

# Université Assane Seck de Ziguinchor



## UFR sciences et technologiques

\*\*\*\*\*

## Département d'Agroforesterie

\*\*\*\*\*

### Mémoire de Master

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

### Sujet :

**Caractérisation des peuplements de *Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.  
dans le Ferlo (Communes de Labgar, Vélingara Ferlo et Younouféré),  
Sénégal**

Présenté par :

**M. Alioune NDIAYE**

Sous la supervision de **Pr Ngor NDOUR**, Maître de Conférences CAMES, UFR ST /UASZ

	<b>Dr Antoine SAMBOU</b>	Maître-Assistant CAMES, UFR ST /UASZ
Encadrants	<b>Dr Boubacar CAMARA</b>	Maître-Assistant CAMES, UFR ST /UASZ
	<b>Mme Lémou NDIAYE</b>	Doctorante FST/UCAD

Soutenu publiquement le Lundi 03 Février 2025 devant le jury composé de :

<b>Président :</b>	<b>Pr Ismaila COLY</b>	Maître de conférences	UFR-ST / UASZ
<b>Membres :</b>	<b>Dr Aly DIALLO</b>	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	<b>Dr Mamadou Abdoul Ader DIEDHIOU</b>	Enseignant formateur	ISEP/Bignona
	<b>Dr Antoine SAMBOU</b>	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	<b>Dr Boubacar CAMARA</b>	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ

## *DEDICACES*

*Je dédie ce travail à :*

- Mon très cher père **Boubacar NDIAYE**, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le respect et le dévouement que j'ai toujours eu en votre personne. Ce travail est le fruit de vos nombreuses années de sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse DIEU, le tout puissant, le miséricordieux vous préserve et vous accorde santé, longévité et bonheur.
- Ma très chère mère, honorable, aimable **Aminata WADE**, vous représentez pour moi le symbole de la bonneté par excellence, la source de tendresse et d'équilibre de la famille. Vos prières et bénédictions m'ont été un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer la gratitude et le respect que j'ai envers vous maman pour tous les sacrifices consentis depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.
- Mes très chers **frères et sœurs**, tout autant que vous êtes, je vous témoigne de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Vous êtes et serez toujours dans le cœur de votre grand frère. Je vous remercie aussi tout autant que vous êtes et sachez que vous pourriez compter sur moi. Je vous dédie ce travail avec toutes mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.
- Mon tuteur **M. NDOUR** et sa femme **Mme Idiatou BA**, Je ne saurais vous remercier assez et je vous exprime ma profonde gratitude pour m'avoir accueilli au sein de votre famille. Votre soutien ainsi que votre hospitalité ont été essentiels pour moi durant cette période exigeante.
- Mes chers amis **Pape Modou GUEYE, Issa TOURE et Baye Daouda MBAYE**, Je ne saurais trouver les mots justes et sincère pour vous témoigner toute ma gratitude chaleureuse et vous remercier de toutes ces années passées ensemble depuis tout petit et je vous dédie ce travail symbole de ma considération. Je suis fier de notre fidélité en amitié. Je suis impatient de partager encore beaucoup d'autres moments fantastiques avec vous.

## REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, je rends grâce au seigneur *Allah*, Le Clément, Le Miséricordieux de m'avoir donné la santé, le courage, la patience et toutes les capacités physiques et mentales qui m'ont permis de réaliser ce travail.

Tout d'abord je tiens à remercier l'Université Assane Seck de Ziguinchor et particulièrement le département d'Agroforesterie et ses professeurs pour ces années de formation.

Je tiens aussi à remercier vivement mes encadrants Dr Antoine SAMBOU et Dr Boubacar CAMARA, enseignant-chercheurs au département d'Agroforesterie de l'UFR Sciences et Technologies de l'Université Assane SECK de Ziguinchor. Je vous remercie pour votre contribution et aide pour la réalisation de ce mémoire.

A madame Lémou NDIAYE, je dis un grand merci pour l'aide et les conseils contribuant à la réalisation de ce document.

Mes remerciements vont aussi envers l'ensemble du corps professoral du département d'Agroforesterie pour la qualité de leur enseignement et leur disponibilité. Je citerais entre autres Pr Ngor NDOUR, Pr Mohamed M. CHARAHABIL, Pr Siré DIEDHIOU, Pr Ismaila COLY, Dr Aly DIALLO, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr Saboury NDIAYE, Dr Abdoulaye SOUMARE, Dr Oulimata DIATTA, Pr Ousmane NDIAYE et Dr Djibril SARR.

Un grand merci au Laboratoire d'Agroforesterie et d'Écologie (LAFE).

Aux membres du jury qui ont bien voulu participer à l'évaluation de ce document, j'exprime profonde gratitude et remerciement.

Un grand merci à :

- Mon mentor Serigne Tacko Mbacké NDAO pour son soutien et ses conseils ;
- M et Mme NDOUR pour leur accueil et accompagnement sur tous les points ;
- Tous les doctorants du département d'Agroforesterie de l'université Assane SECK de Ziguinchor, merci pour votre disponibilité et votre soutien aux étudiants ;
- Dr Adama TOUNKARA, pour ses conseils ;
- M Ibrahima NDIAYE et M Thierno Abdou Kadry DIALLO pour leur aide sur le terrain ;
- Mes camarades de la 12<sup>ième</sup> promotion d'Agroforesterie.

Enfin je remercie **tous mes amis(e)s et proches** qui m'ont encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire

# TABLE DES MATIERES

<i>Dédicaces</i> .....	I
Remerciements .....	II
Table des matières .....	III
Liste des sigles et acronymes .....	V
Liste des Tableaux .....	VI
Liste des figures .....	VI
Résumé .....	VII
Abstract .....	VIII
Introduction .....	1
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique .....	3
1.1 Présentation de <i>Dalbergia melanoxyton</i> Guill. & Perr .....	3
1.1.1 Origine et répartition de <i>D. melanoxyton</i> dans le monde .....	3
1.1.2 Situation de <i>D. melanoxyton</i> au Sénégal .....	3
1.1.3 Ecologie et adaptation .....	4
1.1.4 Mode de multiplication.....	5
1.2 Importance socioéconomique et écologique de <i>Dalbergia melanoxyton</i> .....	5
1.2.1 Importance socioéconomique .....	5
1.2.2 Importance écologique .....	6
1.3 Menaces et stratégies de conservation de <i>D. melanoxyton</i> .....	7
1.4 Stratégies de conservation de <i>D. melanoxyton</i> dans le Ferlo .....	7
Chapitre 2 : Matériel et Méthodes .....	8
2.1 Présentation de la zone d'étude .....	8
2.1.1 Localisation de la zone d'étude .....	8
2.1.2 Condition climatique de la zone d'étude .....	8
2.1.3 Types de sols et végétation .....	10
2.2 Echantillonnage .....	11
2.3 Relevés de la végétation .....	13
2.4 Prélèvement et analyse d'échantillons de sol .....	13
2.5 Traitement et analyse des données.....	13
Chapitre 3 : Résultats et Discussion .....	18
3.1 Résultats.....	18
3.1.1 Caractéristiques du sol des différentes sites .....	18
3.1.2 Caractéristique de la végétation ligneuse .....	18
3.1.2.1 Composition et diversité floristique des sites d'études .....	18
3.1.2.1.1 Richesse spécifique.....	18

3.1.2.1.2 Diversité floristique des sites d'études .....	21
3.1.2.1.3 Fréquence des espèces ligneuses .....	22
3.1.2.2 Abondance et distribution des espèces .....	25
3.1.2.3 Importance écologique des espèces .....	25
3.1.3 Paramètres structuraux des peuplements.....	26
3.1.3.1 Densité, recouvrement et surface terrière .....	26
3.1.3.2 Structure verticale.....	26
3.1.3.3 Structure horizontale.....	28
3.1.3.4 Régénération de la végétation ligneuse des sites d'études .....	30
3.1.3.5 Caractéristique globales des sites d'études .....	31
3.1.4 Relation entre les variables environnementale et de communauté.....	32
3.2 Discussion.....	33
3.2.1 Paramètres physico-chimiques du sol.....	33
3.2.2 Caractéristiques de la végétation ligneuse des sites d'études .....	33
3.2.3 Paramètres structuraux des peuplements .....	35
Conclusion et perspectives .....	38
Références bibliographiques .....	39

## **LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES**

**ACP** : Analyse en Composantes Principales

**ANACIM** : Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie

**CE** : Conductivité électrique

**CITES** : Convention on International Trade in Endangered Species (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction)

**DEA** : Diplôme d'Etudes Approfondies

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

**GMV** : Grande Muraille Verte

**GPS** : Global Position System

**ISR** : Importance Spécifique de Régénération

**IVI** : Indice de Valeur d'Importance

**UFR** : Unité de formation et de recherche

**UICN** : Union internationale pour la conservation de la nature

**UASZ** : Université Assane Seck de Ziguinchor

**PADAER** : Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entrepreneuriat Rural

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**SIG** : Système d'Information Géographique

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1:</b> Composition floristique dans les différents sites d'étude .....	20
<b>Tableau 2:</b> Fréquence de présence des espèces ligneuses en fonction des sites d'études .....	24

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1:</b> Distribution géographique du genre <i>Dalbergia</i> dans le monde (Orwa et al.,2009).....	3
<b>Figure 2:</b> Carte de localisation des sites de l'étude .....	8
<b>Figure 3:</b> Ecart annuel à la moyenne de la pluviométrie entre 1991 et 2021 à la station de Linguère	9
<b>Figure 4:</b> Ecart annuel à la moyenne de la pluviométrie entre 1991 et 2021à la station de Louga ....	10
<b>Figure 5:</b> Répartition des placettes d'inventaire à Labgar (A), Vélingara Ferlo (B) et Younouféré (C) .....	12
<b>Figure 6 :</b> Variation du pH (a)et de conductivité électrique (b) du sol dans les différents sites.....	18
<b>Figure 7:</b> Courbes d'accumulations des espèces fonction des placettes d'échantillonnages (A) et en fonction de la superficie échantillonnée (B).....	21
<b>Figure 8 :</b> Variation de la diversité dans les sites.....	22
<b>Figure 9:</b> Abondance des espèces en fonction des sites.....	25
<b>Figure 10:</b> Paramètres structuraux de la végétation ligneuse des sites d'études .....	26
<b>Figure 11:</b> Distribution des classes de la hauteur des individus des peuplements ligneux(a) et des individus de <i>Dalbergia melanoxylon</i> (b) dans les sites d'études.....	28
<b>Figure 12:</b> Distribution des classes du diamètre des individus des peuplements ligneux(a) et des individus de <i>Dalbergia melanoxylon</i> (b) dans les sites d'études.....	29
<b>Figure 13:</b> Distribution des régénérations dans les sites d'étude.....	30
<b>Figure 14:</b> Régénération des espèces.....	31
<b>Figure 15:</b> Caractéristiques Floristiques et structurales des sites .....	32
<b>Figure 16:</b> Matrice de corrélation de Pearson.....	33

## RESUME

La forêt et les ligneux jouent un rôle important en fournissant des services écosystémiques. Malgré leur importance, les caractéristiques écologiques des peuplements ligneux ne sont pas bien connues. Ce travail a pour objectif d'étudier l'état des peuplements ligneux dans les sites de Labgar, Vélingara Ferlo et Younouféré particulièrement ceux de *Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr. dans ces derniers. Pour ce faire, un inventaire basé sur une méthode d'échantillonnage stratifié a été utilisé déterminer les paramètres de la végétation ligneuse et du sol. Sur la base d'une classification et d'un échantillonnage stratifié, 330 placettes ont été réparties comme suit : 80 à Labgar, 140 à Vélingara Ferlo et 110 à Younouféré. Ainsi, l'étude de sol à travers le pH et la conductivité électrique (CE) montre que le pH le plus élevé est obtenu à Labgar ( $6,3 \pm 0,11$ ) suivi de Younouféré ( $6,26 \pm 0,06$ ) et Vélingara Ferlo ( $5,84 \pm 0,1$ ) détient le pH le plus faible. En ce qui concerne la conductivité électrique (CE), elle est plus élevée à Labgar ( $85,62 \pm 3,39$ ), suivie de Vélingara Ferlo ( $81,15 \pm 2,93$ ) et le site Younouféré ( $75,29 \pm 4,03$ ) a la CE la plus faible. Au terme 30 espèces ont été répertoriées appartenant à 21 genres et 12 familles. La famille des Fabaceae (36,67 %) est la mieux représentée, suivie de celle des Combretaceae (23,33 %). La diversité floristique varie significativement ( $p < 0,05$ ) entre les sites. Le site Vélingara Ferlo présente une plus grande diversité ( $0,50 \pm 0,038$ ) suivie de Younouféré ( $0,48 \pm 0,047$ ) et Labgar avec la plus faible diversité ( $0,43 \pm 0,05$ ). La diversité suit le gradient croissant de la pluviométrie. Aussi, il apparaît que les peuplements ligneux étudiés présentent des variations significatives entre sites pour le taux de recouvrement, la surface terrière et les structures verticale et horizontale, tandis que la densité ne montre pas de différences significatives. Labgar se distingue par les recouvrements ( $34,59 \pm 1,68$ ) et surfaces terrières ( $3,6 \pm 0,002$ ) les plus élevés et les individus les plus grands ( $4,99 \pm 2,3$ ), Vélingara Ferlo par une densité ( $0,010 \pm 0,0009$ ) plus importante et Younouféré par des individus plus gros ( $17,11 \pm 7,246$ ) et une bonne régénération ( $66,6 \pm 8,95$ ). La régénération est dominée par *Balanites aegyptiaca* et *Guiera senegalensis* qui semblent être plus adaptées aux conditions climatiques sévères et aux actions anthropiques croissantes dans le milieu. L'abondance, la densité et la régénération de *Dalbergia melanoxylon* est faible dans l'ensemble des sites. Cette étude a mis en évidence la régression de l'espèce *Dalbergia melanoxylon* dans la zone, espèce qui présente un intérêt multiple pour la population locale du Ferlo.

**Mots clés :** *Dalbergia melanoxylon*, diversité floristique, structure, écologie, facteurs environnementaux



## ABSTRACT

Forests and woody species play a crucial role in providing ecosystem services. Despite their importance, the ecological characteristics of woody plant communities remain poorly understood. This study aims to assess the state of woody plant communities in the sites of Labgar, Vélingara Ferlo, and Younouféré, with a particular focus on *Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr. To achieve this, an inventory based on a stratified sampling method was used to determine the parameters of woody vegetation and soil. Based on classification and stratified sampling, 330 plots were distributed as follows: 80 in Labgar, 140 in Vélingara Ferlo, and 110 in Younouféré. Soil analysis, considering pH and electrical conductivity (EC), revealed that the highest pH was recorded in Labgar ( $6.3 \pm 0.11$ ), followed by Younouféré ( $6.26 \pm 0.06$ ), while Vélingara Ferlo had the lowest pH ( $5.84 \pm 0.1$ ). Regarding electrical conductivity (EC), Labgar exhibited the highest value ( $85.62 \pm 3.39$ ), followed by Vélingara Ferlo ( $81.15 \pm 2.93$ ), whereas Younouféré had the lowest EC ( $75.29 \pm 4.03$ ). A total of 30 species belonging to 21 genera and 12 families were recorded. The Fabaceae family (36.67%) was the most represented, followed by the Combretaceae family (23.33%). Floristic diversity varied significantly ( $p < 0.05$ ) between sites, with Vélingara Ferlo exhibiting the highest diversity ( $0.50 \pm 0.038$ ), followed by Younouféré ( $0.48 \pm 0.047$ ), while Labgar had the lowest diversity ( $0.43 \pm 0.05$ ). The diversity follows the increasing rainfall gradient. Furthermore, the studied woody plant communities exhibited significant variations between sites regarding cover rate, basal area, and both vertical and horizontal structure, while density did not show significant differences. Labgar was characterized by the highest cover ( $34.59 \pm 1.68$ ), basal area ( $3.6 \pm 0.002$ ), and tallest individuals ( $4.99 \pm 2.3$ ). Vélingara Ferlo had the highest density ( $0.010 \pm 0.0009$ ), while Younouféré had the largest individuals ( $17.11 \pm 7.246$ ) and the best regeneration rate ( $66.6 \pm 8.95$ ). Regeneration was dominated by *Balanites aegyptiaca* and *Guiera senegalensis*, which appear to be more adapted to harsh climatic conditions and increasing anthropogenic pressures. The abundance, density, and regeneration of *Dalbergia melanoxylon* were low across all sites. This study highlights the decline of *Dalbergia melanoxylon* in the region, a species of great importance to the local population in the Ferlo.

**Key word:** *Dalbergia melanoxylon*, floristic diversity, structure, ecology, environmental factors

## INTRODUCTION

Les écosystèmes du Ferlo fournissent des ressources naturelles qui jouent un rôle fondamental dans l'économie du Sénégal (sylvopastoralisme), le maintien de l'équilibre écologique (fertilité des sols, réduction de l'érosion, régulation du climat, ...) et de l'équilibre alimentaire des hommes et animaux (pâturage) (Ngom, 2013). Il contribue aux services d'approvisionnement en bois de feu, bois de service, plantes médicinales et divers produits forestiers non ligneux (Sambou, 2016). En effet, la population locale du Ferlo, a une économie basée exclusivement sur l'élevage extensif et l'exploitation des ressources forestières ligneuses et non-ligneuses (TACC, 2014). Une grande partie de l'alimentation humaine et du bétail est basée directement ou indirectement sur l'exploitation des ressources naturelles notamment celles ligneuses (Niang, 2009). Elle est à la fois source de fourrage pour les animaux, de pharmacie de par leur usage dans la pharmacopée traditionnelle et de revenus pour exploitants vivants à leurs proximités (Akpo, 1990). Au-delà de leur rôle socio-économique, les arbres contribuent à l'équilibre écologique en maintenant la fertilité des sols, en favorisant le cycle des nutriments et en offrant un habitat à la faune. Ils sont également un indicateur clé de l'état de santé des écosystèmes (Ngom, 2013).

