



Étude de l'évolution de la biodiversité floristique et faunistique sous plantations d'Acacia auriculiformis et A. mangium sur les plateaux Batéké, République du Congo

Lilas Tran Ngoc

► To cite this version:

Lilas Tran Ngoc. Étude de l'évolution de la biodiversité floristique et faunistique sous plantations d'Acacia auriculiformis et A. mangium sur les plateaux Batéké, République du Congo. Sciences de l'environnement. 2024. <dumas-05219625>

HAL Id: dumas-05219625

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-05219625v1>

Submitted on 22 Aug 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

Mémoire de stage

Présenté par Lilas TRAN NGOC

pour obtenir le diplôme d'ingénieure agronome

Sujet :

Étude de l'évolution de la biodiversité floristique et faunistique sous plantations d'*Acacia auriculiformis* et *A. mangium* sur les plateaux Batéké, République du Congo



Soutenue publiquement le 21 octobre 2024

à AgroParisTech, centre de Montpellier devant le jury suivant :

Dr Pierre COUTERON

Rapporteur

M Paul BERTAUX

Tuteur de stage

Dr Éric MARCON

Enseignant AgroParisTech

Source photographie : Lilas TRAN



L'établissement AgroParisTech diffuse ce mémoire et se dégage de toute responsabilité sur le contenu proposé.

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition.

L'obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document doit être respectée selon la licence Creative Commons apposée

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation "Paternité – Pas d'utilisation commerciale – Pas de modification 4.0 France disponible en ligne : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier Frm qui m'a offert l'opportunité de réaliser ce stage au Congo durant lequel j'ai beaucoup appris.

Je remercie également du fond du cœur l'équipe biodiversité, Herphéliane, Noblesse, Hardan, Varcy, Darlin et Gloire, avec qui j'ai travaillé sur le terrain pendant 3 mois. Cette expérience n'aurait pas été la même sans votre bonne humeur, motivation et bienveillance qui ont été pour moi d'un grand soutien ! Je repars plein de souvenirs de nos moments autours du feu, nos soirées fufou et nos galères sur le terrain ! Merci de m'avoir si gentiment accueilli et fait découvrir le Congo et toutes ses traditions. Une pensée particulière pour mon binôme Hardan qui réalise un mémoire sur la même thématique et qui a été d'une grande aide et d'un grand soutien tout au long de ce stage.

Je remercie également M. Louis Hollat pour ses enseignements précieux et son accompagnement sur le terrain. J'espère que les données récoltées vous permettront de réussir votre thèse avec succès.

Merci également aux experts qui nous ont accompagnés et guidés sur le terrain, M. Mokoko (ornithologue et oiseleur) et notre botaniste préféré, M. Ndzaï, qui m'a particulièrement inspiré par sa maîtrise de l'art botanique en forêt tropicale. Je remercie les experts de la faune, les chasseurs, vieux John, M. Freddy et M. Madilou qui nous ont accompagnés et partagés leurs connaissances lors de l'inventaire faunistique.

Merci également à M. Loubota et mon maître stage, Paul Bertaux pour leurs conseils lors de mes analyses.

Un grand merci à mes amis de Montpellier pour toutes ces belles années de scolarité passées avec vous à rire, danser, voyager et bien sûr, travailler. Merci également à mes amis de GEEFT avec qui j'ai passés une dernière année formidable et haute en couleurs ! Je remercie notamment Julien et Robin, mes deux camarades, transportés comme moi, de la salle Cévennes à Brazzaville, et avec qui j'ai pu voyager et découvrir les magnifiques forêts du Congo.

Enfin, je remercie ma famille pour son soutien inconditionnel et notamment mes parents qui m'ont offert la chance d'avoir de si belles études.

RESUME

Les plantations d'*Acacias* (*mangium* et *auriculiformis*), espèces exotiques à croissance rapide, deviennent populaires en Afrique centrale, notamment au Congo, grâce à leurs avantages socio-économiques et environnementaux. Cependant, ces monocultures sont controversées pour leur impact négatif sur la biodiversité, surnommées parfois « désert vert ».

Notre étude évalue la biodiversité sous les plantations d'*Acacias mangium* et *A. auriculiformis* de la Société Plantations Forestières Batéké Brazzaville (SPF2B) au Congo. Des inventaires floristiques ont été réalisés dans 50 placettes permanentes de SPF2B et du domaine de plantations public du Projet National d'Afforestation et Reforestation (ProNAR), ainsi que dans les savanes et forêts environnantes.

Nous avons identifié les espèces et mesuré la régénération ligneuse (diamètre et hauteur), et la faune a été étudiée via des transects. Les résultats révèlent des différences significatives de richesse spécifique selon les sites et les âges des plantations, avec une transition vers une végétation forestière dans les plantations plus âgées du ProNAR. Les analyses montrent que l'âge des plantations et l'ouverture de la canopée favorisent l'installation des espèces forestières. L'inventaire faunistique a recensé 137 espèces, avec une fréquentation accrue de la faune dans les plantations âgées, facilitant la dispersion des espèces forestières.

La conservation de la biodiversité dépendra des choix d'entretien et de conservation dans les plantations.

ABSTRACT

Acacia plantations (*mangium* and *auriculiformis*), fast-growing exotic species, are becoming popular in Central Africa, particularly in Congo, due to their socio-economic and environmental benefits. However, these monocultures are controversial for their negative impact on biodiversity, sometimes referred to as “green deserts.”

Our study evaluates the biodiversity under *Acacia mangium* and *A. auriculiformis* plantations of the Société Plantations Forestières Batéké Brazzaville (SPF2B) in Congo. Floristic inventories were conducted in 50 permanent plots of SPF2B and the public plantation domain of the National Afforestation and Reforestation Project (ProNAR), as well as in surrounding savannas and forests.

We identified species and measured woody regeneration (diameter and height), while fauna was studied through transects. The results reveal significant differences in species richness depending on the sites and the age of the plantations, with a transition toward forest vegetation in the older plantations of ProNAR. The analyses show that the age of the plantations and canopy openness favor the establishment of forest species. The faunal inventory recorded 137 species, with increased wildlife activity in older plantations, facilitating the dispersion of forest species.

The conservation of biodiversity will depend on management and conservation choices within the plantations.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	3
RESUME	4
ABSTRACT	4
TABLE DES MATIERES	5
1. INTRODUCTION	9
2. MATERIEL ET METHODES	11
2.1. Site d'étude	11
2.2. Domaines de plantations étudiés	11
2.3. Acquisition des données	12
2.3.1. Inventaire floristique	12
2.3.1.1 Mise en place des placettes permanentes	13
2.3.1.2 Inventaire des ligneux	13
2.3.1.3 Inventaire des non ligneux	14
2.3.1.4 Mesure de la litière.....	15
2.3.2. Inventaire faunique.....	16
2.3.3. Dendrométrie.....	18
2.3.3.1 Mesure de la hauteur.....	18
2.3.3.2 Mesure du DBH	18
2.4. Analyse des données	19
2.4.1. Analyse des données floristiques	19
2.4.1.1 Description des échantillons	19
2.4.1.2 Diversité B, évolution et facteurs environnementaux	19
2.4.1.3 Étude des indices de diversité α et leur évolution.....	19
2.4.1.4 Structure et composition de la régénération	20
2.4.2. Étude de la faune	20
2.4.2.1 Calcul des Indice Kilométrique d'Abondance	20
2.4.2.2 Analyse de la distribution spatiale des espèces	20
3. RESULTATS	21
3.1. Étude de l'inventaire floristique	21
3.1.1. Description de l'inventaire	21
3.1.2. Comparaison de la composition floristique globale (ligneux et non ligneux) des différents échantillons.....	22

3.1.3. Étude de l'évolution de la diversité alpha	23
3.1.4. Étude des relations entre la régénération ligneuse et les variables environnementales ...	26
3.1.5. étude des paramètres structuraux et écologique de la régénération et de son évolution .	27
3.1.5.1 Paramètres écologiques	27
3.1.5.2 Paramètres structuraux	29
3.2. Étude de l'inventaire faunistique	31
3.2.1. Description de la faune dans les sites d'Ibina et Oka 2	31
3.2.2. étude de la répartition spatiale des observations faunistiques	32
4. DISCUSSION	34
4.1. Évolution de la composition floristique sous plantations	34
4.1.1. Description de l'inventaire floristique	34
4.1.2. Étude de la diversité B	34
4.1.3. Évolution de la biodiversité avec l'âge	35
4.2. Étude de la régénération ligneuse, composition et structure	35
4.2.1. Études des facteurs des plantations influençant la régénération	35
4.2.2. Description de la composition floristique de la régénération ligneuse	36
4.2.3. Description de la structure de la régénération ligneuse	36
4.3. Étude de la faune	37
5. CONCLUSION	39
6. RÉFÉRENCES	40
7. LISTE DES ABRÉVIATIONS	45
8. TABLE DES TABLEAUX	46
9. TABLE DES FIGURES	47
10. ANNEXES	49
TABLE DES ANNEXES	49
ANNEXE 1 : Tableau descriptif des placettes	51
ANNEXE 2 : Localisation des placettes permanentes	52
ANNEXE 3 : Précisions sur le protocole d'inventaires floristiques	53
ANNEXE 4 : Cas particuliers mesures dendrométriques	54
Annexe 5 : Résultats inventaire floristique par site	56
Annexe 6 : Espèces indicatrices de la fonction indval	56

Annexe 7 : Graphique de répartition des indices de similarités	56
Annexe 8 : Résultats permanova	57
Annexe 9 : Boxplots la répartition des indices de Shannon par chronoséquences et essence plantée	57
ANNEXE 10 : Indices de diversité par placettes (ligneux)	58
ANNEXE 11 : Boxplot de la richesse spécifique et l'indice de Shannon en fonction des sites	59
ANNEXE 12 : Tableau des résultats des tests MANOVA réalisés entre les facteurs des plantations et les indices de diversité	60
ANNEXE 13 : Tests de Tuckey	61
Annexe 14 : Résultats tests significativité cca	62
ANNEXE 17 : Tableau des espèces ligneuses dominantes	63
ANNEXE 16 : Répartition des types phytosociologiques par chronoséquence	65
ANNEXE 17 : Résultats MANOVA des facteurs structuraux	65
Annexe 18 : Sélectivité aviaire	65

1. INTRODUCTION

Les forêts tropicales, essentielles pour le climat et la biodiversité, subissent une déforestation massive, avec 178 millions d'hectares perdus entre 1990 et 2020 (FAO, 2022). Pour ralentir cette tendance, plusieurs initiatives de reforestation sont lancées, comme le Challenge de Bonn et AFR100, qui visent à restaurer des millions d'hectares de forêts d'ici 2030 (Parr et al., 2024). Certains projets de restauration reposent sur des plantations forestières intensives (Erskine et al., 2005), qui répondent à la demande croissante de bois tout en offrant des bénéfices environnementaux (réhabilitation des sols, protection contre les feux) et socio-économiques (développement des filières bois, agroforesterie) significatifs (Amazonas et al., 2018 ; Bisiaux et al., 2009). Bien qu'elles ne couvrent que 3% de la surface forestière mondiale, ces plantations produisent près de la moitié du bois industriel mondial et jouent un rôle clé dans de nombreux pays (Simões et al., 2024).

Introduites en 1988 en République du Congo (Lubalega et al., 2017), les plantations d'espèces exotiques connaissent une forte expansion (Bernhard-Reversat et al., 1993). Particulièrement suite au lancement du Programme National d'Afforestation et de Reboisement (ProNAR) en 2011, qui ambitionne de reboiser 1 million d'hectares en 10 ans, majoritairement dans les zones de savanes du centre Congo avec notamment 200 000 ha dans la région du Pool (Feintrenie et al., 2014). Cette initiative est donc cruciale dans cette région, située au nord de Brazzaville, où les pressions anthropiques sont intenses. L'agriculture sur brûlis et les besoins croissants en bois énergie ont entraîné une diminution de 75% des stocks forestiers des plateaux en 28 ans (Proces et al., 2018 ; Gillet et al., 2016). Pour répondre à ces enjeux de restauration, les espèces les plus communément utilisées dans cette région sont l'*Eucalyptus*, le *Pin* et l'*Acacia* (Bisiaux et al., 2009 ; Proces et al., 2018), appréciées pour leur croissance rapide et leur facilité à pousser en milieux peu fertiles notamment les sols très pauvres et acides des plateaux Batéké (Proces et al., 2018). Ces plantations visent à répondre à des objectifs multiples. Les *Acacias auriculiformis* (Aa) sont destinés à être utilisés pour la production de charbon permettant de réduire la pression sur les forêts naturelles souvent dégradées pour le bois de chauffe. La rotation des Aa est de 8 ans ce qui est relativement court et permet un approvisionnement en bois régulier. Les *Acacias mangium* (Am) présentent une rotation plus longue de 20 ans, cela permet ainsi d'avoir un stock de carbone sur pied conséquent et de produire du bois d'œuvre. Outre la séquestration de carbone, les *Acacias (auriculiformis et mangium)* sont des espèces fixatrices d'azotes qui permettent l'amélioration de la fertilité des sols via l'augmentation du taux de matière organique (1,9% en 17 ans) et du taux d'azote. Le reboisement permet également de recréer un environnement forestier potentiellement propice à la régénération d'espèces forestières en sous-bois (Bisiaux et al., 2009).

Bien que les plantations présentent une alternative intéressante pour la production de bois, celles-ci soulèvent également plusieurs inquiétudes au sein de la communauté scientifique quant à leurs impacts sur la biodiversité et la conversion d'habitats de savane en forêts monospécifiques (Brockhoff et al., 2008). L'allélopathie est souvent considérée comme un obstacle majeur à l'expression de la biodiversité sous plantation d'*Eucalyptus* et d'*Acacias*. L'accumulation des feuilles sur le sol crée une litière épaisse qui empêche le développement d'autres espèces en sous-bois (Bernhard-Reversat, 1998), ce qui leur vaut parfois l'appellation de désert biologique (Brockhoff et al., 2008 ; Simões et al., 2024). Par ailleurs, les plantations sont implantées sur des savanes considérées comme zones dégradées et dont la biodiversité est souvent érodée par des feux fréquents et incontrôlés. Cependant, les savanes étant brûlées depuis plusieurs milliers d'années, celles-ci abritent également des espèces savaniques inféodées à ces habitats et qui doivent donc être

préservés (Walters et al., 2022). Des études ont montré des résultats contrastés quant à la capacité des monocultures à soutenir les espèces indigènes et favoriser la régénération des forêts (Simões *et al.*, 2024). La régénération sous acacias a notamment été étudiée en Australie par (Yeo & Fensham, 2014), Indonésie par (Otsamo, 2000a) et au Bénin (Ajavon et al., 2019). Les articles démontrent l'effet catalytique des plantations via le recrutement d'espèces forestières natives et la création d'un écosystème propice à leur développement notamment lorsque celles-ci sont localisées proches de forêts natives (Longworth & Williamson, 2018). (Norisada *et al.*, 2005) démontre le potentiel de l'*Am* comme « nurse tree » pour la reforestation d'espèces indigènes sur les sols dégradés de la péninsule malaise en Asie du sud Est. Au Congo, plusieurs études de la biodiversité sous plantation présentent des résultats similaires mais celles-ci se concentrent majoritairement sur les Eucalyptus (Loumeta & Bernhard-Reversat, 1997 ; Tassin et al., 2011). (Bernhard-Reversat & ed, 2001) et (Lubalega et al., 2017) ont réalisé des études exhaustives sur l'impact des plantations d'*Eucalyptus*, de *Pins* et d'*Acacias* sur la biodiversité (flore et faune) et la fertilité du sol. Ces études constatent la reconstitution d'un écosystème forestier secondaire ainsi qu'une forte augmentation de la matière organique et des activités biologiques dans les sols.

Face à l'augmentation des surfaces plantées en *Aa* et *Am* au Congo et aux interrogations que cela suscite, il est essentiel d'étudier ces phénomènes. Par ailleurs, le développement des marchés carbonés impacte indirectement le devenir des plantations qui s'orientent aujourd'hui vers des essences à rotations plus longues tel que l'*Am*. Ces changements de pratiques nouveaux peuvent favoriser le développement de la biodiversité et le processus de régénération forestière sous plantation.

Cette étude examine les effets des plantations d'*Acacia mangium* (*Am*) et *auriculiformis* (*Aa*) sur la diversité floristique et faunistique, en fonction de l'âge, du site et des essences plantées. Nous analysons l'évolution de la diversité en sous-bois et la fréquentation faunique, tout en comparant avec la biodiversité des savanes et forêts environnantes. **La problématique centrale est donc de déterminer dans quelle mesure ces plantations peuvent favoriser la régénération forestière et offrir un habitat stable à la faune ?**

Pour cela nous nous baserons sur plusieurs hypothèses pré établies :

- 1) L'évolution de la biodiversité floristique sous plantations est corrélée positivement à l'âge des plantations.
- 2) Les facteurs structuraux des plantations (densité, canopée, âge, essence) influencent la biodiversité
- 3) Les plantations peuvent catalyser la régénération d'espèces de forêts secondaires.
- 4) Les plantations mises en défense représentent un habitat potentiel stable pour la faune.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. SITE D'ETUDE

Les plateaux Batéké sont formés d'une série de 5 plateaux, Koukouya, Djambala, Nsa, Ngo et Mbé/Batéké (Nieto- Quintano *et al.*, 2018) et s'étendent sur 4 pays, République du Congo, le Gabon, la République Démocratique du Congo et l'Angola pour une superficie totale de 120.000 km². Les plateaux se situent à des altitudes entre 600 et 800m avec un relief globalement plat entaillé par le réseau hydrographiques (Proces *et al.*, 2018).

D'un point de vue géologique, les plateaux Batéké sont considérés comme surface structurale d'âge pléistocène représentant une pénéplaine d'accumulation de sédiments détritiques. Les plateaux Batéké se sont formés en deux phases de dépôts de sables éolien du Kalahari, créant une couche supérieure de limons sableux (série néogène du Tertiaire moyen il y a 20 millions d'années) surmontant des grès polymorphes (série paléogène du Crétacé supérieur, il y a 50 millions d'années) (Descoings, 1972 ; FRM, 2022 ; Lubalega *et al.*, 2017). Les sols de la zone sont des sols ferralitiques lessivés en fer et en argile formés sur un matériau sableux. Ce sont donc des sols pauvres, acides et avec une faible réserve utile (Djondo, 1995).

Les plateaux Batéké sont des plateaux majoritairement composés d'une mosaïque de savanes herbacées et arbustives et de forêts galeries subsistantes, nichées dans les flancs des vallées encaissées (Walters *et al.*, 2022 ; Bisiaux *et al.*, 2009). La végétation des plateaux Batéké est largement dominée par des espèces herbacées telles que *Loudetia arundinacea*, *Loudetia simplex*, et *Andropogon schirensis* en savanes herbeuses. En savane arbustive on retrouve majoritairement *Digitaria uniglumis*, *Hyparrhenia diplandra* pour la strate herbacée et *Bridelia ferruginea*, *Hymenocardia acida*, *Annona arenaria*, *Psorospermum febrifugum* Spach pour la strate arbustive (Bisiaux *et al.*, 2009 ; Koechlin, 1961). Ces savanes sont fortement anthropisées et fréquemment brûlées en saison sèche pour l'agriculture sur brûlis et la chasse. La pratique du feu datant de plus de 2100 BP, est à l'origine de la présence d'espèces de forêts souterraines faites de suffrutices géoxyliques, et/ou d'herbacées ayant des organes de stockage souterrains ou une floraison stimulée par le feu (Walters *et al.*, 2022).

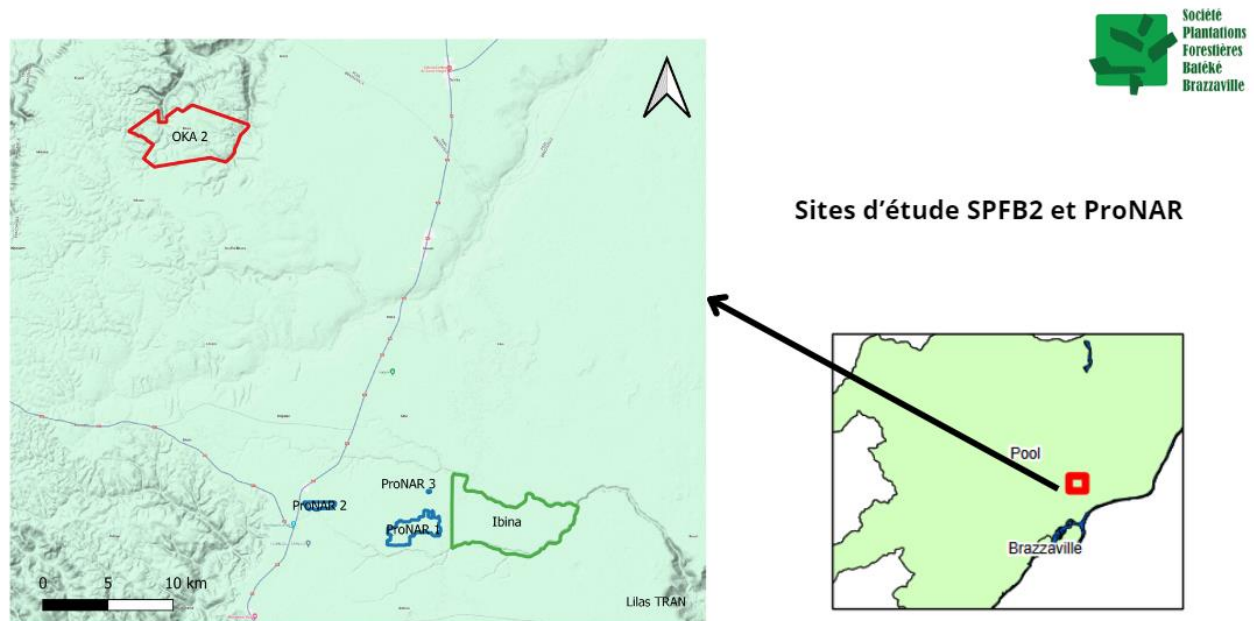
Le climat est tropical humide de type soudanien (type AW4 selon la classification de Köppen) et comprend une grande saison sèche (de mi-mai à mi-septembre) et une grande saison des pluies (de mi-septembre à mi-mai). La pluviométrie annuelle est de 1 498 mm (± 253 mm) et l'humidité relative journalière est de 80 % en moyenne (Proces *et al.*, 2018 ; Bernhard-Reversat *et al.*, 1993). Les pics de pluies sont observés au mois de novembre, pour le premier, et entre les mois de mars et d'avril, pour le second. La température moyenne est de 26°C avec une amplitude thermique annuelle de 14°C (Bisiaux *et al.*, 2009).

