

# *Caractérisation Des Agroforets A Terminalia Superba Engl. & Diels – Coffea Canephora Pierre Ex Frohner Dans La Réserve De Biosphère De Luki*

## *[Characterization Of The Terminalia Superba Engl. & Diels – Coffea Canephora Pierre Ex Frohner Agroforest In The Luki Biosphere Reserve]*

KAKA di MAKWALA Alain<sup>1,2\*</sup>, KAPALAY MOULASA Olivier<sup>1,2</sup>, VANGU DIMBI Daniel<sup>2,3</sup>, MBADU KWALU Gikal<sup>1</sup>, MASUKI MATUBA Donesfort<sup>1</sup>, MABANGA MABANGA Alphonse<sup>3</sup>, MUFWAYA KAKA Clarisse<sup>4</sup>, IDRISSE ASSUMANI Zabo<sup>2,5</sup>, NSIELOLO KITOKO Ruffin<sup>2,5,6</sup>, ANGOBOY ILONDEA Bhely<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), BP 2037 Kinshasa I, République Démocratique du Congo

<sup>2</sup> Université Pédagogique Nationale (UPN), École de Télécommunication et Télédétection Spatiale (ETS-UPN), Département des Eaux et Forêts, BP 8815 Kinshasa;

<sup>3</sup> Université Président Joseph Kasa-vubu, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, B.P 314/Boma Kongo-Central

<sup>4</sup> Université de Kinshasa, Faculté des sciences Agronomiques, Département de Gestion des Ressources Naturelles, BP. 127, Kinshasa I

<sup>5</sup> Université Pédagogique Nationale (UPN), Faculté des Sciences et Technologies, Département de Biologie, BP 8815 Kinshasa;

<sup>6</sup> Université du Kwango, Faculté des sciences Agronomiques et Environnement, BP 41 KIN 1, RD Congo; (RDC)

Auteur correspondant: KAKA di MAKWALA Alain, [kakafils1@gmail.com](mailto:kakafils1@gmail.com)

Tél +243 89 85 67 088



**Résumé :** Les systèmes agroforestiers constituent une alternative durable conciliant production agricole, conservation de la biodiversité et maintien des services écosystémiques. Cette étude vise à caractériser les agroforêts associant *Terminalia superba* et *Coffea canephora* dans la Réserve de Biosphère de Luki (RBL) en République démocratique du Congo. Trois sites correspondant au gradient d'anthropisation ont été choisis, il s'agit de l'intérieure de la RBL, de l'enclave de tumba kituti et de kimakene (hors de la RBL). Des inventaires floristiques et dendrométriques ont été réalisés dans 16 parcelles de 50 m × 50 m réparties dans les trois sites. Les mesures DHP et de hauteur ont été prélevés sur les arbres ayant un diamètre  $\geq$  à 10 cm. Les données collectées ont permis de calculer les indices de diversités (Shannon et Simpson) par la méthode du nombre de Hill et une analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour la typologie des agroforêts étudiés. Les résultats obtenus ont permis d'identifier 28 espèces végétales réparties dans 16 familles

botaniques. Des différences significatives ont été enregistrées entre les sites au niveau de la richesse spécifique et de la densité des tiges. Les agroforêts de la RBL ont présenté une densité plus élevée. Par contre la diversité spécifique est plus importante en dehors de la réserve. Le plan factoriel de l'ACP révèle un phénomène majeur d'homogénéisation structurelle et floristique dicté par l'usage des terres dans les agroforêts.

**Mots-clés :** Agroforesterie ; Terminalia superba ; Coffea canephora ; diversité floristique ; services écosystémiques ; Réserve de Biosphère de Luki.

**Abstract:** Agroforestry systems represent a sustainable alternative that reconciles agricultural production, biodiversity conservation, and the maintenance of ecosystem services. This study seeks to characterize agroforestry systems combining Terminalia superba and Coffea canephora in the Luki Biosphere Reserve. Three sites corresponding to the gradient of human impact were chosen: the interior of the RBL, the Tumba Kituti enclave, and Kimakene (outside the RBL). Floristic and dendrometric surveys were carried out in 16 plots of 50 m × 50 m spread across the three sites. DHP and height measurements were taken on trees with a diameter ≥ 10 cm. The collected data made it possible to calculate the diversity indices (Shannon and Simpson) using Hill's number method, and a principal component analysis (PCA) was used for the classification of the studied agroforests. The results allowed us to identify 28 species across 16 botanical families. Significant differences were recorded between the sites in terms of species richness and stem density. The RBL agroforests showed a higher density. On the other hand, species diversity is greater outside the reserve. The PCA factorial plan reveals a major phenomenon of structural and floristic homogenization driven by land use in the agroforests.

**Keywords:** Agroforestry; Terminalia superba; Coffea canephora; plant diversity; ecosystem services; Luki Biosphere Reserve.

## INTRODUCTION

Les forêts tropicales constituent des réservoirs majeurs de biodiversité et jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat ainsi que dans la fourniture de nombreux services écosystémiques [1] ; [2]. Toutefois, ces écosystèmes subissent une pression anthropique croissante liée à l'expansion agricole, à l'exploitation forestière et à l'augmentation des besoins des populations rurales, entraînant une réduction progressive du couvert forestier et une altération de leurs fonctions écologiques [3] ; [4].