Cependant, cette multifonctionnalité reconnue de ressources ligneuses ont fait qu'elles ont connues une importante régression sous l'effet combiné de la pression humaine (accroissement démographique, exploitation abusive du bois et l'avancée du front agricole) et de la péjoration climatique (Diouf et *al.*, 2002). Cette évolution régressive de la couverture ligneuses dans la zone sylvo-pastorale a longtemps été signalé dans de nombreux travaux de recherches menés depuis plus de 40 ans (Kébé et *al.*, 2020; Diallo et *al.*, 2016; Ndong et *al.*, 2015; Ndiaye et *al.*, 2014; Ngom et *al.*, 2013; Diallo et *al.*, 2011; Akpo et *al.*, 1995; Akpo, 1992; Boudet, 1989; Barral et *al.*, 1983; Klug, 1982; Gaston et *al.*, 1982; Valenza, 1981; Poupon, 1980). Face à cette régression continue de la couverture ligneuse énoncée dans ces études précédentes, il urge alors de trouver des stratégies de conservation et de réhabilitation de cette couverture. La réintroduction d'espèces végétales adaptées dans cet écosystème particulier, constitue une bonne stratégie de réhabilitation des terres et une valeur économique et fourragère appréciable (Diallo et *al.*, 2016). Parmi les espèces qui subissent le plus cette régression, il y'a le *Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr, en effet, cette ressource forestière est qualifiée victime de surexploitation de son bois de qualité hautement appréciée, des feux de brousses répétés, de la variabilité climatique (pluies faibles, incertaines et irrégulières) et d'une faible capacité de régénération naturelle au Ferlo (Ndong et *al.* 2015). Tout ceci à fait

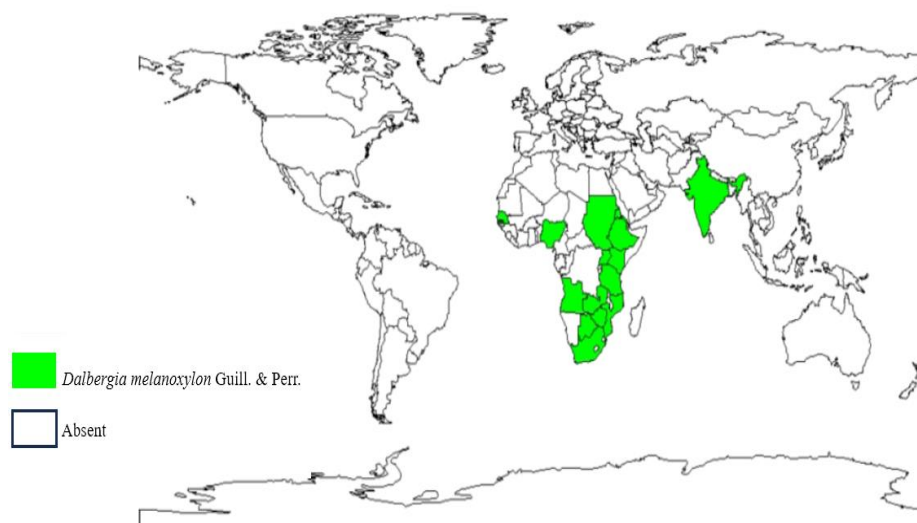
que l'espèce a même subi une proposition d'inclusion à l'annexe II de la CITES à la COP17. A ceci, s'ajoute le manque d'information sur la population de l'espèce dans la zone du Ferlo. En conséquence, la durabilité des populations de *D. melanoxyton* dans le contexte de changement climatique couplé aux pressions anthropiques est menacée et des actions visant à inverser cette tendance à la dégradation sont cruciales pour assurer la survie et la conservation de l'espèce. Dans ce sens, cette étude se veut alors un moyen d'amélioration du niveau de connaissances sur l'état actuel de la présence de *Dalbergia melanoxyton* dans le Ferlo et spécifiquement, il s'agira de caractériser les peuplements ligneux en général et les populations de *D. melanoxyton* en particulier dans les communes Younouféré (Matam / Ranérou), Vélingara Ferlo (Matam / Ranérou) et Labgar (Louga/ Linguère) et d'évaluer les caractéristiques du sol en relation avec la composition floristique et la présence de *D. melanoxyton*. La présente étude est structurée en trois chapitres. Le premier chapitre porte sur une synthèse bibliographique. Le deuxième traite le matériel et les méthodes utilisées. Le troisième aborde les résultats et discussion.

# CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1 Présentation de *Dalbergia melanoxyton* Guill. & Perr

### 1.1.1 Origine et répartition de *D. melanoxyton* dans le monde

L'espèce *D. melanoxyton* Guill. & Perr. est une plante à fleurs, originaire des régions saisonnièrement sèches d'Afrique (UICN, 2008). *Dalbergia melanoxyton*, également connu sous le nom de bois noir africain (African Blackwood en anglais) ou bois d'ébène africain appartient à la famille des *Fabaceae*, sous famille des *papilionoideae* et au genre *Dalbergia*. Ce dernier a une répartition pantropicale avec une grande diversité d'espèces en Asie (119 espèces), en Afrique (116 espèces) et en Amérique Centrale et du Sud (80 espèces) (Vatanparastet *al.*, 2013). Selon Vaglica (2014), il s'est répandu dans 102 pays à travers le monde (Figure 1). Il est largement répandu en Afrique tropicale, notamment au Sénégal et en Côte d'Ivoire à l'Ouest, au Kenya et l'Éthiopie à l'Est, et s'étend vers le Sud jusqu'en Afrique du Sud (Orwa et *al.*, 2009; Washa, 2014). On le trouve dans au moins 26 pays d'Afrique subsaharienne (Nshubemuki, 1993). Au Sénégal, l'espèce la plus représenté est le *Dalbergia melanoxyton*.



**Figure 1:** Distribution géographique du genre *Dalbergia* dans le monde (Orwa et *al.*,2009)

### 1.1.2 Situation de *D. melanoxyton* au Sénégal

Le *Dalbergia* est l'un des espèces les plus trafiqués dans le monde (Ndiaye et *al.*, 2024). En effet, son commerce illégal rapporte environ 7 et 23 milliards de dollar par an (Dasgupta et *al.*, 2023). Au Sénégal, l'espèce *D. melanoxyton* est apprécié dans la fabrication d'objet traditionnel. Elle a été découverte en 1828 par George Samuel Perrot et dans la région du

Walo (Nord du Sénégal). Cette zone reste l'une des rares régions où l'espèce existe encore sous forme de population relique, bien que des récits oraux soulignent son abondance dans la région du Sahel avant la sécheresse des années 1970 (Chevalier, 1934). En ce qui concerne son trafic au Sénégal, il reste encore peu documenté.

### 1.1.3 Ecologie et adaptation

Le genre *Dalbergia* est trouvé dans différents types d'écosystèmes tels que la forêt tropicale humide à feuillage persistant, la forêt tropicale humide à feuilles semi-caduques, la forêt riveraine, la forêt tropicale sèche, les formations boisées du Miombo (forêts tropicales de la R.D.Congo), les fourrés et forêts subarides, les savanes, les zones de pâturage. Elles se trouvent dans des zones présentant des caractéristiques totalement différentes, telles que les zones entièrement plates avec formations rocheuses sèches, des zones inondables durant la saison des pluies, des sols fertiles et sols profonds calcaires ou d'argile sableuse le long des ruisseaux. Les espèces du genre se trouvent du niveau de la mer à une altitude maximale de 1700 mètres (Standley et Steyermark, 1946; Carvalho, 1997; Stevens *et al.*, 2001; Linares et Sousa, 2007; Lemmens, 2008).

Beaucoup d'espèces du genre *Dalbergia* sont des arbres de petite ou moyenne taille, des arbustes d'une hauteur de 5 – 7,5m même si des cas d'exception d'individus de 15 m ont été rencontrés. Leurs feuilles sont généralement alternées, composées et imparipennées avec des folioles alternées, rarement sub-opposées et glabres (Saha *et al.*, 2013). *D. melanoxyton* perd ses feuilles une partie de l'année (saison sèche) et reprend sa feuillaison qu'après les premières pluies (Juin et juillet). Ses fleurs sont de petite taille (2 à 20mm) de couleur blanche, jaune clair ou violet et la période de floraison s'étend entre les mois d'août et de septembre (FAUSAC-FNPV, 2015).

*D. melanoxyton* est un petit arbre très ramifié, mesurant généralement de 4,5 à 7,5m de haut, mais pouvant parfois atteindre 15m. L'écorce de l'arbre est très résistante. L'écorce de l'arbre est gris pâle à grisâtre (Washa et Nyomora, 2012), brune, papyracée, assez lisse et s'écaille en longues bandes étroites (Bryce, 1967). Les fruits de *Dalbergia melanoxyton* sont des gousses et sont elliptiquement oblongues ou irrégulièrement oblongues, à pointe émoussée, plates et minces. Elles mesurent de 3 à 7 cm de long et de 0,8 à 1,4 cm de large. Elles sont très claires, glabres (Washa et Nyomora, 2012).

Son bois, a une texture et des couleurs spécifiques (brune foncée à noir violacée) ce qui le rend très désirable (Lemmens, 2008; FAUSAC-FNPV, 2015). Selon Condit et Pérez (2002), la couleur peut évoluer pour devenir noir ébène sous l'effet de la lumière. Le bois de cœur ou

duramen est entouré d'une couche blanche clairement différenciée. Et l'aubier qui est aussi dense que le duramen, peut varier en quantité en fonction de l'espèce, de l'âge de l'arbre et de ses conditions d'habitat (FAUSAC-FNPV, 2015). C'est alors un bois de qualité très dur, lourd et résistant apprécié dans la fabrication des objets manufacturés. Il est, en effet, stable, durable et conserve sa forme. Cependant, avec le niveau de croissance très lent des espèces de *Dalbergia*, l'exploitation du bois de qualité nécessite une taille suffisamment grande pour permettre l'exploitation d'un volume convenable de duramen seulement après une période de 70 à 100 ans. Ceci pour permettre l'exploitation d'un volume convenable de duramen (Lemmens, 2008).

#### **1.1.4 Mode de multiplication**

Les abeilles, les scarabées et les papillons sont considérés comme des agents de pollinisateurs habituels des espèces du genre *Dalbergia* via des phénomènes de pollinisation croisée (Vasudeva et Sareen, 2009). Les bourdons et guêpes sont également des visiteurs fréquents des fleurs. Cependant, les pucerons ont été jugés dommageables aux structures des fleurs (FAUSAC-FNPV, 2015). Les fruits de *D. melanoxyton* sont naturellement dispersés par le vent à cause de leur légèreté et contiennent pour la plupart du temps entre une et trois graines (Carvalho, 1997; Shu, 2010 ; Bawa et Webb, 1984). C'est dans ce sens que *D. Melanoxyton* est différente de certaines espèces du genre comme *Dalbergia retusa* Hemsl. qui compte une à cinq graines dans une gousse (Washa et Nyomora, 2012).

Les semences *D. melanoxyton* (graines) présentent un très faible niveau de germination dû à la faible viabilité après maturation (Amri, 2008 ; Washa, 2008). Cette période de maturité complète des fruits correspond à l'intervalle de temps entre octobre – décembre au Sénégal

La régénération naturelle de *D. melanoxyton* est rare (Madrigal, 1993; Marín et Flores, 2003). Une autre stratégie de régénération très importante et commune pour *Dalbergia melanoxyton* dans les forêts tropicales sèches est l'entretien des souches ou le recépage. La bonne capacité des souches à germiner est utilisée pour les systèmes de gestion (y compris la plantation) de certaines espèces de *Dalbergia*. Des exemples d'espèces du genre à bon recépage sont *Dalbergia Sissoo* Roxb. ex DC., *Dalbergia stevensonii* Standl., *Dalbergia Cochinchinensis* Pierre ex Laness. et *Dalbergia melanoxyton* Guill. & Perr.

### **1.2 Importance socioéconomique et écologique de *Dalbergia melanoxyton***

#### **1.2.1 Importance socioéconomique**

Du point de vue socioéconomique, *Dalbergia melanoxyton* est une espèce à usages multiples jouant un rôle dans différents domaines tels que l'énergie, la construction et la réfection des maisons, l'artisanat et la pharmacopée. En effet, son bois de cœur est l'un des bois les plus

précieux d'Afrique (Redhead et Temu, 1981). Il est très apprécié et utilisé au niveau international pour la fabrication d'instruments de musique, tels que les clarinettes, les hautbois et les pipes (Arbonnier, 2004). Au Sénégal, ce bois, avec sa bonne capacité calorifique, est utilisé dans la production de charbon de bois et du bois de chauffe. Il sert également de piquets dans la fabrication des toitures de maisons car très résistant aux attaques des termites et peut rester 100 ans sur place sans être endommager. C'est une matière première très précieuse dans la fabrication des produits artisanaux tels les sculptures, perles de chapelets, colliers, bracelets, port à clés, cannes, manche de marteaux, les pointes de flèches, des pilons, des tasses, des assiettes, peignes etc. Ainsi, dans la pharmacopée traditionnelle, la tige, l'écorce et les racines sont utilisés comme remède contre la diarrhée, en combinaison avec des fruits de tamarin ou baobab. La fumée des racines seules brûlées et inhalée est un traitement contre la migraine, la bronchite et les coups de froids. Et en Afrique de l'Est, une décoction de la racine est utilisée afin d'empêcher la fausse couche et également comme anthelminthique (vermifuge) et aphrodisiaque. Cette décoction traite aussi la gonorrhée, les maux de ventres et les douleurs abdominales. Celle de l'écorce en poudre est utilisée pour nettoyer les blessures. Une autre faite à base de ses feuilles permet de décharger les douleurs articulaires. Ainsi, pour traiter les inflammations de la bouche et de la gorge, la sève des feuilles est utilisée (Bryce, 1967). L'écorce et le suc de feuille sont aussi les ingrédients des mélanges utilisés pour traiter des différents griefs (Lemmens, 2008).

### **1.2.2 Importance écologique**

La présence de l'espèce joue un rôle fondamental dans les écosystèmes naturels et profite beaucoup aux autres espèces végétales et celles de la micro-faune sauvage. En effet, étant pollinisé par les insectes, les fleurs de *Dalbergia* représentent une importante source d'alimentation pour les scarabées, guêpes, abeilles, bourdons, papillons et d'autres insectes (Vasudeva et Sareen, 2009). Les arbres adultes sont des sites de reproduction pour les guêpes et les colonies d'abeilles car des ruches ont été trouvées dans les troncs principaux (FAUSAC-FNPV, 2015). De nombreuses espèces épiphytes, telles que des orchidées, des bromélias, des champignons, des lichens, des fougères, des aracées et peperomias vivent dans les branches et dans les principaux troncs des arbres (FAUSAC-FNPV, 2015). Etant des légumineuses, les espèces du genre *Dalbergia* ont la capacité d'être en relation de symbiose avec des bactéries du sol fixatrices d'azote et forment des nodules (*aeschynomene*) au niveau des racines. Grâce à cette symbiose *Dalbergia* fixe l'azote atmosphérique dans le sol, les espèces du genre *Dalbergia* jouent un rôle important dans l'écosystème naturel des forêts, améliorant la fertilité



des sols et c'est une exigence pour la préservation de la biodiversité (Rasolomampianina et al., 2005 ; Sprent, 2009).

### **1.3 Menaces et stratégies de conservation de *D. melanoxylon***

En raison de sa forte demande à des fins locales et commerciales, le bois de *Dalbergia melanoxylon* est actuellement surexploité. L'UICN a classé *D. melanoxylon*, en 2008, dans la catégorie des espèces quasi menacées, ce qui signifie qu'elle n'est ni en danger, ni en préoccupation mineure, mais qu'elle est presque menacée si des efforts de propagation immédiats ne sont pas entrepris pour sa préservation. C'est ce qui a valu la demande d'inclusion du genre *Dalbergia* dans l'Annexe II de la CITES (bien que n'étant pas nécessairement menacées actuellement d'extinction, pourraient le devenir si le commerce de leurs spécimens n'était pas étroitement contrôlé). Cette situation est due à la surexploitation de l'espèce, à sa faible capacité de régénération, tandis que les techniques de propagation avancées, telles que l'utilisation de la culture de tissus et l'inoculation avec des mycorhizes, n'ont pas été ou restent peu explorées (Readhead et Temu, 1981).

### **1.4 Stratégies de conservation de *D. melanoxylon* dans le Ferlo**

Pour la plupart des espèces tropicales africaines, il y a un manque de recherche et d'action pertinentes allant dans le sens d'une conservation in-situ efficace de ces espèces. Cela est dû à une connaissance limitée sur la structure génétique, de la distribution, de la dynamique des populations et des caractéristiques historiques de ces espèces (Ndiaye et al., 2024). En ce qui concerne *D. melanoxylon* les informations sur la manière dont sa population est affectée par les changements actuels de l'habitat causés par la déforestation et la fragmentation reste encore peu documenté. Bien que des initiatives de lutte contre la désertification, la réduction du couvert végétal et la dégradation des terres comme la grande muraille verte soit mis en place, celle-ci présente des limites. En effet, ce projet privilégie des espèces locales à croissance relativement rapide, capables de fixer l'azote, stabiliser les sols et fournir des ressources utiles aux populations locales (bois, fourrage, fruits, etc.). *D. melanoxylon* en raison de sa croissance lente, de son usage commercial spécifique et des défis liés à sa régénération n'est pas une priorité pour la grande muraille verte.



## CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Présentation de la zone d'étude

#### 2.1.1 Localisation de la zone d'étude

L'étude a été menée dans le Ferlo-Nord, situé au cœur du Sahel Sénégalais, approximativement entre les latitudes 16°15' et 14°30' Nord et les longitudes 12°50' et 16° Ouest. Les sites sélectionnés comprennent la commune de Labgar (département de Linguère) et celles de Younoufère et de Vélingara Ferlo dans le département de Ranérou (Figure 2). Cette zone est essentiellement marquée par le pastoralisme (Ndong et *al.*, 2015). Le choix des sites d'études se justifie du fait que des études de Ndong et *al.* (2015) ainsi que de ceux de Ngom et *al.* (2013) ont montré que le *D. melanoxylon* était présente dans la zone mais aussi qu'elle était menacée de disparition dans le Ferlo.

