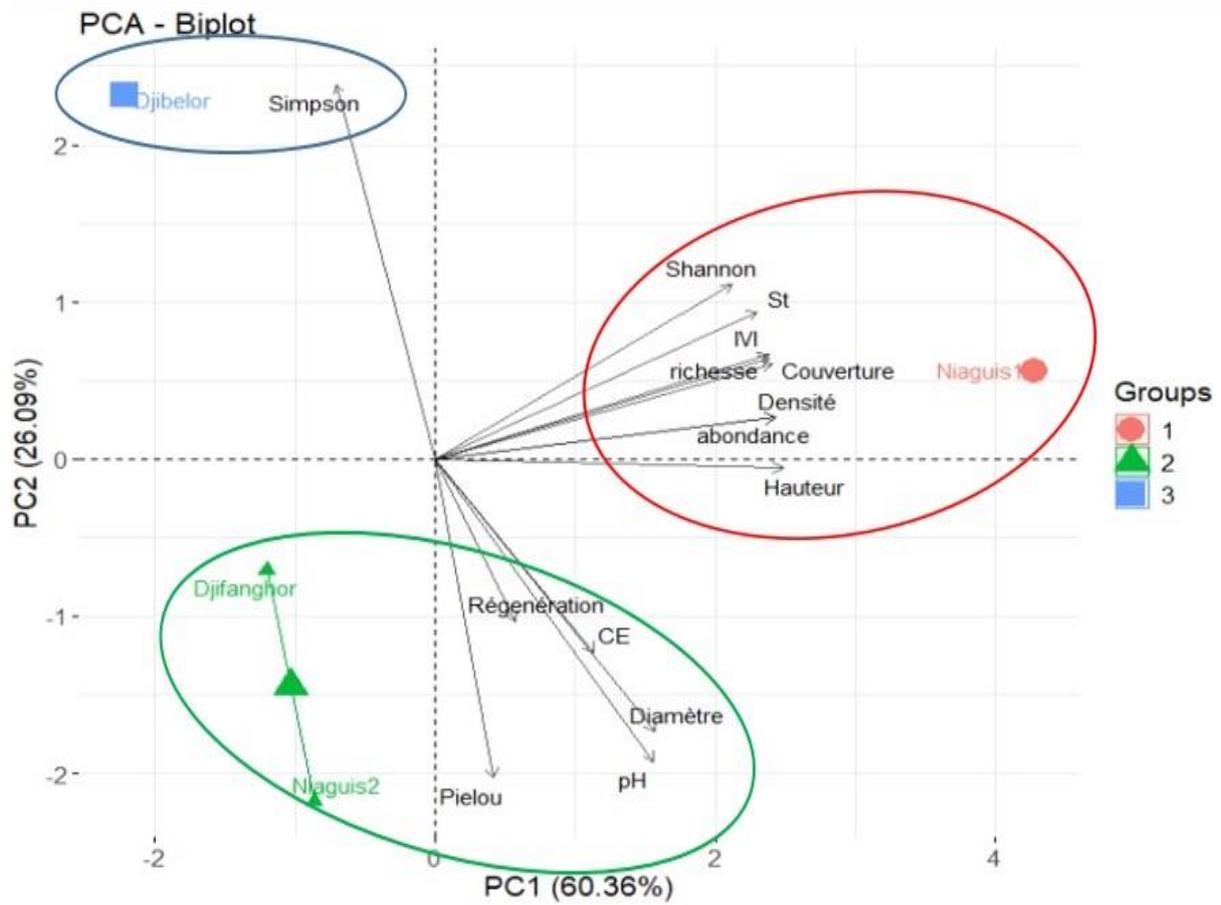


Figure 13: Répartition des sites en fonction des variables quantitatives évaluées