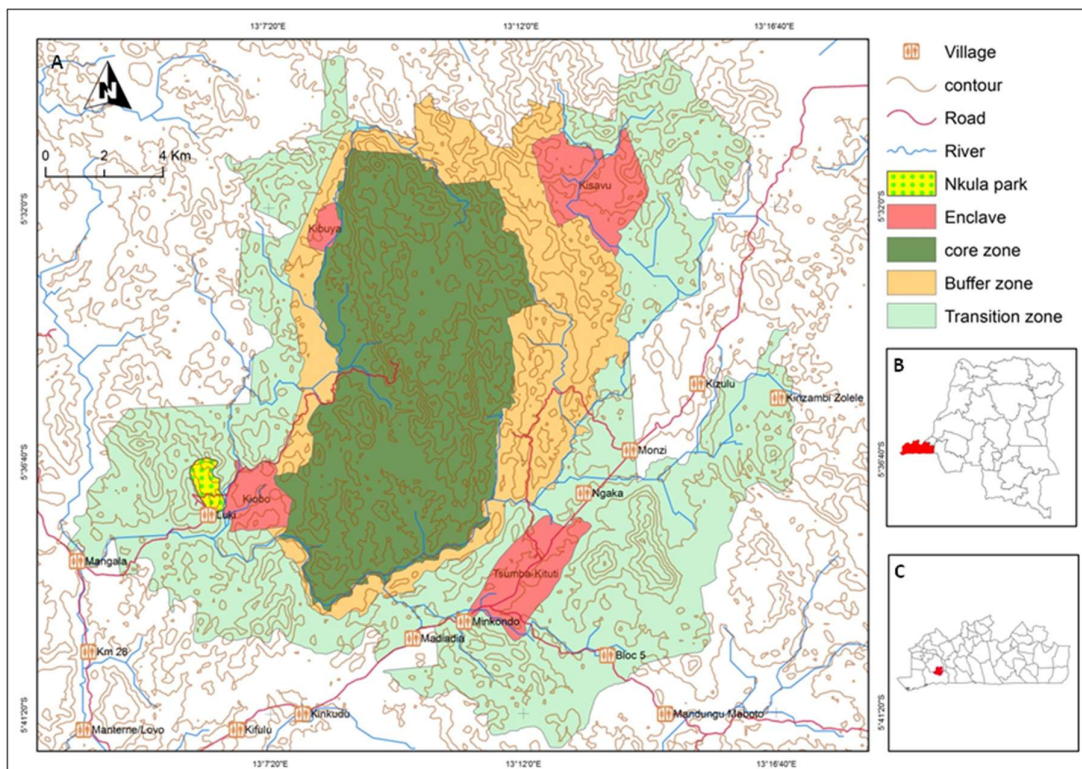
Face à ces défis, l'agroforesterie est reconnue comme une approche durable de gestion des terres, capable d'associer production agricole, conservation de la biodiversité et maintien des services écosystémiques [5] ; [6]. Dans le bassin du Congo, les systèmes agroforestiers à base d'essences locales et de cultures pérennes constituent des alternatives prometteuses pour concilier les objectifs de conservation et les besoins socio-économiques des communautés rurales [7] ; [8].

Dans la Réserve de Biosphère de Luki, les agroforêts associant Terminalia superba et Coffea canephora représentent un modèle traditionnel d'utilisation des terres à fort potentiel écologique et économique. Bien que l'importance des systèmes agroforestiers du Mayombe ait déjà été soulignée [9], les connaissances relatives à la structure et à la diversité floristique des agroforêts à Terminalia superba et caféier demeurent encore limitées. La présente étude vise donc à caractériser ces agroforêts le long d'un gradient d'anthropisation afin d'évaluer les variations de leur structure dendrométrique et floristique et d'établir une typologie des parcelles selon leurs caractéristiques écologiques et leurs modes de gestion.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Milieu d'étude

La Réserve de biosphère de Luki est située au Sud-Ouest de la RDC, dans le district du Bas-Fleuve, province du Kongo Central, non loin du bief maritime du fleuve Congo. Elle constitue la pointe méridionale extrême du massif forestier guinéo-congolais, à la limite entre le Centre régional d'endémisme guinéo-congolais et la Zone de transition régionale guinéo-congolaise/zambézienne [10] ; [11] ; [12]. Ses latitudes sont comprises entre 05°35' et 05°43' sud et ses longitudes entre+ 13°10' et 13°15' est. Elle couvre une superficie d'environ 33.000 ha et est traversée sur sa quasi-totalité par le bassin hydrographique de la rivière Luki. Ses principaux affluents, dont la Ntozi et la Monzi, se jettent ensemble dans la rivière Lukunga, affluent du fleuve Congo. La figure 3 présente la carte de la RBL avec ses différentes zones et enclaves.



**Figure 1. Localisation de la réserve de biosphère de Luki : A) le périmètre de la réserve, comprenant sa zone centrale, sa zone tampon, sa zone de transition, quatre enclaves habitées et le Nkulaparc, une partie isolée de la zone centrale de la réserve où les arbres font l'objet d'un suivi phénologique et de croissance ; B) la localisation de la province du Kongo Central en République démocratique du Congo ; C) la localisation de la réserve de biosphère de Luki dans la province du Kongo Central. [13].**

Dans la RBL, il règne un écoclimat du type tropical humide  $Aw_5$  de la classification de Köppen [14]. Il est influencé par le courant marin froid de Bengwela et les alizés du Sud-est. L'analyse des données climatiques de la station de Luki pour la période 2025 (figure 2) montre que l'année est divisée en deux grandes saisons : une saison des pluies s'étalant entre la deuxième moitié d'octobre et la première moitié de mai ; et une saison sèche, couvrant la période entre la seconde moitié de mai et la première moitié d'octobre. La saison des pluies est entrecoupée par une courte période de sécheresse relative, d'ailleurs peu marquée, entre décembre et janvier. D'une durée de quatre mois, la saison sèche se caractérise par une baisse légère de température et de fréquents brouillards matinaux ou brumes, qui compensent le déficit en eau du sol. Ces brouillards ou brumes sont considérés localement comme des précipitations occultes.

Les précipitations moyennes annuelles sont très irrégulières avoisinant 1.281,6mm. La température moyenne annuelle varie de 24 à 25°C. L'humidité relative de l'air reste élevée durant toute l'année, oscillant autour de 73%. Les vents peuvent être importants et violents surtout dans les après-midis [15].

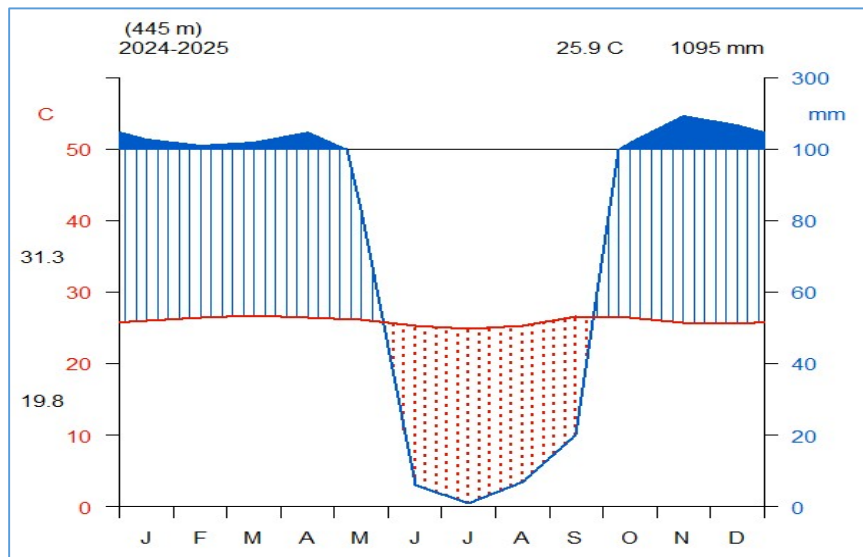


Figure 2. Diagramme ombrothermique de Luki 2025 (Données collectées à la station de Luki de 2024 à 2025).