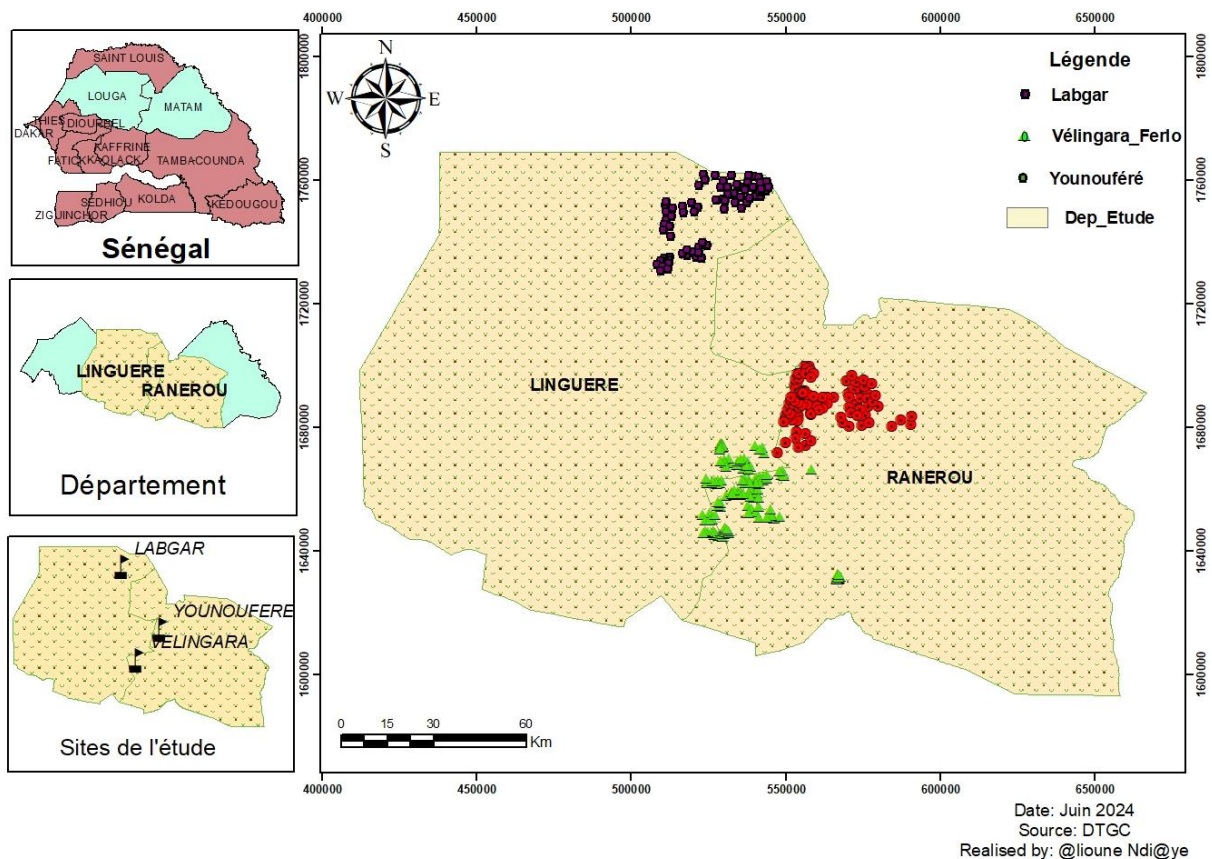
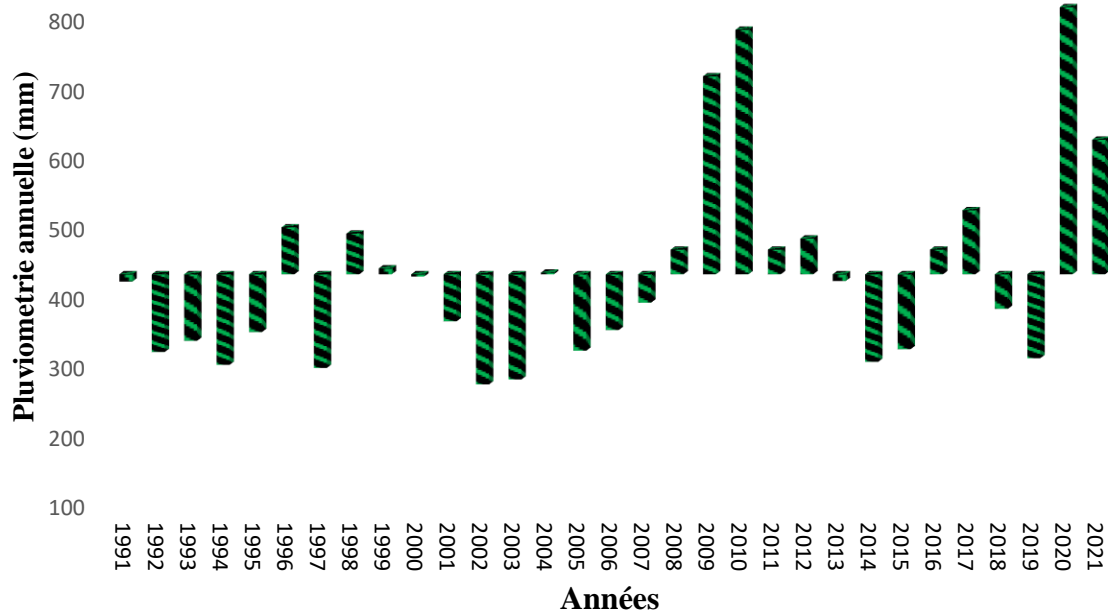


Figure 2: Carte de localisation des sites de l'étude

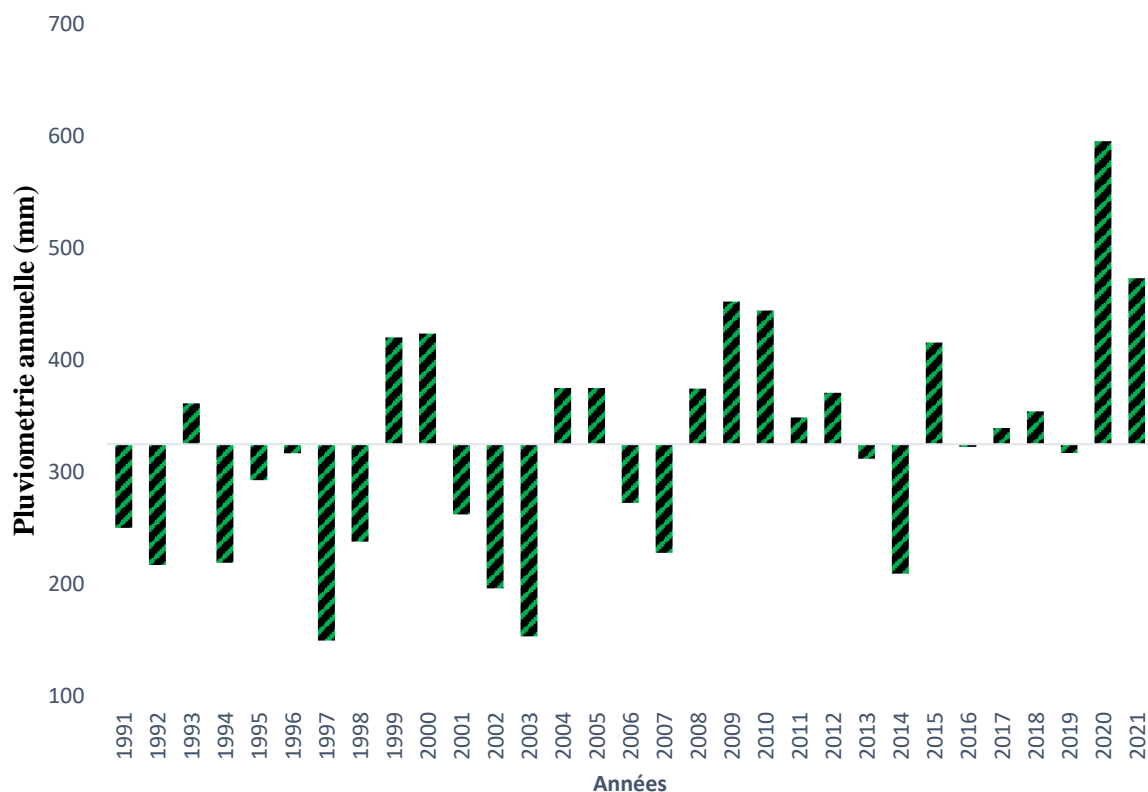
#### 2.1.2 Condition climatique de la zone d'étude

De type sahélien, le climat de la zone est caractérisé par l'alternance d'une saison longue sèche de neuf mois (Octobre-Juin) pendant laquelle souffle l'Harmattan et d'une saison humide de trois mois (Juillet-Septembre) soumis au passage de la mousson. La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée est habituellement comprise entre 100 et 500 mm avec une

répartition irrégulière des précipitations (ANACIM, 2022). Les moyennes pluviométriques de 1991 à 2021 enregistrées dans ces deux stations sont respectivement 325,25 mm/an et 431,25 mm/an pour la station de Louga et celle de Matam. Cela traduit un gradient pluviométrique croissant Nord-Sud. Durant cette période (1991-2021), la variation interannuelle pluviométrique en fonction des stations montre une alternance de période excédentaire et de période déficitaire (Figure 3 et Figure 4). Cependant, les deux années précédant l'étude (2020, 2021), sont marquées par une nette amélioration des cumuls annuels par rapport aux années précédentes pour les deux stations. La température moyenne annuelle s'établit à 28,6° mais avec des amplitudes thermiques élevées. Les valeurs moyennes des températures minimales et maximales mensuelles sont respectivement de 17°C (décembre) et 43°C (mai).



**Figure 3:** Ecart annuel à la moyenne de la pluviométrie entre 1991 et 2021 à la station de Linguère



**Figure 4:** Ecarts annuels à la moyenne de la pluviométrie entre 1991 et 2021 à la station de Louga

### 2.1.3 Types de sols et végétation

Le relief, bien que peu accentué avec une pente inférieure à 3% (Cornet, 1981) joue un rôle dans l'évolution des sols. La différenciation est due pour l'essentiel aux dynamiques internes et externes de l'eau.

Quatre types de sols sont présents dans la zone et sur la base de toposéquence en langue locale peulh, on a :

- ❖ Les sols « *baldioul* » ou Dekk qui sont des sols argileux hydromorphes rencontrés dans les dépressions (*Caatngol*) comprenant les bas-fonds et les vallées. On les retrouve souvent dans les zones d'altitudes basses dont le substrat comprend une proportion relativement importante d'argile (Ngom, 2013).

- ❖ Les sols « *séno* » ou Dekk Dior sont des sols sableux à sableux-argileux ils occupent les plaines des paysages dunaires au relief peu accidenté (Ngom, 2013).

- ❖ Les sols « *sangré* » qui sont des sols gravillonnaires ferrugineux fragiles et impropres aux cultures. Le substrat qui est la cuirasse, une couche stérile de couleur rouge foncé et est formé de graviers liés par un ciment argileux (Ngom, 2013).

❖ Les sols « *thiangoles* » situés dans les zones de pente douce ou de transition entre les dépressions (Caatngol) et les plaines dunaires. Ils ont une texture sablo-argileuse à limono-argileuse, un drainage modéré avec des zones présentant une rétention d'eau partielle mais sans saturation excessive. La fertilité y est modérée avec une certaine teneur en matière organique faisant de ces types de sols des zones potentiellement cultivables (Sylla, 2019). Sur le plan morpho-pédologique, la zone appartient aux formations sédimentaires du continental terminal. Les sols sont sableux, sablo-argileux ou argilo-sableux et supportent une végétation composée de ligneux à dominance arbustive. Le tapis herbacé est en majorité composé de graminées annuelles, plus ou moins continu, pouvant atteindre 0,5 à 1 m de hauteur à la fin de la saison des pluies (Ndong et *al.*, 2015). La végétation du Ferlo se présente sous la forme d'un tapis herbacé continu piqueté d'arbres et d'arbustes. Elle a fait l'objet de nombreuses études au cours du siècle dernier (Valenza, 1970; Boudet, 1977; Valenza, 1981; Barral et *al.*, 1983; Gaston et *al.*, 1983; Akpo, 1993; Vincke, 1995; Akpo et Grouzis, 1996; Akpo, 1998). Ces études ont révélé que cette végétation subit une importante régression dû à l'effet anthropique, combiné aux effets néfastes du changement climatique. Les espèces ligneuses menacées inscrites sur la liste rouge de l'UICN et qui sont présentes dans zone la sont: *Dalbergia melanoxylon*, *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., *Grewia bicolor*, *Sterculia setigera* Del. (Ngom et *al.*, 2013).

## 2.2 Echantillonnage

Les données satellitaires acquises sur Landstat 8 ont été intégrés au logiciel ENVI 4.5 pour faire la classification et ArcGIS a servi à la réalisation des cartes ainsi qu' la répartition des placettes. En ce qui concerne la classification, elle s'est faite en tenant compte des différentes strates de végétation présentes sur chaque site que ce soit les steppes, les savanes arborées, les savanes arborées à arbustives et les zones de cultures. Sur chaque strate présente, 10 relevés ont été aléatoirement répartis (Tokeshi, 1993 ; Sambou et *al.*, 2016). Sur la base de cette classification et d'un échantillonnage stratifié, 330 placettes ont été répartis comme suit : 80 à Labgar (Figures 5), 140 à Vélingara Ferlo (Figures 6) et 110 à Younouféré (Figures 7). Pour étudier l'état actuel de la végétation ligneuse en tenant compte de la représentativité de *D. melanoxylon*, la taille et la forme des placettes d'inventaire de la végétation ont tenu compte de l'aire minimale de la zone. En effet, dans la zone sahélienne, l'aire minimale recommandée pour l'inventaire de la végétation ligneuse varie entre 900m<sup>2</sup> et 2500m<sup>2</sup> (Ngom, 2013). Les placettes utilisées dans cette étude ont la forme circulaire avec une superficie de 900m<sup>2</sup> soit un rayon de 16,92m.

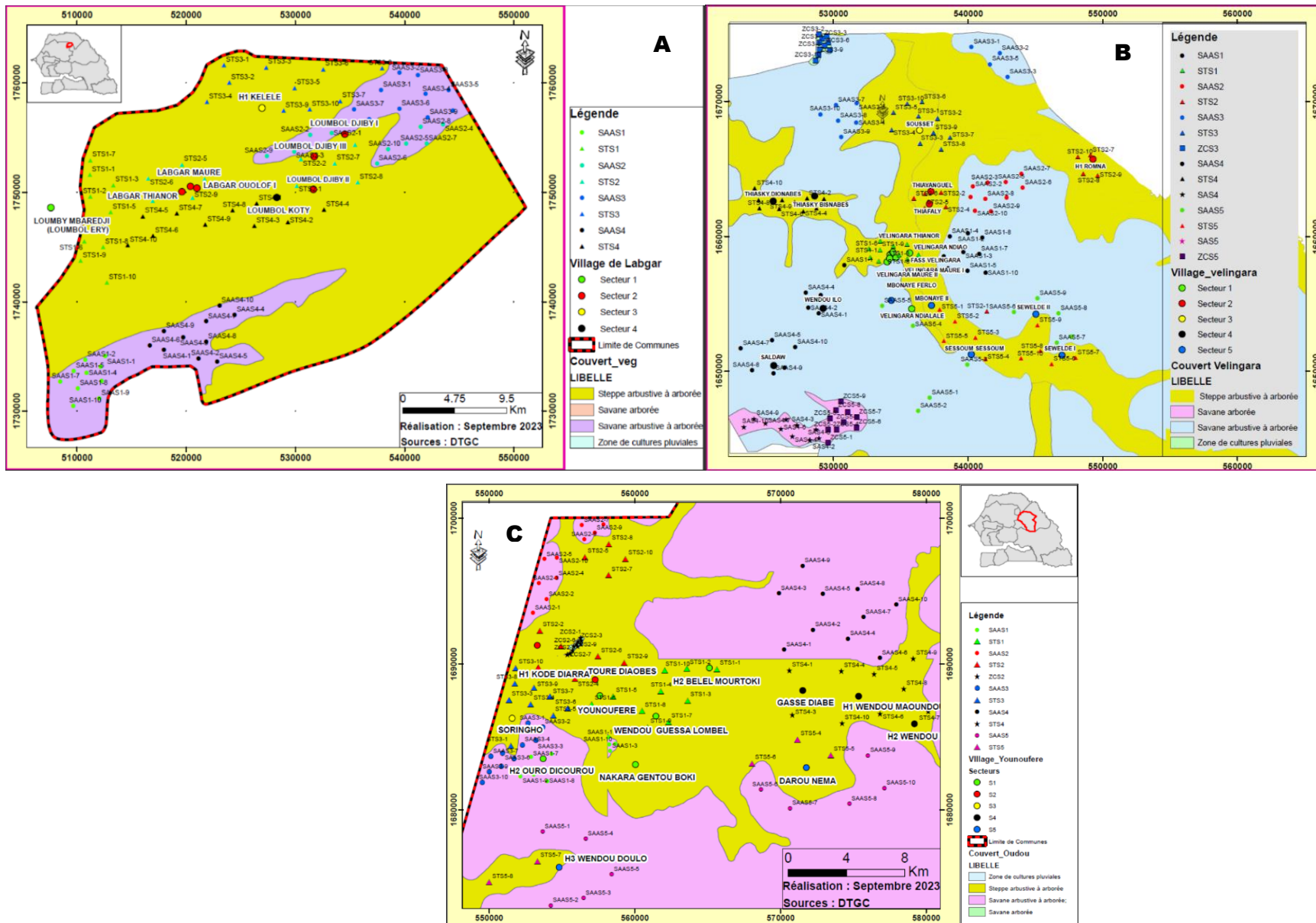


Figure 5: Répartition des placettes d'inventaire à Labgar (A), Vélingara Ferlo (B) et Younouféré (C)

### 2.3 Relevés de la végétation

Le GPS a été utilisé pour retrouver les centroïdes des placettes. Une fois au niveau de la placette, la délimitation a été faite à l'aide du GPS et d'un ruban mètre. A l'intérieur de chaque placette, tous les individus ligneux ont été identifiés et comptés et leurs diamètres, hauteurs et diamètres du houppier mesurés. Ces mesures dendrométriques concernaient entre autres, la mesure de la hauteur à l'aide du dendromètre suntoo; du diamètre du tronc à hauteur de poitrine (D1,3) avec un compas forestier, et du houppier croisé (maximum et minimum) à l'aide d'un ruban métrique. Ainsi, pour le recensement des ligneux, un diamètre de pré-comptage supérieur ou égal 5cm a été fixé pour l'ensemble des individus rencontrés dans les placettes. Par conséquent, tous les individus ayant un diamètre inférieur à 5cm ont été considérés comme appartenant à la régénération (Ngom et *al.*, 2013).

