

Influence du couvert d'*Eucalyptus spp.* sur la diversité floristique du sous-bois dans les conditions de Kalehe au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo

The effect of *Eucalyptus spp.* canopy cover on understorey plant diversity in Kalehe, South Kivu, Democratic Republic of Congo

Adolphe Akuzwe Bashambala^{1, 4, *}, Alphonse Balezi Zihahirwa^{1, 2, 3}, Eli Mutwedu Mwishingo^{1, 2}, Dieudonné Bahati Shamamba^{1, 2, 4}, Innocent Balagizi Karhagomba⁶, Janvier Bashagaluke Bigabwa^{1, 4, 5}

¹Faculté des Sciences Agronomiques, Université Catholique de Bukavu, Bukavu, RD Congo

²Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Université Officielle de Bukavu, Bukavu, RD Congo

³Faculté des Sciences Agronomiques, Université Evangélique en Afrique, Bukavu, RD Congo

⁴Centre Régional d'Etudes Interdisciplinaires Appliquées au Développement Durable (C.E.R.E.I.A.D), Bukavu, RD Congo

⁵Institut Supérieur de Techniques de Développement (ISTD/KALEHE), RD Congo

⁶Unité de Recherche en didactique de Biologie et d'Interprétation environnementale, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu (ISP/BU-KAVU), RD Congo

Auteur correspondant : akuzwe.bashambala@ucbukavu.ac.cd

ORCID des auteurs

Adolphe AKUZWE BASHAMBALA : <https://orcid.org/0009-0009-3786-4463> , Email : akuzwe.bashambala@ucbukavu.ac.cd ; Alphonse BALEZI ZIHAILIRWA : <https://orcid.org/0009-0006-0353-8107> , Email : bzih2004@yahoo.fr ; Eli MUTWEDU MWISHINGO : <https://orcid.org/0009-0008-4946-7273> , Email : mutwedu.mwishingo@ucbukavu.ac.cd ; Dieudonné BAHATI SHAMAMBA : <https://orcid.org/000-0001-9905-1075> , Email : bahati.shamamba@ucbukavu.ac.cd ; Innocent BALAGIZI KARHAGOMBA : <https://orcid.org/0009-0000-6619-6446> , Email : balkarh2015@gmail.com ; Janvier BASHAGALUKE BIGABWA : <https://orcid.org/0000-0002-5404-053X> , Email : bashbigabwa@gmail.com

Comment citer l'article : Akuzwe Bashambala, A., Balezi Zihahirwa, A., Mutwedu Mwishingo, E., Balagizi Karhagomba, I., & Bashagaluke Bigabwa, J. (2025). Influence du couvert d'*Eucalyptus spp.* sur la diversité floristique du sous-bois dans les conditions de Kalehe au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. *Revue Ecosystèmes Et Paysages*, 5(2). <https://doi.org/10.59384/recopays.tg.v5i2.174>

Reçut : 30 septembre 2025

Accepté : 15 décembre 2025

Publié : 30 décembre 2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted

Résumé

L'introduction massive de plantations d'*Eucalyptus spp.* en République Démocratique du Congo, et plus particulièrement à Kalehe (Sud-Kivu), est liée à la Mission antiérosive (MAE) du programme colonial des années 1950. Cette introduction d'espèces exotiques suscite de vives préoccupations écologiques liées à leurs effets sur la biodiversité floristique locale. Bien que ces arbres soient prisés pour leur croissance rapide et rentabilité économique (bois d'œuvre, bois énergie, reforestation), les connaissances sur leur impact sur les espèces du sous-bois restent limitées. Cette étude, conduite dans la région de Kalehe, avait pour objectif général d'évaluer l'influence du couvert d'*Eucalyptus spp.* sur la distribution floristique du sous-bois. Onze relevés de 20 m × 20 m ont été mis en place : dix dans des plantations âgées de 15 à 35 ans et un témoin dans une parcelle diversifiée naturelle (de 20 ans). Chaque relevé a été subdivisé en quadras pour inventorier précisément toutes les espèces présentes. Les données ont ensuite été traitées à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour visualiser les regroupements floristiques et identifier les liens statistiques entre âge de plantation, type d'espèces et abon-