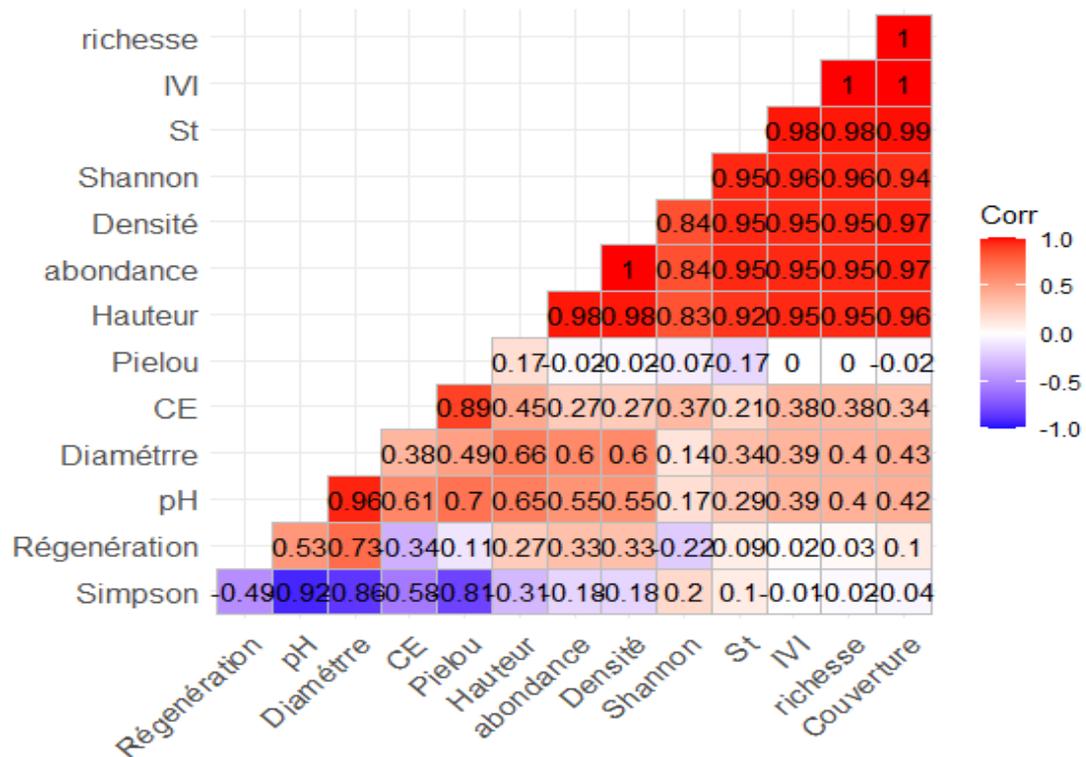


Figure 14: Matrice de corrélation des variables évaluées

3.1.6 Caractéristiques des paramètres chimiques du sol

3.1.6.1 pH du sol

L'analyse de variance du pH du sol révèle une différence significative ($P < 0,05$) entre les sites et zones (Figure 15). Le pH du sol dans les sites varie entre **4,5 et 6,0** et le site de Niaguis2 présente un pH plus élevé. Dans les zones de culture, le site de Niaguis 2 présente le pH le plus élevé **6,0 ± 0,1(a)** et Niaguis1 a le pH le plus faible **4,8 ± 0,1(c)**. Les sites de Djibélor et Djifanghor ont des valeurs intermédiaires respectivement de **5,5 ± 0,1(ab)** et **5,4 ± 0,1(ab)**. Dans les zones de plantations, les sites de Niaguis 1 et 2 présentent les pH les plus élevés **5,8 ± 0,1(ab)** et **5,9 ± 0,1(a)** et celui de Djibélor le plus faible **5,0 ± 0,1 (c)**. La zone de culture tend à avoir des pH légèrement plus élevés que la zone de plantation dans les deux sites.

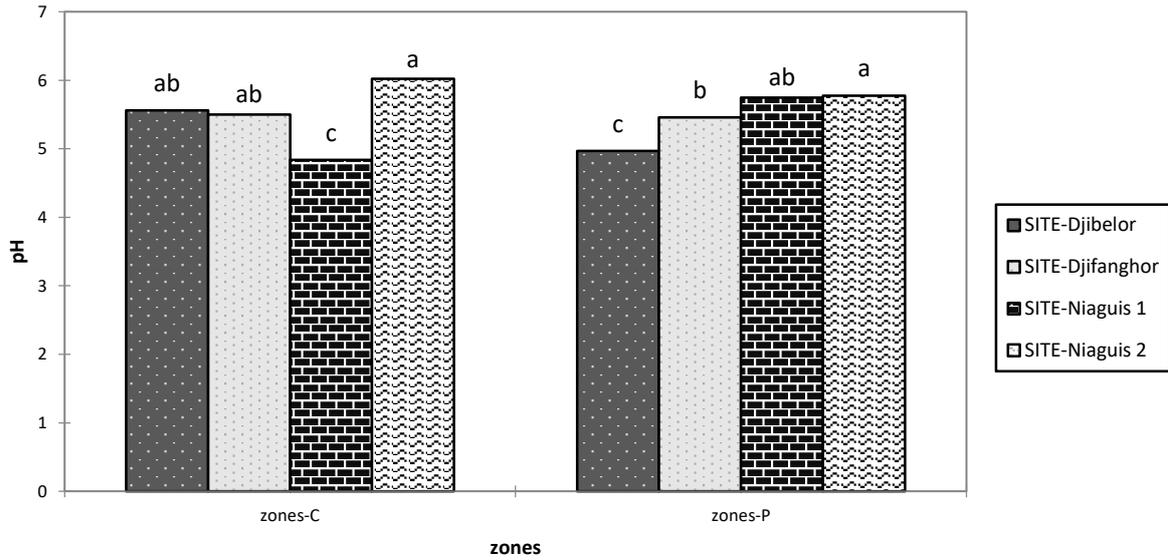


Figure 15: Variation du pH du sol en fonction du site et de la zone

3.1.6.2 CE (conductivité électrique) du sol

L'analyse de variance de la conductivité électrique (CE) révèle une différence significative ($P < 0,05$) entre les Sites et Zones (Figure 16). La CE moyenne du sol dans la commune est de $5,80 \pm 0,17$. Dans les zones de culture, le site de Djifanghor présente la CE la plus élevée $6,0 \pm 0,2$ (ab) et le site de Niaguis 2 a la plus faible CE $5,2 \pm 0,2$ (b), les sites Djibélor et Niaguis 2 avec des valeurs intermédiaires $5,4 \pm 0,2$ (ab) et $5,7 \pm 0,2$ (ab). Dans les zones de plantations, les sites de Djifanghor et Niaguis 1 présentent les CE les plus élevées $6,5 \pm 0,2$ (a) et $6,3 \pm 0,2$ (a) et celui de Djibélor la plus faible au niveau $5,4 \pm 0,2$ (b).