### 2.4 Prélèvement et analyse d'échantillons de sol

Sur chaque placette, des échantillons de sols ont été prélevés. Le prélèvement des échantillons s'est fait à une profondeur de 20cm avec la tarière. Afin d'avoir des échantillons bien uniformes, un prélèvement par composite a été effectué, c'est-à-dire que les prélèvements de sol ont été faits à la fois au centre de la placette et aux extrémités de celle-ci. Ainsi, pour chaque relevé, une quantité de 100g de sol a été prélevée. Pour chaque échantillon, le pH et le CE ont été obtenus en mélangeant 20 g de sol avec 100 ml d'eau distillée (Benzahi, 1994).

### 2.5 Traitement et analyse des données

Des fiches de collecte ont été utilisées pour la constitution d'une base de données. Les données d'identification, de comptage et dendrométrique ont été utilisées pour déterminer la composition et la diversité floristique (la fréquence, l'abondance, la richesse, la diversité, la différence de composition et l'indice de valeur d'importance), les paramètres structuraux (surface terrière, recouvrement, densité, distribution des classes de diamètre et de hauteur) et la régénération.

#### ❖ Fréquence et abondance relatives.

**La fréquence relative** d'une espèce ( $Fr$ ) 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 :

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

**L'abondance relative** ( $Ar$ ) se calcule par le rapport du nombre d'individus de l'espèce  $i$  noté ( $N_i$ ) sur le nombre total d'individus de toutes espèces confondues ( $N$ ).



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

#### ❖ 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'espèce total rencontré lors d'une étude de la végétation. Elle est notée *S*.

$$S = \Sigma N$$

*N* = espèce rencontrée

#### ❖ La diversité floristique

La diversité a été déterminée en utilisant les indices de diversité de Shannon, de Pielou et de Berger Parker.

##### ○ L'indice de Shannon Weaver (H')

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 (Legendre et Legendre, 1984). Il est exprimé en nats et calculé à partir de la formule :

$$H' = -\Sigma pi \ln pi$$

*Pi* = abondance relative de l'espèce *i*.

##### ○ L'indice de régularité de Pielou (E)

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, 1990). Cet indice est donné par la formule suivante :

$$E = H' / H_{max}$$

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

*S* = richesse spécifique.

##### ○ Indice de Simpson

L'indice de Simpson est un indicateur de la diversité d'une communauté écologique, qui mesure la probabilité que deux individus pris au hasard dans un échantillon appartiennent à la même espèce. Il est souvent utilisé en écologie pour quantifier la biodiversité.

$$D = \sum_{i=1}^S pi^2$$

**D** : Indice de Simpson.

$p_i$  = abondance relative de l'espèce  $i$

○ **Indice de Berger Parker (d)**

L'indice de Berger-Parker (d) est une mesure de dominance simple et intuitive. Il a également l'avantage d'être extrêmement facile à calculer. L'indice Berger-Parker exprime l'abondance proportionnelle des espèces les plus abondantes. Il est calculé avec la formule suivante :

$$d = N_{max} / N$$

$N_{max}$  : abondance de l'espèce la plus dominante

$N$  : abondance totale de toutes les espèces présentes dans l'échantillon.

❖ **Distance écologique de Bray-Curtis**

La distance écologique de Bray-Curtis est calculée à partir de la différence d'abondance de chaque espèce et elle a été utilisée pour le groupage des sites sur l'analyse en composante principal (ACP). Cette distance varie entre 0 et 1. Lorsqu'elle est nulle, les deux sites sont similaires pour l'ensemble des espèces présentes et elle est égale à 1 lorsque les deux sites ne partagent aucune espèce en commun (Senterre, 2005). Elle est calculée à travers la formule suivante :

$$Bray-Curtis : D = 1 - 2 \frac{\sum_{i=1}^S \min(a_i, c_i)}{\sum_i a_i + \sum_i c_i}$$

$a_i$  et  $c_i$  : sont les abondances (nombre d'individus ou biomasse) de l'espèce  $i$  dans les échantillons  $a$  et  $c$

❖ **Indice de Valeur d'Importance (IVI)**

Il a été mis au point par Curtis et Macintosh (1950) cité par Ngom (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 la densité relative ( $Dr$ ), la fréquence relative ( $Fr$ ) et la dominance relative ( $Domr$ ).

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

❖ **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 ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ). Elle est donc obtenue à partir de la formule suivante:

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

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

#### ❖ 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 ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ). Il est calculé avec la formule ci-dessous :

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

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

#### ❖ Densité

La densité (**D**) s'exprime en nombre d'individus/ha. La densité observée ou densité réelle est obtenue par le rapport de l'effectif total des individus dans l'échantillon (**N**) par la surface échantillonnée (**S**).

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

#### ❖ Taux de régénération

Le taux de régénération du peuplement est donné par le rapport en pourcentage entre l'effectif total des jeunes plants (diamètre inférieur à 5cm) et l'effectif total du peuplement (Poupon, 1980).

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

#### ❖ 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 (Akpo et Grouzis, 1996 ; Ngom et *al.*, 2013) :

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

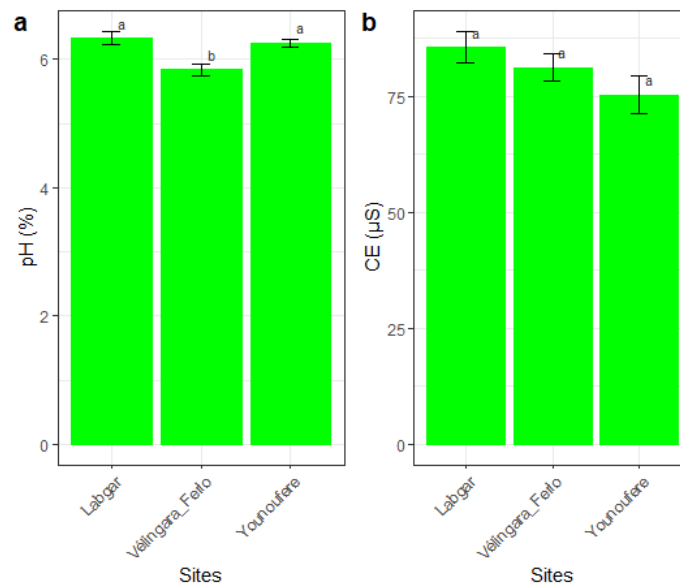
Les données obtenues à partir des relevés de végétation et du sol ont été saisies et prétraités à l'aide du tableur Excel afin de constituer notre base de données. Cette dernière a permis le calcul d'indices (indice de Shannon, indice de Pielou, ...) et de paramètres de diversité (richesse spécifique). Pour caractériser la relation entre les paramètres de la végétation et du sol, une analyse de corrélation de Pearson a été effectuée. Pour voir l'effet site sur les variables de la végétation et du sol, le test de normalité de Shapiro a permis de savoir que les données étaient normales puis une analyse de variance (ANOVA) suivie de Tukey test au seuil de 5% significativité a été réalisée. Pour ce faire, le logiciel R version 4.2.1 a été utilisé pour les graphiques. Le logiciel Minitab 14.1 quant à lui a servi à l'élaboration des graphiques pour la structure verticale et horizontale.

## CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Résultats

#### 3.1.1 Caractéristiques du sol des différents sites

La figure 5 montre la variation du pH et de la conductivité électrique (CE) du sol en fonction des sites. L'analyse de variance du pH du sol montre qu'il y a une différence significative ( $p=0,000126$ ) entre les différents sites. En effet, le pH du sol varie significativement d'un site à l'autre et est plus important pour le site Labgar ( $6,3 \pm 0,11$ ), s'en suit le site Younouféré ( $6,26 \pm 0,06$ ). Il est plus faible pour le site Vélingara Ferlo ( $5,8 \pm 0,1$ ). En ce qui concerne la conductivité électrique, aucune différence significative n'est notée entre les sites ( $p=0,147$ ). En termes de valeur absolue, elle est plus importante pour le site Labgar ( $85,62 \pm 3,39$ ) suivie du site Vélingara Ferlo ( $81,15 \pm 2,93$ ) et le site Younouféré ( $75,29 \pm 4,03$ ) a la conductivité électrique la plus faible.



**Figure 6 :** Variation du pH (a) et de conductivité électrique (b) du sol dans les différents sites

#### 3.1.2 Caractéristique de la végétation ligneuse

##### 3.1.2.1 Composition et diversité floristique des sites d'études

###### 3.1.2.1.1 Richesse spécifique

Le cortège floristique rencontré dans l'ensemble des trois sites d'étude est riche de trente (30) espèces. Répartis en 21 genres et 12 familles botaniques. Ainsi, les familles les plus représentées dans cette composition floristique sont celles des *Fabaceae* (36,67%) suivie des *Combretaceae* (23,33%) des *Capparaceae* et des *Malvaceae* (6,67%). Les autres familles sont très faiblement représentées par une seule espèce soit 3,33% chacune (Tableau 2). Cependant, cette richesse spécifique totale varie d'un site à l'autre. En effet, sur les 30 espèces listées, 25 espèces sont

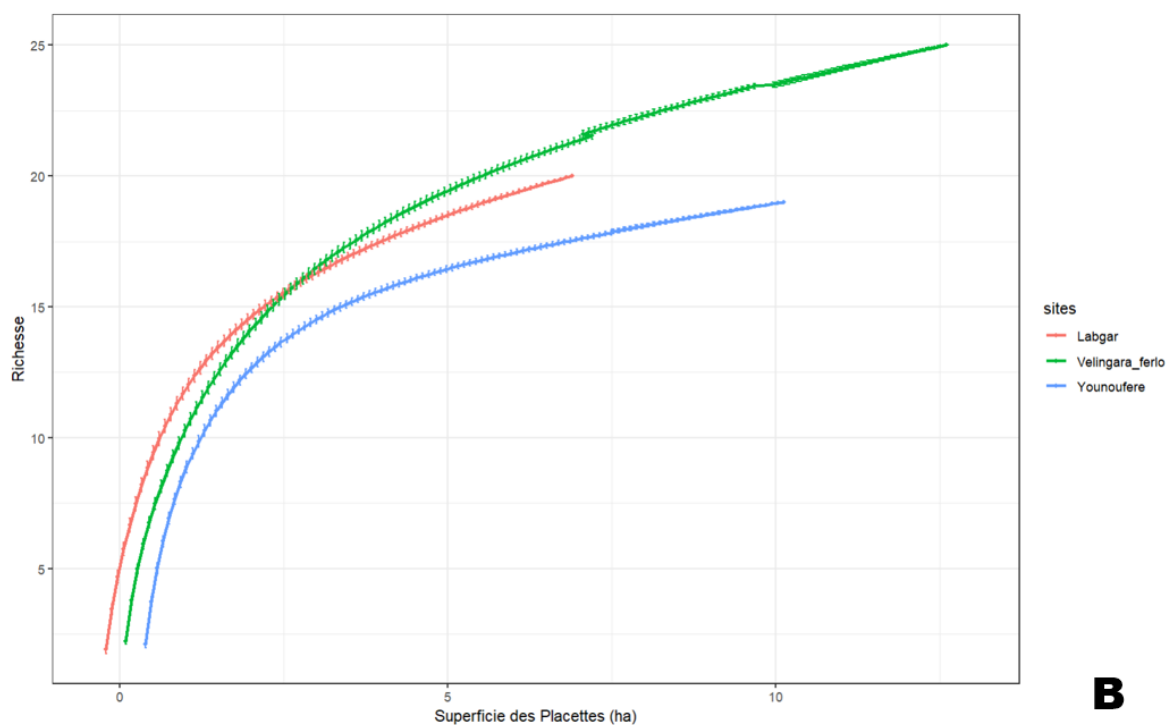
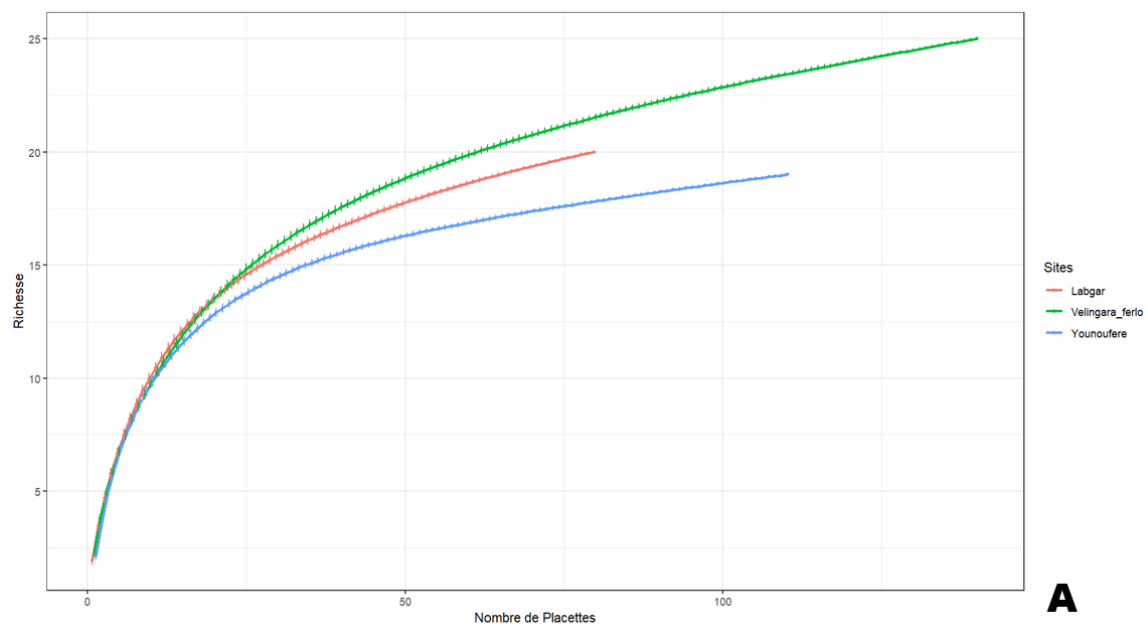
rencontrées dans le site de Vélingara Ferlo, 20 espèces à Labgar et 19 espèces à Younoufé. Au total 14 espèces sont indifférentes et sont donc rencontrées dans l'ensemble des trois sites inventoriés. C'est dans cette catégorie d'espèces que se trouve *Dalbergia melanoxylon*. Néanmoins, il existe une autre catégorie regroupant des espèces caractéristiques pour chaque site. Ainsi le site de Younoufé est caractérisé par une seule espèce caractéristique (*Lonchocarpus laxiflorus*) tandis que Labgar en a trois (*Combretum aculeatum*, *Grewia lasiodiscus* et *Leptadenia hastata*) et Vélingara Ferlo lui cinq (*Adansonia digitata*, *Maerua angolensis*, *Bauhinia rufescens*, *Combretum niorensis* et *Sterculia setigera*).

L'analyse de la courbe d'accumulation des espèces montre une variation de la vitesse d'accumulation des espèces en fonction (Figure 9).

Les courbes d'accumulations des espèces étaient exprimées en fonction du nombre de placettes et de la superficie échantillonnée. Les trois courbes d'accumulation présentent une pente initiale raide suivie d'un ralentissement de l'augmentation du nombre d'espèces, indiquant la découverte progressive de nouvelles espèces avec l'augmentation du nombre de placettes et de la superficie. En se basant sur le nombre de placettes, le site Vélingara Ferlo a eu la vitesse d'accumulation des espèces la plus rapide suivie de Labgar et de Younoufé. Pour le site de Vélingara Ferlo, le nombre d'espèce découverte continue d'augmenter jusqu'à l'épuisement des 140 placettes, laissant penser que la diversité des espèces dans ce site est encore sous-estimée avec l'échantillonnage actuel même si l'effort d'échantillonnage y est plus important que chez les autres sites. Pour le site de Labgar, la courbe semble atteindre un plateau plus tôt que les autres sites, suggérant que la majorité des espèces présentes dans ce site ont été échantillonnées même si l'effort d'échantillonnage y est plus faible. Pour le site Younoufé, l'accumulation des espèces se fait suivant une pente raide similaire aux deux autres sites, mais avec une montée plus progressive par la suite. L'effort d'échantillonnage semble ne pas être atteint, ce qui veut la richesse de ce site serait sous-estimé. La courbe d'accumulation des espèces basée sur la superficie a montre également une variation de la vitesse d'accumulation en fonction des sites. Le site de Labgar a précocement une vitesse plus importante d'accumulation des espèces suivie Vélingara Ferlo et de Younoufé.