for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

dance. Les résultats ont révélé une nette prédominance des herbacées (51 %) au détriment des ligneuses (41 %), tandis que les fougères (3 %) et les lianes (5 %) sont marginalisées. Une corrélation négative notable entre l'âge des plantations et la richesse spécifique confirme que les peuplements plus anciens présentent une diversité déclinante. Dans cette étude, 413 individus ont été inventoriés, répartis en 91 espèces (50 familles), le relevé témoin, hors *Eucalyptus*, a révélé la présence de 36 espèces, bien plus que dans les plantations étudiées, et a affiché les indices de diversité (Shannon, Simpson, Pielou) les plus élevés, traduisant une meilleure répartition des espèces. Au vu de ces observations, il est vivement recommandé de promouvoir la gestion durable des plantations à *Eucalyptus spp.* en tenant compte de leurs impacts négatifs sur le maintien de biodiversité dans le sous-bois.

Mots clés : Plantations à *Eucalyptus*, diversité floristique, sous-bois forestier ; écologie forestière, RDC

Abstract

The massive introduction of *Eucalyptus spp.* plantations in the Democratic Republic of the Congo, and particularly in Kalehe (South Kivu), was closed to colonial program dealing with soil erosion control since the 1950s. Unfortunately it opened onto serious ecological concerns regarding their effects on local floristic biodiversity. Although these trees are prized for their rapid growth and economic returns (timber, energy wood, reforestation), understanding of their impact on understorey species remains limited. This study, carried out in the Kalehe region, sought to assess the influence of the *Eucalyptus* canopy on understorey floristic diversity. Eleven 20 m × 20 m plots were established: ten within plantations aged 15 to 35 years, and one control plot in a naturally diverse, 20-year-old stand. Each plot was subdivided into quadrats to record all species present with precision. The data were then analysed via Principal Component Analysis (PCA) to reveal floristic groupings and pinpoint statistical relationships between plantation age, species type and abundance. Results show a marked predominance of herbaceous species (51 %) to the detriment of woody species (41 %), while ferns (3 %) and lianas (5 %) remain marginal. A significant negative correlation between plantation age and species richness confirms that older stands exhibit reduced diversity. During this study, 413 individuals were recorded, divided into 91 species (50 families), the control plot, free of *Eucalyptus*, recorded 36 species substantially more than the plantations and exhibited the highest diversity indices (Shannon, Simpson, Pielou), exhibiting a more even species distribution. Based on these observations, it is strongly recommended to promote the sustainable *Eucalyptus spp.* plantations management and focus on their negative impacts on understorey biodiversity.

Keywords: *Eucalyptus* plantations; floristic diversity; understorey forest species, forest ecology, DRC

1. Introduction

Les forêts sont indispensables au développement socio-économique et au maintien de la biodiversité (Cerdeira et al., 2020; Z. Wang et al., 2022). Les forêts du monde couvrent une superficie estimée à 4 milliards d'hectares, soit le tiers des terres émergées de la planète (FAO, 2020). Elles remplissent des fonctions vitales et assurent la subsistance pour au moins 1,6 milliard de personnes (MEA, 2005). On estime également que plus de la moitié du produit intérieur brut mondial dépend, à un degré important, des services écosystémiques qui proviennent des forêts (FAO, 2022).

Au regard de ce contexte global, la République Démocratique du Congo (RDC) occupe une place stratégique dans la conservation des forêts tropicales. Les forêts de la RDC couvrent environ 145 millions d'hectares, soit près de 67% du territoire national (Lutumba et al., 2021) et ce massif forestier du bassin du Congo constitue la deuxième plus vaste forêt tropicale du monde après la forêt d'Amazonie (Matazi et al., 2023). Elles offrent de nombreux services écosystémiques tels que la régulation du climat, le maintien d'une grande biodiversité, la réduction de l'érosion des sols, la régulation du cycle hydrologique, le stockage du carbone, la purification de l'air et de l'eau, ainsi que la fourniture de ressources essentielles comme le bois, les produits non ligneux et les habitats pour la faune et la flore (Eba'a Atyi et al., 2022).