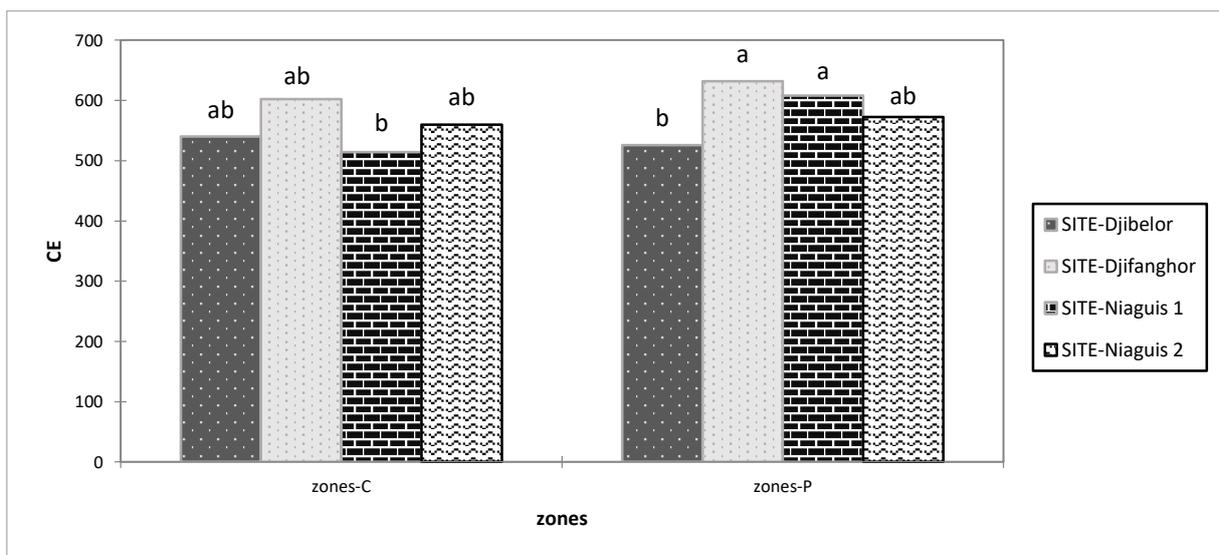


Figure 16: Variation de la CE du sol en fonction du site et de la zone

3.1.3 Importance des plantations de *Melaleuca leucadendra*

3.1.3.1 Caractéristiques de la population enquêtée

Les enquêtes menées au sein des trois villages polarisant les plantations ont concerné 263 chefs de ménages dont 113 hommes et 150 femmes (Tableau 7). La majorité des personnes enquêtées 44% a une tranche d'âge comprise entre [45-60]. L'âge moyen des enquêtées est 47 ans. Sur les 263 ménages enquêtés dans les trois villages polarisant les plantations, 69,5% ont hérités des terres rizicoles de leurs parents, les 29,2% des populations empruntent des terres pour cultiver et le reste achète soit 1,1% (Figure 17).

Tableau 7: Genre et tranche d'âge

Villages	Ménages	Genre		Tranche d'âge (Année)		
		Femme	Homme	[35-45[[45-60[[60- +[
Djibélor	60	22	38	13	22	25
Djifanghor	50	27	23	10	23	17
Niaguis	153	101	52	43	71	39
Total	263	150	113	66	116	81
Moyenne				22	38,6	27