**Tableau 1:** Composition floristique dans les différents sites d'étude

Familles	Genres	Espèces	
<i>Bombacaceae</i>	<i>Adansonia</i>	<i>Adansonia digitata</i> L.	
<i>Capparaceae</i>	<i>Maerua</i>	<i>Maerua angolensis</i> DC.	
	<i>Boscia</i>	<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. ex Poir.	
<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Balanites</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i> Delile	
	<i>Bauhinia</i>	<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	
	<b><i>Dalbergia</i></b>	<b><i>Dalbergia melanoxylo</i> Guill. &amp; Perr.</b>	
	<i>Philenoptera</i>	<i>Lonchocarpus laxiflorus</i> Guill. & Perr.	
	<i>Pterocarpus</i>	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	
	<i>Pterocarpus</i>	<i>Pterocarpus lucens</i> Lepr. ex Guill. & Perr.	
	<i>Fabaceae</i>		<i>Acacia ataxacantha</i> (DC.) Kyal. & Boatwr.
		<i>Acacia macrostachya</i> DC.	
<i>Acacia</i>			<i>Acacia senegal</i> (L.) Britton
			<i>Acacia seyal</i> (Delile) P.J.H. Hurter
			<i>Acacia tortilis</i> (Forssk.) Hayne
			<i>Acacia nilotica</i> var. <i>adansonii</i> (Guill. et Perrot
<i>Combretaceae</i>		<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	
		<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	
	<i>Combretum</i>		<i>Combretum micranthum</i> G. Don
			<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.
		<i>Combretum niorensis</i> Hutch. & Dalziel	
	<i>Guiera</i>	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	
<i>Anogeissus</i>	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.		
<i>Burseraceae</i>	<i>Commiphora</i>	<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.	
<i>Apocynaceae</i>	<i>Adenium</i>	<i>Adenium obesum</i> (Forssk.) Roem. & Schult.	
	<i>Leptadenia</i>	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	
<i>Malvaceae</i>	<i>Grewia</i>	<i>Grewia bicolor</i> Juss.	
	<i>Sterculia</i>	<i>Sterculia setigera</i> Delile	
	<i>Grewia</i>	<i>Grewia lasiodiscus</i> K. Schum.	
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Sclerocarya</i>	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Ziziphus</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	

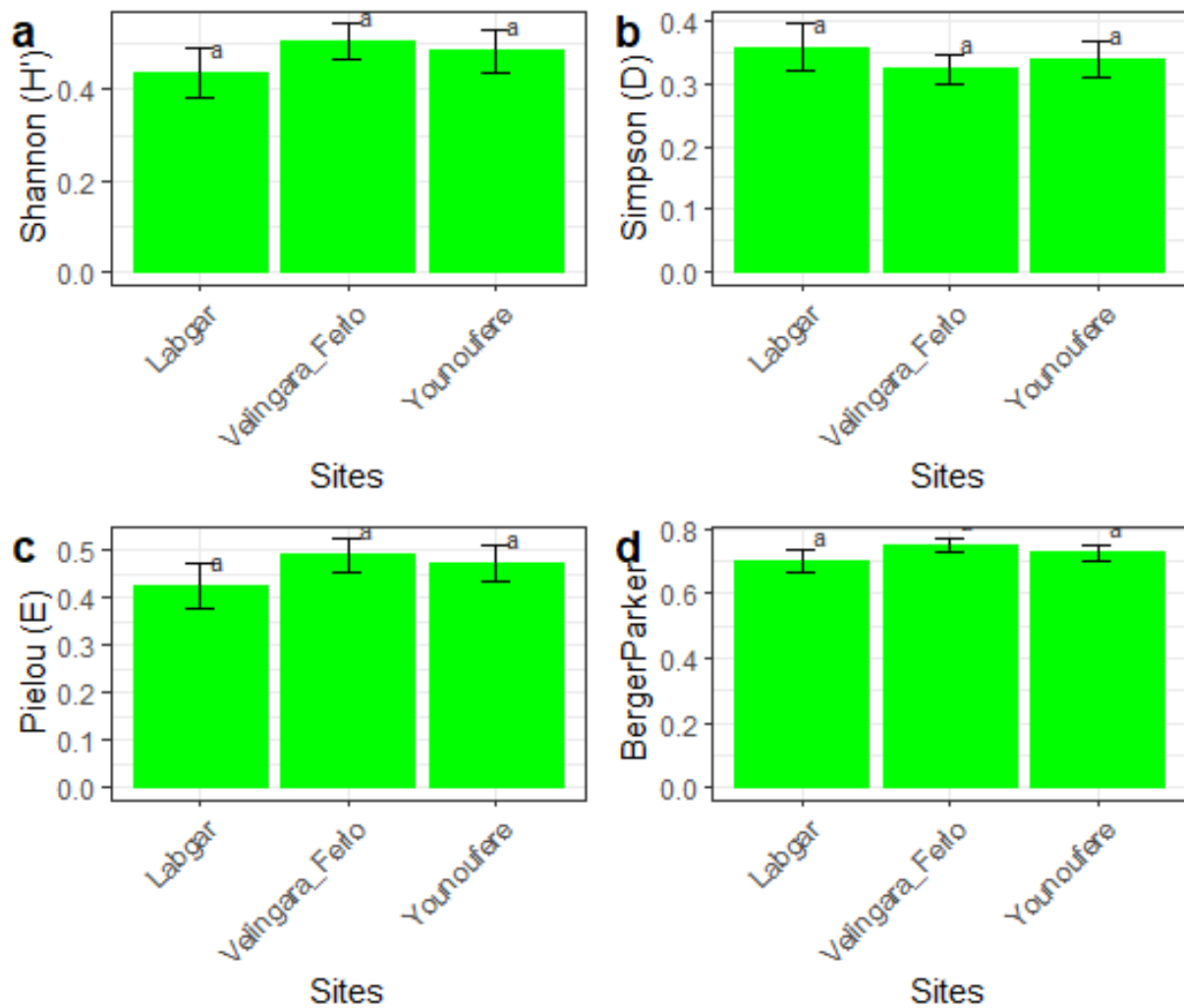


**Figure 7:** Courbes d'accumulations des espèces fonction des placettes d'échantillonnages (A) et en fonction de la superficie échantillonnée (B).

### 3.1.2.1.2 Diversité floristique des sites d'études

L'analyse de variance appliquée à ces différents indices ne montre aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les sites (Figure 10). Cependant, en termes de valeur absolue, il y'a une certaine disparité entre les sites pour ces indices. **Labgar** se distingue par une plus grande diversité de Simpson ( $0,36 \pm 0,04$ ). Par contre, le site **Vélingara Ferlo** a enregistré une diversité

de Shannon ( $0,50\pm 0,04$ ), de Pielou ( $0,49\pm 0,03$ ) et Berger Parker ( $0,75\pm 0,02$ ) plus importante comparée aux autres sites.



**Figure 8** : Variation de la diversité dans les sites

### 3.1.2.1.3 Fréquence des espèces ligneuses

Le cortège floristique de 30 espèces rencontrées dans le cadre de cette étude, présente des fréquences de présence variables en fonction des sites. Une analyse fréquentielle de présence des espèces en fonction des sites a permis de montrer que globalement, *Balanites aegyptiaca* (68,80%) est l'espèce la plus fréquente dans les sites (Tableau 2). Elle est suivie par *Combretum glutinosum* (37,24%), *Pterocarpus lucens* (36,97%), *Bossia senegalensis* (20,08%), *Acacia senegal* (18,22%), *Commiphora africana* (17,58%), *Guiera senegalensis* (16,41%), *Grewia bicolor* (15,14%), *Acacia seyal* (9,98%) et *Ziziphus mauritiana* (9,46%). L'espèce *Dalbergia melanoxylon* a une fréquence relative de 5,58%.

Cette analyse de présence en fonction des sites montre qu'à **Labgar**, les espèces les plus fréquentes sont *Balanites aegyptiaca* (25,81%), *Boscia senegalensis* (12,90%), *Ziziphus*

*mauritiana* (9,03%) et *Grewia bicolor* (7,10%). Dans le site de **Younouféré**, *Balanites aegyptiaca* (20,09%), *Pterocarpus lucens* (19,23%) *Combretum glutinosum* (11,11%), *Commiphora africana* (8,55%) et *Acacia senegal* (8,55%) sont les plus rencontrées. Pour le site Vélingara Ferlo *Combretum glutinosum* (24,19%) est la plus présente des espèces, suivie de *Balanites aegyptiaca* (22,90%), *Pterocarpus lucens* (11,94%), et *Acacia senegal* (7,74%). L'espèce *Dalbergia melanoxydon* a une fréquence de présence relativement faible à Labgar (4,52%), Younouféré (3,42%) et Vélingara Ferlo (0,32%).



**Tableau 2:** Fréquence de présence des espèces ligneuses en fonction des sites d'études

Espèces	Labgar (%)	Vélingara Ferlo (%)	Younouféré (%)	Globale (%)
<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	0,65	0,32	0,43	1,40
<i>Acacia macrostachya</i> Reichenb. ex Benth.	0,65	2,90	0,43	3,98
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Delile	NA	2,58	3,42	6,00
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	1,94	7,74	8,55	18,22
<i>Acacia seyal</i> Delile	4,52	1,61	3,85	9,98
<i>Acacia tortilis</i> (Forssk.) Hayne	6,45	0,32	0,85	7,63
<i>Adansonia digitata</i> L.	NA	0,32	NA	0,32
<i>Adenium obesum</i> (Forssk.) Roem.& Schult.	0,65	1,29	2,14	4,07
<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.	1,29	0,97	NA	2,26
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Delile	25,81	22,90	20,09	68,80
<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	NA	0,32	NA	0,32
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. ex Poir.	12,90	2,90	4,27	20,08
<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	0,65	NA	NA	0,65
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	1,94	24,19	11,11	37,24
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	NA	2,90	2,14	5,04
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.	NA	0,97	NA	0,97
<i>Combretum niorensis</i> (Oliv.) Engl.	NA	0,97	NA	0,97
<i>Commiphora africana</i> (A.Rich.) Engl.	5,81	3,23	8,55	17,58
<b><i>Dalbergia melanoxyton</i> Guill. &amp; Perr.</b>	<b>4,52</b>	<b>0,32</b>	<b>3,42</b>	<b>8,26</b>
<i>Grewia bicolor</i> Juss.	7,10	5,48	2,56	15,14
<i>Grewia lasiodiscus</i> K. Schum.	1,29	NA	NA	1,29
<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	5,81	4,19	6,41	16,41
<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	0,65	NA	NA	0,65
<i>Lonchocarpus laxiflorus</i> Guill. & Perr.	NA	NA	0,43	0,43
<i>Maerua angolensis</i> DC.	NA	0,32	NA	0,32
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	NA	0,65	1,71	2,35
<i>Pterocarpus lucens</i> Guill. & Perr.	5,81	11,94	19,23	36,97
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	2,58	0,32	NA	2,90
<i>Sterculia setigera</i> Delile	NA	0,32	NA	0,32
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	9,03	NA	0,43	9,46

### 3.1.2.2 Abondance et distribution des espèces

Les résultats de l'ACP montrent l'existence de deux groupes ou clusters en fonction de l'abondance des espèces (Figure 11). Le premier groupe situé dans les abscisse positives est constitué . des espèces plus abondantes dans le site Vélingara Ferlo. Parmi ces espèces figure *A. leiocarpus*, *M. angolensis*, *C. niorensis*, *S. setigera*, *B. aegyptiaca*, *A. macrosachya*, *P. reticulatum*, *B. rufescens*, *C. nigricans*, *A. digitata*, *C. glutinosum*, *C. micranthum*, *G. bicolor*, *A. senegal*, *A. obesum*, *P. lucens*, *A. nilotica*, *G. senegalensis* et *P. erinaceus*. L'autre constitué des espèces plus abondantes dans les sites Younouféré et Labgar : *C. africana*, *A. ataxacantha*, *L. laxiflorus*, *A. seyal*, *D. melanoxyton*, *A. tortilis*, *G. lasiodiscus*, *Z. mauritiana*, *B. senegalensis*, *C. aeculatum*, *L. hastata* et *S. birrea*.

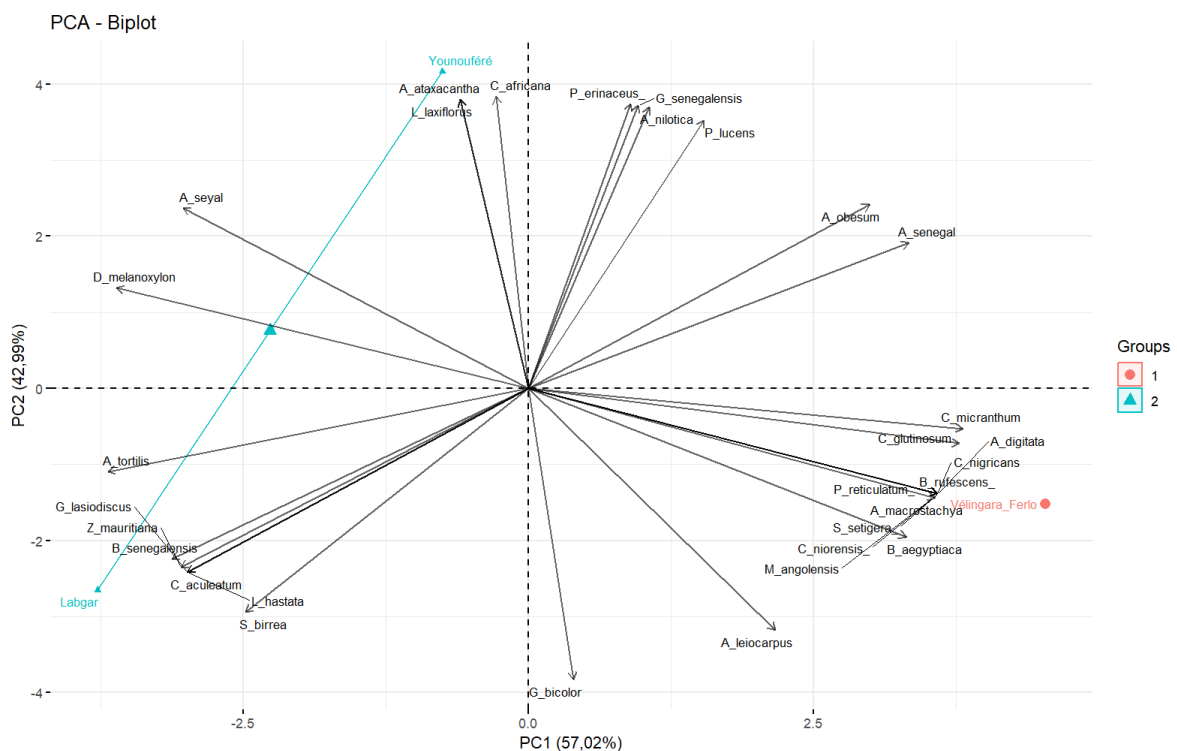


Figure 9: Abondance des espèces en fonction des sites

### 3.1.2.3 Importance écologique des espèces

Dans l'ensemble des sites étudiés, les espèces qui ont des indices de valeur d'importance (IVI) très élevés sont: *Balanites aegyptiaca* (25,76%), *Combretum glutinosum* (13,41%), *Pterocarpus lucens* (13,21%) et *Guiera senegalensis* (13,05%). L'espèce qui a l'IVI le plus faible est *Lonchocarpus laxiflorus* (0,10%). Quant à *Dalbergia melanoxyton* cette valeur est égale à 2,26%. L'importance des espèces ligneuses varie en fonction des sites. A Labgar, *Balanites aegyptiaca*(38,75%) a une valeur d'importance plus élevée et *Acacia ataxacantha* (0,46%) a la valeur la plus faible. Par contre, *Dalbergia melanoxyton* (10,64%) a une valeur modérément

importante. *Combretum glutinosum* (29,06%) et *Balanites aegyptiaca* (27,62%) ont les valeurs d'importances les élevées à Vélingara Ferlo et Younoufééré respectivement.

### 3.1.3 Paramètres structuraux des peuplements

#### 3.1.3.1 Densité, recouvrement et surface terrière

Les paramètres écologiques tels que la densité, le recouvrement et la surface terrière varient en fonction des sites (Figure 12). L'analyse de variance de la densité montre qu'il n'existe pas de différence significative ( $p=0,591$ ) entre les sites. Cependant en termes de valeur absolue, une variation de la densité a été enregistrée entre les sites. Elle est ainsi plus élevée à Younoufééré ( $301\pm 26$  indiv/ha) suivie de Vélingara Ferlo ( $281\pm 28$  indiv/ha) et Labgar ( $107\pm 17$  indiv/ha). En ce qui concerne le recouvrement, l'ANOVA a permis de déceler une différence significative ( $p=0,000012$ ) entre les sites. Il est plus important au niveau du site Labgar ( $34,58\pm 1,68\%$ ) suivi de celui du site de Vélingara Ferlo ( $16,8\pm 0,58\%$ ). Le site de Younoufééré quant à lui a le recouvrement le plus faible avec  $13,58\pm 0,59\%$ . Pour la surface terrière, une différence significative ( $p=0,011093$ ) est notée entre les différents sites. Elle est plus importante à Labgar ( $3,6\pm 0,002$  m<sup>2</sup>/ha) qu'à Vélingara Ferlo ( $3,01\pm 0,004$  m<sup>2</sup>/ha) et Younoufééré ( $2,89\pm 0,0007$  m<sup>2</sup>/ha).