### Matériel

#### 1.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué de : Terminalia superba et Coffea canephora.

#### 1.1.2. Matériels techniques

Les outils et équipements utilisés comprennent :

**GPS GARMIN Map 64 pour la localisation des parcelles ;**

**Ruban dendrométrique pour la prise des mesures de diamètre à hauteur de 1, 30 m pour les essences forestières ;**

**Clinomètre pour mesurer la hauteur des arbres ;**

**Décamètre pour la délimitation des parcelles ;**

**Fiches de terrain pour l'enregistrement des données ;**

**Machette et piquets pour les délimitations des placettes.**

#### Méthodes de collecte et d'analyse des données

L'étude a été menée dans la Réserve de Biosphère de Luki au cours de la période allant d'Avril en Mai 2026. Les données ont été collectées dans trois sites le long d'un gradient d'anthropisation décroissant (Hors-Réserve, Enclave et Réserve). Les critères de sélection des agroforêts à Terminalia superba - caféier ont été la superficie (0,25 ha) et aussi l'accessibilité des parcelles pour les travaux d'inventaire. La méthode d'implantation des unités d'échantillonnage, qui a été appliquée dans cette étude est celle de l'échantillonnage systématique adaptée de [16]. Les méthodes d'inventaires proposées par [17] ; [18] ont été appliquées à cette étude. Ces méthodes sont de plus en plus utilisées en Afrique Centrale, car elles facilitent les comparaisons entre les différents sites d'étude [19]. Au total 16 parcelles (50m x 50m) agroforestières ont été installées dans les différents sites. Dans chaque parcelle, tous les arbres ayant un DHP  $\geq 10$  cm ont été mesurés, identifiés et les pieds de caféier comptés. Pour les arbres présentant des contreforts remarquables, les mesures ont été prises à 30 cm au-dessus. La Hauteur totale de l'arbre a été prélevée à l'aide d'un clinomètre suunto.

### Analyse des données

Les données floristiques et dendrométriques collectées ont permis de calculer : la densité, la richesse spécifique (diversité Alpha), l'importance écologique de chaque espèce (Index Value Importance). Pour y arriver, les paramètres tels que l'abondance relative et la dominance relative de chaque espèce ont été calculés. Les indices de diversités (Shannon et Simpson) par la méthode du nombre de Hill ont été calculés afin de juger de la ressemblance floristique entre les sites et de contourner les limites des indices de diversité classiques et d'unifier l'évaluation de la biodiversité sous une unité commune, la diversité alpha a été modélisée à l'aide des nombres de Hill (<sup>q</sup>D), basés sur l'abondance des individus [20].

Les analyses statistiques et les représentations graphiques ont été réalisées sous l'environnement R [21] en combinant les approches de modélisation de la diversité alpha et d'analyse multivariée.

#### Densité des arbres dans les agroforets

La densité d'une espèce est le nombre d'individus de cette espèce à l'hectare. Elle est évaluée par la formule  $N = n / S$  (avec N : densité (en tiges/ha), n : nombre de tiges présentes sur la surface considérée, S : surface considérée (ha), [22].

#### Richesse spécifique classique ou Diversité alpha (diversité- $\alpha$ )

Elle exprime le nombre total d'espèces recensées dans un espace considéré. Pour ce paramètre, une liste des espèces inventoriées dans les parcelles agroforestières a été élaborée. [23].

#### Index Value Importance (Importance des espèces)

Index Value Importance ou Importance des espèces = Abondance relative + dominance relative [24] D'où, ces différentes expressions ont été calculées par les formules ci-dessous :

**Abondance relative = (nombre total d'individus d'une espèce / nombre total de tous d'individus de toutes les espèces de la communauté) x 100 ;**

**Dominance relative = (surface basale d'une espèce / Surface basale total) x 100 ;**

#### ▪ Caractérisation de la diversité par les nombres de Hill

Trois ordres de Hill (q) ont été calculés afin d'évaluer la structure de la communauté ligneuse le long du gradient d'anthropisation:

1. L'ordre  $q = 0$  correspond à la richesse spécifique brute, accordant le même poids aux espèces rares et abondantes ;
2. L'ordre  $q = 1$  (diversité de Shannon exponentielle) pondère les espèces proportionnellement à leur abondance relative ;
3. L'ordre  $q = 2$  (diversité de Simpson inverse) privilégie la mesure des espèces dominantes.

Les estimations, ainsi que les courbes d'accumulation basées sur la taille de l'échantillon (raréfaction et extrapolation), ont été générées à l'aide du package iNEXT. Les intervalles de confiance à 95 % ont été calculés par une procédure de bootstrapping (200 répliques) pour tester la significativité statistique des différences observées entre les sites (RBL, Enclave, Hors-RBL). [25]

#### ▪ Typologie des parcelles par Analyse en Composantes Principales (ACP)

Pour structurer les relations entre les paramètres structuraux et les indices de diversité, une ACP a été appliquée aux matrices de données synchronisées par parcelle (n=16). Six variables quantitatives ont été injectées dans le modèle factoriel : le diamètre moyen à hauteur de poitrine (DHP\_Moyen), la hauteur moyenne du (Haut Moyenne), la densité absolue de tiges (Densité Tiges), la richesse spécifique ( $q=0$ ), l'indice de Shannon (H'), et l'indice d'équitabilité de Pielou (J'). Les variables quantitatives ont été préalablement centrées et réduites pour s'affranchir des différences d'unités d'échelles. Les sites ont été intégrés comme variable qualitative illustrative pour projeter des ellipses de confiance à 95% autour des barycentres de chaque groupe. L'ACP a été

exécutée à l'aide du package FactoMineR et les visualisations du cercle des corrélations et de la carte des individus ont été éditées avec factoextra.