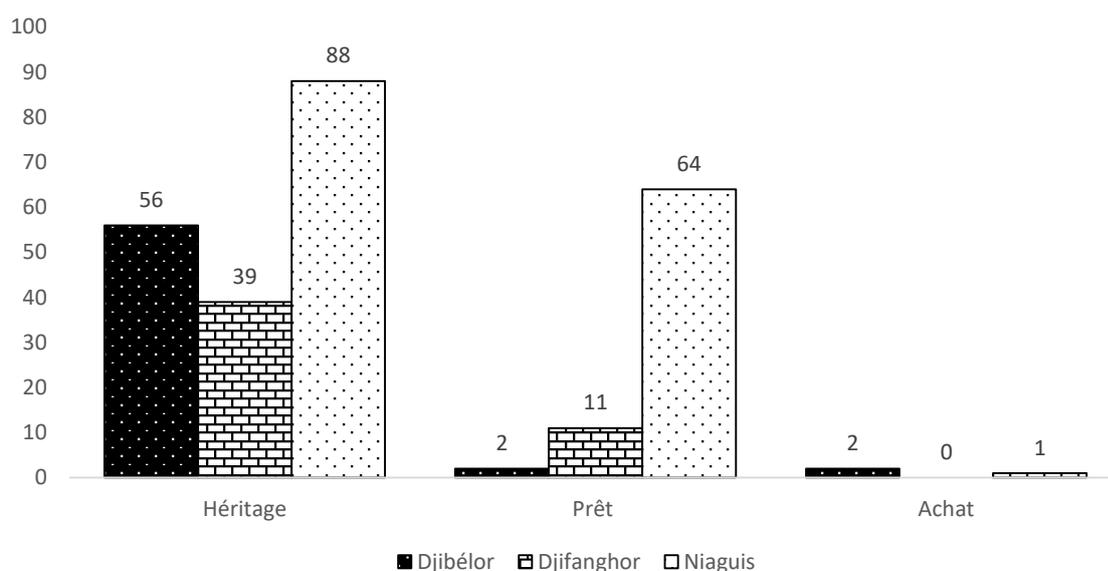


Figure 17: Mode d'accès des terres selon les villages

3.1.3.2 Effets de *Melaleuca* sur les cultures

Selon les populations, la production rizicole a connu une hausse après la plantation qu'avant plantation de *Melaleuca* dans la commune. Avant plantation, 54% des ménages ont confirmé que la production était moyennement élevée, suivis de faible 22%, élevée 20% et très élevée 4%. Après la plantation, 60% des ménages ont confirmé que la production est élevée suivis de très élevée 18%, moyennement élevée 12% et faible 10% (Figure 18).

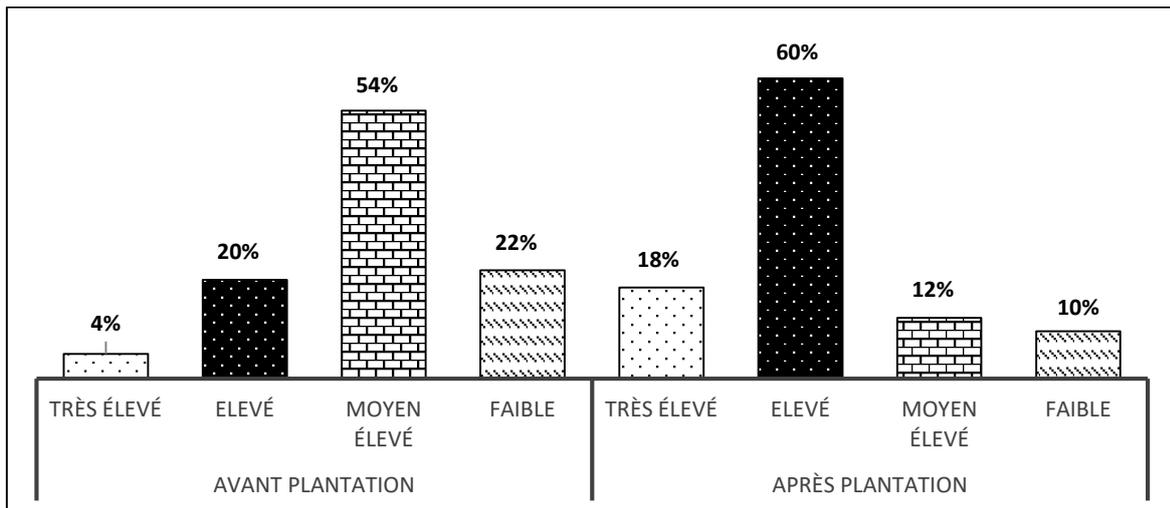


Figure 18: Effets de *Melaleuca* sur les cultures

3.1.3.4.3 Services associés à *Melaleuca*

Une grande partie des populations (99%) connaissent l'espèce *Melaleuca*. La totalité des personnes qui ont été interpellées sur l'espèce ont affirmé qu'en terme de service de soutien, *Melaleuca* se régénère bien (97%). 80% des personnes qui connaissent *Melaleuca* lui ont associé une fonction d'effet positif sur les cultures, 71% une fonction de récupération des sols salés, 65% une fonction de fertilisation et conservation des sols-eaux. Pour les services d'approvisionnement, 58% lui ont associé une fonction de pharmacopée, 52% une fonction de clôture, 37% la fourniture de bois de feu, 22% en bois de construction et 0% pour l'alimentation humaine et animale (Figure 19).