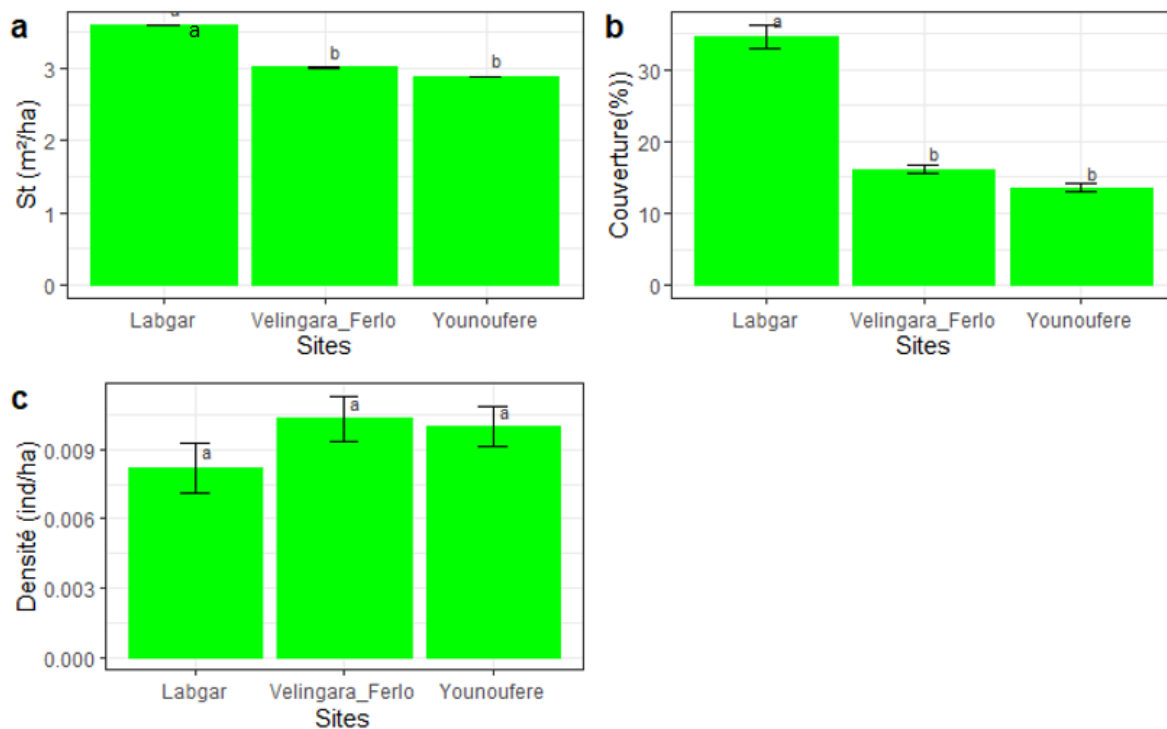


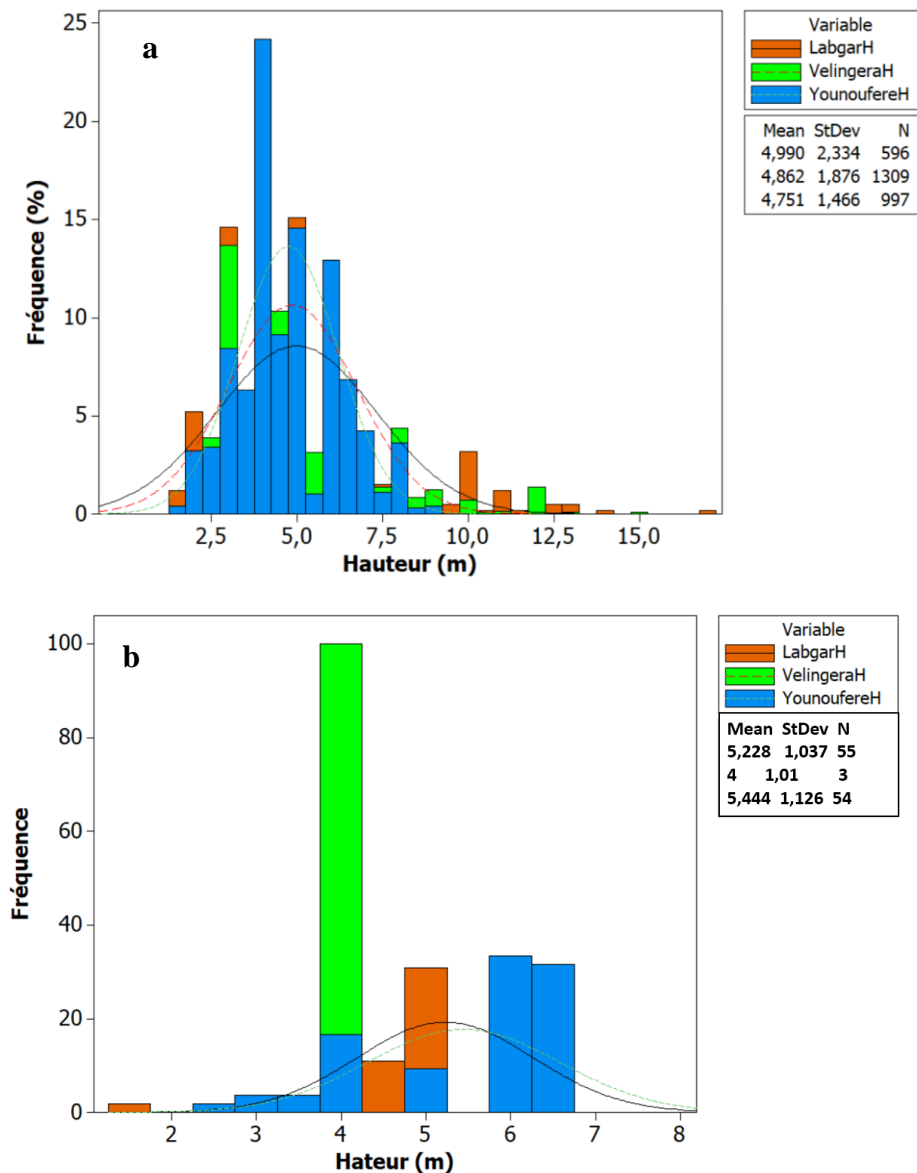
Figure 10: Paramètres structuraux de la végétation ligneuse des sites d'études

#### 3.1.3.2 Structure verticale

L'analyse de la structure verticale montre une variation de la distribution des classes de hauteur des individus en fonction des sites (Figure 13a). Il apparaît nettement qu'il n'y a pas de grande différence de la hauteur entre les trois sites. La hauteur la plus importante a été enregistrée à

Labgar ( $4,99 \pm 2,334$  m) suivie de Vélingara Ferlo ( $4,88 \pm 1,876$  m). Cependant, Younouféré a la hauteur ( $4,75 \pm 1,466$  m) la plus faible. A Labgar, une grande variabilité des hauteurs des individus est notée avec une distribution plus étalée ce qui laisse penser à une structure verticale diversifiée avec différentes strates bien représentées. A Vélingara Ferlo, on note une distribution plus concentrée avec un pic autour de 5m. Cela signifierait une dominance des individus de hauteur moyenne. Le site Younouféré a la distribution la plus concentrée autour de 5m avec un pic très marqué. Cela pourrait indiquer une structure dominée par une ou quelques espèces particulières. La majorité des individus observés (55 à 56%) sont inférieurs à la hauteur moyenne pour les trois sites laissant penser à des peuplements jeunes.

La distribution des classes de la hauteur des individus de *Dalbergia melanoxyton* varie entre les sites (Figure 13b). Vélingara Ferlo montre une distribution très concentrée autour de la hauteur 4m. Tandis que Younouféré présente une distribution plus variée, donc des individus plus diversifiés en hauteur. A Labgar, les individus de la population de *Dalbergia melanoxyton* ont de faibles hauteurs comparées avec ceux des autres sites.

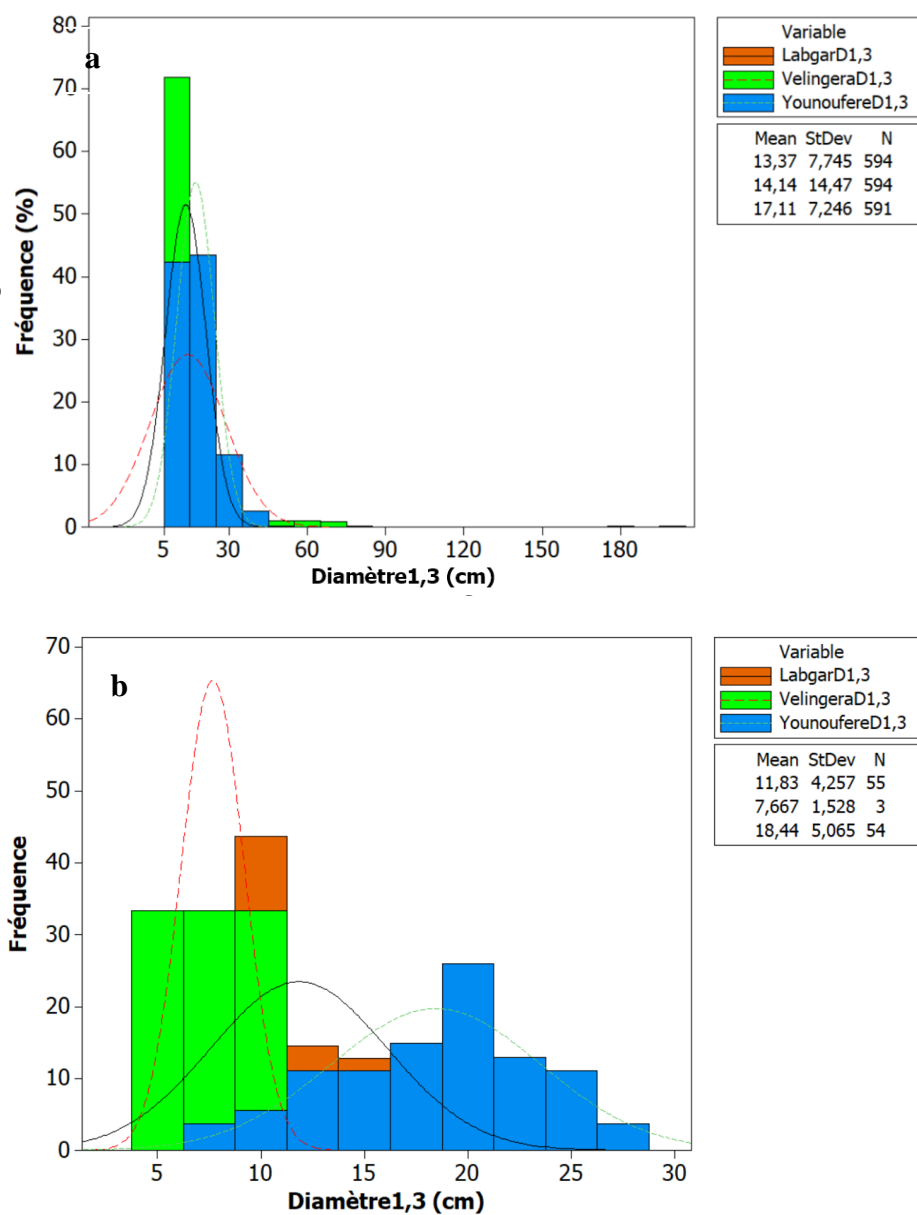


**Figure 11:** Distribution des classes de la hauteur des individus des peuplements ligneux(a) et des individus de *Dalbergia melanoxylon*(b) dans les sites d'études

### 3.1.3.3 Structure horizontale

La répartition des espèces en fonction des classes de diamètre a une distribution qui varie en fonction des sites (Figure 14a). Il apparaît que le site Younouféré a les individus de diamètre ( $17,11 \pm 7,246$  cm) plus élevé avec suivi de Vélingara Ferlo ( $14,14 \pm 14,47$ cm) et Labgar ( $13,37 \pm 7,745$  cm) qui a le plus faible avec. A Vélingara Ferlo, une plus grande variabilité des classes de diamètres est notée avec une distribution plus étalée autour de la moyenne laissant penser à une codominance des différentes classes de diamètre. A Labgar, on note une distribution moins étalée mais avec un pic autour de la moyenne laissant penser à une dominance des

individus de diamètre moyen. A Younouféré, une distribution plus étroite des espèces est notée avec un pic marqué autour de la moyenne, donc une dominance des espèces de diamètre élevé. La majorité des individus variant entre 57 et 71% à un diamètre inférieur au diamètre moyen. La distribution du diamètre à poitrine d'homme des populations de *Dalbergia melanoxylon* varie d'un site à l'autre (Figure 14b). Younouféré présente des diamètres moyens plus élevés et une distribution plus étendue, indiquant une population d'arbres plus mature. Vélingara Ferlo montre une distribution bimodale, suggérant des cohortes d'âge distinctes. Labgar lui, présente des individus de diamètre plus faible, donc des jeunes individus.

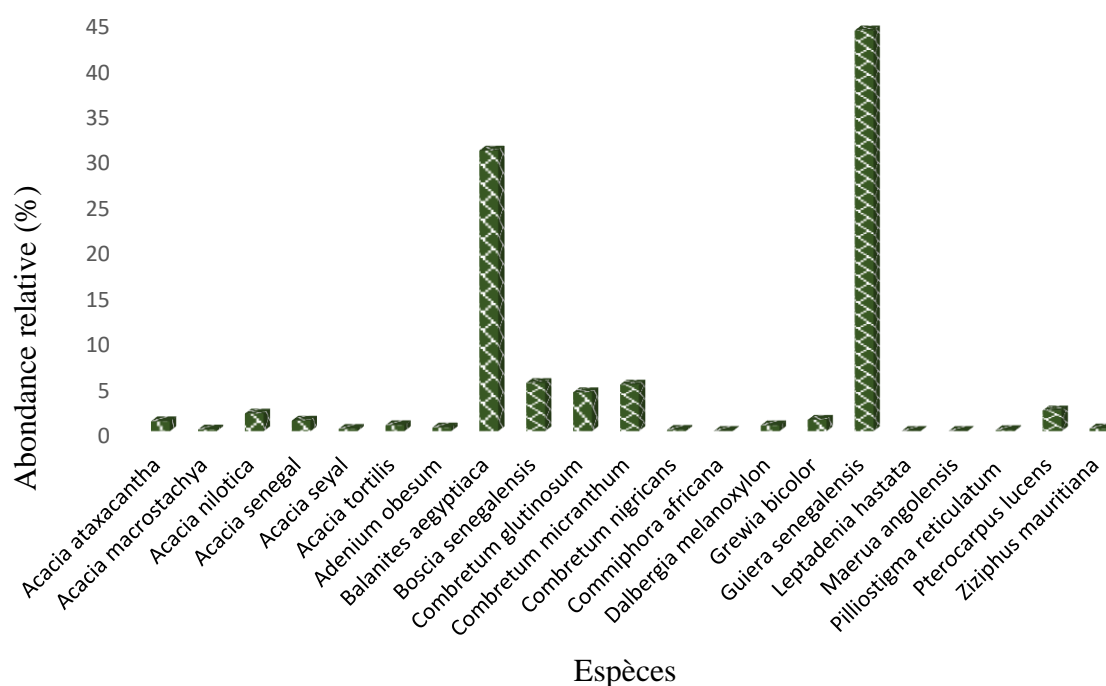


**Figure 12:** Distribution des classes du diamètre des individus des peuplements ligneux(**a**) et des individus de *Dalbergia melanoxylon*(**b**) dans les sites d'études

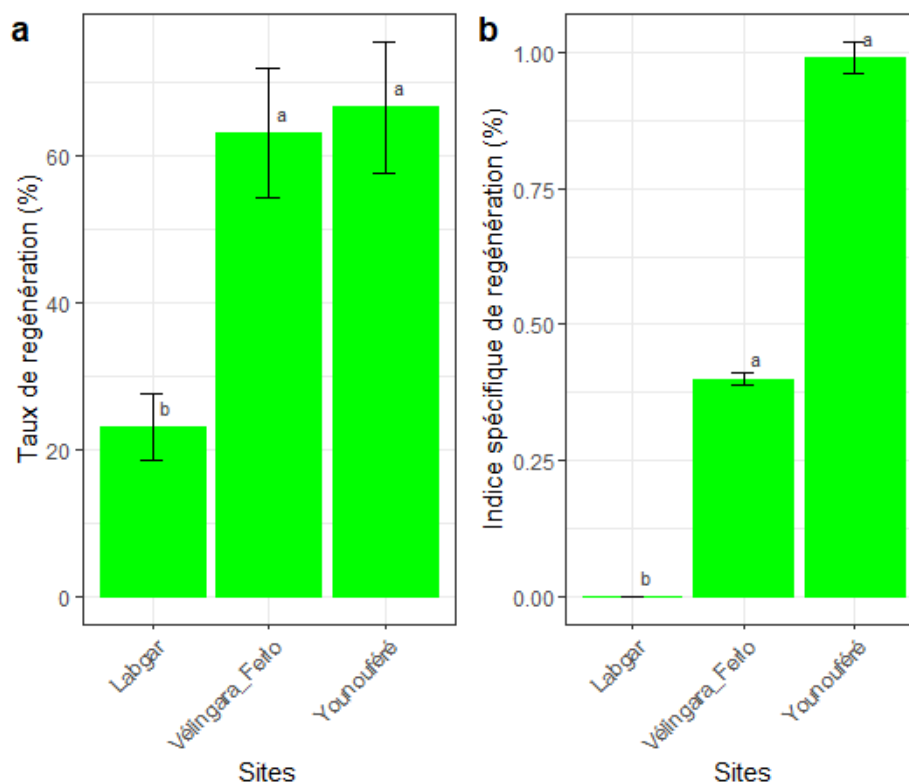
### 3.1.3.4 Régénération de la végétation ligneuse des sites d'études

L'analyse a montré une variation de l'abondance de la régénération des espèces dans les trois sites (Figure 15). Les espèces *Guiera senegalensis* (43,03%) et *Balanites aegyptiaca* (30,83%) ont une abondance beaucoup plus importante. *Boscia senegalensis* (5,29%), *Combretum micranthum* (5,11%) et *Combretum glutinosum* (4,27%) suivent avec une abondance assez importante et l'espèce *Dalbergia melanoxylon* quant à elle a une faible régénération (0,63%).

La régénération (Figure 16a) et l'indice spécifique de régénération (Figure 16b) varient significativement ( $p < 0,05$ ) en fonction des différents sites. Il ressort que le taux de régénération des peuplements varie d'un site à l'autre. En effet, il est plus élevé à Younouféré ( $66,6 \pm 8,95\%$ ) suivi par Vélingara Ferlo ( $62,99 \pm 8,8\%$ ). Ce taux de régénération est plus faible à Labgar avec un taux seulement  $22,99 \pm 4,5\%$ . L'indice spécifique de régénération (ISR) de *Dalbergia melanoxylon* est très faible dans les sites d'études. En effet, il est significativement plus important à Younouféré ( $0,99 \pm 0,03\%$ ) et à Vélingara Ferlo ( $0,45 \pm 0,01\%$ ). Cet indice est nul pour le site Labgar, indiquant- qu'il n'y a pas eu de régénération naturelle de l'espèce dans les relevées de végétation effectuées.



**Figure 13:** Distribution des régénérations dans les sites d'étude



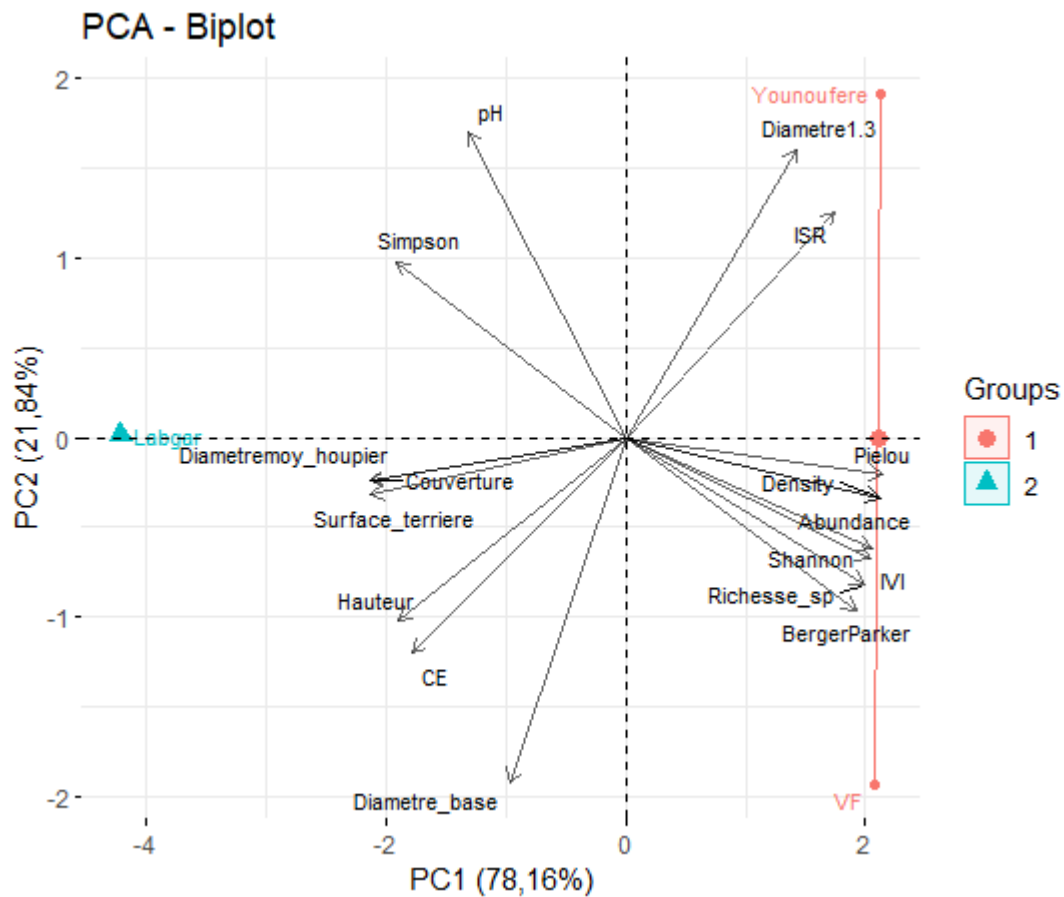
**Figure 14:** Régénération des espèces

### 3.1.3.5 Caractéristique globales des sites d'études

La distribution des variances de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) portant sur les caractéristiques des sites étudiés montre que l'axe principal (CP1) porte à lui seul 78,16 % de la variance et le deuxième axe (CP2) porte 21,84 % de la variance. Le cumule de la variance des deux premiers axes fait 100%. Sur la base des caractéristiques floristiques et structurales des sites d'études, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de discriminer deux différents groupes (Figure 14). **Le Groupe 1** situé du côté des abscisses positives, constitué par les sites de Younouféré et de Vélingara Ferlo est caractérisé par une richesse spécifique élevée, un indice de valeur d'importance élevé, une abondance spécifique importante, une forte densité, un taux de régénération naturelle élevé, l'indice de régénération spécifique de *Dalbergia melanoxylon* assez élevé et un indice de Shannon, de Berger Parker et de Pielou élevé.