Ces forêts subissent diverses pressions anthropiques qui en réduisent chaque année la superficie (Besisa Nguba et al., 2025; Mobunda et al., 2025). Le taux de déforestation annuelle en RDC varie de 0,18 à 0,46 % en fonction des méthodes utilisées, des sites étudiés, des types de végétation suivis ou des périodes considérées (Kalala et al., 2018). Pour compenser, les plantations forestières en RDC ont été introduites principalement pour la production de bois d'œuvre, de bois énergie, ainsi que pour la lutte contre la déforestation et la restauration des terres dégradées (Kabuya Kabeya, 2016). Ces premières plantations à grande échelle en RDC datent de l'époque coloniale belge, avec des efforts qui se sont poursuivis après l'indépendance en 1960, avec comme visée d'augmenter les ressources forestières productives sans affecter les forêts naturelles (Koubouana et al., 2016; Ligot et al., 2022) au travers la Mission antiérosive (MAE).

Certaines espèces exotiques ont été, ainsi, introduites en RDC, principalement pour des plantations forestières ou agricoles, notamment *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., *Cupressus* spp., *Grevillea robusta*, *Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium* (Wuenschel, 2019; Kasekete et al., 2022). Ces espèces étaient sélectionnées pour leur capacité à croître rapidement dans des environnements tropicaux et leur productivité (Tshibanda & Bamba, 2020).

L'*Eucalyptus* est introduit en RDC en raison de sa croissance rapide et de son rendement élevé (Macelvi et al., 2023; Merlin, 2018). Les espèces d'*Eucalyptus*, comme *Eucalyptus globulus*, ont une capacité de croissance beaucoup plus rapide que les espèces indigènes, ce qui permet une production rapide de bois d'œuvre et de bois énergie (Balezi et al., 2023). Cette caractéristique en fait une option attrayante pour les zones nécessitant une reforestation rapide ainsi que pour les projets de production de bois (Tawer et al., 2021).

Les plantations d'*Eucalyptus* souffrent néanmoins d'une image négative relative à leur diversité biologique du fait que, généralement, dans le sous-bois de ces plantations la flore et la faune indigènes sont fortement appauvries ou inexistantes en raison de la compétition hydrique intense, des propriétés allélopathiques des feuilles et de la faible pénétration de la lumière (Goudiaby et al., 2017; Miguel et al., 2020; Tchaleu et al., 2024).

L'Eucalyptus spp., introduit en RDC pour répondre à des besoins économiques tels que la production de bois d'œuvre, de bois énergie et la reforestation des zones dégradées (Gourlet-fleury et al., 2020), est aujourd'hui au centre de nombreux débats écologiques (Kasekete et al., 2023). Cette espèce exogène, particulièrement prisée pour sa croissance rapide et son adaptabilité, soulève des préoccupations quant à son impact sur la biodiversité floristique du sous-bois. A l'Est du pays, très peu de travaux

ont été menés dans ce domaine, ce qui constitue une limite importante de la littérature existante (Muley-Byayuwa & Cheteu, 2014; Wuenschel, 2019).

A Kalehe, cette espèce est de plus en plus exploitée par les habitants pour leurs besoins économiques comme bois d'œuvre. En plus de son utilisation croissante comme bois de chauffe, l'introduction de l'*Eucalyptus spp.* à Kalehe perturbe profondément les écosystèmes locaux, en remplaçant la végétation naturelle par une monoculture. Ces plantations entraînent souvent la coupe d'arbres indigènes pour leur faire place, aggravant ainsi la déforestation et la perte d'habitats naturels pour de nombreuses espèces. C'est dans ce contexte que la présente étude se propose d'évaluer l'influence du couvert végétal d'*Eucalyptus spp.* sur la diversité floristique du sous-bois. Plus spécifiquement, elle vise à (i) caractériser la composition et la diversité floristique du sous-bois des plantations d'*Eucalyptus spp.*, et (ii) analyser l'effet de l'âge des plantations sur la variation de cette diversité.