2.2. DOMAINES DE PLANTATIONS ETUDIES

SPF2B est une filiale de Forest Resource Management (FRM) spécialisée dans la gestion des plantations forestières et agroforestières en République du Congo. Les essences plantées sont majoritairement l'*Am*, l'*Aa* et l'*Eucalyptus*. Les plantations SPF2B sont situées sur les plateaux Batéké à environ 100 km de la ville de Brazzaville sur la route nationale n° 2. Elles couvrent environ 10.000 ha et sont composées de cinq blocs dont quatre domaines de plantation Ibina, Oka Ecole 1, Oka Ecole 2 (figure 1), Ingah et un site pour la pépinière situé à Dieuleveut.

Notre étude est réalisée sur trois domaines différents :

- 5) Ibina, domaine de SPF2B couvrant une superficie d'environ 3246 ha et est principalement planté en *Aa* et *Am*. Les premières plantations datent de 2018.
- 6) Oka 2, situé plus au nord que le site d'Ibina, couvre une superficie d'environ 3012 ha et est constitué de deux espèces d'*Acacias* (*mangium* et *auriculiformis*). Les premières plantations ont été réalisées en 2020.
- 7) Les plantations publiques du PRONAR (projet d'afforestation nationale) lancées en 2013 sont situées proches d'Ibina et sont composées majoritairement d'*Eucalyptus* et *Aa* représentant environ 2000 ha (voir figure



1).

Figure 1 Localisation des trois domaines de l'étude (source : Lilas Tran)

2.3. ACQUISITION DES DONNEES

Pour cette étude, nous avons établi trois protocoles distincts. Un protocole pour l'étude floristique, faunistique et dendrométrique.

Les 3 inventaires dans les différents domaines ont été réalisés sur 3 mois de terrain de fin avril à fin juillet. L'équipe était composée de 6 étudiants forestiers.

2.3.1. INVENTAIRE FLORISTIQUE

L'inventaire floristique est une méthode systématique utilisée pour recenser et documenter la diversité des plantes présentes dans une région spécifique, telle qu'une forêt, une prairie, une réserve naturelle ou même un pays entier. Il vise à établir une liste exhaustive des espèces végétales présentes dans un écosystème donné (Lejoly, 1993).

Pour l'inventaire floristique, nous avons fait le choix de diviser celui-ci en 2 sous inventaires, un inventaire systématique pour les espèces ligneuses et un inventaire qualitatif pour les espèces non-ligneuses. Cela permettra plus tard d'étudier la biodiversité sous plantation et sa régénération de façon plus précise. Ce protocole est inspiré de la méthode mise en place

dans l'article de (Loumeto & Huttel, 1997) qui étudie la régénération sous plantation d'*Eucalyptus* vers Loudima au sud du Congo.

2.3.1.1 Mise en place des placettes permanentes

Les inventaires floristiques et dendrométriques sont réalisés dans des placettes permanentes de 25 x 25m (625 m²) que nous matérialisons à l'aide de jalons et de rubans de signalisation.

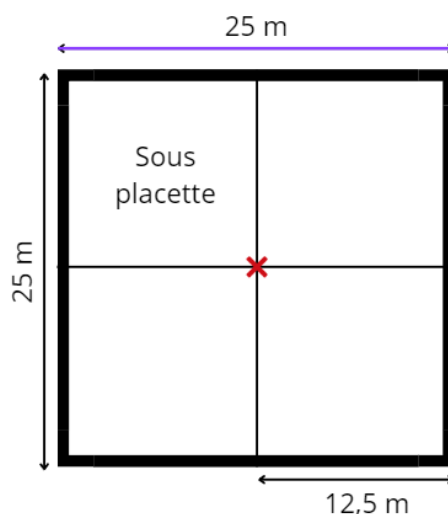


Figure 2: Placette permanente

Le centre de la placette, placé en premier, est géolocalisé et nommé Aa_X (*A. auriculiformis*) ou Am_X (*A. mangium*) selon l'essence et avec X correspondant à l'âge de la chronoséquence.

Dans chaque site, nous avons mis en place 3 placettes permanentes par chronoséquence d'Aa et d'Am. Nous avons fait le choix de faire 3 placettes par chronoséquences et par essence afin d'avoir un effort d'échantillonnage similaire nous permettant de comparer les données facilement. Nous avons également mis en place des placettes témoins dans les écosystèmes environnants les plantations. Avec notamment 2 placettes en savanes proches d'Ibina, 2 placettes en savanes proches d'Oka 2 et 2 placettes dans la forêt naturelle qui borde les plantations d'Oka 2.

Les 11 placettes d'étude utilisées par Jess BAHAMBOULA l'année dernière ont été réinstallées, puis de nouvelles placettes ont été ajoutées pour compléter les chronoséquences. Au total, 50 placettes ont été mises en place : 32 en plantation d'Aa et 12 en plantation d'Am, et 6 placettes témoins (voir les détails dans les annexes 1 et 2).

2.3.1.2 Inventaire des ligneux

Lors de l'inventaire, chaque individu ligneux est mesuré (hauteur et diamètre) à l'aide d'une règle métallique et d'un pied à coulisses. Les individus sont ensuite identifiés (espèce et genre) sur le terrain. La régénération sous plantation étant encore jeune, nous avons fait le choix de prendre un diamètre minimal de mesure de 0,1 cm. Nous avons également inclus les lianes ligneuses dans cet inventaire.

Ce protocole est réalisé uniquement dans les placettes permanentes des plantations et non dans les placettes témoins car l'objectif de cet inventaire est l'étude de la régénération sous plantations. Les placettes témoins ont pour but de comparer la biodiversité sous plantations

à celle des témoins. Ainsi dans les placettes témoins les ligneux ont été identifiés mais n'ont pas été mesurés.

Pour les ligneux inférieurs à 2m de hauteur, le diamètre est mesuré au collet. Lorsque la hauteur est supérieure à 2m, le diamètre est mesuré à 1m30. De même, la hauteur est mesurée avec la règle pour les ligneux <2m et au dendromètre pour ceux supérieurs à 2m de hauteur.



Figure 5: Mesure de la hauteur d'un ligneux (*Albizia adianthifolia*)



Figure 3: Mesure du diamètre à l'aide d'un pied à coulisse



Figure 4: Identification par M. Ndzaï

L'identification des espèces a été réalisée avec l'aide d'un expert botaniste M. Ndzaï sur le terrain et en s'appuyant également sur des livres botaniques sur la flore du Congo. Les ligneux non identifiés sur le terrain ont été pris en photo, nommés (inconnu X) et identifiés ultérieurement.

2.3.1.3 Inventaire des non ligneux

Les espèces non ligneuses étant très difficiles à dénombrer et à mesurer de par leur forte abondance, un protocole différent est utilisé. Celui-ci est inspiré par l'article (Ajavon *et al.*, 2019) qui étudie la diversité floristique des sous-bois des plantations d'*Aa* au Bénin.

Dans la placette, tous les non ligneux sont identifiés (ou pris en photo en cas de difficultés d'identification) et dénombrés de façon qualitative. Une fois la phase d'identification terminée, on affecte sur le terrain un coefficient d'abondance, une strate dominante et un indice de sociabilité pour chaque espèce recensée. Comme pour les ligneux l'identification est faite avec l'aide de M. Ndzaï et des guides botaniques.

Le coefficient d'abondance-dominance est une estimation globale de la densité (nombre d'individus ou abondance) et du taux de recouvrement (dominance) de l'échantillon (Gillet, 2000). On affectera à chaque espèce identifiée un coefficient d'abondance – dominance en se basant sur l'échelle de Braun Blanquet (1932) (Meddour, 2011) :

- 5 : espèce couvrant 75 à 100 % de la surface du relevé avec RM = 87,5 % ;
- 4 : espèce couvrant 50 à 75 % de la surface du relevé avec et à RM = 62,5 % ;
- 3 : espèce couvrant 25 à 50 % de la surface du relevé avec RM = 37,5 % ;
- 2 : espèce couvrant 5 à 25 % de la surface du relevé avec RM = 15 % ;

- 1 : espèce couvrant 1 à 5 % de la surface du relevé avec RM = 3 % ;
- + : espèce couvrant moins de 1 % de la superficie du sol avec RM = 0,5 %;

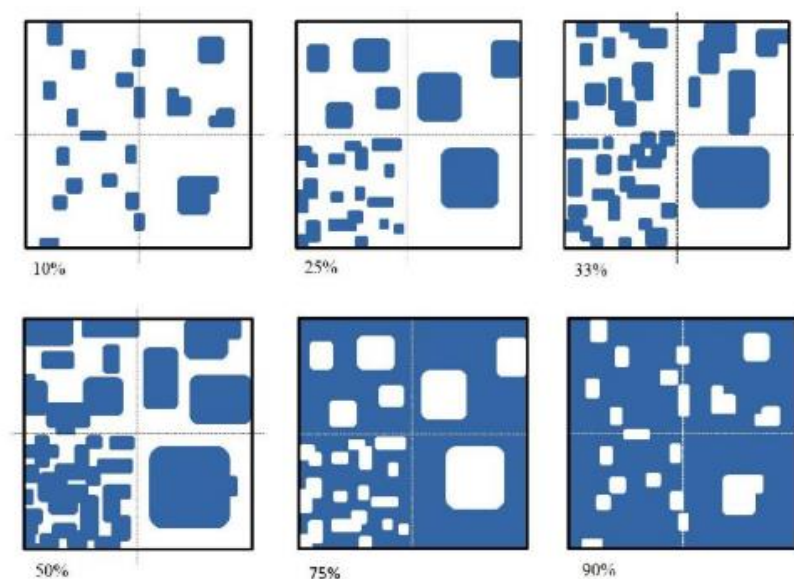


Figure 6: Représentation des indices de recouvrement de la végétation selon (Delassus, 2015)

Afin de compléter les données, une strate dominante et un indice de sociabilité ont été attribués à chaque espèce. Ces données n'ont pas été utilisées dans le cadre de notre étude. Ainsi les détails du protocole sur l'attribution de ces indices sont en annexe 3 du document.

Afin d'éviter des confusions, l'inventaire floristique est réalisé de façon méthodique. L'inventaire est réalisé interligne par interligne d'arbres sous plantations et par sous placettes dans les placettes témoins.



Figure 7 : Inventaire des non ligneux sur le terrain



Figure 9 : Photo d'un inconnu avec en fond la fiche de données

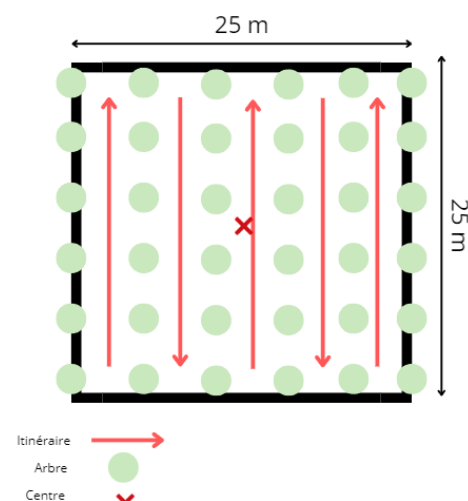


Figure 8 : Itinéraire inventaire en plantation

2.3.1.4 Mesure de la litière

Dans chaque placette permanente, 4 mesures d'épaisseur de la litière ont été réalisées à l'aide d'une règle métallique. L'épaisseur retenue est la moyenne des 4 mesures.

Données et travail bibliographique

Toutes les données sont ensuite reprises dans un tableau Excel. Suite à cela, un long travail de bibliographie a été réalisé pour renseigner les caractéristiques écologiques de chacune des espèces ligneuses inventoriées. Nous nous sommes focalisés sur le type de dissémination, le type phytosociologique et le type d'habitat.

2.3.2. INVENTAIRE FAUNIQUE

L'inventaire faunistique a pour but d'identifier la diversité d'espèces animales présentes dans les plantations et autour de celles-ci (savanes, forêts).

Nous avons fait le choix de réaliser nos inventaires le long de transects linéaires préalablement établis. La méthode des transects consiste à évoluer sur une ligne linéaire de longueur déterminée en notant les signes directs ou indirects de présence animale.

Afin d'enrichir nos observations, nous avons également mis en place des marches de REConnaissanCE ou reconnaissance survey (RECCE) entre chaque transect. Le RECCE consiste à faire des observations en se déplaçant sur des chemins de moindre résistance (pistes d'animaux, pistes humaines, sous-bois clairs, lignes de crête, etc.) tout en suivant un cap général constant (début du transect suivant dans notre cas) mais avec une plus grande flexibilité dans le choix de l'itinéraire que le transect (Maréchal & Bastin, 2008).

Dans notre protocole nous avons placé les transects de façon aléatoire au sein des plantations et autour des plantations en prenant cependant soin de parcourir l'intégralité des zones à étudier. Nous avons adapté la taille des transects et des RECCE en fonction de la taille des plantations et donc de la zone à étudier. Sur le terrain, la navigation le long des transects était réalisée avec l'aide de GPS Garmin et d'une boussole pour vérifier la direction.

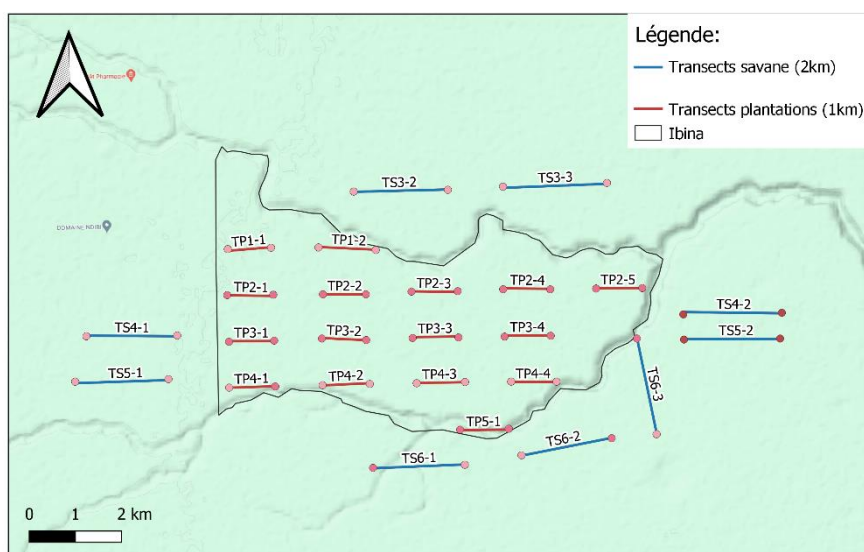


Tableau 1 : Transects et RECCE Ibina

	Longueur (Transect/ RECCE)	Nombre de transects	Distance totale parcourue
Plantations	1 km	16	16 km
Savane	2 km	9	18 km
Forêt	X	0	0
RECCE	1 km	24	24 km

Figure 10: Transects réalisés à Ibina (source : Lilas Tran)

Tableau 2: Transects et RECCE Oka 2

	Longueur (Transect/ RECCE)	Nombre de transects	Distance totale parcourue
Plantations	1 km	8	8 km
Savane	1 km	11	11 km
Forêt	1 km	4	4 km
RECCE	500 m	22	11 km

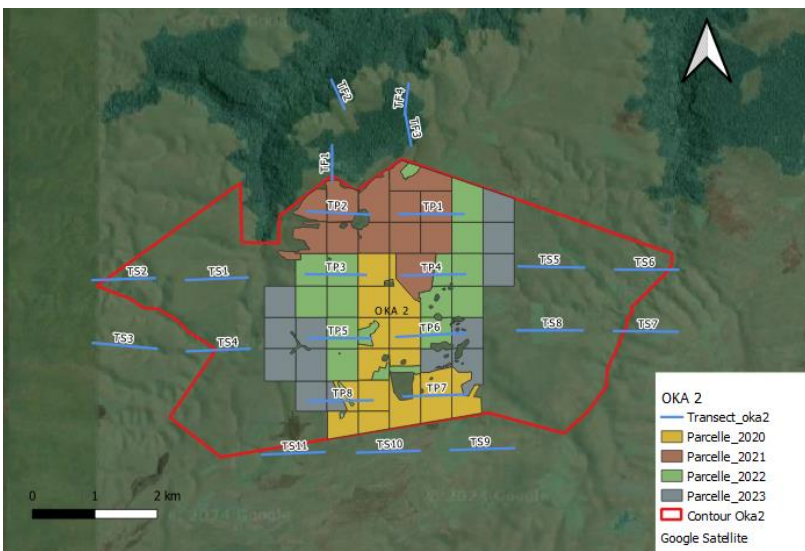


Figure 11: Transects réalisés à Oka 2 (source : Lilas Tran)

Pour la faune, il existe différentes méthodes d'identification telles que la reconnaissance visuelle et l'étude des signes indirects, des pièges photographiques et les prélèvements ADN. Dans notre cas, l'étude s'est basée sur les observations visuelles directes à l'aide de jumelles et les observations de signes indirectes notamment les signes sonores (chants, cris etc..) et visuels (empreintes, excréments, traces d'alimentation).

Tous les transects et RECCE ont été réalisés en présence de chasseurs locaux qui nous ont aidés à identifier les espèces. La majeure partie du temps, les chasseurs nommaient les noms des animaux dans leur langue locale. S'en suivait alors une deuxième phase d'identification visuelle des mammifères et oiseaux, avec les chasseurs, en s'appuyant sur deux œuvres :

- *The kingdom field guide to African mammals* de Jonathan Kingdon (Kingdon, 2015)
- *Birds of the Republic of Congo* de Wolfgang J. Daunicht (Daunicht, 2012)



Figure 12: Empreinte de *Canis adustus* (chacal à flanc rayés)



Figure 14: Empreinte de céphalophe bai



Figure 13 : Plume de pintade de Numidie

2.3.3. DENDROMETRIE

Les mesures dendrométriques des *Acacias* sont réalisées dans toutes les placettes permanentes (Ibina, ProNAR et Oka 2). Pour notre étude, seules les données portant sur la surface terrière et la densité des *Acacias* seront utilisées.

2.3.3.1 Mesure de la hauteur

Les mesures de hauteur des *Acacias* sont réalisées au dendromètre ou au clinomètre en prenant en compte la pente qui sera mesurée préalablement.

2.3.3.2 Mesure du DBH

Les mesures de DBH seront mesurées à l'aide d'un ruban diamétrique à 1m30 du sol.

Lors des mesures dendrométriques, il existe différents cas particuliers qui sont précisés en annexe 4.

Calcul de la surface terrière et de la densité par placette

Une fois les mesures réalisées, les données sont insérées dans un tableau Excel dans lequel on calculera la densité et la surface terrière des *Acacias*.

2.4. ANALYSE DES DONNEES

Les analyses statistiques sont réalisées intégralement sur R studio.

2.4.1. ANALYSE DES DONNEES FLORISTIQUES

2.4.1.1 Description des échantillons

L'exhaustivité de l'inventaire floristique a été évaluée via la création de courbe de raréfaction pour chaque écosystème (plantations *Aa* et *Am*, savane et forêt) grâce à la fonction *specaccum* du package *vegan*.

Les espèces indicatrices des différentes chronoséquences sont identifiées avec la fonction *Indval* du package *vegan*.

2.4.1.2 Diversité β , évolution et facteurs environnementaux

La diversité β , mesurant les différences de composition entre placettes, a été analysée via la matrice de similarité de Jaccard (Otsamo, 2000b), représentée sous forme de dendrogramme. Les analyses ont été réalisées à l'aide de la fonction *vegdist* du package *vegan* (Oksanen *et al.*, 2022).

La composition spécifique des ligneux et non-ligneux a été explorée séparément grâce à des Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS). Les NMDS sont basées sur les matrices d'abondances des espèces ligneuses et non ligneuses et permettent de projeter les placettes dans un espace à deux dimensions, reflétant la similarité de leur composition floristique en intégrant l'abondance. Les groupes sont ensuite identifiés par la méthode de clustering. Les NMDS sont suivies de tests PERMANOVA pour évaluer la significativité des modèles.

2.4.1.3 Étude des indices de diversité α et leur évolution

Pour évaluer la biodiversité α (échelle locale) au sein des placettes et son évolution dans le temps, nous avons calculé la richesse spécifique (nombre d'espèces identifiées) et les indices de diversité Shannon, Simpson et Piélou.

- L'indice de diversité de Shannon (1948) exprime la diversité des espèces au sein des communautés végétales. Il est calculé à partir de la formule suivante :

Équation 1 : Indice de Shannon

$$H' = - \sum P_i \log P_i$$

Avec P_i , le poids de l'espèce i dans la communauté.

- L'indice de Simpson correspond à la probabilité que deux individus tirés au hasard soient d'espèces différentes (Marcon, 2015). Il est calculé à partir de la formule :

Équation 2 : Indice de Simpson

$$E = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

Avec n_i , le nombre d'individus de l'espèce i , N le nombre total d'individus et S le nombre total d'espèces.

- Indice de Pielou, il mesure l'équitabilité ou l'homogénéité de la répartition des abondances. Il est calculé à partir de la formule suivante :

Équation 3 : Indice de Pielou

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

Avec H' l'indice de Shannon et S le nombre total d'espèces dans l'échantillon.

Des tests ANOVA suivis de tests post hoc de Tuckey ont permis d'étudier l'influence des différents facteurs des plantations. Des régressions linéaires simples sont utilisées pour dégager des tendances d'évolution de la biodiversité et répondre à notre hypothèse 1.

2.4.1.4 Structure et composition de la régénération

L'étude de la régénération permet de répondre à l'hypothèse 3, selon laquelle les plantations catalysent la régénération forestière. Une Analyse Canonique des Correspondances (CCA) a été réalisée grâce à la fonction *cca* du package *vegan*. Cette méthode d'analyse multivariée permet d'examiner les relations entre la composition des communautés ligneuses et les variables environnementales (litière, densité d'acacias, type de plantation, âge) (Loumeto & Huttel, 1997) afin de répondre à notre hypothèse 2. Des tests de permutation sont appliqués pour évaluer la significativité du modèle.

La structure diamétrique de la régénération est illustrée avec un diagramme des classes de diamètre. Les classes de diamètre sont générées en utilisant la méthode des quartiles, qui divise les données en quatre parts égales. Cette approche permet d'analyser la répartition des diamètres.

L'influence des facteurs structuraux sur la régénération ligneuse a été analysée à l'aide de tests ANOVA. La matrice de distance de Bray-Curtis, réalisé grâce à la fonction *ecodist* du package *vegan*, a permis d'identifier l'impact des différents facteurs. Des régressions linéaires sont ensuite utilisées pour examiner les tendances.