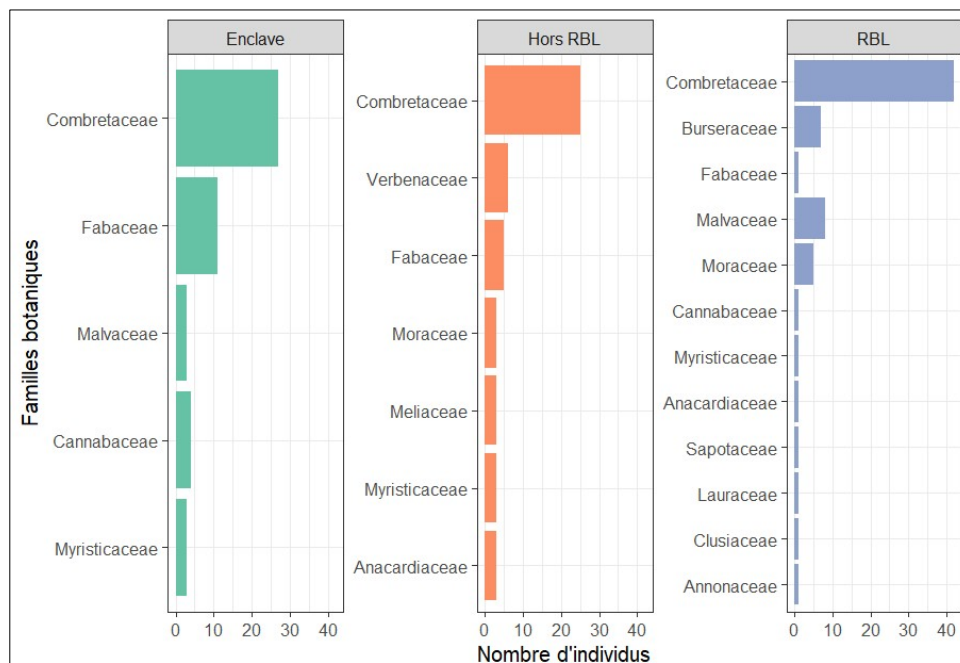
## RESULTATS

### Caractéristiques floristiques et richesse spécifique

Sur un ensemble de 16 parcelles agroforestières étudiées dans trois sites, le cortège floristique fait état d'un total de 28 espèces monogéniques réparties dans 16 familles botaniques. Les agroforets hors RBL présentent un nombre de famille légèrement important que celles situées dans la RBL (Tableau1). La famille des Fabaceae est la plus représentée en nombre d'espèces (6 espèces) alors que celle des Combretaceae domine en nombre des pieds soit 95 (Figure3). Les familles des Anacardiaceae, des Burseraceae et des Meliaceae sont représentées par 3 espèces chacune. Les 12 autres n'en possèdent chacune une seule. Pour la densité, les agroforets de la RBL sont plus denses en termes de ligneux et des pieds de caféier que les autres agroforets ( $p < 0,030$ ).

**Tableau 1. Paramètre dendrométrique et floristique**

Sites	Composition floristique			Densité (tiges/parcelles)	
	Nbre d'espèces	Nbre de genre	Nbre de familles	Caféier	Ligneux
Enclave	14	14	10	330	57
Hors RBL	16	16	11	327	55
RBL	14	14	12	357	70
Moyenne	14,6±0,8	14,6±0,8	11±0,6	338±12,6	60,6±6,2



**Figure 3. Abondance relative des espèces par famille**

En termes d'importance relative des espèces dans chaque site, *Terminalia superba* est la plus représentée. Elle couvre en moyenne le 1/3 de toutes les espèces. Les espèces compagnes en termes de site sont : *Tarrietia utilis* (11%), *Aucoumea klaineana*, *Canarium schweinfurthii*, *Celtis mildbraedii*, *Milicia excelsa* et *Pterocarpus tinctorus* (6% chacune) pour les agroforets dans la RBL, *Albizia gummifera* (11%), *Ceiba pentandra*, *Pterocarpus tinctorus* (9% chacune), *Celtis mildbraedii* (8%), pour les agroforets dans l'enclave de Tsembakituti, *Gmelina arborea* (8%), *Ceiba pentandra*, et *Milicia excelsa* (7% chacune), *Albizia gummifera*, *Pycnanthus angolensis*. (6% chacune), pour les agroforets hors de la RBL (Tableau 2).

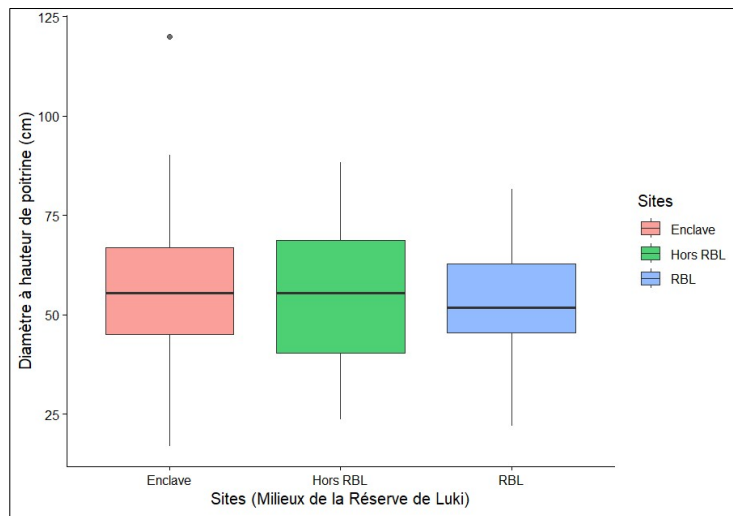
**Tableau 2. Indice d'importance relative des espèces dans les agroforets**