2. Matériel et Méthode

2.1 Description du milieu d'étude

La plantation agropastorale de Lemera à Kalehe est située à 64,3km de la ville de Bukavu, il se trouve dans le village de KASHEKE, groupement de Mbinga-sud, territoire de Kalehe au Sud-Kivu en RDC (Asifiwe et al., 2025), le climat est humide et caractérisé par deux saisons comme partout en Afrique centrale. La saison des pluies, très longues, est de huit mois et la saison sèche, très courte, est de quatre mois. Les précipitations annuelles varient de 1300 à 1600 mm. Plus de 60% d'espaces verts sont dominés par des Eucalyptus, des cyprès et quelques autres types d'arbres qu'on trouve dans la plantation Gombo, tels que le Grevillea, le Théier (Bya'undaombe, 2023). La figure 1 nous montre la carte du milieu d'étude.

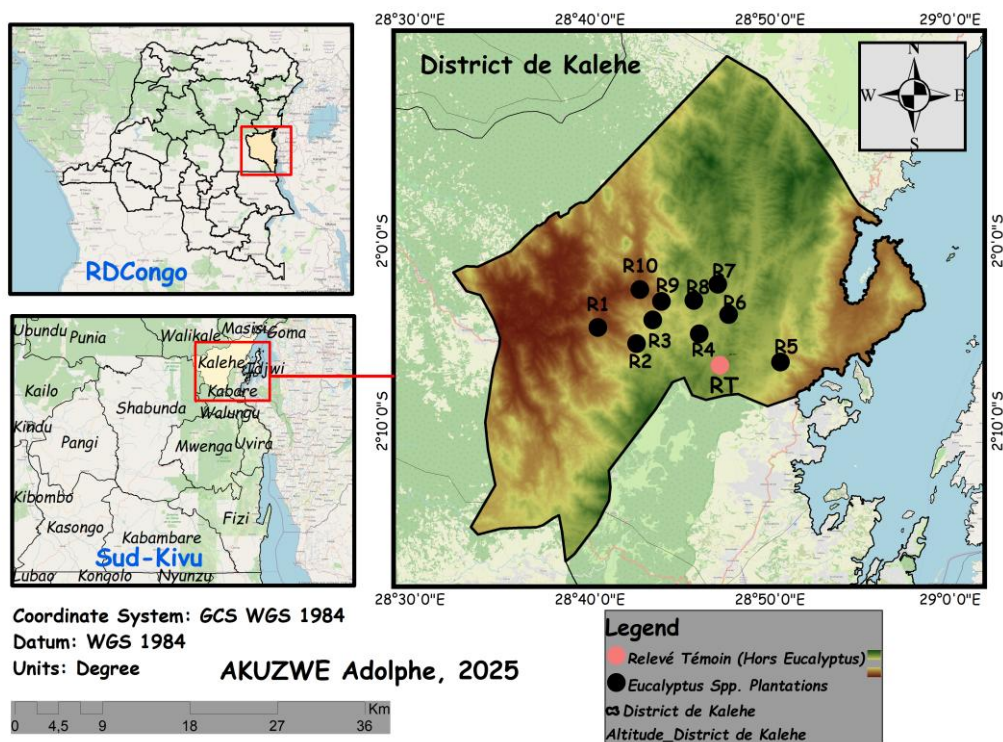


Figure 1 : Milieu d'étude

2.2. Collecte des données

Un total de onze placettes d'inventaire a été établi, dont dix au sein de plantations d'*Eucalyptus* et une placette témoin localisée dans une plantation diversifiée d'essences ligneuses, sans présence d'*Eucalyptus*, afin de servir de référence comparative. Les

relevés ont été annotés selon leurs âges spécifiques. Le plus jeune avait 15 ans et le plus âgé avait 35 ans. L'âge de chaque boisement nous a été fourni par l'administration de la plantation.

Tableau 1 : Répartition des relevés selon leurs âges respectifs

Relevé	Age
R1	16
R2	15
R3	28
R4	35
R5	25
R6	19
R7	22
R8	34
R9	27
R10	32
RT	20

RT = « Relevé témoin »

Pour mieux s'enquérir et enrichir les résultats, chaque relevé phytosociologique est divisé en 4 quadrants de 20m×20m chacun (Q1, Q2, Q3 et Q4).