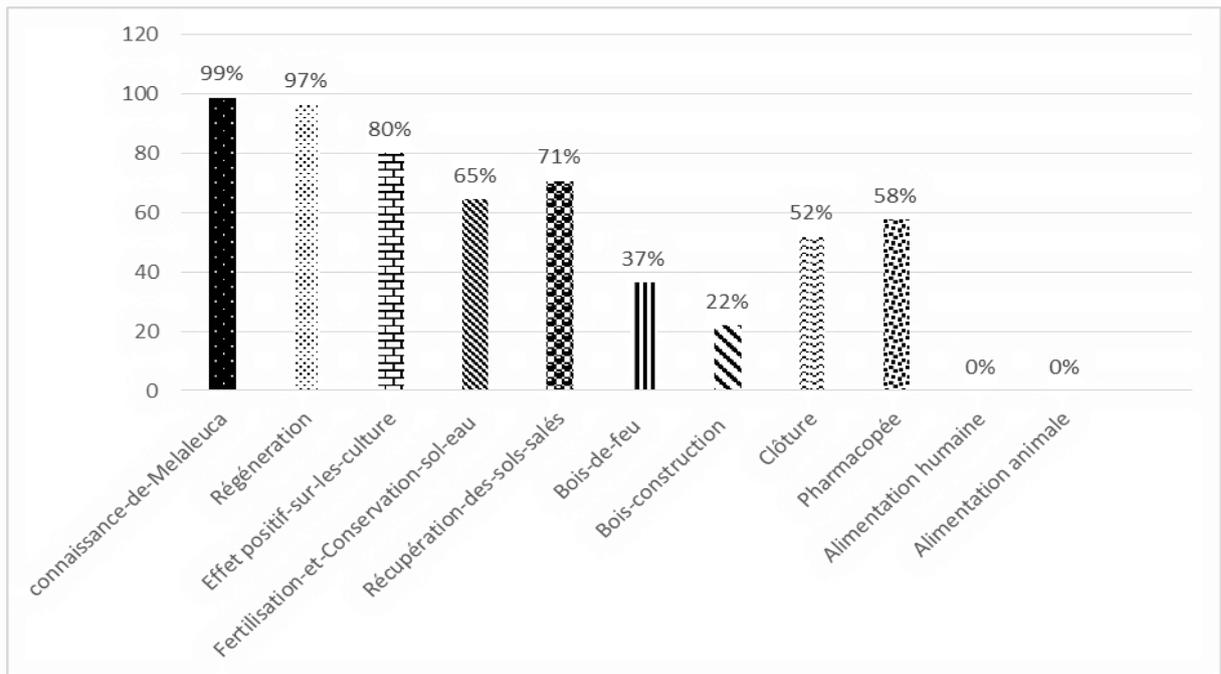


Figure 19: Services associés à *Melaleuca*

3.2 Discussion

3.2.1 Composition et diversité floristique

Les résultats obtenus de l'inventaire ont révélé une composition floristique moins diversifiée avec 22 espèces réparties en 15 familles dans les plantations de *Melaleuca leucadendra* L. à Niaguis. La flore est dominée par les Anacardiacees, les Bombacacees, les Méliacees, les Mimosacees, les Moracees et les Myrtacees. L'analyse de la composition floristique nous a permis d'identifier trois types de communautés végétales distinctes au niveau de Niaguis : Les groupes A et B situés du côté des abscisses négatives et le groupe C situé du côté des abscisses positives. Cette typologie pourrait refléter la variabilité des conditions écologiques au sein de la plantation mais aussi un effet anthropique. En effet le groupe C compte plus d'espèces introduites dans le système à l'image du manguier, du palmier, de l'eucalyptus et de *Gmelina* contrairement aux deux premiers groupes. Cette faible diversité pourrait être influencée par la salinité. L'indice de diversité de Shannon-Weaver atteste que la diversité dans les plantations est faible. Ce résultat trouvé à Niaguis est inférieur à celui de Ndiaye(2023) à Mahécor, qui a trouvé une diversité moyenne avec $H' = 2,77$. L'indice d'équitabilité révèle une répartition faiblement équitable des individus. L'indice d'équitabilité trouvé à Niaguis est inférieur à celui de Ndiaye(2023) à Mahécor, qui a trouvé un indice égal à 0,65, attestant d'une répartition moyennement équitable des individus. L'analyse de dissimilarité de Bray-Curtis entre les différentes plantations échantillonnées montre une dissimilarité et similarité entre les plantations. Les parcelles les plus dissimilaires sont Djifanghor et les sites de Niaguis1 et Niaguis2, ce qui pourrait s'expliquer par les conditions environnementales, l'âge des peuplements et les pratiques de gestion.

3.2.2 Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse

Le faible taux de recouvrement entre les différentes plantations identifiées pourrait s'expliquer par l'âge des peuplements, les conditions du sol et la compétition interspécifique. La surface terrière moyenne avec une dominance de *Melaleuca leucadendra* L. Cette dominance structurale de *Melaleuca leucadendra* L suggère un impact significatif sur la structure de la communauté végétale. La grande dominance de l'espèce *Melaleuca leucadendra* L dans les plantations pourrait s'expliquer d'une part par sa forte tolérance à la salinité et d'autre part au fait que le PRECOBA a reboisé plus cette myrtacée. L'introduction de *Melaleuca leucadendra* L. dans les plantations entre dans le cadre de la réhabilitation de ses terres dégradées (Diouf 2006). La variabilité observée dans la structure verticale et horizontale des peuplements de *Melaleuca leucadendra* L entre les différents sites étudiés pourrait indiquer

un peuplement plus ancien ou des conditions environnementales plus favorables à la croissance de *Melaleuca* à Djibélor et présente à la fois la plus grande hauteur moyenne et la plus grande hauteur dominante. Ces caractéristiques indiquent probablement le site le plus fertile avec les meilleures conditions de croissance. Ces résultats sont semblables à ceux de Gomis et al. (2022) qui ont trouvé une population à dominance adulte à Djilor. À l'inverse, les sites comme Djifanghor, avec une hauteur moyenne plus faible et une distribution plus concentrée des diamètres, pourraient représenter des peuplements plus jeunes ou soumis à des conditions environnementales moins favorables. Ces résultats sont semblables à ceux de Ndiaye (2023) qui a trouvé une population à dominance jeune à Mahécor. Le taux de régénération du peuplement est très élevé dans la commune. Celui-ci est supérieur au taux de régénération trouvé par Ndiaye, (2023) dans la forêt de Mahécor. Parmi les espèces indigènes, *Melaleuca leucadendra* L. montre une forte capacité de régénération naturelle dans toutes les plantations. Ces observations sont appuyées par les informations tirées de l'enquête que l'espèce s'adapte mieux dans la zone et les plantations pourraient évoluer vers un peuplement où *Melaleuca leucadendra* L. pourrait continuer à dominer par l'abandon des rizières. Les fortes corrélations positives observées entre de nombreux paramètres (richesse spécifique, abondance, hauteur, densité, surface terrière, etc.) sont révélatrices de l'interdépendance de ces caractéristiques dans les peuplements de *Melaleuca leucadendra* L.