**Le Groupe 2** situé du côté des abscisses négatives, est constitué par le site Labgar et caractérisé un pH assez faible, une conductivité électrique du sol moyenne, un indice de Simpson assez élevé, un taux de couverture, une surface terrière et une hauteur des individus élevé.

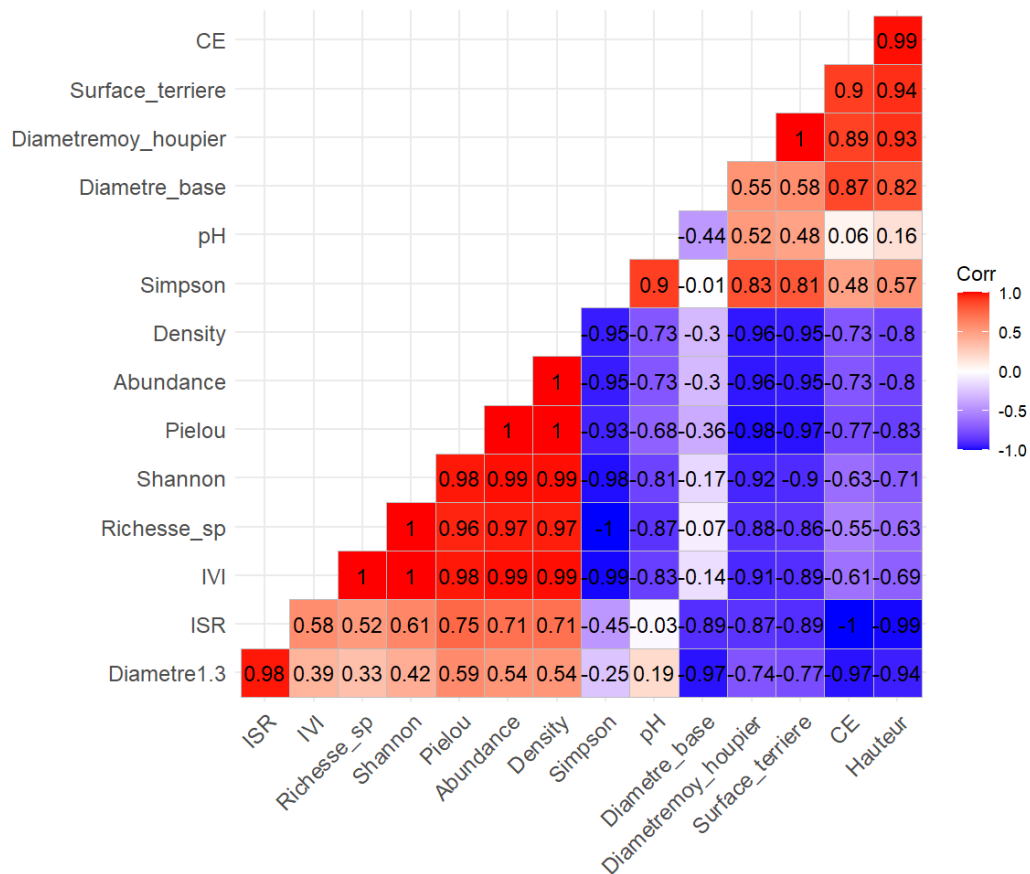




**Figure 15:**Caractéristiques Floristiques et structurales des sites

### 3.1.4 Relation entre les variables environnementale et de communauté

L'analyse de corrélation de Pearson montre différentes relations entre les variables (Figure 18). Une forte corrélation positive est notée entre la densité et la diversité de Shannon (99%), la richesse spécifique (97%), l'indice de Pielou (100%), l'abondance (100%), le taux de régénération (97%) et l'Indice de Valeur d'Importance (99%). Une forte corrélation positive est aussi notée entre la surface terrière et le taux de couverture (100%) et la hauteur (94%). Par contre, le taux de régénération est corrélé négativement avec la surface terrière (-100%) et ainsi qu'avec le taux de couverture (-100%). Il est à noter aussi que l'indice spécifique de régénération est négativement corrélé avec la hauteur des individus (-99%). Ce qui signifie que dans les sites d'études à forte densité, la surface terrière y est élevée ainsi que la richesse spécifique et la régénération naturelle.



**Figure 16:** Matrice de corrélation de Pearson

### 3.2 Discussion

#### 3.2.1 Paramètres physico-chimiques du sol

Les paramètres physico-chimiques du sol des trois sites présentent une variabilité spatiale. De manière générale, les pH se rapprochent de la neutralité, ceci pourrait s'expliquer par la faible teneur en matière organique des sites. Ces résultats sont en phase avec ceux trouvés par Kébé et *al.*, 2020 pour qui, cette neutralité serait liée aux faibles proportions de la matière organique et l'absence totale de sels dans ces sols. Selon Ndiaye et *al.* (2013), les sols de la zone du Ferlo sont globalement non salins ( $CE < 250 \mu S/cm$ ) dû à l'inexistence d'une intrusion marine et l'absence d'irrigation par des eaux salées.

#### 3.2.2 Caractéristiques de la végétation ligneuse des sites d'études

L'étude a révélé la présence de 30 espèces ligneuses, réparties en 21 genres et 12 familles botaniques dans les trois sites. Nos résultats rejoignent plusieurs travaux (Ndiaye et *al.*, 2013; Kébé et *al.*, 2020) qui ont travaillé dans le Nord et le Sud du Ferlo avec 35 espèces sur une zone plus vaste. Le site de Vélingara Ferlo serait plus diversifié avec 25 espèces. Ce qui n'est pas en phase avec les résultats de Kébé et *al.* (2020) qui ont trouvés que la partie septentrionale du Ferlo (Ferlo Nord), c'est-à-dire Labgar était plus diversifiée. La richesse spécifique du site Labgar qui

est de 20 espèces pour cette étude vient confirmer les résultats obtenus par le même auteur (Kébé et al., 2020) dans le Ferlo nord toujours. Par contre, le nombre d'espèce trouvé dans le site Vélingara Ferlo est sensiblement égale à ceux trouvés par Ngom et al. (2013) dans la réserve de biosphère du Ferlo.

La diversité qui est plus importante au niveau du site de Vélingara Ferlo que le site Labgar pourrait être dû au gradient croissant de la pluviométrie Nord-Sud combinée à des opérations de reboisement. En effet, le site est traversé par le projet de reboisement de la grande muraille verte. Pour rappel, ce projet né en 2007 et s'étendant sur près de 8000km de long sur 15 km de large, visait une restauration des écosystèmes naturels pour favoriser la biodiversité et la résilience écologique. Par ailleurs, Ndong et al. (2015) ont trouvés que la composition floristique plus importante en Sud vers Vélingara Ferlo pourrait s'expliquer par la pluviométrie qui y est plus importante mais aussi par les activités anthropiques (maraichage, agriculture sous pluie et élevage) qui sont plus fréquent au Nord vers Labgar. Les familles les plus représentés sont la famille des *Fabaceae* et des *Combretaceae* qui, représentent 59,97% des familles rencontrées. Ndiaye et al., 2013 ont trouvés dans le Ferlo une forte dominance de la famille des *Combretaceae* (7 espèces), des *Mimosaceae* (6 espèces) et des *Caesalpiniaceae*(3 espèces). Sambou et al.,2016 ont également trouvés dans la réserve de Samba Dia (Sénégal) une dominance des *Mimosaceae*, des *Combretaceae*, des *Capparidacée* et des *Caesalpiniaacée*.

La fréquence élevée noter de l'espèce *Balanites aegyptiaca* (47%) pourrait s'expliquer par sa physiologie lui permettant de s'adapter aux conditions climatiques de la zone donc de coloniser une plus grande superficie. En effet, Konaté (1999) cité par Niang et al. (2014) a montré que les espèces *Balanites aegyptiaca*, *Carapa procera*, *Bossia senegalensis*, *Acacia senegal* et *Acacia tortilis* du fait de leurs physiologies sont mieux adaptées aux conditions climatiques et édaphiques du Sahel. La faible fréquence de l'espèce *Dalbergia melanoxylon* (4,85%) s'expliquerait par non seulement les changements climatiques mais aussi par la pression anthropique énorme que subit l'espèce du fait de son bois de qualité. Ces résultats sont en phase avec ceux de Niang et al. (2014) qui qualifie *Dalbergia melanoxylon* d'espèce rare dans le sahel. Cornet et Poupon (1977) ajoutent que *Dalbergia melanoxylon* fait partie des espèces les plus touchés par la sécheresse des années 70. A Labgar et à Younouféré, une dominance de l'espèce *Balanites aegyptiaca* est notée ce qui est en phase avec les travaux de Niang et al. (2014), par contre le site de Vélingara Ferlo est dominé par l'espèce *Combretum glutinosum*. Cette dominance des *Combretum* est un phénomène appelé la combrétinisation par Ngom (2008) qui s'expliquerait par la forte humidité enregistrée dans cette partie où les précipitations atteignent 450 à 500 mm/an.

La faiblesse des espèces caractéristique et l'importance des espèces indifférentes aux trois sites s'expliqueraient par le fait que les espèces indifférentes comme *Acacia Senegal*, *Acacia tortilis* et *Dalbergia melanoxydon* présente une grande importance socioéconomique pour la population locale. En effet, *Acacia Senegal* de par son gomme arabique, *Acacia tortilis* de par son appétence par les animaux et *Dalbergia melanoxydon* de par son bois ont des valeurs économiques et sociales importantes. Ceci confirme les propos de Le Houerou (1980), qui avance qu'outre ce rôle fourrager, les ligneux des parcours sahéliens jouent des rôles multiples et essentiels tant dans l'équilibre des écosystèmes que dans la vie des populations.

L'indice de Shannon mesuré est en moyenne élevé pour tout le peuplement ligneux, mais varie selon les sites. Il est plus élevé à Vélingara Ferlo et à Younouféré ce qui pourrait sous-entendre une plus grande diversité de ces deux sites par rapport à Labgar. Ces résultats ne sont pas en phase avec ceux trouvés par Ndong *et al.* (2015) qui ont signalés une plus grande diversité dans le site de Labgar comparés à Syer, Keur Momar Sarr et Téssékéré. L'indice de régularité de Pielou montre que le site Vélingara Ferlo présente une plus grande stabilité même si celle-ci n'est pas significative. Les valeurs d'indice de Pielou obtenues sont différentes entre les sites, et viennent confirmer l'indice de Shannon, c'est-à-dire la similarité entre les sites Vélingara Ferlo et Younouféré. D'ailleurs, le calcul de la distance écologique de Bray-Curtis vient confirmer cette ressemblance floristique entre Vélingara Ferlo et Younouféré.

### **3.2.3 Paramètres structuraux des peuplements**

La densité des ligneux augmente suivant le tronçon Nord (Labgar) à Sud (Younouféré). Elle serait liée au gradient de pluviométrique croissant. Le recouvrement aérien lui est inversement proportionnel à la densité. Labgar qui avait la plus faible densité se retrouve avec le recouvrement le plus important, ce qui s'expliquerait par la disponibilité en eau et en nutriments limitée. En effet, dans les zones à haute densité d'arbres, la compétition pour ces ressources essentielles est intense. Les arbres ne peuvent donc pas développer de grandes couronnes, ce qui réduit le recouvrement. Akpo *et al.* (2003), l'interprètent par le pâturage et des défrichements qui entraîneraient un effet dépressif sur le développement des ligneux. La surface terrière suit la même tendance que le recouvrement, c'est-à-dire plus importante à Labgar suivie du site Vélingara Ferlo et est plus faible à Younouféré. La diminution de la surface terrière de Labgar (Nord-Ouest) à Younouféré (Sud-Est) en passant par Vélingara Ferlo pourrait quant à elle être expliquée par la grosseur plus importante des individus adultes dans le site Labgar. Ceci est en adéquation avec les résultats de Kébé *et al.* (2020) qui stipule que la faible grosseur des individus dans le Sud du Ferlo serait liée à la présence de la cuirasse latéritique (carapace dure qui

s'oppose aux développements de la biomasse racinaire des plantes et empêche l'infiltration des eaux en profondeur).

L'importance de la régénération varie selon les différentes espèces. En effet, la régénération naturelle des espèces *Guiera senegalensis* et *Balanites aegyptiaca* dominant largement les autres espèces. Cet état de fait s'expliquerait par la facilité qu'ont ces deux espèces à se disséminer (propager) et à s'adapter dans ces zones. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Ngom et al. (2013) qui affirme que *Guiera senegalensis* est capable de régénérer même après une coupe rase par apparition de rejets de souches appréciées par les bovins et que *Balanites aegyptiaca* colonise tous les sols et toutes les situations topographiques par semis naturel. Le taux de régénération naturelle le plus élevé noté à Younouféré s'expliquerait selon Bakhoum (2013) par le fait que ce site est dominé par des espèces à grande amplitude écologique qui le composent, pouvant évoluer sur des sols sableux, pierreux, argileux et alluviaux. En effet, les taux de régénération les plus importants sont détenus par *Balanites aegyptiaca* et *Guiera senegalensis*, deux espèces totalement ubiquistes. Il est à souligner que l'indice spécifique de régénération de *Dalbergia melanoxylon* est très faible dans tous les sites. Ce qui pourrait s'expliquer par le fait que les individus de *Dalbergia melanoxylon* n'ont pas le temps d'atteindre leur maturité physiologique avant d'être abattus. A noter qu'il lui faut un temps de rotation très long de 70 à 100 ans (Amri 2008; Washa 2008). Le site de Labgar lui présente un indice spécifique de régénération de *Dalbergia melanoxylon* nul. Ce qui pourrait être lié au développement intense d'activités de maraîchage et d'agriculture sous pluie accompagnés de l'élevage, surtout des petits ruminants dans cette zone (Ndong et al., 2015).

A Labgar et à Younouféré, *Balanites aegyptiaca* détient l'IVI le plus important et à Vélingara Ferlo, c'est l'espèce *Combretum glutinosum* qui se démarque. La facilité de régénération énoncée plus haut pour l'espèce *Balanites aegyptiaca* expliquerait l'indice de valeur d'importance élevé pour cette dernière. Pour ces sites d'études, l'indice spécifique de régénération de *Dalbergia melanoxylon* est faible. Cette faiblesse est inversement proportionnelle à sa surexploitation. En effet, le bois de *Dalbergia melanoxylon* est utilisé pour les chevrons et poteaux de construction, et pour les ustensiles comme les cannes, manches de marteaux, les pointes de flèches, des pilons, des tasses, des assiettes et peignes (CITES, 2016).

La structuration verticale et horizontale des individus vient confirmer les résultats énoncés plus haut. En effet à Labgar, les individus sont d'une hauteur variable avec des diamètres similaires. Les sites Vélingara et Younouféré regroupent des individus de petite taille avec des diamètres variables. Ces résultats expliquent la surface terrière qui est bien plus important à Labgar que pour les deux autres sites. En ce qui concerne *Dalbergia melanoxylon*, on note une faiblesse des

individus de petites tailles, ce qui témoigne de la faiblesse des régénérations de l'espèce. A cela s'ajoute la quasi-absence des individus de diamètre important. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les individus adultes sont attaqués et n'ont pas le temps d'atteindre la maturité. En effet, en plus de son bois très prisé, l'écorce de l'arbre aurait des propriétés médicinales (CITES, 2016).

Les courbes d'accumulation des espèces en fonction des placettes et en fonction de la superficie échantillonnée viennent appuyer le fait que Vélingara Ferlo a la plus grande diversité. En plus de cela, elles montrent que la richesse spécifique pourrait augmenter pour l'ensemble des sites si le nombre de relevé avait été plus important. Ce qui pousse Ngom, et *al.* (2013) à dire que la fiabilité de la richesse spécifique dépend de l'exhaustivité de l'inventaire. Or les relevés ne sont jamais exhaustifs car il y a un problème de détectabilité des espèces (Gosselin et Laroussinie, 2004; Deconchat et Balent, 2004).