2.4.2. ÉTUDE DE LA FAUNE

2.4.2.1 Calcul des Indice Kilométrique d'Abondance

L'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) permet de mesurer le taux de rencontre par kilomètre relative aux indices de présence (observations directes et indirectes) des espèces. Les distances parcourues étant différentes, l'IKA permet de pondérer nos résultats.

IKA: Indice Kilométrique d'Abondance

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

N : Nombre de signes de présence

D : Distance parcourue

2.4.2.2 Analyse de la distribution spatiale des espèces

La densité des observations est représentée avec une carte de chaleur permettant de visualiser la densité des observations par un gradient de couleurs dans les différents domaines. Toutes les cartes sont réalisées avec le logiciel QGIS.

3. RESULTATS

3.1. ÉTUDE DE L'INVENTAIRE FLORISTIQUE

3.1.1. DESCRIPTION DE L'INVENTAIRE

Lors de l'inventaire floristique, 194 espèces ont été recensées sous plantations avec 138 genres et 60 familles. Parmi ces espèces, 87 sont ligneuses et 107 non ligneuses. En termes de famille, on retrouve en majorité les POACEAE (11%), les ASTERACEAE (9%), les RUBIACEAE (8%) et les FABACEAE (6 %). En savane, 62 espèces sont décomptées, représentées par 26 familles.

À l'échelle des domaines d'Ibina, Oka 2 et ProNAR, on décompte respectivement 113, 109 et 116 espèces avec 30, 46 et 58 espèces ligneuses. Dans les 3 sites, les familles dominantes sont les POACEAE (environ 13%), les ASTERACEAE (environ 13%). OKA 2 et le ProNAR ont également une forte présence de RUBIACEAE avec respectivement 12 et 6%.

Les 3 sites ont en commun 45 espèces et 25 familles. À Ibina et Oka 2, une cinquantaine d'espèces des savanes ont été identifiées et seulement 35 au ProNAR. Lorsque l'on compare aux forêts inventoriées proches d'Oka 2. On constate qu'OKA 2 et ProNAR partagent une quinzaine d'espèces retrouvées dans les forêts galeries tandis que Ibina ne présente que 6 espèces en commun. Pour plus de détails voir annexe 5.

Les espèces indicatrices ont été identifiées avec *Indval* par chronoséquence sont indiquées en annexe 6.

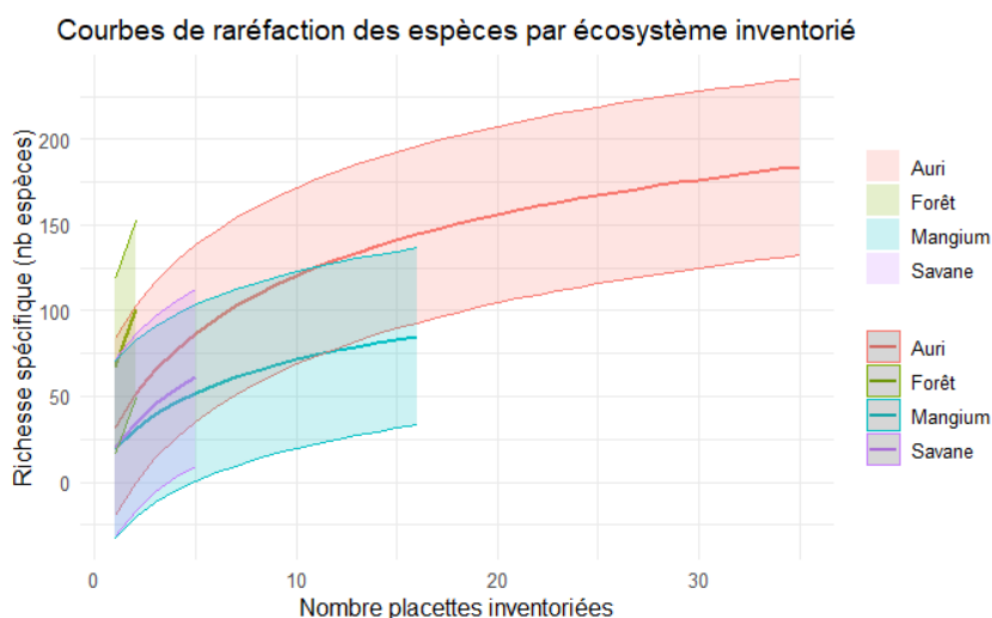


Figure 15: Courbe de raréfaction par écosystème inventorié (*Aa*, *Am*, forêt, savane) et zones d'incertitudes

La courbe de raréfaction (figure 15) nous permet d'évaluer l'exhaustivité de notre échantillon. On constate que les plateaux n'ont pas été atteints, la richesse spécifique exacte n'a donc pas été identifiée pour chaque écosystème.

3.1.2. COMPARAISON DE LA COMPOSITION FLORISTIQUE GLOBALE (LIGNEUX ET NON LIGNEUX) DES DIFFERENTS ECHANTILLONS

Le dendrogramme, conçu à partir de la matrice de distance de Jaccard (figure 16), nous permet de comparer la composition globale (incluant ligneux et non ligneux) entre les différentes chronoséquences et les placettes témoins.

En termes de composition floristique, des similarités sont identifiées entre les échantillons des plantations plus âgées (*Aa* et *Am* entre 6 et 10 ans) et les forêts et entre les jeunes placettes et les savanes (figure 16).

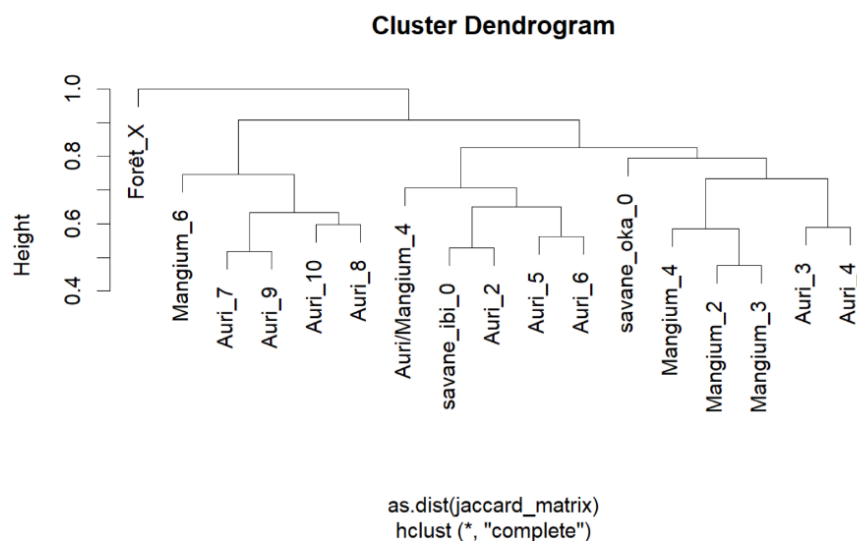


Figure 16: Dendrogramme basé sur la matrice de Jaccard réalisée à partir de la matrice absence/présence (ligneux et non-ligneux)

La répartition des indices de similarité de Jaccard a été analysée en annexe 7.

Les NMDS (figure 18 et 19) et l'analyse de clustering révèlent deux groupes distincts chez les espèces ligneuses (figure 18) : le premier groupe regroupe les placettes jeunes et les savanes, tandis que le second inclut les placettes plus âgées.

En revanche, pour les espèces non ligneuses (figure 17), les clusters montrent une forte superposition, indiquant une faible différenciation floristique entre les placettes.

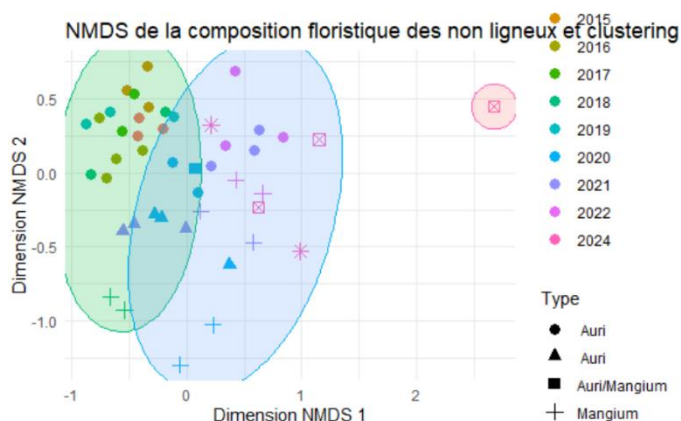


Figure 17: NMDS composition floristique des espèces non ligneuses basé sur la matrice d'abondance (o : placettes et + : espèces)

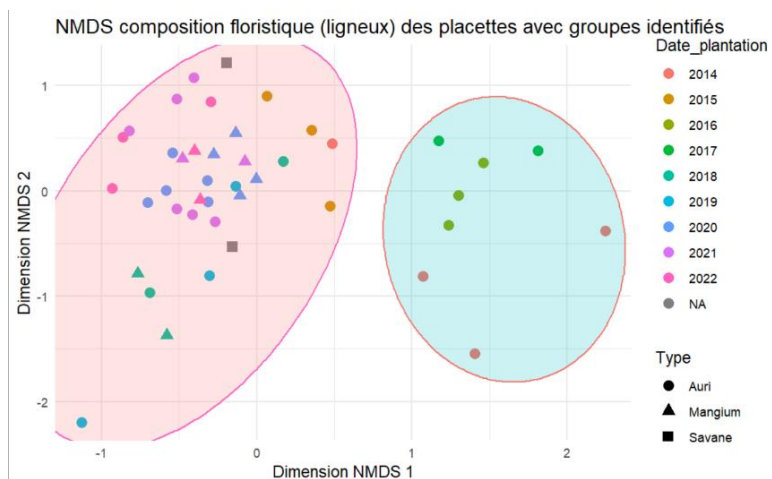


Figure 18: NMDS composition floristique des espèces ligneuses basé sur la matrice d'abondance (o : placettes et + : espèces)

Une PERMANOVA (résultats détaillés annexe 8) est réalisée après chaque NMDS indique :

- Pour les ligneux, le modèle est très significatif ($***P < 0,001$) avec $R^2 = 0,519$. Les facteurs type, date et site de plantation expliquent 52% de la variabilité de la composition ligneuse.
- Pour les non ligneux, le modèle est très significatif ($***P\text{-value} < 0,001$) avec $R^2 = 0,570$. Ainsi les facteurs type, date et site de plantation expliquent 57% de la variabilité de la composition floristique.

3.1.3. ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DE LA DIVERSITÉ ALPHA

L'objectif est d'évaluer les différences significatives de composition floristique des ligneux et non-ligneux entre les chronoséquences.

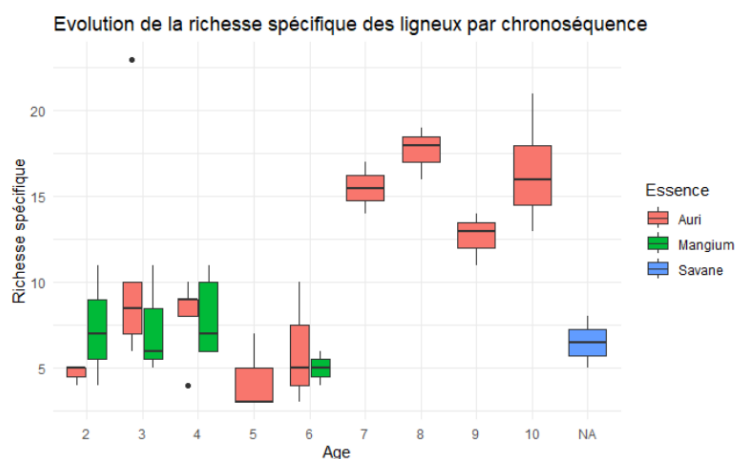


Figure 19: Richesse spécifique de la communauté des ligneux par âge (2 à 10ans) des plantations et des savanes (NA)

La figure 19 démontre une forte différence de richesse spécifique chez les ligneux entre les plantations plantées entre 2014 et 2017 et celles entre 2018 et 2022.

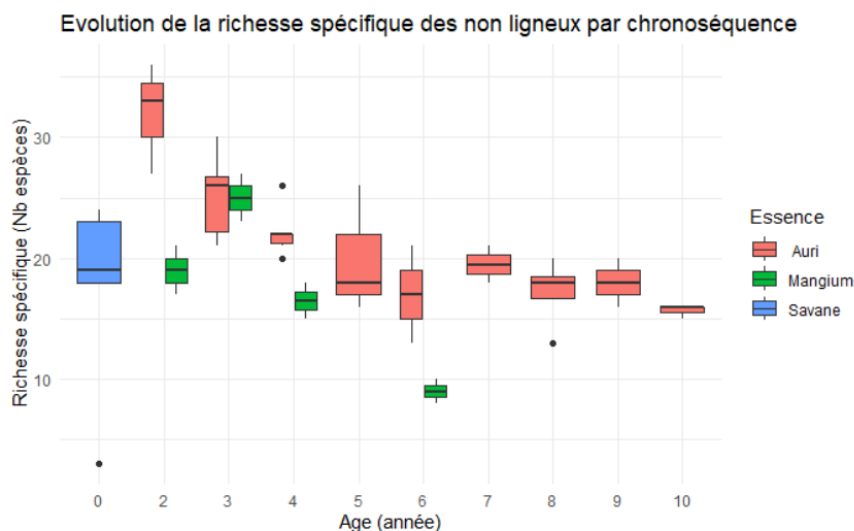


Figure 20: Richesses spécifiques des non ligneux en fonction de l'âge des plantations et des savanes (0 ans)

En comparant les boxplots, on observe que la richesse spécifique des espèces ligneuses tend à augmenter avec l'âge (figure 19), tandis que celle des espèces non ligneuses montre une légère diminution avec l'âge (figure 20). Les plantations plus jeunes présentent une richesse spécifique proche de la savane (NA). On observe les mêmes tendances pour les indices de Shannon présentés (en annexe 9) et les sites (annexe 11) avec le tableau des indices en annexe 10.

Les tests ANOVA (voir tableau des résultats en annexe 12), effectués sur les facteurs (type de plantation, âge, site) et les indices de diversité confirment nos hypothèses :

- Pour les ligneux, la richesse spécifique, les sites et l'âge présentent des *p-values < 0,05 significatifs, ce qui nous permet de conclure qu'il existe des différences significatives de biodiversité entre les placettes d'âges et de sites différents. En revanche, l'essence plantée ne semble pas avoir d'effet significatif.
- Pour les non ligneux, l'âge et l'essence semblent avoir un impact significatif (*pvalue<0,05) sur la diversité et l'abondance des espèces.

Une comparaison post-hoc avec le test de Tuckey est réalisée, permettant de comparer chaque paire de groupes. (Voir annexe 13).

Ci-dessous un tableau récapitulatif des indices moyens par âge pour les ligneux.

Tableau 3: Moyenne des indices de diversité des ligneux par âge

Age (ans)	Richesse spé	Shannon	Simpson	Pielou
2	6.0+/-2.68	1.28+/-0.41	0.643+/-0.123	0.73+/-0.12
3	9.44+/-5.50	1.45+/-0.423	0.65+/-0.140	0.68+/-0.11
4	8.0+/-2.21	1.46+/-0.137	0.696+/-0.044	0.72+/-0.10
5	4.33+/-2.30	1.11 +/-0.226	0.628+/-0.072	0.83 +/-0.15
6	5.50+/-2.42	1.07+/-0.249	0.54+/-0.148	0.68+/-0.20
7	15.5 +/- 2.12	1.24+/-0.441	0.48 +/-0.17	0.45+/-0.13
8	17.67+/- 1.52	2.13 +/-0.334	0.803+/-0.084	0.74+/-0.094
9	12.67+/-1.53	1.82+/-0.45	0.760+/-0.118	0.71+/-0.158
10	16.5+/-3.41	2.13+/-0.26	0.818+/-0.084	0.77+/-0.133
<i>Savane</i>	6.50+/-2.12	1.23+/-0.14	0.607+/-0.007	0.67+/-0.040

Une régression linéaire simple (figure 21) est utilisée pour prévoir l'évolution de la biodiversité des ligneux avec l'âge des plantations.

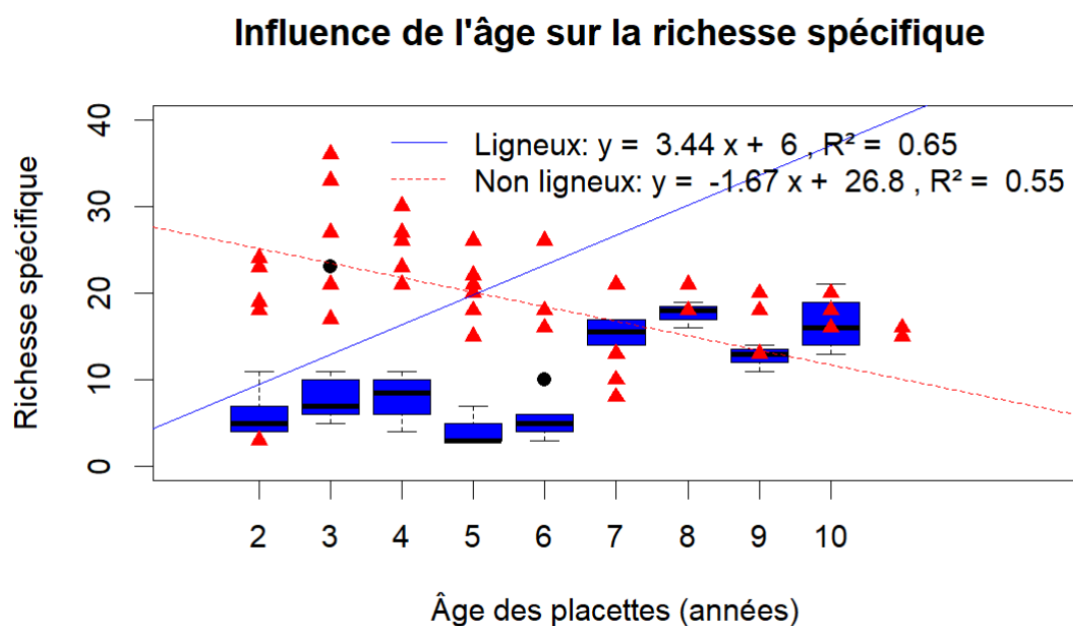


Figure 21: Évolution de la richesse spécifique des ligneux et non ligneux en fonction de l'âge des plantations

La régression linéaire (figure 21) affiche une corrélation positive significative (**p-value<0,001) entre la richesse spécifique des ligneux et l'âge des plantations. Le $R^2 = 0,65$, l'âge explique environ 65% de la variance de la richesse spécifique. Une corrélation négative (**p-value< 0,001) est observée pour les non-ligneux.

Les espèces ligneuses subissant une succession écologique plus marquée, nous nous concentrons sur l'étude des populations de ligneux.

3.1.4. ÉTUDE DES RELATIONS ENTRE LA REGENERATION LIGNEUSE ET LES VARIABLES ENVIRONNEMENTALES

La corrélation entre les variables environnementales des plantations et la diversité des ligneux est étudiée à l'aide d'une CCA (figure 25), via le croisement les facteurs environnementaux mesurés sur le terrain (litière, état de la canopée, densité des Acacias, surface terrière, essence plantée, âge) avec la matrice d'abondance des ligneux.

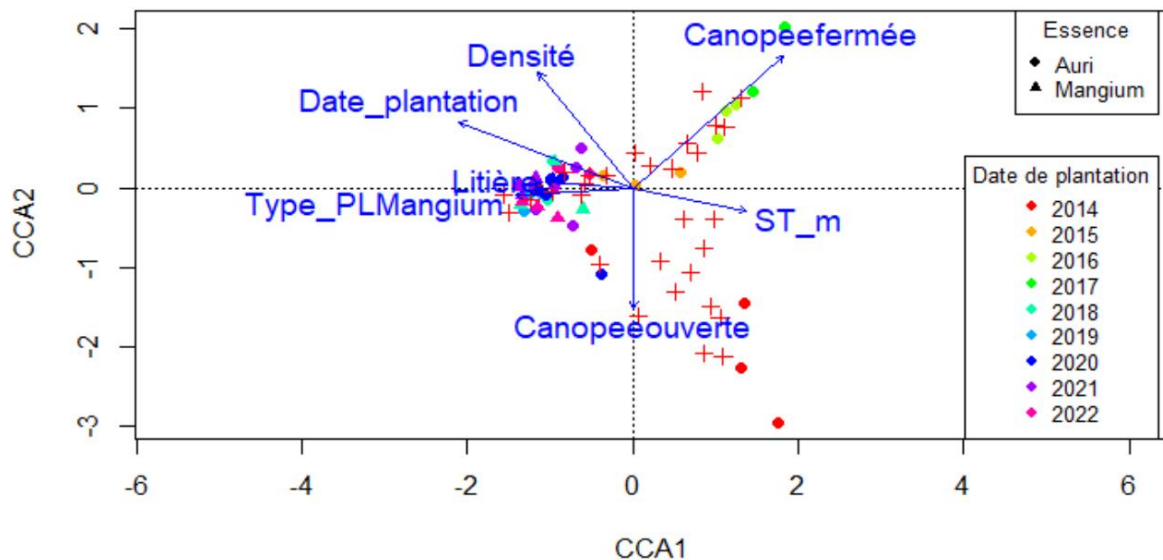


Figure 22: Analyse des correspondances canoniques (CCA) de l'influence des facteurs environnementaux (Canopée, Surface Terrière, litière, Type de plantation, densité et âge des *Acacias*) sur la composition floristique des plantations (o : placette et + : espèce)

Des tests de permutation (détails annexe 14) des modèles (**P-value = 0,003 < 0,05) et des axes (**P-value = 0,002 < 0,05) ont permis de vérifier la significativité de ceux-ci.

La CCA 1 (figure 22) est corrélée à la date de plantation, la litière et à la surface terrière, tandis que la CCA 2 est influencée par la canopée ouverte et la densité. Les plantations les plus âgées (à droite) sont associées à une surface terrière élevée, une faible densité d'*Acacias* et une canopée ouverte, tandis que les jeunes (à gauche) plantations sont influencées par la litière et une forte densité.

Un test de permutation sur les variables environnementales montre que seul l'âge des plantations et la canopée ont des facteurs significatifs (**p=0,001 et *p=0,03).