Nous avons inventorié les espèces du sous-bois dans la plantation d'*Eucalyptus* selon la méthode utilisée par (M'Mpango et al., 2018) dans les arboretums au Sud-Kivu par la mise en place des 10 relevés de 20 m×20 m au total, pour une superficie de 4000 m² soit 0,44 ha de superficie dans les plantations d'*Eucalyptus*, également la mise en place d'une parcelle témoin (RT) de 20m×20m dans une plantation autre que celle d'*Eucalyptus*, ce qui fait 0,44 ha. Les espèces difficiles à identifier ont été mises dans un herbier, et leur identification a été faite au laboratoire de biologie de l'Université Officielle de Bukavu.

➤ Richesse et abondance spécifiques

La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces recensées à l'échelle de la parcelle et l'abondance spécifique le nombre d'individus à la parcelle (Chunmei et al., 2025; Mohammed et al., 2025).

➤ Indice de diversité de Shannon

L'indice de Shannon (noté H') se calcule comme suit :

$$(Eq.1) H' = \sum_{i=1}^s p_i \log_b p_i$$

où : S est la richesse spécifique (le nombre total d'espèces),

(p_i) est la proportion d'une espèce (i) par rapport au nombre total d'individus dans le milieu d'étude, comprise entre 0 et 1 (Mutwedu et al., 2024),

P_i = n_i/N, où n_i est le nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon et N est le nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon (Ngueguim et al., 2010).

➤ Equitabilité de Piélou

L'équitabilité montre la façon dont les individus sont répartis entre les espèces. Elle est obtenue par la formule suivante :

$$(Eq.2) J = H'/H_{max}$$

où :

H' correspond à l'indice de Shannon,

Hmax correspond à la valeur de la diversité théorique maximale ($\log_b S$),

S est la richesse spécifique

Indice de Simpson

Aussi appelé indice de dominance, il se calcule par la formule suivante :

$$(Eq. 3) D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

où :

p_i représente l'abondance proportionnelle de l'espèce et est compris entre 0 et 1 : (Eq. 4) $p_i = n_i/N$

S est la richesse spécifique.

➤ Indice de sociabilité

L'indice de sociabilité mesure le degré d'association spatiale ou co-occurrence des individus d'une espèce dans différents relevés ou plots, une espèce très sociable a tendance à apparaître en regroupements, tandis qu'une espèce peu sociable est uniformément répartie ou rare (Wang et al., 2023).

Cela peut aussi être appliqué à la co-occurrence de deux espèces différentes pour voir si elles tendent à coexister ou à s'exclure mutuellement, il intervient dans l'identification des espèces indicatrices d'un type de végétation, l'étude de la structure du sous-bois ou d'une plantation, la compréhension des relations interspécifiques et la compétition (Pang et Webb, 2023).

Le terme "sociabilité" provient de la phytosociologie de l'école de Braun-Blanquet. Dans ce contexte, la sociabilité (**So**) est une échelle qualitative qui mesure comment les individus d'une même espèce se regroupent spatialement au sein d'un relevé, et non la similarité entre différentes espèces ou relevés.

Tableau 2 : Echelle de Sociabilité de Braun-Blanquet (Enright et Nunez, 2013)

Degré (Échelle de Braun-Blanquet)	Signification
So 1	Individus isolés, rares (croissance dispersée).
So 2	Individus groupés ou en petits tapis.
So 3	Individus en petites colonies, en petites touffes ou en tapis étendus.
So 4	En vastes colonies, en larges peuplements ou en tapis importants.
So 5	Peuplement continu, couvrant tout le relevé.

2.3. Analyse des données

Le tableur Microsoft Excel (2023) a été utilisé pour créer et organiser la base de données, regrouper les informations, ainsi que pour générer certains tableaux et le logiciel R.4.4 (R Core Team 2023) a été utilisé pour calculer les indices de diversité floristique, avec le package « biomass » pour la recherche des noms exacts des familles des espèces qui ont été inventoriées, pour l'identification des familles des espèces inventoriées avec l'algorithme TNRS (Taxonomy Names Sources).