N°	Espèces	Sites		
		RBL	Enclave	Hors RBL
1)	<i>Albizia gummifera</i>	-	11%	6%
2)	<i>Aucoumea klaineana</i>	6%	-	-
3)	<i>Canarium schweinfurthii</i>	6%	-	-
4)	<i>Carapa procera</i>	-	3%	2%
5)	<i>Ceiba pentandra</i>	-	9%	7%
6)	<i>Celtis mildbraedii</i>	6%	8%	6%
7)	<i>Dacryodes edulis</i>	4%	-	3%
8)	<i>Entandrophragma angolense</i>	-	4%	4%
9)	<i>Gambeya lacourtiana</i>	4%	-	-
10)	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	-	5%	-
11)	<i>Gmelina arborea</i>	-	-	8%
12)	<i>Lannea welwitschii</i>	-	5%	3%
13)	<i>Mammea africana</i>	4%	-	-
14)	<i>Mangifera indica</i>	-	-	4%
15)	<i>Milicia excelsa</i>	6%	3%	7%
16)	<i>Monodora myristica</i>	4%	-	-
17)	<i>Caloncoba welwitschii</i>	-	4%	-
18)	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	-	-	5%
19)	<i>Persea americana</i>	2%	-	4%
20)	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	-	6%	-
21)	<i>Pterocarpus tinctorus</i>	6%	9%	4%
22)	<i>Pycnanthus angolensis</i>	-	-	6%
23)	<i>Spondias mombin</i>	3%	-	-

24)	<i>Staudtia kamerounensis</i>	3%	-	-
25)	<i>Tarrietia utilis</i>	11%	-	-
26)	<i>Terminalia superba</i>	34%	28%	27%
27)	<i>Trichilia monadelpha</i>	-	-	4%
28)	<i>Zanha golungensis</i>	-	5%	-

#### Variation de la structure radiale et axiale dans les différents sites

L'observation de la figure 4 ci-dessous montre que le DHP (cm) a varié entre 10cm et 80 cm dans les trois sites. L'ANOVA utilisée pour la comparaison de trois sites n'a pas révélé une différence significative sur le DHP (cm)  $p > 0,000$ . ( $p=0.615$ ). Le diamètre moyen des ligneux (*Terminalia superba* et autres espèces compagnes) ne varie pas de manière majeure d'un site à un autre. Par contre, un effet significatif a été observé en ce qui concerne la structure axiale ( $p=0.000791$  \*\*\*).



**Figure 4. Variation de DHP (cm) dans les différents sites d'études**

#### Caractérisation de la diversité et Analyse à composante principale

Les profils de Hill révèlent des dynamiques contrastées (Figure 5). À l'ordre  $q=0$  (richesse), l'Enclave de Tumba Kituti et la zone Hors-RBL dominent à faible échantillonnage, mais la RBL progresse continuellement grâce à ses espèces rares. À l'inverse, l'intégration des abondances ( $q=1$  et  $q=2$ ) montre un effondrement en RBL : la diversité effective de Shannon ( $q=1$ ) y chute à 5 espèces (contre 8-9 hors-réserve) et Simpson ( $q=2$ ) plafonne à 3 espèces dominantes.

L'ACP explique 87,5 % de l'inertie (Axes1 : 54,3% ; 2 : 33,2%) (Figure 6). L'Axe1 discrimine la complexité floristique via l'équitabilité, la richesse et le Shannon (contributions >18%). L'Axe 2 oppose la maturité forestière (DHP\_Moyen, Haut Moyenne) à la densité de tiges.

La projection des parcelles (Figure 7) isole deux structures : une forte homogénéité floristique et structurale dans l'Enclave et Hors-RBL, face à une large hétérogénéité interne en RBL, oscillant entre forte biomasse/faible diversité et agroforets diversifiés.