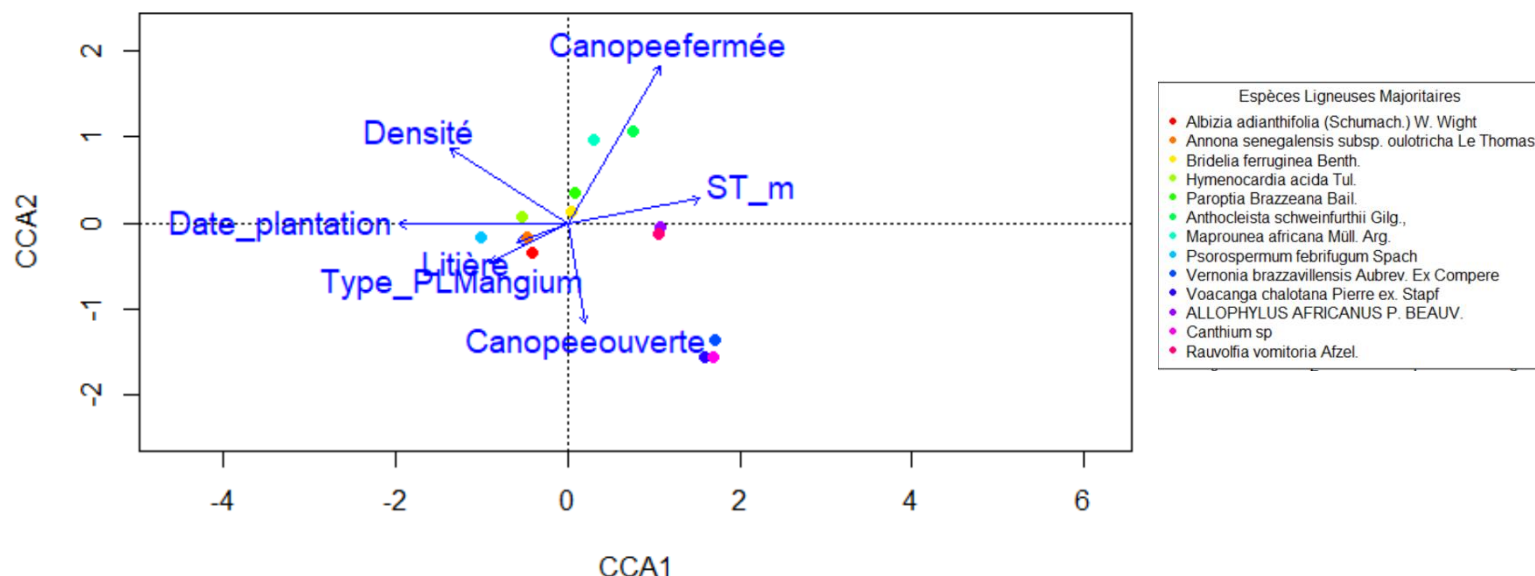


Figure 23: Analyse des correspondances canoniques (CCA) des facteurs environnementaux influençant la composition floristique des plantations (avec les espèces ligneuses majoritaires représentées o)

Concernant la distribution des espèces ligneuses majoritaires (figure 23), on observe à droite de l'axe CCA1, des espèces forestières pionnières telles que *Allophylus africanus* P. Beauv, *Anthocleista schweinfurthii* Gilg., et *Vernonia brazzavillensis* Aubrev. Ex Compere (Lubalega, 2016). Le type d'espèces forestières est également influencé par la canopée (fermée ou ouverte). Tandis qu'à droite, du côté des plantations les plus jeunes, on observe des espèces savanicoles telles qu'*Hymenocardia acida* Tul., *Annona senegalensis* subsp. *oulotricha* Le Thomas et *Albizia adianthifolia* (Schumach.) W. Wight (Lubalega, 2016).

En annexe 15, le tableau de proportion des espèces identifiées de la régénération.

3.1.5. ETUDE DES PARAMETRES STRUCTURAUX ET ECOLOGIQUE DE LA REGENERATION ET DE SON EVOLUTION

3.1.5.1 Paramètres écologiques

L'objectif est de décrire la régénération en sous-bois de plantation et étudier ses paramètres structuraux.

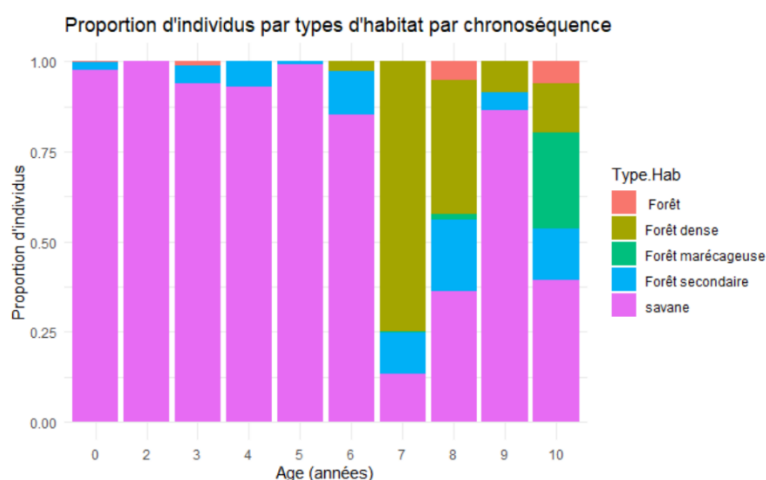


Figure 24: Répartition des types d'habitats des espèces selon l'âge (ans) des plantations d'*Acacia* (de l'état de savane à 0ans à 10 ans)

La figure 24 démontre que la proportion d'espèces forestières augmente avec l'âge des plantations.

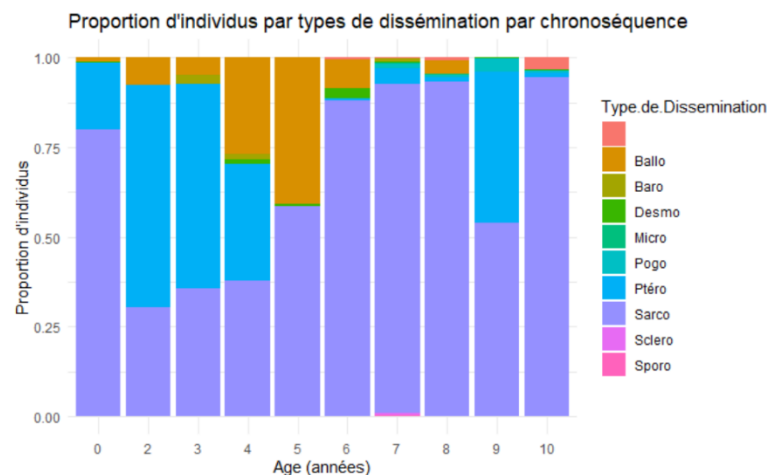


Figure 25: Répartition des types de dissémination des espèces selon l'âge des plantations d'*Acacia* (de la savane à 0ans à 10 ans)

Figure 25, dans les jeunes plantations, la dissémination est principalement anémochore (ptérochore, appendices aliformes), tandis que dans les plantations plus âgées (7-10 ans), elle est surtout zoochore (sarcochore, pulpe tendre et charnue) (Kimpouni *et al.*, 2012), sûrement en raison d'une augmentation de la fréquentation de la faune.

Les groupes phytogéographiques ont été analysés annexe 16.

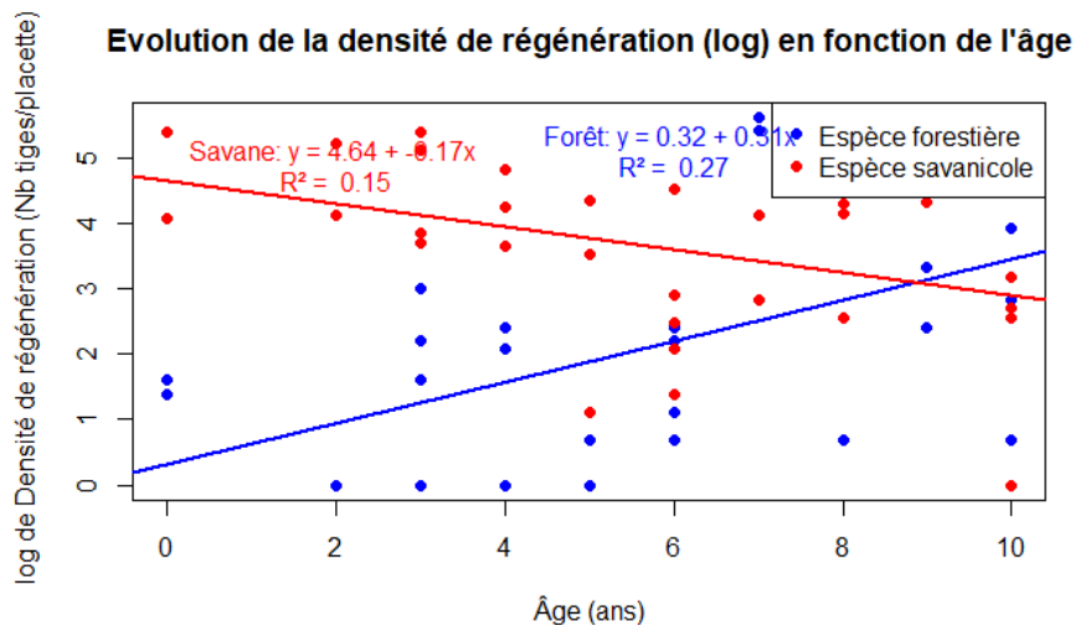


Figure 26: Évolution de la densité de régénération des espèces forestières et savanicoles en fonction de l'âge des plantations

Les régressions linéaires (figure 26) révèlent des p-values significatives (forêt, $**p = 0.00273$ et savane, $*p = 0.0292$), confirmant l'influence de l'âge des plantations sur la présence d'espèces forestières. On observe une diminution des espèces savanicoles au profit des

espèces forestières, qui dominent à 7 ans. Cependant, l'âge n'explique qu'environ 15% de la variance. Il reste 85% de la variance non expliquée.

3.1.5.2 Paramètres structuraux

L'étude des paramètres structuraux de la régénération permettra de comprendre les dynamiques de croissance ainsi que les interactions entre les espèces.

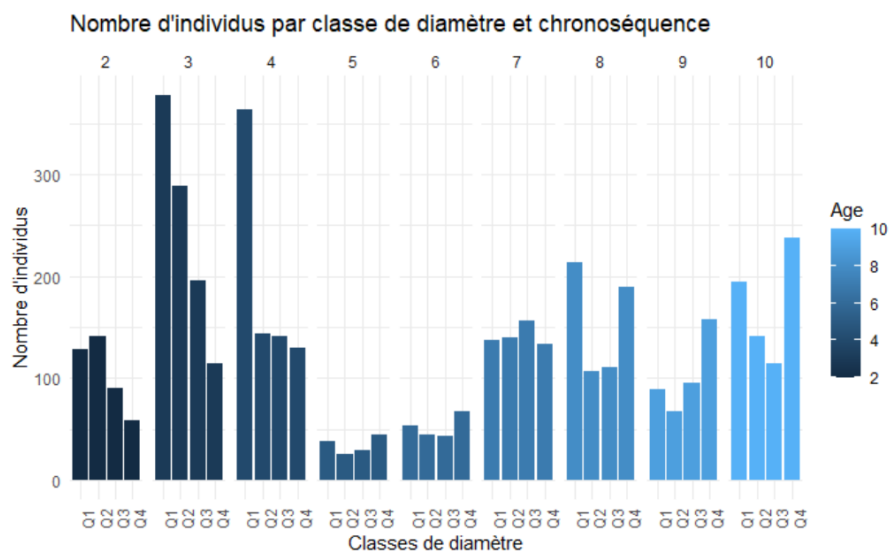


Figure 27: Répartition du nombre d'individus par classe de diamètre par chronoséquence (Q1 : 0 – 0,1 cm ; Q2 : 0,1-0,3cm ; Q3 : 0,3 – 0,7cm ; Q4 : 0,7 – 33 cm)

Figure 27, les jeunes plantations sont dominées par des classes de diamètre faibles tandis que les plantations âgées présentent une répartition des diamètres plus homogène.

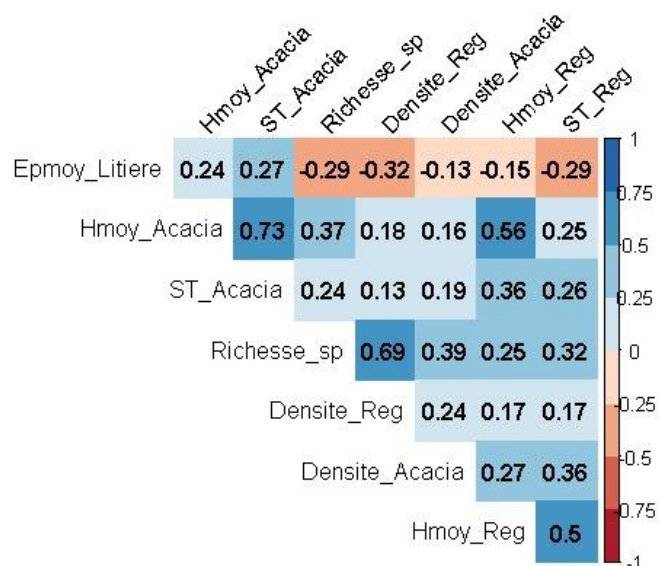


Figure 28: Matrice de corrélation entre les facteurs environnementaux et la régénération des *Acacias*

On observe figure 28 des corrélations positives entre certains paramètres structuraux, particulièrement entre la surface terrière et la richesse spécifique de la régénération, et entre l'épaisseur de la litière et la biodiversité.

Les résultats de l'analyse MANOVA (voir annexe 17) révèlent que l'essence plantée (*Am* ou *Aa*) n'a pas d'impact significatif sur la régénération, tandis que l'âge des plantations apparaît comme un facteur déterminant.

Des corrélations significatives sont observées entre l'âge des plantations et plusieurs paramètres structuraux, notamment la hauteur (** $p=0,0008$) et la densité de la régénération (** $p=0,0002$).

Afin d'explorer la relation entre densité de régénération et âge plus en détail, nous avons effectué des régressions linéaires distinctes pour chaque essence.

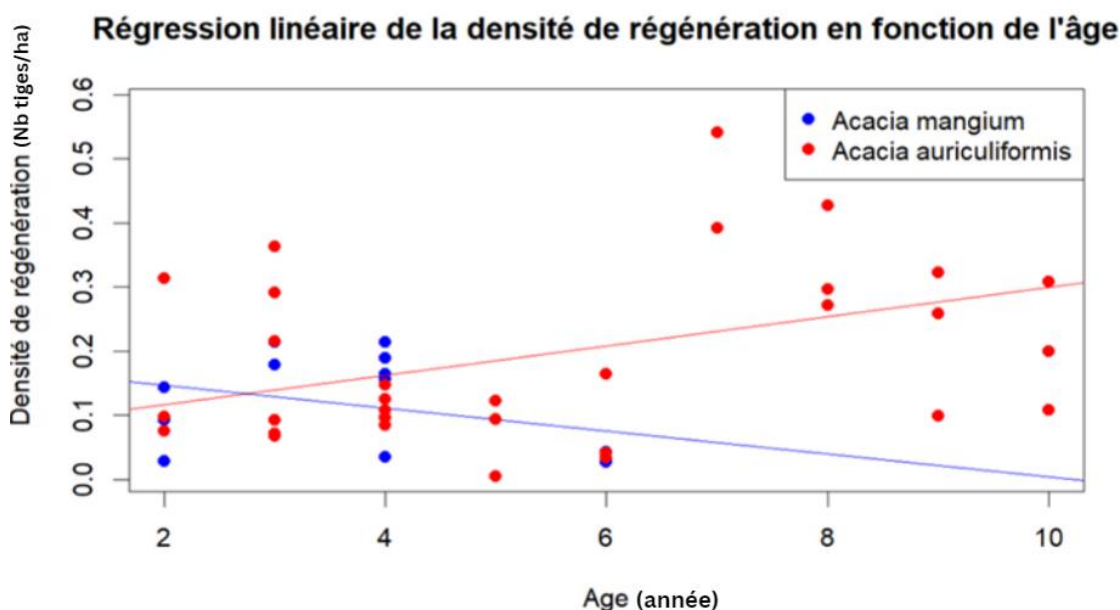


Figure 29: Évolution de la densité de régénération (Nb tiges/ha) des *Am* et *Aa* en fonction de l'âge des plantations

On observe figure 29, une tendance décroissante de la densité de régénération chez les *Am*, tandis qu'une tendance croissante est observée pour les *Aa*.

La régression linéaire (figure 29) entre la densité de plantation et la densité de régénération a révélé une corrélation statistiquement significative entre ces deux variables. Cependant, cette relation reste faible, avec une p -value de 0,049 et un R^2 de 0,07, n'expliquant que 7 % de la variance observée.

3.2. ÉTUDE DE L'INVENTAIRE FAUNISTIQUE

3.2.1. DESCRIPTION DE LA FAUNE DANS LES SITES D'IBINA ET OKA 2

Lors de l'inventaire, nous avons dénombré au total 137 espèces dont 29 espèces de mammifères, 63 espèces d'oiseaux et 52 d'insectes. On compte un nombre plus important d'espèces à Ibina (111 espèces) qu'à Oka 2 (84 espèces).

Les graphiques ci-dessous présentent plus en détail le nombre d'espèces identifiées par domaine selon les catégories fauniques.

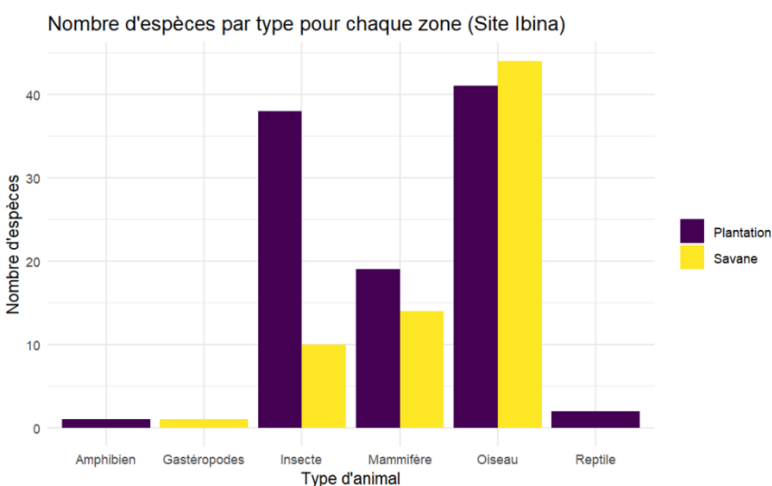


Figure 30: Répartition du nombre d'espèces identifiées par type d'animal à Ibina

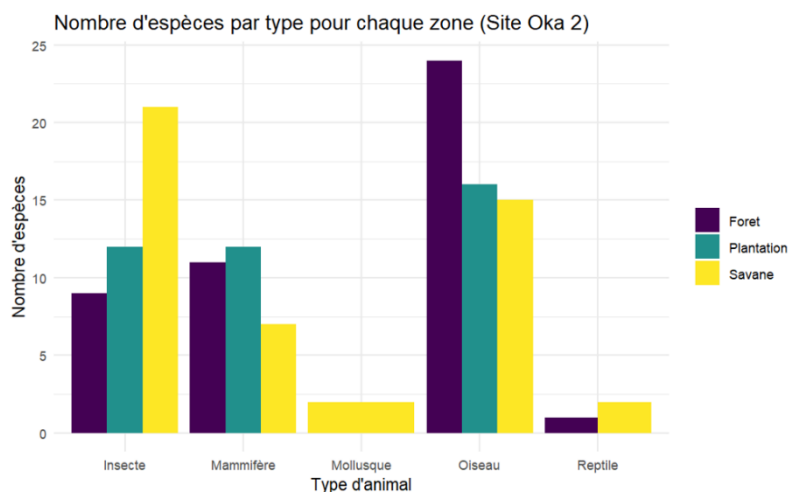


Figure 31: Répartition du nombre d'espèces identifiées par type d'animal à Oka 2

Dans le domaine d'Ibina (figure 31), le nombre d'espèces est similaire entre savanes et plantations sauf pour les insectes qui présentent une plus forte diversité dans les plantations. À Oka 2 (figure 32), on observe également une biodiversité similaire entre les différents écosystèmes avec une prédominance de la forêt notamment pour l'avifaune.

Les kilomètres parcourus dans les différents sites n'étant pas égaux, nous utilisons l'indice de fréquence kilométrique pour pondérer le nombre d'observations par la distance parcourue afin de pouvoir comparer les échantillons.

Tableau 4: Tableau des IKA selon les sites et les zones inventoriées

Site			Nombre d'observations					Calcul IKA (Nb obs/km)		
Site	Zone	Km TR	Insecte	Mammifère	Oiseau	Reptile	Total	IKA mammifère	IKA oiseau	IKA
IBINA	Plantation	16	44	121	81	5	254	7,56	5,0625	15,87
	Savane	18	10	102	156	1	269	5,67	8,67	14,94
	Forêt	4	5	77	52	1	135	19,25	13	33,75
OKA 2	Plantation	8	11	71	38	0	120	8,875	4,75	15
	Savane	11	18	49	62	0	132	4,454	5,63	12

Selon le tableau 4, dans les 2 sites, les IKA des plantations et des savanes sont très proches. On remarque un IKA significativement supérieur dans la forêt qui semble être l'habitat privilégié par la faune.

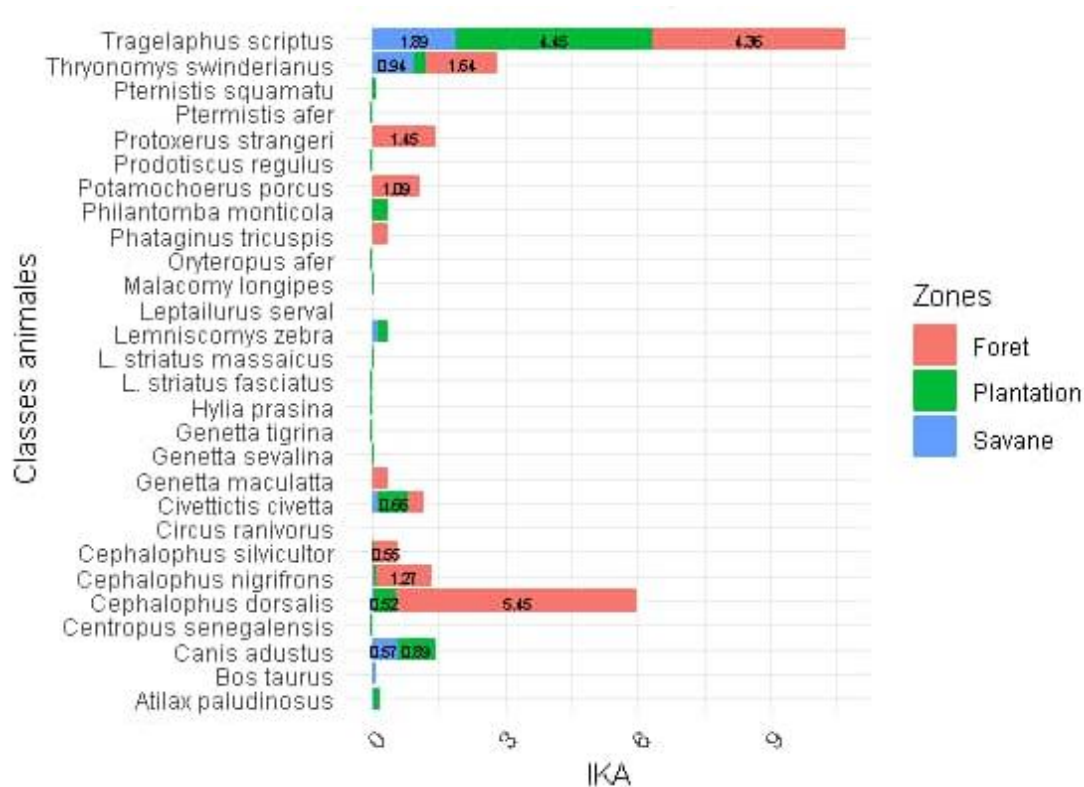


Figure 32: Sélectivité mammalienne

Chez les mammifères (figure 32), les espèces majoritairement observées (au km) sont le *Tragelaphus scriptus* (Guib harnaché), le *Thryonomys swindenarius* (Aulacode) et le *Canis adustus* (chacal à flanc rayés).