Une analyse en composante principale a été faite dans R.4.4 (R Core Team 2023) pour grouper les relevés entre celles qui sont similaires en termes d'espèces inventoriées avec le package « vegan »,

3. Résultats

3.1 Les espèces indicatrices du sous-bois des plantations d'*Eucalyptus spp.*

Le tableau 3 reprend les résultats des nombres d'espèces inventorié par relevé pour chaque famille des espèces et le pourcentage total par rapport au total des espèces, lors de cette étude, 413 individus ont été inventoriés, regroupés en 91 espèces réparties en 50 familles. Certaines espèces comme *Oplismenus hirtellus*, *Distosis brazzae*, *Tricalysia anomala* et *Macaranga neomildbraediana* montrent une grande répartition, avec respectivement plus de 8 apparitions dans les relevés différents. D'autres espèces ne sont présentes que dans un seul relevé, comme *Virectaria major*, *Xanthosoma sagittifolium*, *Agave sisalana*, *Asystasia gangetica*, *Bidens pilosa* respectivement des espèces nouvelles présentes succinctement dans le relevé 1 et le relevé témoin pour les 4 autres espèces. On observe que les familles les plus représentées sont Rubiaceae (16,9%), Poaceae (10,7%), et Euphorbiaceae (4,8%). Ce qui indique leur dominance dans les relevés phytosociologiques étudiés. Aussi, la répartition des espèces varie d'une zone à l'autre. Certaines familles, comme Asparagaceae et Fabaceae, montrent une présence notable dans plusieurs relevés. Les relevés montrent une dominance des espèces des familles tolérantes à l'ombre, formant des communautés où les herbacées cohabitent avec des arbustes et, dans une moindre mesure, avec des arbres.

Tableau 3 : Familles par relevé phytosociologique

Famille	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	RT	Total	Pourcentage
Acanthaceae	1	0	0	1	1	0	0	0	0	3	2	8	1,9
Achariaceae	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	4	1,0
Amaranthaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	1,0
Apiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,2
Apocynaceae	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	0	5	1,2
Araceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0,7
Araliaceae	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	4	1,0
Areaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,2
Asparagaceae	2	3	0	0	1	3	0	1	0	0	1	11	2,7
Aspleniaceae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0,5
Asteraceae	1	0	0	0	1	2	1	0	1	5	2	13	3,1
Balsaminaceae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,2
Campanulaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,2
Caryophyllaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0,7

Zingiberaceae	0	0	3	2	0	4	0	0	0	0	1	10	2,4
413 Individus													

La figure 2 montre que les herbacées avec 51% des espèces répertoriées, représentent le groupe le plus important en termes d'abondance spécifique, ils sont suivis de près par les espèces ligneuses (arbres 15% et arbustes 26%) avec 41% des individus présents recensés parmi les relevés phytosociologiques, les lianes avec 5% sont faiblement représentées, suivent en fin les fougères avec 3%.

Structure du Sous-Bois dans les Plantations d'Eucalyptus

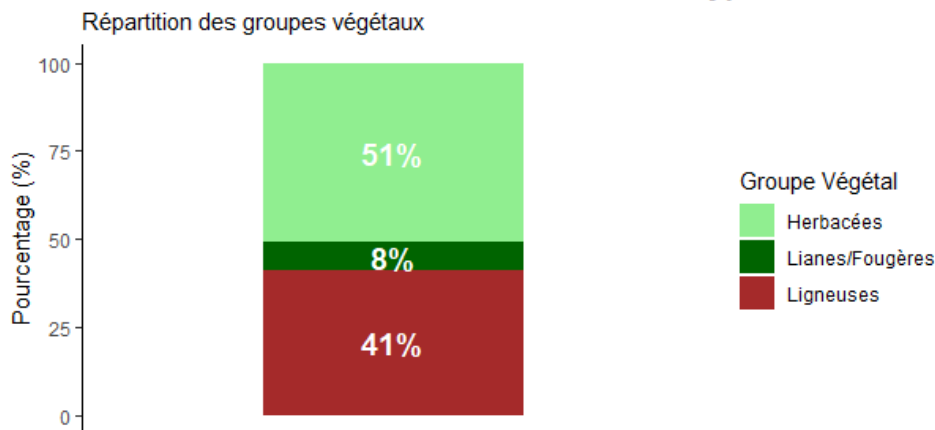


Figure 2 : Groupe végétal par types morphologiques

3.2 Influence de l'âge des boisements d'Eucalyptus spp. sur la diversité floristique des espèces en sous-bois

De la figure 3, on peut lire que les zones avec une haute richesse spécifique, comme RT, montrent une plus grande diversité d'espèces, tandis que les zones comme R3, avec une faible richesse spécifique, sont moins diversifiées. Par ailleurs, l'abondance spécifique met en évidence la densité des populations végétales, avec des zones comme R1 et R6 ayant une abondance plus élevée, ce qui reflète une plus grande concentration d'individus, le relevé témoin est plus stable en termes de richesse spécifique et d'abondance, car l'allure de deux courbes sont très corrélées positivement.