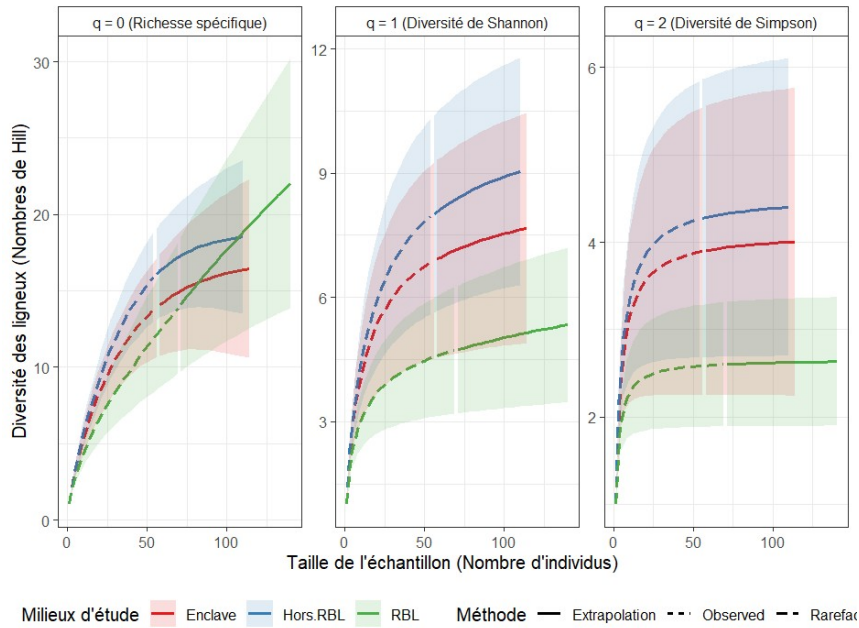


Figure 5. Diversité des ligneux sur base du nombre de Hill

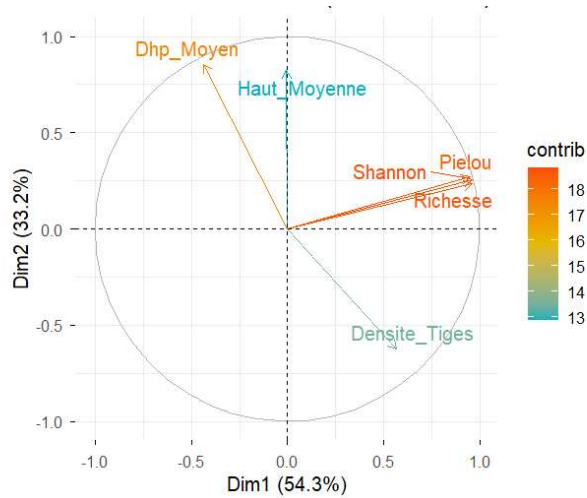
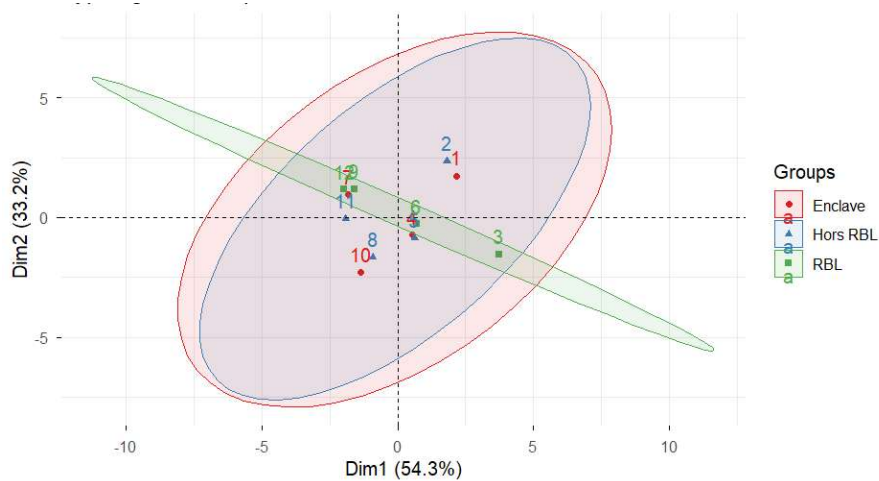


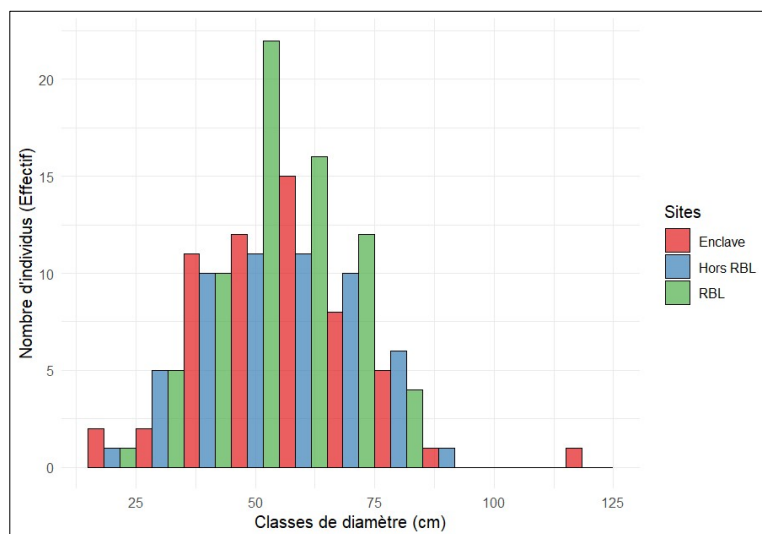
Figure 6. Cercle de corrélation des variables



**Figure 7. Typologie des parcelles en fonction des sites**

### Structure diamétrique

L'analyse de la figure 8 montre une grande variabilité de classe de diamètre. Quel que soit le site d'étude considéré, les classes de diamètre compris entre 35 et 70 cm sont plus importantes que les autres classes.



**Figure 8. Structure diamétrique des arbres des agroforets par site**

### DISCUSSION

Dans les systèmes agroforestiers tropicaux, la structure et la diversité jouent un rôle clé dans la résilience écologique, la productivité agricole et la durabilité environnementale. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude mettent en évidence une composition floristique et structurelle qui évoluent le long du gradient d'anthropisation dans et autour de la RBL. Bien que les agroforêts de la RBL préservent les espèces forestières rares ( $q=0$ ), ils subissent une forte dominance écologique liée au système Terminalia superba-caféier. À l'inverse, l'anthropisation au sein de l'Enclave et de la zone Hors-RBL induit une convergence

structurelle et floristique remarquable, traduisant une composition arborée plus équitable et plus diversifiée à l'échelle des parcelles. Des observations similaires ont été rapportées dans les systèmes caféiers ombragés tropicaux, où quelques espèces d'arbres dominantes assurent les fonctions de production tout en maintenant une partie de la biodiversité locale [26] ; [27].

#### **4.1. Structure dendrométrique et dynamique de croissance**

La répartition des diamètres montre une prédominance des classes intermédiaires (comprises entre 25 et 35cm), avec un maximum autour de 30cm indépendamment du gradient d'anthropisation. Cette configuration diffère de la distribution en « J inversé » observée généralement dans les forêts naturelles où les petites classes de diamètre sont les plus abondantes. La faible présence de jeunes individus observée peut s'expliquer par les pratiques de gestion des producteurs, notamment l'élimination systématique des semis et des individus considérés comme non productifs, dans le but de réduire la concurrence avec les cultures principales. Toutefois, la simultanéité de la présence de plusieurs classes de diamètre et de hauteur témoigne d'une assez bonne structure au peuplement. [5] ; [28] montrent que les systèmes agroforestiers matures ont en général une structure multi-étagée qui permet une meilleure utilisation des ressources lumineuses, hydriques et nutritives. La prédominance des arbres de taille moyenne observée dans cette étude indique que l'agroforêt se situe dans une phase de maturité productive où les espèces ligneuses contribuent efficacement à la production de biomasse et à la fourniture de services écosystémiques.

#### **4.2. Diversité floristique et stabilité écologique**

La richesse spécifique observée (28 espèces) reflète une diversité floristique importante pour un système agroforestier dominé par une culture commerciale. Cette richesse est de même ordre que celle rapportée dans plusieurs agroforêts caféiers tropicaux où le nombre d'espèces associées oscille généralement entre 20 et 40 espèces selon l'intensité de gestion et le contexte biogéographique [29] ; [30]. La disparité entre les sites est un fait lié au mode de gestion des systèmes associés. Dans la RBL, le fait serait dû à la limitation des activités anthropiques qui concoure à la maturation des anciens systèmes de reboisement et d'ombrage. Par contre, hors de la Réserve et dans l'enclave, par soucis de satisfaction des besoins socioéconomiques, les populations riveraines pratiquent une sélection active d'essences d'ombrage diversifiées (fruitières, médicinales ou à haute valeur commerciale). Ce mode de gestion favorise la diversité floristique. La composition floristique renseigne aussi sur une abondance importante d'essences forestières de la forêt dense typique du Mayombe [31]. Ce qui traduit le fait que ces agroforêts constituent un réservoir de ressources génétiques forestières non négligeable. L'indice de Simpson corrobore cette tendance et atteste d'une bonne hétérogénéité floristique. Cette configuration minimise les risques liés aux épidémies de ravageurs et de maladies, puisque la présence de plusieurs espèces freine la propagation rapide des agents pathogènes. Plusieurs études ont montré que les systèmes agroforestiers diversifiés sont plus résistants aux perturbations environnementales que les monocultures [32] ; [33].