La même analyse est réalisée pour l'avifaune (voir annexe 18).

3.2.2. ETUDE DE LA REPARTITION SPATIALE DES OBSERVATIONS FAUNISTIQUES

Les cartes de chaleur (figures 33 et 34) permettent de représenter la répartition spatiale des observations réalisées lors de nos transects et marches de reconnaissance afin d'identifier les zones à forte densité d'observations.

Carte de chaleur en fonction de la densité d'observations fauniques à Oka 2

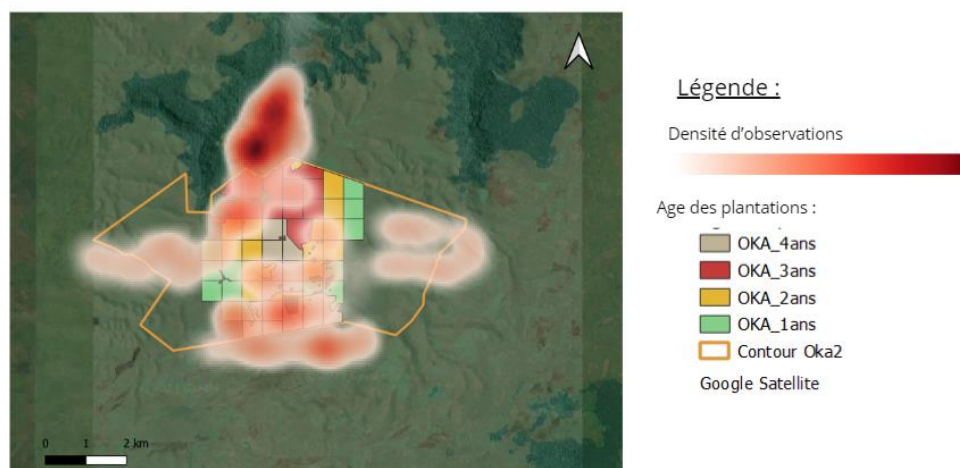


Figure 33: Répartition de la densité des observations faunistiques OKA 2 (source : Lilas Tran)

Sur le site Oka 2 (figure 33), une forte concentration de la faune est observée dans la forêt galerie située au nord des plantations. La zone de concentration s'étale également sur le nord des plantations et la zone sud présentant les arbres les plus âgés du domaine (4 ans).

Carte de chaleur en fonction de la densité d'observations fauniques à Ibina

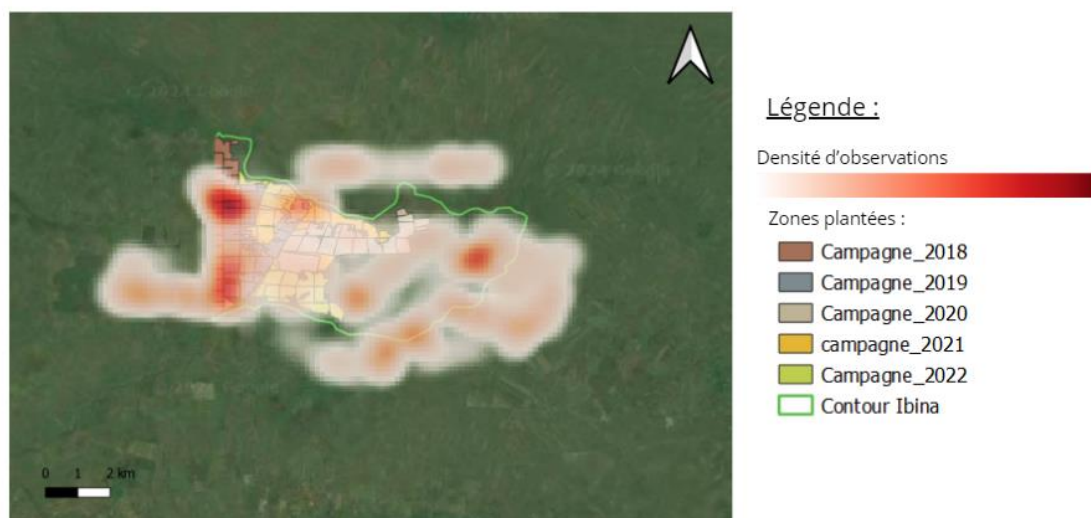


Figure 34: Répartition de la densité des observations faunistiques Ibina (source : Lilas Tran)

Sur la figure 34, la densité d'observations est relativement faible dans les savanes. La zone la plus peuplée semble être la partie ouest des plantations qui regroupe les parcelles *d'Aa et Am* les plus âgées (6 ans).

Les cartes de chaleur des deux sites montrent une plus forte densité d'observation dans les parties les plus âgées des plantations. On remarque une continuité entre les zones les plus densément peuplées, notamment la forêt.

4. DISCUSSION

4.1. ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION FLORISTIQUE SOUS PLANTATIONS

4.1.1. DESCRIPTION DE L'INVENTAIRE FLORISTIQUE

Les courbes de raréfaction (figure 15) n'ont pas atteint leur plateau signifiant que toutes les espèces n'ont pas été inventoriées dans les écosystèmes étudiés. Pour les *Aa* et les *Am*, nous sommes très proche des plateaux ce qui nous permet d'affirmer que la majorité des espèces présentes ont été recensées. A effort d'échantillonnage égal, on constate que la diversité sous plantation *d'Aa* est plus importante qu'en plantation *d'Am* et en savane.

Au total, 194 espèces représentant 50 familles ont été identifiées dans les 3 domaines confondus. Ce chiffre est similaire aux résultats de l'inventaire réalisé par (Loumeto & Huttel, 1997) qui décomptent 215 espèces dans les plantations d'*Acacias* et d'*Eucalyptus* à Pointe Noire, mais largement supérieur aux résultats obtenus dans l'inventaire réalisé dans des plantations d'*Aa* (âgées de 2 à 12 ans) béninoises par (Ajavon *et al.*, 2019) qui dénombre 70 espèces pour 50 familles. On peut expliquer ces différences par la localisation des sites et l'effort d'échantillonnages. En termes de famille, on retrouve une composition similaire aux plantations d'*Aa* étudiée par (Lubalega *et al.*, 2017) qui identifie les FABACEAE et les RUBIACEAE comme familles dominantes (16%) et les POACEAE et ASTERACEAE représentant environ 8%. Une forte dominance de l'espèce *Chromolaena odorata* est également observée dans les jeunes plantations, cette espèce étant identifiée comme invasive et stérilisante, elle entrave la régénération (Brosset, 1997 ; Loumeto & Huttel, 1997).

À noter que les inventaires d'Ibina et du ProNAR ont été menés entre fin avril et début juin, à la fin de la grande saison des pluies (février à avril). À cette période, la biodiversité est à son apogée, car de nombreuses espèces se régénèrent suite aux pluies abondantes. En revanche, les inventaires à Oka 2 ont été effectués en juin et juillet, en pleine saison sèche (juin à septembre), où les espèces annuelles périssent et la faune se concentre autour des points d'eau, marquant une désertification des savanes sèches. Ce qui peut introduire un biais dans nos données.

4.1.2. ÉTUDE DE LA DIVERSITÉ B

La méthode de Jaccard a révélé deux groupes distincts : les jeunes plantations (< 6 ans) et savanes, et les plantations plus âgées (>6ans). Ces résultats sont confirmés par les NMDS (figure 17 et 18). La méthode de clustering permet d'identifier chez les ligneux deux groupes distincts entre les plantations les plus jeunes et les plus âgées. Cependant, la distinction est moins marquée chez les espèces non-ligneuses. Les espèces non-ligneuses étant majoritairement annuelles, on peut émettre l'hypothèse que celles-ci sont plus dépendantes des facteurs saisonniers.

L'influence des domaines sur les ligneux peut être reliée à deux facteurs, les conditions environnementales locales, l'entretien et la proximité (Simões *et al.*, 2024 ; Loumeto & Huttel, 1997) avec les forêts qui semble corrélée positivement à la biodiversité (Loumeto & Huttel, 1997).

4.1.3. ÉVOLUTION DE LA BIODIVERSITE AVEC L'ÂGE

Les boxplots (figures 19 et 20) révèlent des différences significatives entre les richesses spécifiques et les indices de Shannon des différentes chronoséquences. Ces différences sont plus marquées chez les populations de ligneux où est observée une corrélation positive avec l'âge des plantations, confirmée par la régression linéaire simple. À contrario, les indices de diversité semblent suivre tendance décroissante chez les non-ligneux. De plus, les jeunes plantations ont une composition floristique similaire aux savanes avec une faible équitabilité (Shannon et Simpson faibles), tandis que les plantations plus âgées montrent une richesse spécifique et une équitabilité supérieure démontrant la décroissance des espèces savaniques dominantes en plantations jeunes. Cette double tendance est observée dans l'étude de (Loumeto & Huttel, 1997) induite par l'installation d'un couvert forestier favorisant le développement des ligneux au détriment des espèces herbacées.

L'augmentation de la richesse spécifique des indices de Shannon et Simpson pour les ligneux valide notre hypothèse 1 qui est également renforcée par des résultats similaires obtenus dans plusieurs études, (Hernandez *et al.*, 2022 ; Loumeta & Bernhard-Reversat, 1997 ; Loumeto & Huttel, 1997 ; Lubalega *et al.*, 2017 ; Ajavon *et al.*, 2019).

Les tests ANOVA ont également mis en avant une différence significative entre les 3 domaines notamment entre Ibina et ProNAR. Les domaines d'Ibina et du ProNAR étant géographiquement très proches, on peut considérer que cette différence de domaine s'explique majoritairement par les modalités d'entretiens (Bernhard-Reversat & ed, 2001) et non par les facteurs environnementaux. En effet, les sites SPF2B, rigoureusement entretenus, présentent une canopée fermée et une forte densité d'*Acacias*, contrairement à celles du ProNAR, marquées par une faible gestion, des trouées dues à l'exploitation illégale et une mortalité élevée des *Acacias*. Cela complique l'interprétation des résultats quant à l'influence respective de l'âge et du site sur la richesse spécifique.

4.2. ÉTUDE DE LA REGENERATION LIGNEUSE, COMPOSITION ET STRUCTURE

4.2.1. ÉTUDES DES FACTEURS DES PLANTATIONS INFLUENÇANT LA REGENERATION

Les CCA (figures 22 et 23) nous ont permis d'identifier les facteurs majeurs influençant la composition floristique. Dans les plantations les plus âgées, les principaux facteurs influents sont l'âge, la canopée et la surface terrière. Il est cohérent que ces plantations, plus âgées, présentent une surface terrière plus importante. Les placettes de 2014 se distinguent par une faible densité et une canopée très ouverte dû à une forte mortalité des *Acacias*, créant des conditions favorables au développement d'espèces comme *V.brazzavillensis* et *V.chalotiana*. Cette observation corrobore l'hypothèse de (Yeo & Fensham, 2014), selon laquelle la mortalité des *Acacias* pourrait accélérer la succession forestière sous couvert. La canopée joue un rôle clé dans la régénération forestière en modifiant des conditions microclimatiques comme la lumière, la température et l'humidité du sol. Une plus grande disponibilité en lumière, due à une ouverture du couvert, influence directement la diversité des espèces en équilibrant mieux l'accès à la lumière et à l'humidité (Schmerbeck *et al.*, 2024 ; Koutika & Richardson, 2019).

Il est également intéressant de noter qu'une litière plus épaisse semble se développer dans les jeunes plantations, en particulier celles des *Am*. Sur la CCA, l'effet allélopathique

de la litière semble également moins prononcé dans les plantations plus âgées. Dans leur étude sur les litières sous-plantations, (Bernhard-Reversat & ed, 2001) ont montré que l'écologie des litières dépend fortement de la gestion des plantations, de l'âge et de l'essence plantée. Selon leurs conclusions, le vieillissement des plantations favoriserait une meilleure décomposition de la litière et un fort taux de recyclage de la matière organique, ce qui stimulerait la régénération forestière (Loumeto & Huttel, 1997 ; Bernhard-Reversat *et al.*, 1993).

4.2.2. DESCRIPTION DE LA COMPOSITION FLORISTIQUE DE LA REGENERATION LIGNEUSE

Les régressions linéaires (figure 26) ont mis en évidence une diminution significative des espèces savanicoles, accompagnée d'une augmentation des espèces forestières au fil du temps. Il apparaît qu'à partir de 7 à 8 ans, les espèces forestières commencent à dominer les espèces savanicoles. Les tendances observées sont le signe de la régénération d'une forêt secondaire (Lubalega, 2016) et semblent confirmer notre hypothèse sur le rôle potentiel des plantations en tant que catalyseur de la régénération.

Dans leur étude sur la biodiversité sous plantations d'*Eucalyptus* et d'*Acacias* près de Pointe-Noire, (Loumeto & Huttel, 1997) ont observé un déclin des espèces savanicoles accompagné d'une forte augmentation des espèces forestières, particulièrement notable après dix ans. (Hennigar & MacLean, 2010) indiquent qu'il faut effectivement une décennie pour qu'une végétation herbacée subisse un changement floristique significatif, car la majorité des espèces qui la composent persistent à l'état végétatif tout au long de la succession végétale. On estime qu'en 20 ans, la proportion d'espèces forestières sous plantations passe de 0 à 80% (Bernhard-Reversat & ed, 2001).

Les espèces ligneuses des sites d'Oka 2 et d'Ibina sont majoritairement *A. adianthifolia*, *A. senegalensis*, *Bridelia ferruginea* Benth. et *P. febrifugum*, quatre espèces savanicoles présentes dans les savanes environnantes des plantations. À Oka 2, on observe de manière très minoritaire (>2 %) des espèces forestières telles que *Macaranga barterii* et *Maprounea africana* Müll. Arg.. La présence, bien que minoritaire, d'espèces indicatrices de forêts à Oka 2 est probablement due à la proximité du site avec une forêt galerie. Loumeto et Huttel (1997) ont constaté que la proportion d'espèces forestières dans les plantations augmente avec la proximité de la forêt naturelle.

En revanche, au ProNAR, bien que plus éloigné des forêts galeries, les espèces dominantes dans les parcelles âgées de 7 à 10 ans sont *A. schweinfurthii*, *V. brazzavillensis* et *Voacanga chaloniana* Pierre ex. Stapf. On y trouve également *M. africana*, *Rauvolfia vomitoria* et *A. africanus*. Lubalega (2016a) identifie les espèces précédemment citées comme des pionnières indiquant une évolution de la végétation vers la forêt. Il mentionne également *Millettia laurentii*, espèce retrouvée au ProNAR, comme un indicateur potentiel du caractère relictuel d'anciennes forêts (Lubalega, 2016).

La présence de ces espèces s'expliquerait par la réserve de graines dans le sol qui, selon (Parrotta, 1993) agit comme un réservoir de diaspores attendant des conditions favorables pour germer. Les *Acacias*, fixateurs d'azote, augmentent la fertilité du sol (Agbahungba et Assa, 2000 ; Gnahoua *et al.*, 2009 ; Bernhard-Reversat *et al.*, 1993) et créent des zones d'ombre propices à la germination des espèces forestières.

4.2.3. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE DE LA REGENERATION LIGNEUSE

Selon la matrice de distance de Bray-Curtis (figure 28), la densité de régénération est positivement corrélée à la richesse spécifique. Le processus de densification et l'augmentation de la richesse spécifique constituent l'étape préliminaire à l'établissement d'une forêt (Chave, 2000). Cela démontre le rôle de la structuration spatiale sur la promotion de la biodiversité au sein des écosystèmes forestiers (Kasekete *et al.*, 2022). Ces résultats corroborent avec plusieurs études montrant que les forêts plus structurées et denses ont tendance à avoir une biodiversité plus riche, notamment en raison des micro-habitats générés (Godlee *et al.*, 2021).

Les régressions linéaires (figure 29) révèlent une corrélation positive entre la densité de régénération et l'âge pour les *Aa*, en accord avec les résultats de (Bernhard-Reversat & ed, 2001). Une corrélation négative est observée pour les *Am* qui croient plus rapidement et produisent davantage de litière, perturbant la flore locale et densifiant le couvert végétal expliquant cette diminution de la régénération (Bernhard-Reversat *et al.*, 1993). Par ailleurs, les inventaires floristiques ont été réalisés pour les *Aa* dans des parcelles allant de 2 à 10 ans tandis que les *Am* vont seulement de 2 à 6 ans. Le manque de données sur les plantations plus âgées d'*Am* peut expliquer cette tendance. En effet, plusieurs études montrent qu'après un certain âge, les conditions se stabilisent et la régénération sous *Am* augmente (Norisada *et al.*, 2005 ; Hernandez *et al.*, 2022 ; Ren *et al.*, 2021).

En termes de diamètre (figure 27), les jeunes plantations présentent une distribution exponentielle décroissante, attestant d'un potentiel de régénération avec une dynamique progressive (Miabangana, 2020). L'aire basale de la régénération reste cependant très faible (<1%) sauf pour les parcelles de 10 ans présentant une forte mortalité des *Aa* (<1%). On observe le même phénomène dans les plantations d'*Eucalyptus* étudiée à Loudima (Bernhard-Reversat & ed, 2001).

4.3. ÉTUDE DE LA FAUNE

Les IKA calculés (tableau 6) sont similaires pour les plantations (Ibina et Oka 2) et les savanes alentours mais largement supérieurs dans les forêts galeries. Lorsque l'on compare les IKA par espèce avec le rapport annuel de monitoring faunistique de la réserve de Lésio Louna de 2006 (Mathot L. , Ikoli F. & Missilou B. R., 2006), on constate que les IKA des plantations sont supérieurs à ceux de la réserve notamment pour le *Tragelaphus scriptus* ($4,45 > 0,16$), le *Céphalophe dorsalis* ($0,52 > 0,01$), *Canis adustus* ($0,57 > 0,07$). On pourrait expliquer cette différence par le fait que ces espèces ne soient pas protégées et parfois chassées illégalement dans la réserve notamment le céphalophe et le Guib harnaché (Mathot L. , Ikoli F. & Missilou B. R., 2006). On note cependant un IKA anormalement haut pour le Guib harnaché, cela pourrait s'expliquer par des doubles comptages des empreintes lors de l'inventaire.

La cartographie met en avant une concentration des observations dans les zones les plus anciennes des plantations et à proximité des forêts. Cette augmentation de fréquence faunistique est également indiquée par l'augmentation d'espèces ligneuses (figure 25) sarcophores dans les vieilles plantations, dont la dissémination des graines dépend de la faune (oiseaux, mammifères). De plus, des disséminateurs connus tels que le *Canis adustus* (Chacal), les *céphalophes* et les *civettes* ont été identifiés dans les plantations. Selon (Brosset, 2001 ; Bernhard-Reversat & ed, 2001), l'abondance des espèces faunistiques dépend étroitement du sous-bois ce qui explique leur présence dans les plantations plus matures. De plus, (Bernhard-Reversat & ed, 2001) affirme que les *Acacias* présentent dans leur litière, de nombreux insectes herbivores et détritivores qui attirent un grand nombre d'oiseaux. À SPF2B, le stade de régénération sous les plantations d'*Acacias* étant encore très précoce,

ces plantations offrent peu de ressources alimentaires. Cependant, ces zones sont protégées de la chasse, qui exerce une forte pression dans la région des plateaux, ce qui pourrait expliquer la présence des mammifères (Wilson V.J. et Wilson B.L.P., 1991).

Les espèces identifiées dans les plantations sont majoritairement des espèces généralistes et anthropophiles, capables de s'adapter à une grande variété d'habitats. Notamment chez les mammifères, le Guib harnaché, l'aulacode et le chacal et chez les oiseaux, les francolins et l'Hylia verte. Lors de l'étude de l'avifaune en plantation par (Brosset, 1997), 44 espèces d'oiseaux ont été dénombrées. Ce résultat est similaire au nombre d'espèces inventoriées à Ibina (43).

Certaines incertitudes du protocole doivent être prise en compte, les transects ont été effectués dans différentes zones (forêts, savane et plantations), où les conditions d'observation varient considérablement. En forêt et dans les plantations, l'épaisse couche de litière rendait difficile la détection des empreintes, tandis que dans la savane, certaines zones étaient couvertes par les hautes herbes, compliquant grandement les observations. Pour augmenter la précision des données, les techniques de suivi de la faune pourraient être améliorées notamment via l'utilisation de caméra trap.

Enfin, il serait pertinent d'affiner l'échelle d'étude en s'intéressant à la macro et microfaune du sol, facteurs clé dans le renouvellement de la litière et bases d'alimentations de mammifères et oiseaux (Brosset, 2001 ; Brosset, 1997 ; Bernhard-Reversat & ed, 2001).

5. CONCLUSION

En conclusion, cette étude a permis de mettre en lumière l'évolution de la biodiversité sous les plantations d'*Am* et *Aa* dans les plantations SPF2B des plateaux Batéké. Nous avons pu, en partie, valider nos hypothèses initiales. Notamment l'augmentation progressive de la diversité du sous-bois avec le temps, ainsi qu'une transition marquée des espèces savanicoles vers une population forestière plus mature. En parallèle, la faune, notamment les oiseaux et les mammifères, semblent avoir tendance à se concentrer dans les plantations plus anciennes, soulignant l'importance de conserver les sous-bois pour favoriser des corridors écologiques et la dissémination des espèces forestières en plantations (Root-Bernstein & Svenning, 2017). Nos conclusions corroborent avec de nombreuses études qui soulignent le potentiel des *Acacias* comme « nurse tree » facilitant la régénération forestière sur des sols dégradés (Schmerbeck *et al.*, 2024 ; Norisada *et al.*, 2005 ; Koutika & Richardson, 2019).