Ces corrélations suggèrent que les Sites à forte densité ont une surface terrière élevée, une diversité spécifique faible et un taux de régénération élevé, un pH élevé et une CE élevée. Aussi les sites ayant une richesse spécifique importante ou un taux de couverture élevé ont une surface terrière importante. Cette observation pourrait indiquer que les conditions favorables à la diversité spécifique sont également propices à la croissance et au développement des arbres.

Cependant, il est important de noter la corrélation négative entre l'indice de Simpson et plusieurs autres paramètres (Pielou, conductivité électrique, diamètre, pH, régénération). Cette relation inverse pourrait suggérer que dans les sites où la dominance d'une ou quelques espèces est forte (indice de Simpson élevé), d'autres aspects de la diversité et de la structure du peuplement pourraient être affectés négativement. Les différences significatives de pH et de conductivité électrique du sol observées entre les sites et les zones (Plantations/cultures) apportent un éclairage important sur les facteurs environnementaux pouvant influencer la structure et la composition des peuplements de *Melaleuca leucadendra* L. Ces variations édaphiques pourraient expliquer en partie les différences observées dans la structure de la végétation entre les sites. Par exemple, les sols plus acides ou plus salins (conductivité

électrique élevée) pourraient être moins favorables à la croissance de certaines espèces, influençant ainsi la composition et la structure du peuplement.

3.2.3 Importance des plantations de *Melaleuca*

La perception très positive de *Melaleuca leucadendra* L par les populations locales est un résultat important de cette étude. Le fait qu'un nombre important des personnes interrogées connaissent l'espèce et lui attribuent de nombreux services écosystémiques témoigne de son intégration réussie dans le paysage agricole et culturel de Niaguis. L'attribution d'effets positifs sur les cultures, ainsi que la perception d'une augmentation de la production rizicole après la plantation de *Melaleuca*, sont des indicateurs encourageants du potentiel de cette espèce pour l'agroforesterie et la restauration des terres dégradées. Ces résultats sont semblables à ceux de Ndiaye (2023) à Mahécor où, *Melaleuca leucadendra* L intervient dans la conservation des terres.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les peuplements de *Melaleuca leucadendra*L. à Niaguis présentent une composition floristique relativement diversifiée, avec la présence d'espèces compagnes telles que des arbustes et quelques autres essences arborées. Cependant, la dominance de *Melaleuca* reste très marquée, occupant une large part de la strate arborescente. Les plantations présentent une population adulte à Djibélor et jeune à Djifanghor avec une diversité faible et une répartition faiblement équitable des individus. Cette composition reflète l'adaptation de cette essence aux conditions environnementales du site.

D'un point de vue structural, les peuplements de *Melaleuca* se caractérisent par une densité et une hauteur relativement élevées, avec un diamètre moyen des tiges assez important. Cette structure témoigne d'une bonne croissance des arbres et d'une dynamique de développement favorable au sein de ces écosystèmes. La répartition des individus en classe de diamètres indique également une bonne régénération naturelle de *Melaleuca*. La plantation de *Melaleuca leucadendra* L. dans la commune de Niaguis revêt une importance écologique et socio-économique notable.

D'un point de vue écologique, ces peuplements jouent un rôle essentiel dans la préservation de la biodiversité locale, en offrant des habitats pour de nombreuses espèces animales et végétales. Sur le plan socio-économique, la perception d'une augmentation de la production rizicole après la plantation de *Melaleuca*, sont des indicateurs encourageants du potentiel de cette espèce pour l'agroforesterie et la restauration des terres dégradées, en plus d'avoir un intérêt dans la pharmacopée traditionnelle.

Pour tirer profit de ces peuplements de *Melaleuca* et approfondir ces résultats, Il serait important de:

- Etablir la dynamique des peuplements de *Melaleuca* ;
- Faire un suivi phénologique des peuplements pour promouvoir la régénération naturelle assistée de ces espèces ;
- Estimer la quantité de carbone moyen stocké dans la biomasse des peuplements de *Melaleuca* ;
- Evaluer le potentiel de la biomasse foliaire ;
- Analyser les interactions entre cette espèce et les cultures associées ;
- Evaluer quantitativement son impact sur la productivité agricole et la restauration des sols dégradés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Ali A., Morou B., Inoussa M.M, Abdourahamane S., Mahamane A., Saadou M., (2017).** Caractérisation des peuplements ligneux des parcs agroforestiers à *Diospyros mespiliformis* dans le centre du Niger. *Afrique SCIENCE*, **13**(2):87–100.
- Barnaud C., Antona M., Marzin J., (2011).** Vers une mise en débat des incertitudes associées à la notion de service écosystémique. [*Vertigo*] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, **11**(1).
- Broadhurst L., Byrne M., Craven L., Lepschi B. (2005)** – Genetic congruence with new species boundaries in the *Melaleucauncinata* complex (*Myrtaceae*). *Australian Journal of Botany*, **52**, 729-737.
- Brophy J.J., Craven L.A., Doran J.C. (2013)** – *Melaleucas*: their botany, essential oils and uses. *Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)*, 415.
- Chevalier A. (1927)** – Le *Melaleuca Leucadendron*. Sa répartition géographique et ses produits. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, **7**, 175–183.
- Curtis J.T., Macintosh R.P. (1950)**–Interrelation of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* **31** : 435-55
- Dasyva M, Ndour N, Diédhiou M. A. A, Sambou B. (2019).**- Caractérisation physico-chimique des sols des vallées agricoles de la commune de Ziguinchor au Sénégal. *European Scientific Journal* ISSN: 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, 18p
- Diagne M. (2020)** – Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Melaleuca leucadendra* L. (*Myrtaceae*) de la zone saline de Fatick (Sénégal). Mémoire de Master. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 77p.
- Diallo T. (2021).**Attractivité de l'huile essentielle de *Melaleuca leucadendra* Linn. (*Myrtaceae*) vis-à-vis de *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) (*Diptera*, *Tephritidae*) dans les vergers de mangue à Notto Gouye Diama (Niayes, Sénégal). Mémoire Master UCAD. 44p.
- Diatta A. A., Ndour N., Manga A., Sambou B., Faye C. S., Diatta L., Goudiaby A., Mbow C., Dieng S. D., (2016).** Services écosystémiques du parc agroforestier à *Cordylapinnata* (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redh. Dans le Sud du Bassin Arachidier (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **10**(6):2511-2525. Available online at <http://www.ifgdg.org>
- Diouf L.D., (2006)** – Aménagement forestier participatif de la forêt classée de Mahecor. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux des eaux et forêts. Ecole Nationale des Cadres Ruraux de Bambey, Sénégal, 78p

- Diouf M., Akpo L. E., Rocheteau A., Frédéric Do F., Venceslas Goudiaby V., Diagne A. L., (2002).** Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au nord-Sénégal (Afrique de l'ouest). *Journal des. Sciences*, (2)1.
- Farag R.S., Shalaby A.S., El-Baroty G.A., Ibrahim N.A., Ali M.A., Hassan E.M. (2004) –** Chemical and biological evaluation of the essential oils of different *Melaleuca* species. *Phytotherapy Research*, 18, 30-35.
- FAO., (2020) –** Evaluation des ressources forestières mondiales. 2020 – Rapport principal. FAO. 184 p. <https://doi.org/10.4060/ca9825fr>.
- Gomis D., Thiaw Benga A.B., 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*, Vol 16 (2) : 824-841. Référence : www.ifgdg.org ; E-ISSN : 1997-342X.
- Koné B., Diatta S., Sylvester O., Gbalou Y., Camara M., Djidji D. D., et Assa A. (2008).-** Estimation de la fertilité potentielle des ferrasols par la couleur, *CANADIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE*, pp 331-342.- Etude du sol de la région d'Aigrefeuille-sur-Maine (LoireAtlantique) à partir de la base de données des analyses de terre (INRA) ; Donesol, 18 p
- Labat JN, (1995).** Végétation du nord-ouest du Michoacan Mexique. Instituto de Ecologia A. C., 401p.
- Mbow M. A., Diouf M., Akpo L. E., (2014).** Importance socio-économique d'une végétation ligneuse soudanienne au sud-ouest du bassin arachidier (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Volume 8, Number 4, August 2014, Pages 1819-1829. Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs>.
- MEDD, (2017) :** Environnement et ressources naturelles : <http://www.eaux-forêts.sn/index.php/documentation/etude.html> consulté le 28/05/19 à 18h38
- Mendy Sana, (2021)** Efficacité de l'huile essentielle de *Melaleuca leucadendra* L. (*Myrtaceae*) contre *Bactrocera dorsalis* (*Diptera, Tephritidae*) (Hendel, 1912) dans les vergers de mangue à Kafountine (Ziguinchor, Sénégal)., Mémoire Master UCAD. 44p.
- Naidu B.P., Paleg L.G., Jones G.P. (2000) –** Accumulation of proline analogues and adaptation of *Melaleuca* species to diverse environments in Australia. *Australian Journal of Botany*, 48, 611.
- Ndiaye B, (2023) -** Caractérisation des peuplements de *Melaleuca* dans la forêt classée de Mahécour, Fatick. Mémoire de licence Université Alioune Diop (ISFAR) Ex ENCR de Bambey (UAD). 67p