#### **4.3. Organisation fonctionnelle du système agroforestier**

Le plan factoriel de l'ACP révèle un phénomène majeur d'homogénéisation structurelle et floristique dicté par l'usage des terres dans les agroforêts hors de la réserve et dans l'enclave. Face aux contraintes socio-économiques et à l'accès au marché, les paysans associent dans leurs exploitations agricoles les espèces les plus importantes du point de vue socio-économique [34]. Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus par [35] en Afrique de l'Ouest que dans les parcs agroforestiers, les espèces ligneuses les plus représentées sont souvent très bénéfiques pour les populations. Ces résultats sont conformes à ceux de [9], qui indiquent que les traits structuraux des agroforêts sont principalement le résultat des relations entre les espèces d'arbres et les méthodes de gestion utilisées par les cultivateurs. De plus, ce modèle se caractérise par des structures dendrométriques intermédiaires stables, optimisées pour la productivité du caféier sous ombrage régulé. L'ACP démontre ainsi que si l'action humaine stabilise et uniformise le profil des agroforêts de Luki, seule l'exclusion des pressions agricoles directes permet le maintien de la mosaïque structurelle et de la variance écologique nécessaires à la libre expression des successions forestières.

#### **4.4. Contribution aux services écosystémiques**

Les caractéristiques structurelles observées confèrent à ces agroforêts une capacité importante à offrir divers services écosystémiques. La diversité floristique relativement élevée favorise le maintien de la biodiversité végétale et animale, tandis que la structure multi-strates améliore la régulation du microclimat local. Les grands arbres fournissent une ombre propice à la

croissance du café, atténuent les températures extrêmes et diminuent l'évapotranspiration. L'ombrage modéré a été démontré par plusieurs auteurs comme améliorant la qualité des grains de café tout en réduisant les effets négatifs des épisodes de sécheresse [36].

En outre, les diamètres et les hauteurs assez élevés observés reflètent une accumulation importante de biomasse aérienne, ce qui contribue au stockage du carbone et à l'atténuation des changements climatiques. Les arbres associés améliorent aussi la fertilité des sols par l'apport continu de matière organique provenant de la litière et en stimulant l'activité biologique du sol. Les agroforêts à base de *Terminalia superba* et de café semblent donc être des systèmes multifonctionnels qui permettent de concilier production agricole, conservation de la biodiversité et fourniture de services écosystémiques. Cette capacité à répondre à des besoins variés est un avantage important dans le contexte actuel où l'on cherche à développer des systèmes de production plus capables de résister aux changements climatiques et à la dégradation des ressources naturelles.

#### **4.5. Implications pour la gestion durable**

Malgré les performances écologiques constatées, la faible présence des petits diamètres montre la nécessité de renforcer les mécanismes de régénération naturelle ou assistée pour assurer le renouvellement à long terme du peuplement. Une gestion qui favoriserait l'installation de jeunes individus permettrait de conserver la diversité spécifique et la continuité des fonctions écologiques. L'ajout d'espèces locales supplémentaires pourrait également accroître davantage la diversité floristique et renforcer la résilience du système face aux perturbations à venir. Dans cette optique, les agroforêts étudiés constituent un modèle pertinent de gestion durable des terres, susceptible de contribuer simultanément à la sécurité alimentaire, à la conservation de la biodiversité et à l'atténuation des changements climatiques dans le bassin du Congo.

### **CONCLUSION**

Cette étude conduite dans les agroforêts de la RBL a permis d'identifier 28 espèces monogéniques réparties dans 16 familles botaniques. Des différences significatives ont été enregistrées entre les sites au niveau de la richesse spécifique et de la densité des tiges. Les agroforêts de la RBL ont présenté une densité plus élevée. Par contre la diversité spécifique est plus importante en dehors de la réserve. Cette étude montre que les systèmes agroforestiers caféiers de Luki et ses environs ont un bon potentiel de conservation de la biodiversité ligneuse. Ainsi, ces systèmes apparaissent comme une option pertinente de gestion durable des terres dans le Bassin du Congo. Toutefois, des études complémentaires intégrant des paramètres écologiques et socioéconomiques permettraient de mieux évaluer leur contribution aux services écosystémiques et au développement durable des communautés locales.