Cependant, une proportion importante de la variabilité observée dans la biodiversité demeure inexpliquée. De nombreux facteurs clés nécessitent encore d'être approfondis, notamment les variables physico-chimiques du sol et de la litière, la gestion des plantations, ainsi que la mesure précise de l'ouverture de la canopée. L'influence de paramètres tels que le pH, la toxicité aluminique, et la concentration en nutriments mobilisables est soulignée dans l'étude de (Kasekete *et al.*, 2022), qui identifie ces facteurs comme des déterminants majeurs de la biodiversité forestière. Il est également important de souligner que les plantations remplacent un écosystème savanicole par un écosystème forestier. Bien que l'on puisse comparer ces écosystèmes en termes de richesse spécifique et d'abondance des espèces, ils restent fondamentalement distincts. Chaque écosystème abrite des espèces floristiques et faunistiques spécifiques qui sont adaptées aux conditions environnementales particulières qu'ils offrent (reproduction, alimentation, etc.).

Comme plusieurs études l'ont soulignées, la régénération réussie repose fortement sur la gestion des plantations et sur la longueur des rotations (Simões *et al.*, 2024). Des rotations prolongées, d'au moins 20 ans, permettent à la régénération de s'établir de manière plus durable. (Otsamo, 2000b) souligne notamment l'impact important de l'exploitation forestière sur la biodiversité en sous-bois. Afin de protéger ces écosystèmes, la création de zones de conservation expérimentale à l'intérieur des plantations dans les zones identifiées à haut potentiel de biodiversité permettrait d'entretenir la biodiversité et améliorer de la résilience de ces forêts (Otsamo, 2000b). Il serait également pertinent de poursuivre cette étude sur une plus grande échelle de temps afin de mieux comprendre les mécanismes de régénération (mesure du taux de mortalité, taux de recrutement) (Lubalega, 2016).

(Marron & Epron, 2019) comparent la production de biomasse entre des plantations mixtes et celles en monocultures sur des arénosols pauvres du Congo. Leurs résultats indiquent que les plantations mixtes génèrent une plus grande quantité de biomasse, ainsi il semble que la diversification des espèces puisse représenter un levier intéressant pour maximiser la productivité tout en entretenant la biodiversité. De plus, les espèces indigènes semblent favoriser le recrutement par rapport aux espèces exotiques (Marron & Epron, 2019). Il serait donc pertinent d'explorer ces dynamiques dans des plantations d'*Am*, dont la rotation est plus longue, en intégrant des mélanges d'espèces exotiques et natives.

Dans le cadre de projets ambitieux de plantation d'*Acacia auriculiformis* et *mangium* sur les plateaux Batéké, tels qu'EcoZamba et Bacasi, ces résultats sont particulièrement pertinents pour intégrer la biodiversité sous plantation dans les plans de gestion.

6. RÉFÉRENCES

- Agbahungba et Assa. 2000. Etude de L-Evolution Des Sols Sous Acacia Auriculiformis Sud Benin | PDF | Matière organique | Forêt. Available at : <https://fr.scribd.com/document/683060807/Etude-de-L-evolution-Des-Sols-Sous-Acacia-Auriculiformis-Sud-Benin> (Accessed 2 octobre 2024).
- Ajavon Y., Abdoulaye D., & Kooke G.X. 2019. DIVERSITÉ FLORISTIQUE DES SOUS-BOIS DES PLANTATIONS DE ACACIA AURICULIFORMIS DANS LA FORÊT CLASSÉE DE PAHOU AU SUD DU BÉNIN.
- Amazonas N.T., Forrester D.I., Oliveira R.S., & Brancalion P.H.S. 2018. Combining *Eucalyptus* wood production with the recovery of native tree diversity in mixed plantings: Implications for water use and availability. *Forest Ecology and Management*, 418, p. 34-40. DOI : 10.1016/j.foreco.2017.12.006
- Bernhard-Reversat F., Diangana D., & Tsatsa M. 1993. Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation d'Acacia mangium et A. auriculiformis au Congo. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 238, p. 35-44. DOI : 10.19182/bft1993.238.a19771
- Bernhard-Reversat F. & ed. 2001. *Effect of exotic tree plantations on plant diversity and biological soil fertility in the Congo savanna: with special reference to eucalypts*. Available at : <https://www.cifor-icraf.org/knowledge/publication/1008/> (Accessed 4 juillet 2024).
- Bisiaux F., Peltier R., & Muliele J.-C. 2009. Plantations industrielles et agroforesterie au service des populations des plateaux Batéké, Mampu, en République Démocratique du Congo. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 301, p. 21-32. DOI : 10.19182/bft2009.301.a20404
- Brockerhoff E.G., Jactel H., Parrotta J.A., Quine C.P., & Sayer J. 2008. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation*, 17(5), p. 925-951. DOI : 10.1007/s10531-008-9380-x
- Brosset A. 2001. *Effect of Exotic Tree Plantations on Vertebrate Fauna*. Center for International Forestry Research, 19-21 p. Available at : <https://www.jstor.org/stable/resrep02004.5> (Accessed 26 septembre 2024).
- Brosset A. 1997. Peuplement en oiseaux des plantations d'eucalyptus dans la région de Pointe Noire, Congo. *Revue d'Écologie*, 52(2), p. 133-151.
- Chave J. 2000. Dynamique spatio-temporelle de la forêt tropicale. *Annales de Physique*, 25(6), p. 1-184. DOI : 10.1051/anphys:200006001
- Daunicht W.J. 2012. *Birds of the Democratic Republic of the Congo*. Available at : <https://www.avitopia.net/?language=en> (Accessed 26 juillet 2024).
- Delassus L. 2015. Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques.
- Descoings B. 1972. *Notes de phytoécologie équatoriale. Les steppes Lousékés du plateau Batéké (Congo)*. Paris : Muséum National d'Histoire Naturelle, 569-584 p. (Adansonia).

- Djondo M.-Y. 1995. Propriétés d'échange ionique des sols ferrallitiques argileux de la vallée du Niari et sableux du plateau de Mbe-Bateke au Congo : application à la correction de leur acidité- fdi:010004075- Horizon. 1995, Available at : <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010004075> (Accessed 19 février 2024).
- Erskine P.D., Lamb D., & Borschmann G. 2005. Growth performance and management of a mixed rainforest tree plantation. *New Forests*, 29(2), p. 117-134. DOI : 10.1007/s11056-005-0250-z
- FAO. 2022. *La Situation des forêts du monde 2022*. FAO ; Available at : <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb9360fr> (Accessed 7 juillet 2024).
- Feintrenie L., Nkoua M., Saidi S., & Gazull L. 2014. *Analyse et évaluation du potentiel de développement des cultures énergétiques . Etude pays Congo*. Available at : <https://agritrop.cirad.fr/583935/> (Accessed 3 juillet 2024).
- FRM. 2022. Adaptation, impact écologique et environnemental des plantations forestières et agroforestières d'Acacia mangium et auriculiformis sur les Plateaux Batéké.
- Gillet F. 2000. *La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique.* , 68 p.
- Gillet P., Vermeulen C., Feintrenie L., Dessard H., & Garcia C. 2016. Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo ? Synthèse bibliographique et études de cas. *BASE*, , p. 183-194. DOI : 10.25518/1780-4507.13022
- Gnahoua G., Kouassi F., Angup P., Balle P., Olivier R., & Peltier R. 2009. Effets des jachères à Acacia mangium, auriculiformis et Chromolaena odorata sur la fertilité du sol et les redements de l'igname (Dioscorea spp.) en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20. DOI : 10.4314/aga.v20i3.46269
- Godlee J.L., Ryan C.M., Bauman D., Bowers S.J., Carreiras J.M.B., Chisingui A.V., Crooms J.P.G.M., Druce D.J., Finckh M., Gonçalves F.M., Holdo R.M., Makungwa S., McNicol I.M., Mitchard E.T.A., Muchawona A., Revermann R., Ribeiro N.S., Siampale A., Syampungani S., Tchamba J.J., Tripathi H.G., Wallenfäng J., te Beest M., Williams M., & Dexter K.G. 2021. Structural diversity and tree density drives variation in the biodiversity–ecosystem function relationship of woodlands and savannas. *New Phytologist*, 232(2), p. 579-594. DOI : 10.1111/nph.17639
- Hennigar C.R. & MacLean D.A. 2010. Spruce budworm and management effects on forest and wood product carbon for an intensively managed forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 40(9), p. 1736-1750. DOI : 10.1139/X10-104
- Hernandez J.O., Ata J.P., & Combalicer M.S. 2022. Long-term changes in floristic diversity, composition and stand structure in Acacia auriculiformis plantation in Mount Makiling Forest Reserve, Philippines. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(7). Available at : <https://smujo.id/biodiv/article/view/11329> (Accessed 26 septembre 2024).
- Kasekete D.K., Kimbuluma C.K., Bourland N., Drouet T., Makana J.-R., Vasombolwa K., & Mate J.-P. 2022. Plantations monospécifiques d'espèces exotiques, déserts

- biologiques ou îlots de diversité floristique ? Exemple de situations biotiques et abiotiques contrastées au Nord-Kivu en République démocratique du Congo. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 352, p. 71-88. DOI : 10.19182/bft2022.352.a36810
- Kimpouni V., Apani E., & Motom V.K.E.M. 2012. Variation de la composition floristique des fruitiers traditionnels après abandon en zone de savane. *Acta Botanica Gallica*, 159(1), p. 53-65. DOI : 10.1080/12538078.2012.671643
- Kingdon J. 2015. *The Kingdon Field Guide to African Mammals: Second Edition*. Available at : https://www.researchgate.net/publication/318392846_The_Kingdon_Field_Guide_to_African_Mammals_Second_Edition (Accessed 26 juillet 2024).
- Koechlin J. 1961. La végétation des savanes dans le Sud de la République du Congo (capitale Brazzaville)- fdi:15020- Horizon. 1961, Available at : <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:15020> (Accessed 23 juillet 2024).
- Koutika L.-S. & Richardson D.M. 2019. Acacia mangium Willd: benefits and threats associated with its increasing use around the world. *Forest Ecosystems*, 6(1), p. 2. DOI : 10.1186/s40663-019-0159-1
- Lejoly J. 1993. *Méthodologie pour les inventaires forestiers (partie flore et végétation)*. Available at : <https://agritrop.cirad.fr/321930/> (Accessed 23 juillet 2024).
- Longworth B. & Williamson G. 2018. Composition and Diversity of Woody Plants in Tree Plantations Versus Secondary Forests in Costa Rican Lowlands. *Tropical Conservation Science*, 11, p. 194008291877329. DOI : 10.1177/1940082918773298
- Loumeta J.J. & Bernhard-Reversat F. 1997. La biodiversité dans les plantations d'arbres à croissance rapide au Congo. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 253, p. 57-61. DOI : 10.19182/bft1997.253.a19908
- Loumeto J.J. & Huttel C. 1997. Understory vegetation in fast-growing tree plantations on savanna soils in Congo. *Forest Ecology and Management*, 99(1), p. 65-81. DOI : 10.1016/S0378-1127(97)00195-3
- Lubalega T. 2016. *Évolution naturelle des savanes mises en défens à Ibi-village, sur le plateau des Bateke, en République Démocratique du Congo - CORE*. Available at : <https://core.ac.uk/works/115490939> (Accessed 21 février 2024).
- Lubalega T., Gbawe V., Khasa D., Jean -, Ruel C., & Lejoly J. 2017. Forest Regeneration of The Bateke Plateau Savannas From Acacia Auriculiformis Plantations in The Democratic Republic of The Congo . Dans : Available at : <https://www.semanticscholar.org/paper/Forest-Regeneration-of-The-Bateke-Plateau-Savannas-Lubalega-Gbawe/7fcaa5b7486bc48088ec2867b54b8dcd702959a2> (Accessed 13 mars 2024).
- Marcon E. 2015. *Mesures de la Biodiversité*. (lecture). AgroParisTech Available at : <https://agroparistech.hal.science/cel-01205813> (Accessed 12 septembre 2024).

- Maréchal C. & Bastin D. 2008. Test de la marche de reconnaissance dans une unité forestière d'aménagement du sud-est du Cameroun. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 297, p. 81-85. DOI : 10.19182/bft2008.297.a20378
- Marron N. & Epron D. 2019. Are mixed-tree plantations including a nitrogen-fixing species more productive than monocultures? *Forest Ecology and Management*, 441, p. 242-252. DOI : 10.1016/j.foreco.2019.03.052
- Mathot L. , Ikoli F. & Missilou B. R. 2006. *Rapport annuel de monitoring de la faune du Projet Lésio-Louna, 2006*.
- Meddour R. 2011. La méthode phytosociologique Braun-Blanqueto-Tüxenienne.
- Miabangana E. s. 2020. Structure, Composition Et Diversité Floristiques De La Forêt De La Djoumouna (République du Congo). *European Scientific Journal ESJ*, 16. DOI : 10.19044/esj.2020.v16n12p179
- Miabangana E. s & Ayingweu C. 2015. Floristic and phytogeographical analysis of the vegetation of the island Loufézou in Brazzaville (Republic of Congo). 39, p. 55-66.
- Nieto-Quintano P., Mitchard E.T.A., Odende R., Batsa Mouwembe M.A., Rayden T., & Ryan C.M. 2018. The mesic savannas of the Bateke Plateau: carbon stocks and floristic composition. *Biotropica*, 50(6), p. 868-880. DOI : 10.1111/btp.12606
- Norisada M., Hitsuma G., Kuroda K., Yamanoshita T., Masumori M., Tange T., Yagi H., Nuyim T., Sasaki S., & Kojima K. 2005. Acacia mangium, a Nurse Tree Candidate for Reforestation on Degraded Sandy Soils in the Malay Peninsula. *Forest Science*, 51, p. 498-510. DOI : 10.1093/forests/51.5.498
- Oksanen J., Simpson G., Blanchet F.G., Kindt R., Legendre P., Minchin P., hara R., Solymos P., STEVENS H., Szöcs E., Wagner H., Barbour M., Bedward M., Bolker B., Borcard D., Carvalho G., Chirico M., De Cáceres M., Durand S., & Weedon J. 2022. *vegan community ecology package version 2.6-2 April 2022*.
- Otsamo R. 2000a. Secondary forest regeneration under fast-growing forest plantations on degraded Imperata cylindrica grasslands. *New Forests*, 19(1), p. 69-93. DOI : 10.1023/A:1006688022020
- Otsamo R. 2000b. Secondary forest regeneration under fast-growing forest plantations on degraded Imperata cylindrica grasslands.
- Parr C., Beest M., & Stevens N. 2024. Conflation of reforestation with restoration is widespread. *Science (New York, N.Y.)*, 383, p. 698-701. DOI : 10.1126/science.adj0899
- Proces P., Dubiez E., Bisiaux F., Péroches A., & Fayolle A. 2018. Production d'Acacia auriculiformis dans le système agroforestier de Mampu, plateau Batéké, République démocratique du Congo. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 334, p. 23. DOI : 10.19182/bft2017.334.a31489

- Ren H., Fan Y., Zou Z., Hui D., Guo Q., & Huang Y. 2021. Long-term structural and functional changes in *Acacia mangium* plantations in subtropical China. *Landscape and Ecological Engineering*, 17(1), p. 11-19. DOI : 10.1007/s11355-020-00429-4
- Root-Bernstein M. & Svenning J.-C. 2017. Restoring connectivity between fragmented woodlands in Chile with a reintroduced mobile link species. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(4), p. 292-299. DOI : 10.1016/j.pecon.2017.09.001
- Schmerbeck J., Saha S., Srimathi A., Einhellinger B., & Hangsing M. 2024. Tropical montane forest (Shola) tree species can regenerate under abandoned exotic tree plantations in the Western Ghats of India. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(3), p. 388-400. DOI : 10.1093/forestry/cpad050
- Simões L.H.P., Guillemot J., Ronquim C.C., Weidlich E.W.A., Muys B., Fuza M.S., Lima R.A.F., & Brancalion P.H.S. 2024. Green deserts, but not always: A global synthesis of native woody species regeneration under tropical tree monocultures. *Global Change Biology*, 30(4), p. e17269. DOI : 10.1111/gcb.17269
- Tassin J., Missamba-Lola A.P., & Marien J.-N. 2011. Biodiversité des plantations d'eucalyptus. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 309(309), p. 27. DOI : 10.19182/bft2011.309.a20463
- Walters G.M., Nguema D., & Niangadouma R. 2022. Flora and fire in an old-growth Central African forest-savanna mosaic: a checklist of the Parc National des Plateaux Batéké (Gabon). *Plant Ecology and Evolution*, 155(2), p. 189-206. DOI : 10.5091/plecevo.85954
- Wilson V.J. et Wilson B.L.P. 1991. La chasse traditionnelle et commerciale dans le sud-ouest du Congo.
- Yeo W.L.J. & Fensham R.J. 2014. Will *Acacia* secondary forest become rainforest in the Australian Wet Tropics? *Forest Ecology and Management*, 331, p. 208-217. DOI : 10.1016/j.foreco.2014.08.015

7. LISTE DES ABRÉVIATIONS

Am: *Acacia mangium*

Aa: *Acacia auriculiformis*

CCA: Canonical Correspondence Analysis

KW : Kruskal-Wallis

NMDS: Non-Metric Multidimensional Scaling

ProNAR: Projet National d’Afferestation et Reforestation

SPF2B : Société Plantations Forestières Batéké Brazzaville

8. TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Transects et RECCE Ibina	16
Tableau 2: Transects et RECCE OKA 2.....	17
Tableau 3: Moyenne des indices de diversité des ligneux par âge	25
Tableau 4: Tableau des IKA selon les sites et les zones inventoriées	31
Tableau 5: : Répartition des espèces, familles et genres identifiés dans chaque site.....	56
Tableau 6: Tableau des résultats des tests MANOVA réalisés entre les facteurs des plantations et les indices de diversité	60
Tableau 7: Test de permutations pour l'ensemble du modèle	62
Tableau 8: Test de permutations pour les axes individuels	62
Tableau 9: Test ANOVA sur les variables environnementales individuelles ..	62

9. TABLE DES FIGURES

Figure 1 Localisation des trois domaines de l'étude (source : Lilas Tran) ...	12
Figure 2: Placette permanente.....	13
Figure 3: Mesure du diamètre à l'aide d'un pied à coulisse	14
Figure 4: Identification par M. Ndzaï.....	14
Figure 5: Mesure de la hauteur d'un ligneux (<i>Albizia adianthifolia</i>).....	14
Figure 6: Représentation des indices de recouvrement de la végétation selon (Delassus, 2015)	15
Figure 7 : Inventaire des non ligneux sur le terrain	15
Figure 8 : Itinéraire inventaire en plantation.....	15
Figure 9 : Photo d'un inconnu avec en fond la fiche de données.....	15
Figure 10: Transects réalisés à Ibina (source : Lilas Tran)	16
Figure 11: Transects réalisés à Oka 2 (source : Lilas Tran)	17
Figure 12: Empreinte de <i>Canis adustus</i> (chacal à flanc rayés)	17
Figure 13 : Plume de pintade de Numidie.....	17
Figure 14: Empreinte de céphalophe bai	17
Figure 15: Courbe de raréfaction par écosystème inventorié (<i>Aa</i> , <i>Am</i> , forêt, savane) et zones d'incertitudes	21
Figure 16: Dendrogramme basé sur la matrice de Jaccard réalisée à partir de la matrice absence/présence (ligneux et non-ligneux)	22
Figure 18: NMDS composition floristique des espèces non ligneuses basé sur la matrice d'abondance (o : placettes et + : espèces).....	23
Figure 17: NMDS composition floristique des espèces ligneuses basé sur la matrice d'abondance (o : placettes et + : espèces).....	23
Figure 19: Richesse spécifique de la communauté des ligneux par âge (2 à 10ans) des plantations et des savanes (NA)	23
Figure 20: Richesses spécifiques des non ligneux en fonction de l'âge des plantations et des savanes (0 ans)	24
Figure 21: Évolution de la richesse spécifique des ligneux et non ligneux en fonction de l'âge des plantations	25
Figure 22: Analyse des correspondances canoniques (CCA) de l'influence des facteurs environnementaux (Canopée, Surface Terrière, litière, Type de plantation, densité et âge des <i>Acacias</i>) sur la composition floristique des plantations (o : placette et + : espèce)	26
Figure 23: Analyse des correspondances canoniques (CCA) des facteurs environnementaux influençant la composition floristique des plantations (avec les espèces ligneuses majoritaires représentées o)	27
Figure 24: Répartition des types d'habitats des espèces selon l'âge des plantations d' <i>Acacia</i> (de l'état de savane à 0ans à 10 ans)	27
Figure 25: Répartition des types de dissémination des espèces selon l'âge des plantations d' <i>Acacia</i> (de la savane à 0ans à 10 ans)	28
Figure 26: Évolution de la densité de régénération des espèces forestières et savaniques en fonction de l'âge des plantations.....	28
Figure 27: Répartition du nombre d'individus par classe de diamètre par chronoséquence (Q1 : 0 - 0,1 cm ; Q2 : 0,1-0,3cm ; Q3 : 0,3 - 0,7cm ; Q4 : 0,7 - 33 cm).....	29
Figure 28: Matrice de corrélation entre les facteurs environnementaux et la régénération des <i>Acacias</i>	30

Figure 29: Évolution de la densité de régénération (Nb tiges/ha) des <i>Am</i> et <i>Aa</i> en fonction de l'âge des plantations	30
Figure 30: Répartition du nombre d'espèces identifiées par type d'animal à Ibina	31
Figure 31: Répartition du nombre d'espèces identifiées par type d'animal à Oka 2.....	31
Figure 32: Sélectivité mammalienne	32
Figure 33: Répartition de la densité des observations faunistiques OKA 2 (source : Lilas Tran)	33
Figure 34: Répartition de la densité des observations faunistiques Ibina (source : Lilas Tran)	33
Figure 35: Localisation des placettes permanentes, Oka 2.....	52
Figure 36: Localisation des placettes permanentes, Ibina et ProNAR	52
Figure 37: Représentation schématique des indices de sociabilité d'après (Gillet, 2000)	53
Figure 38: Graphique de répartition des indices de similarité de Jaccard ...	56
Figure 39: Boxplot de Shannon de la communauté des ligneux par âge des plantations	57
Figure 40 : Boxplot des indices de Shannon de la communauté des non-ligneux en fonction de l'âge des plantations	57
Figure 41: Boxplot de la richesse spécifique selon les sites	59
Figure 42: Boxplot indice de Shannon selon les sites	59
Figure 43: Test de Tuckey richesse spécifique des ligneux et âge des plantations	61
Figure 44! Test de Tuckey richesse spécifique des non ligneux et âge des plantations	61
Figure 45: Répartition des types de phytosociologiques des espèces selon l'âge des plantations d'Acacia	65
Figure 46: Sélectivité aviaire	66