- Ndiaye S., Djighaly P.I., Sambou A., Dramé F. A., (2023).** Etat des espèces forestières dans l'arrondissement de Cabrousse, Casamance/Sénégal, *Revue Ecosystèmes et Paysages*, 2023, 3(2) : 1–17pp <https://lbev-univlome.com/revue-ecosysteme-et-paysage/> ISSN Online: 2790-3230
- Ndour B. (2006)** – Relations sol – plantes dans les écosystèmes terres salées du bassin arachidier du Sénégal. Université Cheikh Anta Diop De Dakar (UCAD)
- Ngom D., Camara B., Sagna B., Gomis Z. D., (2018).** Cortège floristique, paramètres structuraux et indicateurs d'anthropisation des parcs agroforestiers à *Elaeisguineensis* Jacq. en Basse Casamance, Sénégal. *Journal of Animal & Plant Sciences*, (36)3: 5919-5932.
- Ngom D. (2014)** : Biodiversité et services écosystémiques dans les réserves de biosphère : Réserve de biosphère du Ferlo en Afrique de l'Ouest. *Presses Académiques francophones*, 196 pages.
- 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). *Journal of Applied Biosciences* 65:5008 – 5023.
- Nguyen N.T., Saneoka H., Suwa R., Fujita K. (2009)-** Provenance variation in tolerance of *Melaleucacajuputi* trees to interactive effects of aluminum and salt. *Trees*, 23, 649-664.
- Noosidum A., Prabaripai A., Chareonviriyaphap T., Chandrapatya A., (2008)** – Excitorepellency properties of essential oils from *Melaleuca leucadendron* L., *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon, and *Litsea salicifolia* (Nees) on *Aedes aegypti* (L.) mosquitoes. *Journal of vector Ecology*, 33, 305-312.
- Patel R.S., Panchal P., Vaghasiya D., Patel V. (2018)** – Observation of Two Important Angiosperm Tress Species of Gujarat College, Ahmedabad, Gujarat, India.
- PDC., (2019)-** Niaguis Plan de développement Communal. Niaguis, Octobre 2019, 59p.
- Pohle G.W et Thomas M.L.H., (2001)** – Protocole de surveillance du benthos marin : Macrofaune intertidale et infratidale. Le réseau d'évaluation et de surveillance écologique, Canada. Site : <http://www.emanrese.ca/rese/ecotools/protocols/marine/benthos/benthos4.html>.
- Poupon H., (1980)** – Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. ORSTOM éd. (Etudes & Thèse), Paris : 307p.
- Rafik F., Saber N., Zaakour F., Mohcine H., Moustarhfer K. et Marrakchi C., (2015)-** Caractérisation physico-chimique et estimation de la stabilité structurale des sols agricoles de la région Sidi Rahal, Sahel (Chaouia Cotiere, Maroc), *European Scientific Journal*, vol.11, No.27 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, pp 48-63.

- Ramade F., (2003)** – Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale. 3ème édition, Dunod, Paris, 690 p.
- Reyniers F.N., Truong, B. Bois J.F, Bonnin E. et Thomin G. (1979).**- Caractérisation de l'enracinement du riz pluvial in situ avec le phosphore-32, IAEA-SM-235144, pp 135-167
- Sagna B. (2022)**- Evolution des pratiques rizicoles dans la commune de Niaguis en Basse-Casamance : Impacts sur la production et perspectives de développement. Mémoire de master UASZ, 157p.
- Salles J-M., (2015).** Evaluer la biodiversité et les services écosystémiques: pourquoi, comment, pour quels résultats, avec quelles limites. Mardis d'EcoServ, INRA, 13 janvier 2015. 39p.
- Sambou Cebastiana, (2020).** Attractivité des huiles essentielles de *Melaleuca leucadendra* Linn. (Myrtaceae) et *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) (*Rutaceae*) vis-à-vis de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera, Tephritidae) dans des vergers de manguiers à Djibélor en Casamance. *Mémoire Master UCAD*, 40p.
- Sokpon N., Biaou S. H., Ouinsavi C., et Hunhyet O., (2006)** – Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération, Bois et Forêts des Tropiques 287. 2006, 13 pages.
- Tomasini J., (2002)** – Brochure. Introduction aux différentes techniques d'inventaires forestiers, 4p.
- Touhtouh D., Moujahid Y., El Faleh E.M., EL Halimi R., (2014).**- Caractérisations physicochimiques de trois types de sols du Sais, Maroc, J. Mater. *Environ. Sci.* 5 (5) (2014), ISSN : 2028-2508, CODEN : JMESCEN, pp 1524-1534.
- Tran D.B., Hoang T.V., Dargusch P. (2015)**- An assessment of the carbon stocks and sodicity tolerance of disturbed *Melaleuca* forests in Southern Vietnam. *Carbon Balance and Management*, 10, 15.
- White L., Edwards A., (2000)** – Conservation et recherches en Forêt tropicale pluviale : Manuel de Méthodologie. *Wildlife Conservation Society*, 460p.

ANNEXES :

FICHE D'INVENTAIRE

Placette N°.....

Date :.....

Coordonnées Geo : X.....

Heure :.....

Y.....

Fiche N°.....

Espèces	Nature		Mesures			Houppier (m)		Observation 1-2-3-4-
	AA	R	Hf	Ht	d _{1,3}	D ₁	D ₂	

AA : Arbre adulte, R : Régénération, Hf : Hauteur Fût, Ht : Hauteur Totale, d_{1,3} : diamètre à 1m30

D₁ : Diamètre Long, D₂ : Diamètre Court, 1 : anthropisation, 2 : phénologie, 3 : phytosanitaire: 4 : herbacés.