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au terme de cette étude, on peut dire que les espèces ligneuses les plus représentées dans la flore des sites d'études (Labgar, Vélingara Ferlo et Younouféré) sont adaptées au climat sahélien. Elles sont souvent des épineux comme *Balanites aegyptiaca*. Pour l'ensemble des trois sites, le pH s'approche de la neutralité et celui-ci est plus élevé à Labgar et plus faible à Vélingara Ferlo. Aucune différence significative n'a été observée pour la conductivité électrique. Le site de Vélingara Ferlo (Vers le sub du Ferlo) est le plus diversifié et Labgar (Nord du Ferlo) a la plus faible diversité. En ce qui est des paramètres de structure, la densité est plus importante à Labgar alors que la surface terrière et le taux de couverture sont plus élevés à Vélingara Ferlo. Ce qui nous pousse à affirmer que la diversité spécifique suit le gradient croissant de la pluviométrie. Par contre le pH, le recouvrement et la surface terrière suivent le sens inverse. Les familles les plus représentées sont les *fabaceae* et les *combretaceae*. *B. aegyptiaca* et *G. senegalensis* sont les deux espèces les plus fréquentes dans les sites d'étude.

La richesse spécifique, l'indice de Shannon, l'IVI et l'ISR sont très fortement corrélés. Une diversité spécifique élevée est souvent en compromis avec une biomasse importante. Les peuplements dominés par des arbres adultes (**Labgar**) sont souvent les moins diversifiés. La qualité du sol influence fortement la structure forestière (Hauteur, Surface terrière), mais a une influence plus limitée sur la diversité. L'espèce *Dalbergia melanoxylon* est faiblement représentée dans les trois sites. Sa régénération y est aussi faible voir même inexistante.

En guise de perspective, il serait intéressant:

- Etendre l'étude dans toute la zone du Ferlo pour mieux renseigner sur l'état des populations de *D. melanoxylon*;
- Faire des études de sol aux alentours des individus de *D. melanoxylon* afin d'avoir des informations sur le type de sol préférentiel de l'espèce;
- Etudier les techniques de conservations des semences de *D. melanoxylon*;
- Etudier les facteurs influençant la régénération naturelle de *D. melanoxylon*.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akpo L. E., 1990.** Dynamique des systèmes écologiques sahéliens : structure spécifique, productivité et qualité des herbages le forage de Widou thiengoly. DEA en Biologie Végétale, Option Ecologie, *FST-UCAD*, 65 p.
- Akpo L. E., 1992.** Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. Les déterminants écologiques. Thèse de Doctorat de 3e cycle, Département de biologie végétale, *Université Cheikh Anta Diop de Dakar-Faculté des Sciences et techniques (UCAD-FST)*, 142 p.
- Akpo L. E., 1993.** Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. *Orstom éd., TDM*, 174p
- Akpo L. E., Gaston A. et Grouzis M., 1995.** - Structure spécifique d'une végétation sahélienne : cas de Widou Thiengoly (Ferlo, Senegal), *Adansonia Bull. Mus. Hist. Paris*, 17 (Section B), p. 39-52.
- Akpo L. E. et Gouzis M., 1996.** Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord Sénégal, Afrique occidental), *Webbia 50(2) : 247-263.*
- Akpo L. E., 1998.** Effets de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses du Sénégal : Variation selon un gradient climatique. *Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, UCAD : 142p*
- Akpo L.E., Banoïn M. et Grouzis M. 2003.** Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée: bilan pastoral en milieu sahélien. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 154 (10), 619-628
- Amri E. 2008.** Propagation potential of *Dalbergia melanoxylon* provenances on selected areas of Tanzania. Unpublished PhD Thesis University of Dar es salaam, Tanzania
- Arbonnier M. 2004.** Trees, Shrubs and Lianas of West African Dry Zones *CIRAD et Museum d'histoire naturel de Paris: ISBN: 9782759206742*
- Bakhoum A. 2013.** Dynamique des ressources fourragères : indicateur de résilience des parcours communautaires de Téssékéré au Ferlo (Nord-Sénégal). *PhD, Biologie, Productions et Pathologies Animales, Option Ecologie pastorale, FST-UCAD.* 115 p.
- Barral H., Bénéfice E., Boudet G., Denis J.P., Wispelaere G. de, Diaite I., Diaw O.T., Dieye K., Doutre M.P., Meyer J.F., Noël J., Parent G. et Piot J., 1983.** Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo, *Bondy, ORSTOM*, 162 p.



- Bawa K.S. et Webb C.J. 1984.** Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: Implications for the Evolution of Paternal and Maternal Reproductive Patterns. *American Journal of Botany*. 71(5): 736-751.
- Benzahi Y., 1994.** Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué sous palmerie. *Thèse Ing.I.N.F.S.A.S.*, Ouargla, 111P.
- Boudet G., 1977.** Contribution au contrôle continu des pâturages tropicaux en Afrique occidentale. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays tropicaux*. 30, 4 : 387 -406
- Boudet G., 1989** - Evolution de la vegetation des parcours sahéliens et possibilites de rehabilitation, *Fourrages*, n° 120, p. 401-415.
- Bryce J. M. 1967.** The commercial timbers of Tanzania. *Forest Division, Ministry of Agriculture and Co-operatives. Moshi.*
- Carvalho A. M. 1997.** A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, *Dalbergieae*) in Brazil. *Brittonia*. 49 (1): 87-109.
- Chevalier A 1934** On the origin of commercial ebonies from Antiquity, the 17th-18th century, and the contemporary era. *In Review of Applied Botany and Colonial Agriculture*, 14th year, bulletin no. 159. pp. 948-965. <https://doi.org/10.3406/jatba.1934.5436>
- CITES (COP16) Prop. 63.** *Dalbergia* spp. (Palo de rosa de Madagascar) -*l'inscription des populations Dalbergia de Madagascar à l'annexe II.*
- Condit R. et Pérez R. 2002.** Tree Atlas of the Panama Canal Watershed. *Center for Tropical Forest Science, Panama*. Accessed 07/02/2005. <http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.html>.
- Cornet A. et Poupon H. 1977.** Description des facteurs du milieu et de la végétation dans cinq parcelles situées le long d'un gradient climatique en zone sahélienne du Sénégal. *Bulletin IFAN*, 39(2): 241-302.
- Curtis J.T. et Macintosh R. P.1950.** The interrelations of analytic and synthetic characterers. *Ecology*. V. 31, p. 434-455, 1950.
- Dasgupta P., Senthilkumar S., Barthwal S., Sasidharan K. R. et Dasgupta MG 2023** Characterization of the chloroplast genome of *Dalbergia latifolia* (Fabaceae) and its phylogenetic relationship with other *Dalbergia* species. *Nord J Bot* 03:811. <https://doi.org/10.1111/njb.03811>
- Diallo A., Faye M. N. et Guissé A. 2011.** Structure des peuplements ligneux dans les plantations d'Acacia senegal (L.) Wild dans la zone de Dahra (Ferlo, Sénégal). *Revue de l'Ecologie (Terre et Vie)*, 66(4) 415-428.

- Diallo M. D., Mahamat S. M. , Diallo A., Bassene C., Ndiaye O., Niang K., Diop A. et Guisse A. 2016.** Caractérisation de la variabilité des phénophases de cinq espèces végétales sahéliennes dans la zone nord ferlo, sénégal. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 27 (2016) 117 – 135  
ISSN 1813-3290, <http://www.revist.ci>
- Diouf M., Akpo L. E., Rocheteau A., Do F., Goudiaby V. et Diagne A. L. 2002.** Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au Nord-Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Journal des Sciences et Technologies*, 2(1): 1-9.
- Deconchat M. et Balent G. 2004.** Critères et indicateurs de gestion durable des forêts : la biodiversité. *Revue forestière française*, 2004, 56 (5), pp.419-430. [10.4267/2042/5111](https://doi.org/10.4267/2042/5111). [hal-03449466](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03449466)
- FAUSAC-FNPV. 2015.** ITTO-CITES Project: “Establishment of a forensic laboratory for identification and description of woods for its application to legal processes and to the systems of traceability of the products included in CITES”. *Preliminary data and personal consultations*.
- Gaston A. et Boerwinkel E. 1982.** Essai de méthode de suivi continu du couvert ligneux, Dakar, Rome/PISCEPS, FAO, 61 p.
- Gaston A. et Boerwinkel E. 1983.** Utilisation des images Noaa 7 pour l'estimation de la production primaire au Ferlo. *Acte du colloque : « Méthode d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens »*. Dakar, 16-18 Nov 1993
- Gosselin M. et Laroussinie O. 2004.** Biodiversité et gestion forestière Connaître pour préserver. Synthèse bibliographique. *Cemagref Editions*, pp.320, 2004, *Etudes du Cemagref*, série Gestion des territoires, n° 20, 2-85362-620-2. [hal-02583002](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02583002)
- IUCN 2008.** Red list of threatened plants. *The IUCN species survival Commission, Royal Botanical Garden, Edinburgh*.
- Kébé MI., Sagna MB., Diallo MD., Diallo A., Diatta S., Ngom D., Peiry J. L., Goffner D. et GUISSÉ A. 2020.** Etude des caractéristiques écologiques d'un peuplement ligneux de la grande muraille verte dans le ferlo nord, Sénégal. *Programme d'appuis stratégique à la recherche scientifique* 5 juin 2020 ; p 63-76
- Klug S., 1982** - Inventaire et suivi de la végétation dans la parcelle d'élevage à Widou-Thiengoly (Ferlo, Sénégal), *Rapport final, Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit (GTZ)* 134 p.
- Konaté P. S. 1999.** Structure, composition et distribution de quelques ligneux dans les provinces du Seno et du Yagha: proposition d'application à leur gestion. *Mém. de fin d'études d'ingénieur du développement rurale*, 76p.

- Legendre L., et Legendre P., 1984.** Ecologie numérique .1- Le traitement multiple des données écologiques. Ed. Masson, *Presses de l'Université du Québec, Paris*, Québec 2ème Ed : 260 pp
- Lemmens R. H. M. J. 2008.** *Dalbergia melanoxylo* Guill. & Perr. Published on the Internet in PROTA4U. Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Editors). *PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale)*, Wageningen, Netherlands;
- Linares J. et Sousa M. S. 2007.** Nuevas especies de *Dalbergia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en Mexico y Centroamerica. *Ceiba*. 48(1-2): 61-82.
- Le Houerou H N. 1980.** Le rôle des ligneux fourragers dans les zones sahéliennes et soudaniennes. *CIPEA/ALCA, actes du colloque sur les fourrages ligneux en Afrique, Addis-Abeba*, Avril 1980 ,85-101.
- Madrigal Q. J. 1993.** Arboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. INCAFO, *San José, Costa Rica*.
- Marín W. A. et Flores E. M. 2003.** *Dalbergia retusa* Hemsl. In: Vozzo, J.A. 2003. Tropical Tree seeds Manual. Part II Species descriptions. *United States Department of Agriculture Forest Service*. pp. 429-431.
- Ndiaye L., Diallo, A. M., Giang Vu T. H., Mueller M., Ngom D., Mbaye T. et Gailing O. 2024.** Genetic diversity of *Dalbergia melanoxylo* Guill. & Perr. populations in the Ferlo zone (Senegal) using nuclear and chloroplast microsatellite markers. *Genet Resour Crop Evol* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02255-1>
- Ndiaye O., Diallo A., Sagna M B. et Guissé A. 2013.** Diversité floristique des peuplements ligneux du Ferlo, Sénégal. *VertigO*, 13(3). Volume 13, Number 3, December 2013. ISSN
- Ndiaye O., Diallo A., Wood S. A. et Guissé A. 2014.** Structural Diversity of Woody Species in the Senegalese Semi-Arid Zone Ferlo. *American Journal of Plant Sciences*, 2014, 5, 416-426 Published Online February 2014 (<http://www.scirp.org/journal/ajps>)
- Ngom D. 2013.** Diversité végétale et quantification des services écosystémiques de la réserve de biosphère du ferlo (Nord du Sénégal). *Mémoire de Thèse, faculté des sciences et techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)*, 172p.
- Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S. et Akpo LE. 2013.** Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 65: 5008 – 5023.
- Ndong A. T., Ndiaye O., Faye M. N., Galop D. et Guisse A. 2015.** Espèces ligneuses du Ferlo-Nord, Sénégal : état actuel et usage. *Les Cahiers d'Outre-Mer* juillet 2015 ; p 401-422 <http://com.revues.org/7557>

- Niang K. 2009.** L'arbre dans les parcours communautaires du Ferlo-Nord (Sénégal), Mémoire de DEA, Faculté des Sciences et Techniques, *Université Cheikh Anta Diop de Dakar (FST/UCAD)*, 67 p.
- Niang K., Ndiaye O., Diallo A. et Guisse A. 2014.** Flore et structure de la végétation ligneuse le long de la Grande Muraille Verte au Ferlo, nord Senegal. *Journal of Applied Biosciences* 79:6938 – 6946. ISSN 1997–5902
- Nshubemuki L. 1993.** *Dalbergia melanoxylon*: Valuable wood from a Neglected Tree. NFTA *Highlights* 1993- 1995. Nitrogen Fixing Tree Association, Hawaii.
- Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R. et Anthony S. 2009.** Agroforestry Database: a tree reference and selection guide. [www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp](http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp)
- Poupon H. 1980** - Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au Nord du Sénégal, *Paris, ORSTOM*, 351 p.
- Ramade F. 1990.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. *Mc Graw-Hill, Paris*, 403p.
- Rasolomampianina R., Bailly X., Fetiarison R., Rabevohitra R., Bén G., Ramaroson L., Raherimandimby M., Moulin L., De Lajudie P., Dreyfus B. et Avarre J-C. 2005.** Nitrogen-fixing nodules from rose wood legume trees (*Dalbergia* spp.) endemic to Madagascar host seven different genera belonging to  $\alpha$ - and  $\beta$ -Proteobacteria. *Molecular Ecology* (14)13: 4135.
- Redhead J F. et Temu AB. 1981.** Valued timber but neglected tree: Mpingo (*Dalbergia melanoxylon*). *Tanzania Association of Forester Newsletter*. 2:8-9
- Lemmens RHMJ (2008)** *Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr. In: Louppe D, Oteng-Amoako AA, Brink M (eds) *Plant resources of tropical Africa*. Available via DIALOG. [https://uses.plantnet-proje ct.org/en/Dalbergia\\_melanoxyl o\\_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-proje ct.org/en/Dalbergia_melanoxyl o_(PROTA))).
- Linares J. et y Sousa M. S. 2007.** Nuevas especies de *Dalbergia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y Centroamérica. *Ceiba Volumen* 48(1-2) enero-diciembre 2007
- Redhead, J. F. et Temu, A.B. 1981.** Valued timber but neglected tree: Mpingo (*Dalbergia melanoxylon*). *Tanzania Association of Forester Newsletter*. 2: 8-9.
- Sambou A. 2016.** Vegetation change, tree diversity and food security in the Sahel: A case from the salinity-affected Fatick province in Senegal. *PhD School of the Faculty of Science, University of Copenhagen*, 50p
- Sambou A., Theilade I. et Fensholt R. 2016.** Decline of woody vegetation in a saline landscape in the Groundnut Basin, Senegal. *Reg Environ Change* 16, 1765–1777 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0929-z>
- Saha S., Shilpi J.A., Mondal H., Hossain F., Anisuzzman Md., Mahadhi Hasan Md. et Cordell G.A. 2013.** *Phytopharmacology*. 4(2): 291-346.

- Shu H.T. 2010.** *Dalbergia Linnaeus* f., Suppl. Pl. 52, 316. 1782, nom. Cons. *Flora of China*. 10: 121-130. Sprent, J.I., 2009. *Legume Nodulation*. Wiley.
- Senterre B., (2005)** . Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la Phytogéographie des forêts denses d'Afrique Tropicale. *Thèse de doct. ULB. Labo.Bot. Syst. & Phyt.*, 343 p.
- Sprent J.I. 2009.** *Legume Nodulation*. Wiley.
- Standley P.C. et Steyermark J.A. 1946.** Flora of Guatemala. Fieldiana: Botany 24 (6). *Chicago Natuarl History Museum*.
- Stevens W.D., Ulloa C., Pool A. et Montiel O.M. 2001.** Flore de Nicaragua. 85 (2). *Missouri Botanic Garden Press*.
- Sylla D., Ba T., Diallo M. D., Mbaye T., Diallo A., Peiry J. L. et Guissé A. 2019.** Dynamique de l'occupation du sol de la commune de Téssékéré de 1984 à 2015 (Ferlo Nord, Sénégal). *Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci.)*, 2019. Vol.40, Issue 3: 6674-6689. <http://www.m.elewa.org/JAPS>; ISSN 2071-7024
- Territorial Approach Climate Change (TACC). 2014.** Rapport d'analyse de la *vulnérabilité* aux changements climatiques de la zone du Ferlo. 224 p.
- Tokeshi M. 1993.** Species Abundance Patterns and Community Structure. *Elsevier Advances in Ecological Research* Volume 24, 1993, Pages 111-186
- Vaglica V. 2014.** *Dalbergia* spp. A case for CITES listing? Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements to obtain the Master's Degree in Management and Conservation of Species in Trade: The International Framework (11th Edition). *Universidad Internacional de Andalucía, Sede Antonio Machado de Baeza*
- Valenza J. 1970.** Survey of different types of natural pasture land in the senegal republic. *Proc. Xie intern. GrasslandCongress*: 78-82
- Valenza J. 1981** - Surveillance continue de pâturages naturels sahéliens sénégalais : résultats de 1974 à 1978. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, vol. 34, n° 1, p. 83-100.
- Vasudeva S.P. et Sareen T.S. 2009.** Pollination biology in *Dalbergia sissoo* Rpxb. (Papilionodeae; Leguminosae). *Indian Forester* 135 (9): 1165-1168.
- Vatanparast M., Klitgard B.B., Adema F.A.C.B., Pennington R.T., Yahara T. et Kajita T. 2013.** First molecular phylogeny of the pantropical genus *Dalbergia*: implications for infragenetic circumscription and biogeography. *South African Journal of Botany*. 89: 143-149.

**Vincke C. 1995.**La dégradation des écosystèmes écologiques sahéliens. Effets de la sécheresse et des facteurs anthropiques sur l'évolution de la végétation ligneuse du Ferlo (Sénégal). *Mémoire d'Ingénieur Agronome, UCL-FSA/UEF: 82p*

**Washa B. W. 2008.**Dependence of *Dalbergia melanoxylon* Natural Population on Root Suckers Regeneration.*Institute of African studies, Hankuk University of Foreign studies, Seoul, Korea.24: 177–198.*

**Washa W. B. et Nyomora.A. M. S. 2012.** The Effect of Moisture and Seed Treatment on the In-Situ and Ex-Situ Regeneration of *Dalbergia Melanoxylon* (African Blackwood) in *Pugu Forest Reserve*. *eISSN: 0856-6739***Vol. 10 No. 1 (2012)**