10. ANNEXES

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : TABLEAU DESCRIPTIF DES PLACETTES.....	51
ANNEXE 2 : LOCALISATION DES PLACETTES PERMANENTES.....	52
ANNEXE 3 : PRECISIONS SUR LE PROTOCOLE D'INVENTAIRES FLORISTIQUES	53
ANNEXE 4 : CAS PARTICULIERS MESURES DENDROMETRIQUES	54
ANNEXE 5 : RESULTATS INVENTAIRE FLORISTIQUE PAR SITE	56
ANNEXE 6 : ESPECES INDICATRICES DE LA FONCTION INDVAL	56
ANNEXE 7 : GRAPHIQUE DE REPARTITION DES INDICES DE SIMILARITES.....	56
ANNEXE 8 : RESULTATS PERMANOVA	57
ANNEXE 9 : BOXPLOTS LA REPARTITION DES INDICES DE SHANNON PAR CHRONOSEQUENCES ET ESSENCE PLANTEE.....	57
ANNEXE 10 : INDICES DE DIVERSITE PAR PLACETTES (LIGNEUX).....	58
ANNEXE 11 : BOXPLOT DE LA RICHESSE SPECIFIQUE ET L'INDICE DE SHANNON EN FONCTION DES SITES	59
ANNEXE 12 : TABLEAU DES RESULTATS DES TESTS MANOVA REALISES ENTRE LES FACTEURS DES PLANTATIONS ET LES INDICES DE DIVERSITE.....	60
ANNEXE 13 : TESTS DE TUCKEY.....	61
ANNEXE 14 : RESULTATS TESTS SIGNIFICATIVITE CCA.....	62
ANNEXE 17 : TABLEAU DES ESPECES LIGNEUSES DOMINANTES	63

ANNEXE 16 : REPARTITION DES TYPES PHYTOSOCIOLOGIQUES PAR CHRONOSEQUENCE	65
ANNEXE 17 : RESULTATS MANOVA DES FACTEURS STRUCTURAUX.....	65
ANNEXE 18 : SELECTIVITE AVIAIRE	65

ANNEXE 1 : TABLEAU DESCRIPTIF DES PLACETTES

Site	ID placette	Age	Essence	Y	X	Canopée	Moyenne litère
Ibina	AA2-2	2 ans	Auri	-3.873837	015.532691	Ouverte	0
Ibina	AA2-3	3 ans	Auri	-3.881077	015.528543	Ouverte	3
Ibina	AA2-4	4 ans	Auri	-3.889052	015.546076	Fermée	2
Ibina	AA2-5	5 ans	Auri	-3.891798	015.527808	Fermée	2,375
Ibina	AA-3	3 ans	Auri	-3.88432	015.561730	Ouverte	0,875
Ibina	AA3-2	2 ans	Auri	-3.87433	015.535078	Ouverte	0
Ibina	AA3-3	3 ans	Auri	-3.884608	015.529332	Fermée	1,875
Ibina	AA2-6	6 ans	Auri	-3.405325	015.519265	Fermée	3,475
Ibina	AA-4	4 ans	Auri	-3.88866	015.536016	Fermée	2
Ibina	AA-6	6 ans	Auri	0353'1490	01531.1258'	Fermée	5,5
Ibina	AA-5	5 ans	Auri	-3.87754	015.524400	Ouverte	3
Ibina	AM2-6	6 ans	Mangium	-3.87835	015.519230	Fermée	5,4
Ibina	AM-6	6 ans	Mangium	-3.86826	015.516860	Fermée	10,5
Ibina	AA-2	2 ans	Auri	-3.875674	015.530005	Ouverte	0
Ibina	AA3-5	5 ans	Auri	-3.88916	15,520202	Fermée	2
Ibina	Am3-4	4 ans	Mangium	-3.877954	015.564159	Fermée	3,25
Ibina	Savane 1	0	Savane	-3.882246	015.516307	Ouverte	0
Ibina	Savane 2	0	Savane	-3.891136	015.572185	Ouverte	0
Ibina	AM3-6	6 ans	Mangium	-3.8625929	015.5172557	Fermée	11,66666667
Ibina	AA3-6	6 ans	Auri	-3.8822871	015.5173206	Fermée	1,666666667
OKA 2	Aa 3-3	3 ans	Auri	-3.613018	015.325365	Fermée	3,25
OKA 2	Aa2-3	3 ans	Auri	-3.612731	015.32998	Fermée	1
OKA 2	Aa2-4	4 ans	Auri	-3.615135	015.3314480	Fermée	1,95
OKA 2	Aa-3	3 ans	Auri	-3.606659	015.332087	Fermée	2,75
OKA 2	Aa3-4	4 ans	Auri	-3.633565	015.331169	Fermée	3,5
OKA 2	Aa-4	4 ans	Auri	-3.62031	015.331048	Fermée	2,875
OKA 2	Am-2	2 ans	Mangium	-3.615196	015.344488	Ouverte	6,875
OKA 2	Am2-2	2 ans	Mangium	-3.619385	015.345481	Ouverte	4,25
OKA 2	Am2-3	3 ans	Mangium	-3.613014	015.341148	Ouverte	6
OKA 2	Am2-4	4 ans	Mangium	-3.619002	015.335329	Fermée	9,125
OKA 2	Am-3	3 ans	Mangium	-3.607242	015.337804	Fermée	6,425
OKA 2	Am3-4	4 ans	Mangium	-3.631643	015.343490	Fermée	5,75
OKA 2	Am-4	4 ans	Mangium	-3.627047	015.335646	Fermée	6,5
OKA 2	FN1	X	Forêt	-3.599877	015.332903	Fermée	0
OKA 2	FN2	X	Forêt				
OKA 2	Sav1	0	Savane	-3.62381	015.344316	Ouverte	0
OKA 2	Sav2	0	Savane	-3.631644	015.338551	Ouverte	0
OKA 2	AmG3-4	4 ans	Mangium	-3.887954	015.564159	Fermée	10,33333333
OKA 2	Am3-3	3 ans	Mangium	-3.614286	015.340540	Fermée	9
OKA 2	Am3-2	2 ans	Mangium	-3.613429	015.344363	Ouverte	8,166666667
Pronar	Pro1-10	10 ans	Auri	-3.876796	015.423592	Ouverte	2,3
Pronar	Pro1-7	7 ans	Auri	-3.891427	015.478991	Fermée	2,675
Pronar	Pro1-8bis	8 ans	Auri	-3.868816	015.500128	Fermée	2,55
Pronar	Pro1-9	9 ans	Auri	-3.894089	015.479406	Fermée	1,975
Pronar	Pro2-10	10 ans	Auri	-3.876737	015.428012	Ouverte	1,7

Pronar	Pro2-7	7 ans	Auri	-3.89139	015.478469	Fermée	2,225
Pronar	Pro2-8bis	8 ans	Auri	-3.868815	015.501267	Fermée	2,25
Pronar	Pro2-9	9 ans	Auri	-3.897054	015.478751	Fermée	3,3
Pronar	Pro3-10	10 ans	Auri	-3.876889	015.433967	Ouverte	1,875
Pronar	Pro3-8bis	8 ans	Auri	-3.869733	015.500187	Fermée	2,525
Pronar	Pro3-9	9 ans	Auri	-3.895234	015.478342	Fermée	1,375
Pronar	Pro4-10	10 ans	Auri	-3.881419	015.423055	Ouverte	1,9

ANNEXE 2 : LOCALISATION DES PLACETTES PERMANENTES

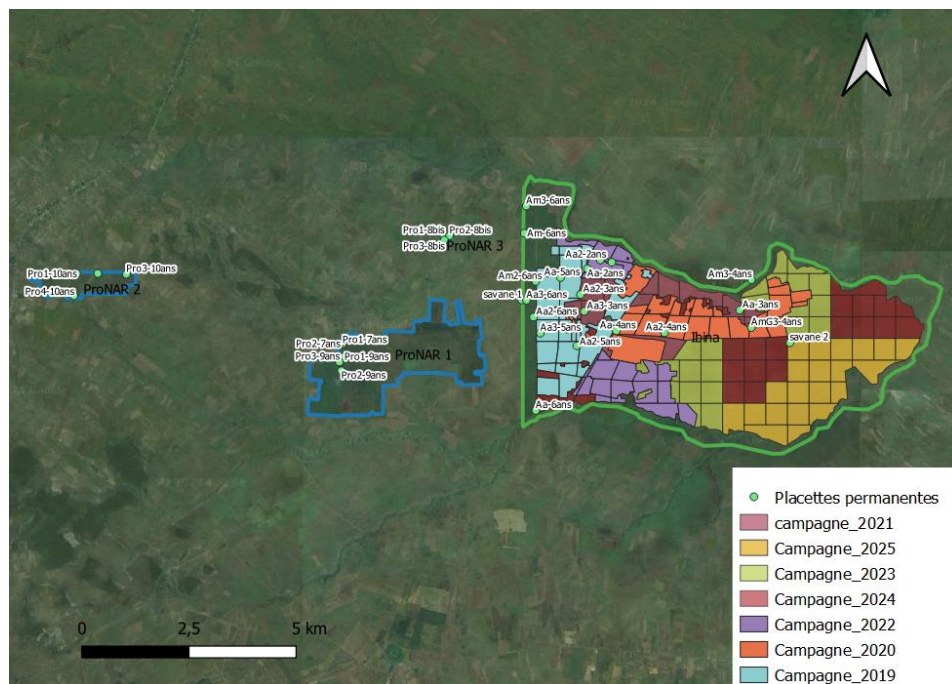


Figure 36: Localisation des placettes permanentes, Ibina et ProNAR

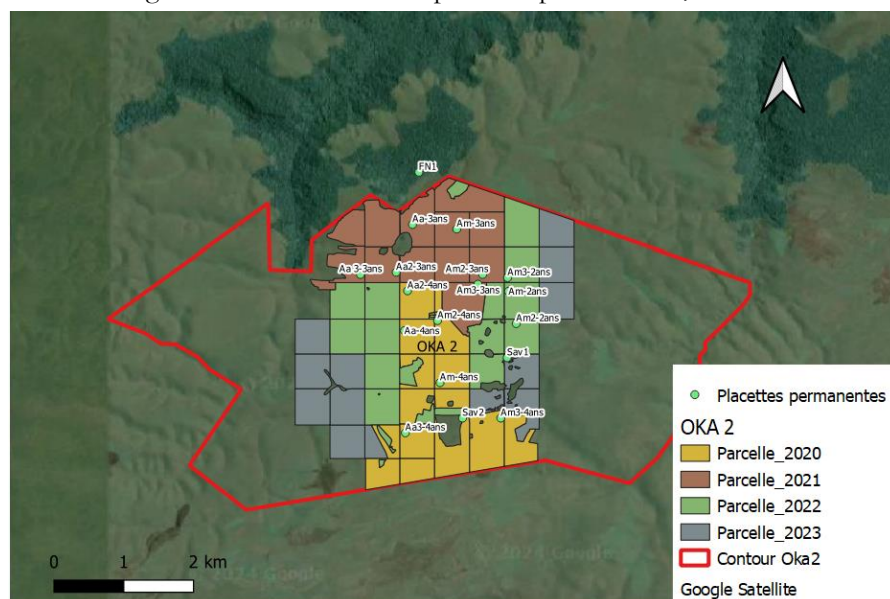


Figure 35: Localisation des placettes permanentes, Oka 2

ANNEXE 3 : PRECISIONS SUR LE PROTOCOLE D'INVENTAIRES FLORISTIQUES

Pour la strate, on attribue un indice correspondant à une catégorie de strate pour laquelle l'espèce est dominante. Nous avons subdivisé en 3 catégories de strates :

- S1 : Semis ou plantule < 30cm
- S2 : Jeunes tiges dont la hauteur est entre 30cm et 1,5m
- S3 : Tiges supérieurs à 1,5m et diamètre <5cm

La sociabilité correspond à la dispersion des individus d'un même taxon dans la communauté végétale. Elle dépend Elle donne une information intéressante sur la structure de la végétation (structure régulière, agrégative, etc.) et améliore la lisibilité d'un relevé (Gillet, 2000 ; Delassus, 2015). L'échelle retenue est celle donnée par Gillet (2000) :

- 1 éléments répartis de façon ponctuelle ou très diluée (pieds isolés) –
- 2 éléments formant des peuplements ouverts, très fragmentés en petites taches à contours souvent diffus (touffes, bouquets)
- 3 éléments formant des peuplements fermés mais fragmentés en petits îlots (nappes, bosquets) –
- 4 éléments formant plusieurs peuplements fermés, souvent anastomosés, à contours nets (réseaux)-
- 5 éléments formant un seul peuplement dense

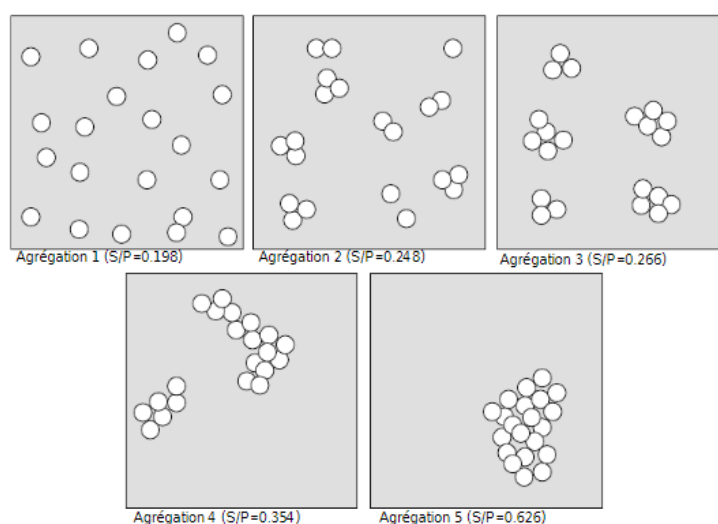


Figure 37: Représentation schématique des indices de sociabilité d'après (Gillet, 2000)

ANNEXE 4 : CAS PARTICULIERS MESURES DENDROMETRIQUES

Mesure de la hauteur

Lors de la mesure de la hauteur il est important de se placer à une distance fixe propre à l'instrument de mesure. Pour le dendromètre on se place à une distance de 15 ou 20m et pour le clinomètre à une distance de 10 ou 20m si on est sur la même courbe de niveau que l'arbre mesurée.

Il existe différents types de situations :

- Dans le cas d'un arbre multicaule, on mesurera seulement la tige la plus haute VIVANTE. Les tiges mortes ne doivent pas être prises en compte.
- Dans le cas où la pente est nulle, on se positionne sur la même courbe de niveau et on mesure seulement la visée haute.
- Dans le cas où la pente est non nulle, la hauteur totale de l'arbre est égale à la distance horizontale (D) entre l'arbre et l'observateur à laquelle on ajoute la hauteur (k) correspondant à la visée à 0%.

Mesure du DBH

Les mesures de DBH seront mesurées à l'aide d'un ruban diamétrique à 1m30 du sol.

Il existe cependant différentes situations :

- En cas d'arbre fourchu ou de cépée, mesurer toutes les tiges présentes à 1,30 m du sol et dépassant 1 cm de DHP. Préciser que ces tiges appartiennent au même arbre/cépée.
- En cas d'arbre n'atteignant pas encore une hauteur 2 m (cas des arbres très jeunes), le diamètre doit être mesuré à 0,20 m (20 cm) du sol.
- Les arbres morts ne sont pas mesurés. Noter « MSP » dans la case « Espèces ».
- En cas d'arbre absent de son emplacement théorique, noter « Abs. » dans la case « Espèces ».
- Ne pas mesurer les espaces inter-arbres et interlignes au niveau d'arbres qui ont disparu après plantation : par exemple, si l'emplacement d'arbre n° 10 n'est pas visible, faire ces mesures d'écartement sur l'arbre n° 12.
- Noter le nom de l'espèce dans la case « Espèces ». Les autres espèces d'arbres (eucalyptus, teck, avocatier, espèces natives...) ne sont pas mesurées.

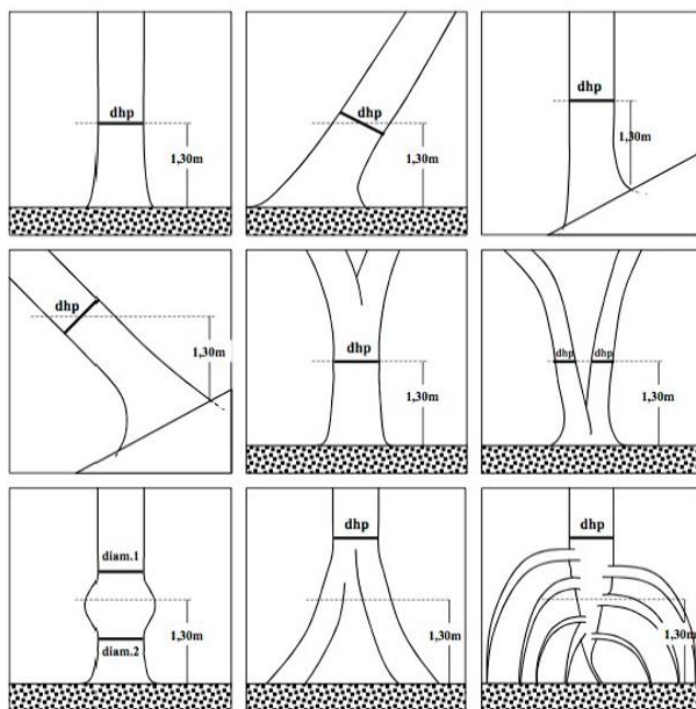


Figure 2 : Schéma des cas particuliers de mesure du DHP

ANNEXE 5 : RESULTATS INVENTAIRE FLORISTIQUE PAR SITE

Tableau 5: : Répartition des espèces, familles et genres identifiés dans chaque site

	Ibina		ProNAR		Oka 2	
	<i>A.auriculiformis</i>	<i>A.mangium</i>	<i>A.auriculiformis</i>	<i>A.mangium</i>	<i>A.auriculiformis</i>	<i>A.mangium</i>
Espèces	109	25	116	X	77	70
Famille	41	19	44	X	37	32
Genre	85	24	89	X	62	52

ANNEXE 6 : ESPECES INDICATRICES DE LA FONCTION INDVAL

Plantations jeunes (2-5ans)	Plantations plus âgées (8 à 10 ans)
- <i>Annona senegalensis</i>, - <i>Landolphia lanceolata</i> - <i>Conyza sumatrensis</i>	- <i>Rhabdophyllum affine</i>, - <i>Vitex congoleana</i> - <i>Heinsia crinita</i> - <i>Cogniauxia podoleana</i>.

ANNEXE 7 : GRAPHIQUE DE REPARTITION DES INDICES DE SIMILARITES

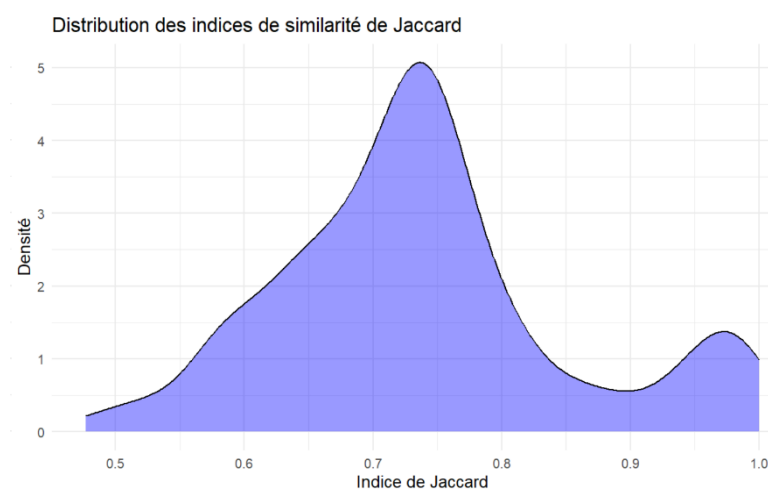


Figure 38: Graphique de répartition des indices de similarité de Jaccard

La courbe de distribution de la densité des indices de Jaccard (figure 17) présente un pic à 0,7 qui décrit une similarité modérée à élevée entre les paires d'échantillons. La distribution générale indique que les communautés d'espèces sont assez similaires entre les différents échantillons (concentration entre 0.6 et 0.8), mais avec une certaine variabilité, comme le montrent les deux pics. Cela peut refléter la présence de **groupes d'espèces indicatrices évoquées précédemment** ou la dominance de certaines espèces dans des types d'habitats similaires.