## REFERENCES

- [1] Lewis, S.L. (2006). Tropical forests and the changing earth system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 361 (1465), 195-210.
- [2] Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC : Island Press. 155 p.
- [3] Molinario, G., Hansen, M. C., Potapov, P. V., Tyukavina, A., & Stehman, S. V. (2020). Contextualizing landscape-scale forest cover loss in the Democratic Republic of Congo between 2000 and 2015. *Land*, 9(1), 23. <https://doi.org/10.3390/land9010023>
- [4] Edwards, D. P., Tobias, J. A., Sheil, D., et al. (2014). *Maintaining ecosystem function and services in logged tropical forests*. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(9), 511–520.
- [5] Nair, P.K.R. (2011). *Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction*. *Journal of Environmental Quality*, 40(3), 784–790.
- [6] Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits : An overview. *Agroforestry Systems*, vol. 76, n° 1, p. 1-10. DOI : 10.1007/s10457/-009-9229-7.
- [7] Food and Agriculture Organization (FAO). (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Rome, Italy: FAO. 557 p. ISBN : 978-92-5-107721-4.
- [8] Aaron, W., Riar, A., Saj, S., Armengot, L., Cicek, H., Kiboi, M., Singh, A., Grass, I., & Cotter, M. (2024). The ecological and socioeconomic sustainability of organic agroforestry : A Systematic review. *Agroforestry Systems*, 98, 2933-2949.
- [9] Bauwens, S. (2008). Caractérisation de l'agroforet Limba – bananier de la Réserve de Biosphère de Luki (Mayumbe, Bas-Congo). Mémoire de fin d'études, Université de Liège/Gembloux.
- [10] White, F., & Bamps, P. (tard.). (1986). *La végétation de l'Afrique : mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique*. UNESCO/AETFAT/UNSO. Paris : ORSTOM et UNESCO, 385 p. ISBN 2-7099-0832-8.
- [11] Michel, O.O., Y., Wenyi, F., Chen, C., & Kaiko, K.S (2021). Examining Land Use / Land Cover Change and Its Prediction Based on a Multilayer Perceptron Markov Approach in the Luki Biosphere Reserve, Democratic Republic of Congo Sustainability, 13(12), 6898 <https://doi.org/10.3390/>
- [12] ERAIFT (2024). Réserve de Biosphère de Luki : Localisation, historique et biodiversité. Ecole Régionale postuniversitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des forêts et territoires tropicaux. [eraift-rdc.org](http://eraift-rdc.org)
- [13] Kabeya , C.K., Bachinyaga, I.M., Monga, R., & Ndabaraya, S.M. (2024). Caractérisation des conditions socio-économiques des communautés locales en lien avec l'intégrité des aires protégées en RDC : cas de la Réserve de Biosphère de Luki dans la province du Kongo Central. *Journal of Applied Biosciences*. <https://doi.org/10.35759/JABs>. 195.7
- [14] Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- [15] Lubini, A. C. (1997). La végétation de la Réserve de Biosphère de Luki (Mayombe, République Démocratique du Congo) : composition floristique, phytogéographie et conservation. Bruxelles, Belgique : Jardin Botanique National de Belgique, *Scripta Botanica Belgica*, Vol. 10, 155 p. ISBN 90-72619-29-8.
- [16] CNPF. (2024). Techniques d'inventaire forestier par échantillonnage systématique. France : Centre National de la Propriété Forestière. 18p.

- [17] Dallmeier, F. (Ed.). (1992). Long-Term Monitoring of Biological Diversity in Tropical Forest Areas: Methods for Establishment and Inventory of Permanent Plots. Paris, France: UNESCO, Man and the Biosphere (MAB) Digest No. 11, 72 p. ISBN 92-3-102809-2.
- [18] Lejoly J. (1993). Méthodologie pour les inventaires forestiers (partie flore et végétation). AGRECO-CTFT, BRUXELLES, 57p.
- [19] White L. et Edwards, A. [2001]. Conservation en forêt pluviale africaine : Méthodes de recherche. The Wildlife Conservation Society, NEW YORK, USA. Première édition française. 455 p.
- [20] Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45–67.
- [21] R Core Team (2026). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. doi:10.32614/R.manuals <<https://doi.org/10.32614/R.manuals>>. <<https://www.R-project.org/>>.
- [22] Dajoz, R. (2006). Précis d'écologie : cours et exercices de révision (8<sup>e</sup> éd.). Paris, France : Dunod, Collection Sciences Sup – Sciences de la vie, 631 p. ISBN : 978-2-10-049627-3 (ISBN-10 : 2-10-049627-1).
- [23] Anne Elizabeth Magurran (2004). Measuring Biological Diversity. Oxford, UK : Blackwell Science Ltd. ISBN 978-0632050330. 256 P.
- [24] John T. Curtis, J. T., & Robert P. McIntosh, R .P . (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476-496.
- [25] Mark O. Hill (1973). Diversity and Evenness : A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427 – 432. <https://doi.org/10.2307/1934352>.
- [26] Jha, Shalene; Bacon, Christopher M.; Philpott, Stacy M.; Méndez, V. Ernesto; Läderach, Peter; & Rice, Robert A. (2014). Shade Coffee: Update on a Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 64(5), 416–428. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu038>
- [27] Perfecto, Ivette, & Vandermeer, John (2015). Coffee Agroecology: A New Approach to Understanding Agricultural Biodiversity, Ecosystem Services and Sustainable Development. London & New York: Routledge. 358 p. ISBN : 978-1134056071.
- [28] Perfecto, Ivette, & Vandermeer, John. (2015). Coffee Agroecology: A New Approach to Understanding Agricultural Biodiversity, Ecosystem Services and Sustainable Development. London & New York: Routledge. 358 p. ISBN: 978-1-138-05607-1
- [29] Bobo, K. S., Waltert, M., Sainge, N.M., Njokagbor, J., Fermon, H., & Muhlenberg, M. (2020). Biodiversity of the cocoa agroforests of the Bengamisa – Yangambi forest landscape in the Democratic Republic of the Congo. *Forests*, 11(10), 1096. <https://doi.org/10.3390/f11101096>.
- [30] De Beenhouwer, M., Aerts, R., & Honnay, O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 175, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.003>
- [31] Angoboy ilondea B., Beeckman, H., Ouédraogo, D.-Y., Bourland, N., De Mil, T., Van den Bulcke, J., Van Acker, J., Couralet, C., Ewango, C., Hubau, W., Toirambe, B., Doucet, J.-L., & Fayolle, A. (2019). Une forte saisonnalité du climat et de la phenologie reproductive dans la forêt du Mayombe : l'apport des données historiques de la Réserve de Biosphère de Luki en République Démocratique du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 341, 39-53. <https://doi.org/10.19182/bft2019.341.a31753>

- 
- [32] Holling, C.S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4,1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- [33] Tilman, D., Reich, P.B., & Knops, J.M.H. (2006). Biodiversity and ecosystem stability in decade-long grassland experiment. *Nature*, 441, 629-632. <https://doi.org/10.1038/nature04742>
- [34] Gueye O. (2020). Caractérisation de la flore et de la végétation ligneuse des parcs agroforestiers et importance de l'espèce *Pterocarpus erinaceus* Poir. dans les exploitations agricoles de l'arrondissement de Sindian (Bignona, Basse Casamance), Mémoire de Master, faculté des Sciences et Technologie, Département d'Agroforesterie, Spécialité : Aménagement et Gestion durable des Ecosystèmes forestiers et Agroforestiers (AGDEFA), Université Assane Seck de Ziguinchor, 63p.
- [35] Boffa, J.-M. (2000). Les parcs agroforestiers en Afrique de l'Ouest : clés de la conservation et d'une gestion durable. *Unasylva*, 51(200), 11–17. Rome, Italie : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).
- [36] Jha, S., Bacon, C.M., Philpott, S.M., et al. (2014). Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 64(5), 416-428. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu038>