ANNEXE 8 : RESULTATS PERMANOVA

	R2	F	P-value
Ligneux	0.51969	3.1558	0.001 ***
Non ligneux	0.57061	2.8477	0.001 ***

ANNEXE 9 : BOXPLOTS LA REPARTITION DES INDICES DE SHANNON PAR CHRONOSEQUENCES ET ESSENCE PLANTEE

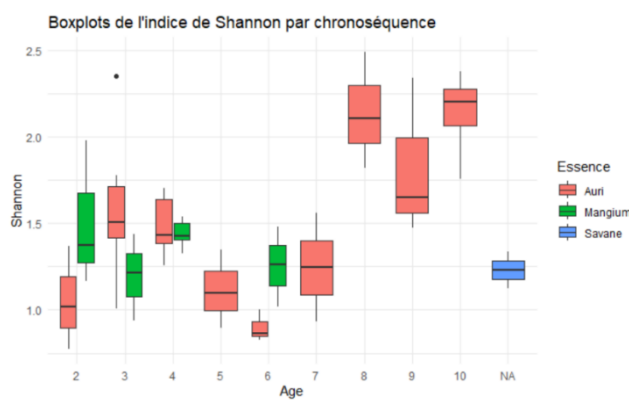


Figure 39:Boxplot de Shannon de la communauté des ligneux par âge des plantations

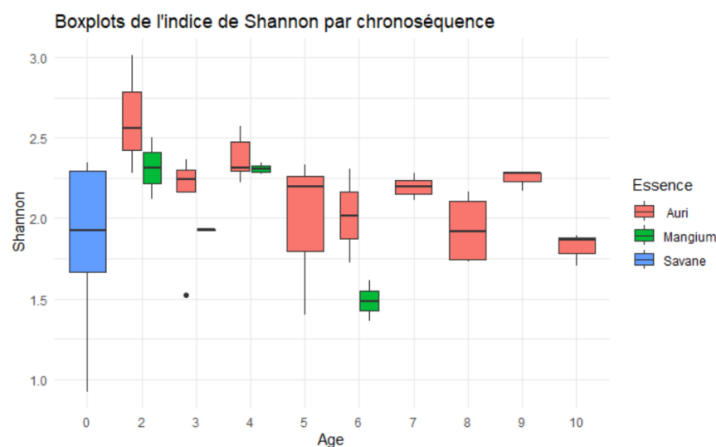


Figure 40 : Boxplot des indices de Shannon de la communauté des non-ligneux en fonction de l'âge des plantations

ANNEXE 10 : INDICES DE DIVERSITE PAR PLACETTES (LIGNEUX)

Placette	Site	Age	Essence	Richesse	Shannon	Simpson	Pielou
AA-2	Ibina	2	Auri	4	0.7748162	0.4724536	0.5589117
AA-3	Ibina	3	Auri	7	1.5264983	0.7401902	0.7844650
AA-4	Ibina	4	Auri	9	1.6388603	0.7258383	0.7458775
AA-5	Ibina	5	Auri	3	1.0986123	0.6666667	1.0000000
AA-6	Ibina	6	Auri	5	0.8660599	0.4036281	0.5381133
AA2-2	Ibina	2	Auri	5	1.0167968	0.5487818	0.6317714
AA2-3	Ibina	3	Auri	6	1.0082630	0.4793503	0.5627223
AA2-4	Ibina	4	Auri	4	1.2558792	0.6849413	0.9059253
AA2-5	Ibina	5	Auri	3	0.8971421	0.5447799	0.8166139
AA2-6	Ibina	6	Auri	10	1.0016083	0.4028655	0.4349929
AA3-2	Ibina	3	Auri	10	1.3924253	0.6162743	0.6047226
AA3-3	Ibina	2	Auri	5	1.3703945	0.7125396	0.8514740
AA3-5	Ibina	5	Auri	7	1.3483999	0.6739443	0.6929405
AA3-6	Ibina	6	Auri	3	0.8287419	0.5355030	0.7543534
AM3-6	Ibina	6	Mangium	6	1.0184473	0.4773663	0.5684063
Am-6	Ibina	6	Mangium	4	1.2641825	0.6925208	0.9119149
Am2-6	Ibina	6	Mangium	5	1.4787515	0.7543253	0.9188000
Ami3-4	Ibina	4	Mangium	7	1.3254631	0.6592782	0.6811533
Sav1ibi	Ibina	NA	Savane	8	1.3343331	0.6022222	0.6416786
Sav2ibi	Ibina	NA	Savane	5	1.1257083	0.6125601	0.6994419
Aa-3	OKA 2	3	Auri	23	2.3500856	0.8462003	0.7495104
Aa-4	OKA 2	4	Auri	10	1.4305250	0.6698960	0.6212691
Aa2-3	OKA 2	3	Auri	10	1.7765606	0.7812346	0.7715505
Aa2-4	OKA 2	4	Auri	8	1.3816814	0.6472222	0.6644483
Aa3-3	OKA 2	3	Auri	7	1.4858865	0.7120181	0.7635946
Aa3-4	OKA 2	4	Auri	9	1.7041257	0.7820069	0.7755810
Am-2	OKA 2	2	Mangium	7	1.3734650	0.6812346	0.7058214
Am2-2	OKA 2	2	Mangium	11	1.9779003	0.8210464	0.8248485
Am2-3	OKA 2	3	Mangium	11	1.2156185	0.5099131	0.5069523
Am3-2	OKA 2	2	Mangium	4	1.1679374	0.6234568	0.8424887
Am3-3	OKA 2	3	Mangium	5	0.9392561	0.4690844	0.5835927
Am3-4	OKA 2	4	Mangium	6	1.4237318	0.7130362	0.7945998
Amj-3	OKA 2	3	Mangium	6	1.4376490	0.7377232	0.8023672
Amj-4	OKA 2	4	Mangium	11	1.4028206	0.6430389	0.5850216
Amj2-4	OKA 2	4	Mangium	10	1.5393610	0.6992244	0.6685360
Am3-4	OKA 2	4	Mangium	6	1.5029045	0.7355372	0.8387870
Pro1-10	PRONAR	10	Auri	15	2.2378483	0.8611840	0.8263688
Pro1-7	PRONAR	7	Auri	14	0.9323554	0.3646814	0.3532911
Pro1-8bis	PRONAR	8	Auri	18	2.1066342	0.8140106	0.7288454
Pro1-9	PRONAR	9	Auri	14	2.3384307	0.8844953	0.8860856
Pro2-10	PRONAR	10	Auri	13	2.3771116	0.8875433	0.9267675
Pro2-7	PRONAR	7	Auri	17	1.5570075	0.6052484	0.5495553

Pro2-8bis	PRONAR	8	Auri	19	2.4858288	0.8835062	0.8442453
Pro2-9	PRONAR	9	Auri	11	1.6471605	0.7510288	0.6869193
Pro3-10	PRONAR	10	Auri	21	2.1622774	0.8286452	0.7102189
Pro3-8bis	PRONAR	8	Auri	16	1.8196959	0.7144637	0.6563166
Pro3-9	PRONAR	9	Auri	13	1.4715518	0.6474365	0.5737157
Pro4-10	PRONAR	10	Auri	17	1.7574466	0.6975758	0.6203015

ANNEXE 11 : BOXPLOT DE LA RICHESSE SPECIFIQUE ET L'INDICE DE SHANNON EN FONCTION DES SITES

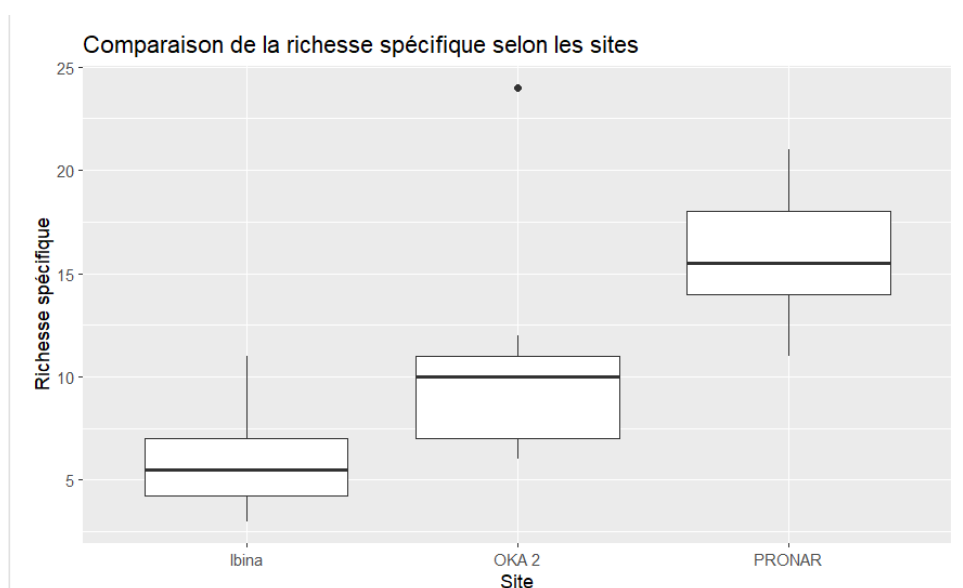


Figure 41: Boxplot de la richesse spécifique selon les sites

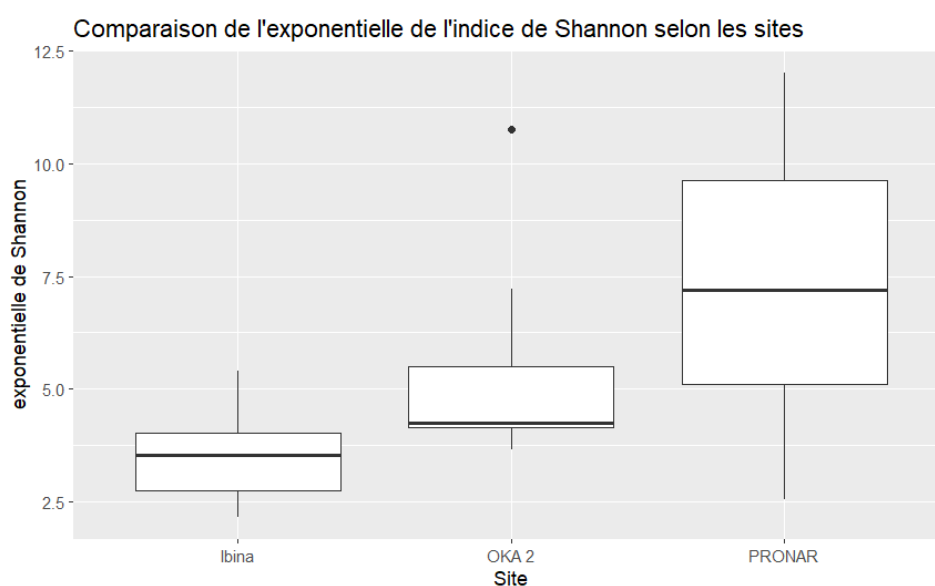


Figure 42: Boxplot indice de Shannon selon les sites

ANNEXE 12 : TABLEAU DES RESULTATS DES TESTS MANOVA REALISES ENTRE LES FACTEURS DES PLANTATIONS ET LES INDICES DE DIVERSITE

Tableau 6: Tableau des résultats des tests MANOVA réalisés entre les facteurs des plantations et les indices de diversité

	P-value (Ligneux)			P-value (Non ligneux)		
	Rich spé	Shannon	Simpson	Rich spé	Shannon	Simpson
Âge	3.43e-06 ***	2.36e-05 ***	0.00173 **	0.000984 ***	0.00664 **	0.0328 *
Essence	0.6723	0.6969	0.45598	0.016095 *	0.02488 *	0.0390 *
Site	0.0386 *	0.0700	0.23476	0.849859	0.29031	0.3860

ANNEXE 13 : TESTS DE TUCKEY

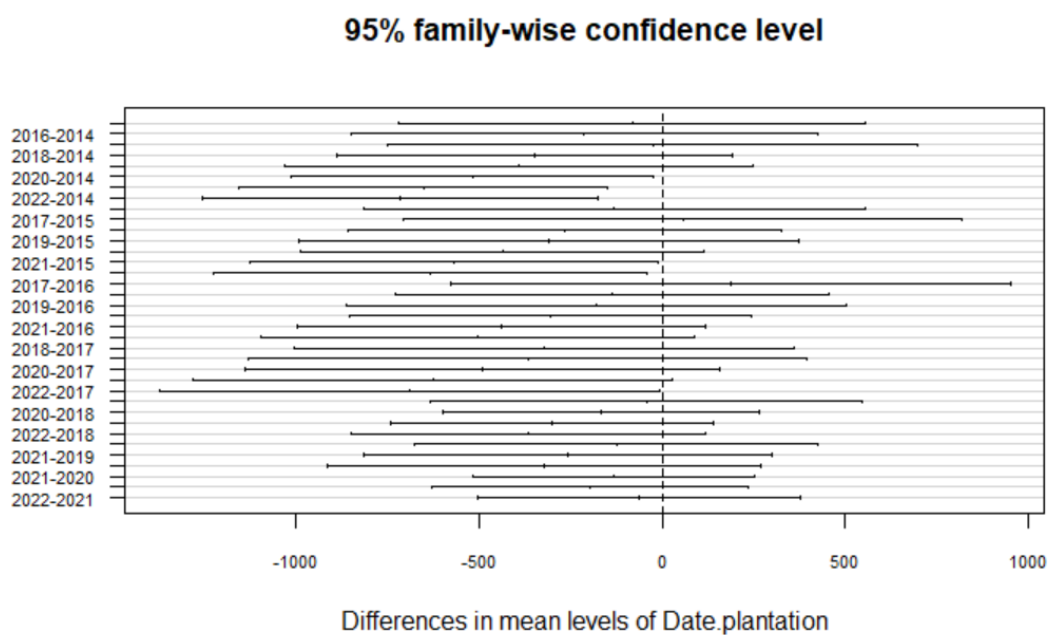


Figure 43: Test de Tuckey richesse spécifique des ligneux et âge des plantations

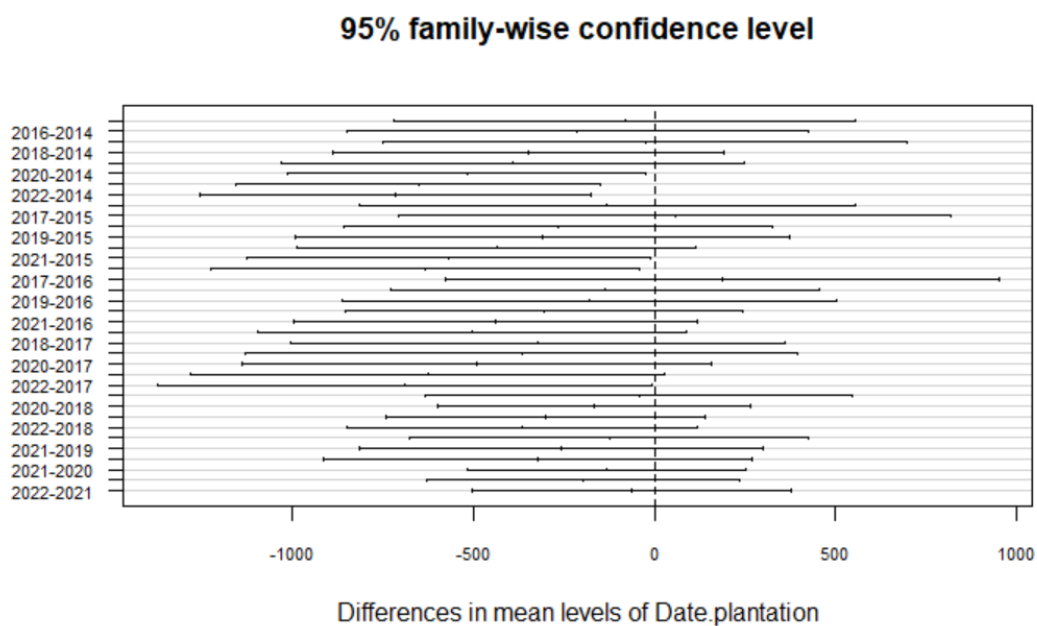


Figure 44! Test de Tuckey richesse spécifique des non ligneux et âge des plantations

ANNEXE 14 : RESULTATS TESTS SIGNIFICATIVITE CCA

Tableau 7: Test de permutations pour l'ensemble du modèle

Chi square	F	P-value
2.4066	1.895	0.001 ***

Tableau 8: Test de permutations pour les axes individuels

	Chi square	F	P-value
CCA 1	0.69306	7.0942	0.001 ***
CCA 2	0.46733	4.7837	0.041 *

Tableau 9: Test ANOVA sur les variables environnementales individuelles

	ChiSquare	F	Pr(>F)
Date_plantation	0.4992	4.7682	0.001 ***
Type_PL	0.1279	1.2221	0.647
ST_m	0.2096	2.0019	0.109
Densité	0.1585	1.5144	0.332
Litière	0.0855	0.8166	0.898
Canopee	0.4382	2.0928	0.018 *

ANNEXE 17 : TABLEAU DES ESPECES LIGNEUSES DOMINANTES

Site	Date de plantation	Espèce	Proportion
IBINA	2018	Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	47%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	30%
		Bridelia ferruginea Benth.	6%
		Mikania cordata (Burm.f.) B.L. Robinson	3%
		Paroptia Brazzeana Bail.	3%
IBINA	2019	Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	38%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	37%
		Cissus sp.	14%
		Bridelia ferruginea Benth.	6%
		Platysepalum vanderystii De Wild.	1%
IBINA	2020	Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	39%
		Hymenocardia acida Tul.	30%
		Bridelia ferruginea Benth.	9%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	6%
		Funtumia elastica (P.Preuss) Stapf	6%
IBINA	2021	Hymenocardia acida Tul.	57%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	12%
		Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	8%
		Paroptia Brazzeana Bail.	8%
		Crossopteryx febrifuga (Afz. ex G. Don) Benth.	6%
IBINA	2022	Hymenocardia acida Tul.	59%
		Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	27%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	5%
		Bridelia ferruginea Benth.	4%
		Dichrostachys cinerea (L.) Wight & Arn. subsp. Cinerea = D. glomerata (Forssk.) Chiov.	4%
IBINA	SAVANE	Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	56%
		Hymenocardia acida Tul.	19%
		Bridelia ferruginea Benth.	18%
		Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	4%
		Cissus guerkeana (Büttner) T. Durand & Schinz.	2%
OKA 2	2020	Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	43%
		Psorospermum febrifugum Spach	18%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	15%
		Hymenocardia acida Tul.	9%
		Bridelia ferruginea Benth.	7%
OKA 2	2021	Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	39%
		Hymenocardia acida Tul.	19%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	13%
		Psorospermum febrifugum Spach	13%
		Bridelia ferruginea Benth.	3%

OKA 2	2022	Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	43%
		Hymenocardia acida Tul.	16%
		Psorospermum febrifugum Spach	14%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	9%
		Bridelia ferruginea Benth.	8%
PRONAR	2014	Vernonia brazzavillensis Aubrev. Ex Compere	16%
		Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	15%
		Voacanga chalotana Pierre ex. Stapf	14%
		Anthocleista schweinfurthii Gilg.,	8%
		Canthium sp	7%
PRONAR	2015	Hymenocardia acida Tul.	29%
		Albizia adianthifolia (Schumach.) W. Wight	27%
		ALLOPHYLUS AFRICANUS P. BEAUV.	10%
		Millettia eetveldeana (Micheli) Hauman	8%
		Anthocleista schweinfurthii Gilg.,	7%
PRONAR	2016	Anthocleista schweinfurthii Gilg.,	35%
		Bridelia ferruginea Benth.	11%
		Maprounea africana Müll. Arg.	9%
		Annona senegalensis subsp. oulotricha Le Thomas	8%
		Sabicea venosa Benth.	8%
PRONAR	2017	Anthocleista schweinfurthii Gilg.,	69%
		Rauvolfia vomitoria Afzel.	6%
		Hymenocardia acida Tul.	4%
		Bridelia ferruginea Benth.	4%
		Landolphia camptoloba (K. Schum.) Pichon	3%

ANNEXE 16 : REPARTITION DES TYPES PHYTOSOCIOLOGIQUES PAR CHRONOSEQUENCE

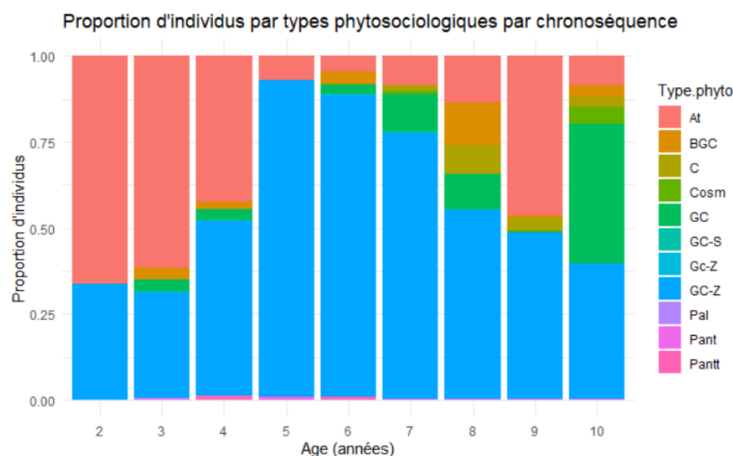


Figure 45: Répartition des types de phytosociologiques des espèces selon l'âge des plantations d'Acacia

Sur cette figure, on remarque une dominance de deux groupes phytogéographiques, les espèces guinéo-congolaises-zambéziennes (GC-Z) et les espèces afrotropicales (At : espèces distribuées dans toute l'Afrique tropicale). Dans les plantations les plus anciennes, on observe l'émergence de groupe d'espèces plus endémique du Congo, les espèces du sous-centre congolais (C) au sens de (Miabangana & Ayingweu, 2015) et les espèces omni-guinéo-congolaises (GC : espèces présentes dans toute la région guinéo-congolaise).

ANNEXE 17 : RESULTATS MANOVA DES FACTEURS STRUCTURAUX

	Date de plantation		Type d'essence	
	F	P-value	F	P-value
Diamètre moyen	2.229	0.0505	0.808	0.3753
Hauteur moyenne	4.571	0.00081 ***	0.087	0.76976
Densité de régénération	5.479	0.000196 ***	0.194	0.662245
Surface terrière de régénération	5.882	0.0197 *	1.909	0.1744

ANNEXE 18 : SELECTIVITE AVIAIRE

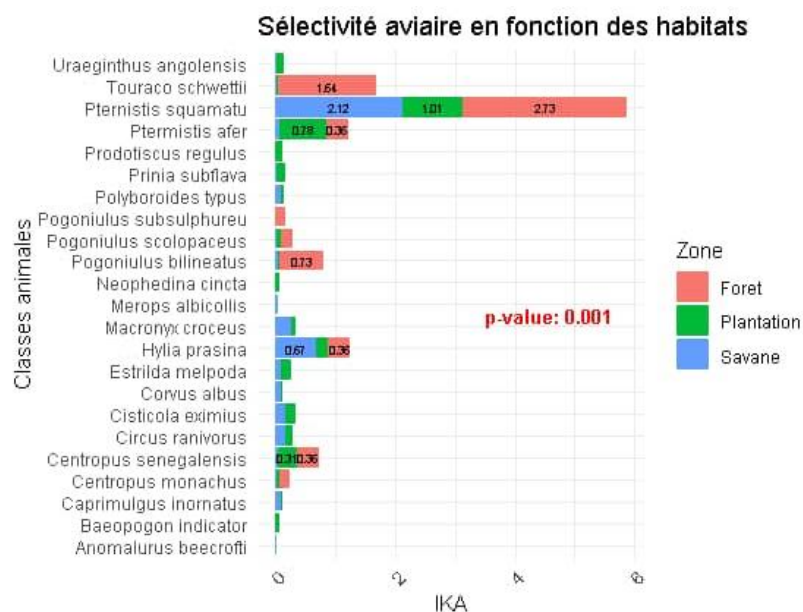


Figure 46: Sélectivité aviaire

Pour l'avifaune (figure 34), les espèces les plus observées sont le *Pternistis squamatus* (Francolin écaillé), *Pternistis afer* (Francolin à gorge rouge) et *Hylia prasina* (Hylia verte).