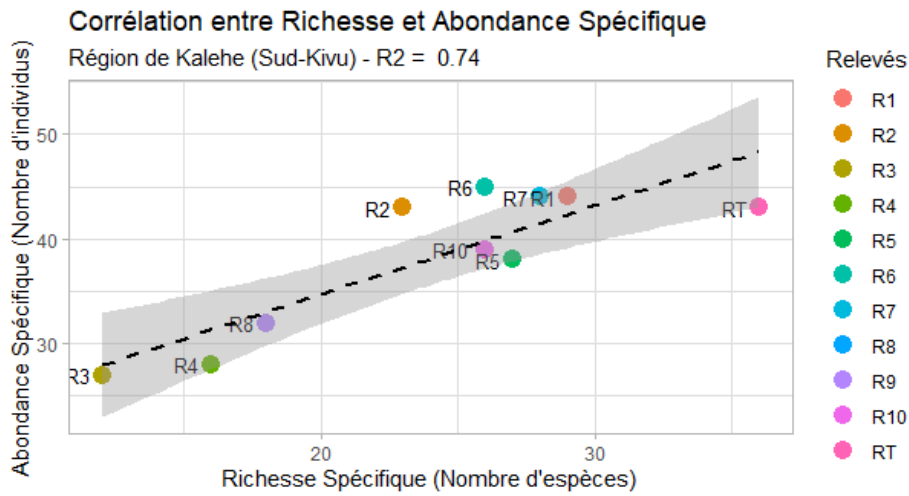


Figure 2 : Richesse et Abondance spécifiques

Il ressort de la figure 4 que l'indice de Shannon, qui prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance, montre une diversité faible en R3, car inférieur à 2,5 ; R3 fait partie des relevés les plus âgés, les autres relevés ont une diversité moyenne, car les valeurs de Shannon sont entre 2,5 et 4 ; avec des valeurs élevées en R1 et RT, qui font partie des relevés les moins âgés. L'équilibre des espèces au sein de chaque relevé est également illustré par l'équitabilité de Pielou, qui varie de 0,942 (R8) à 0,991 (RT), l'indice de Pielou est élevé dans les relevés, proche de 1. L'indice de Simpson, qui quantifie la probabilité que deux individus pris au hasard appartiennent à la même espèce, montre des valeurs élevées dans toutes les zones, oscillant entre 0,892 et 0,972.

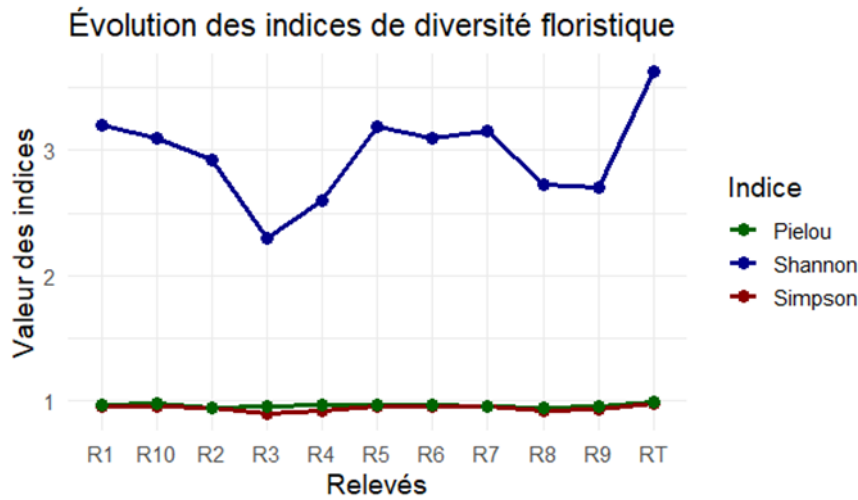


Figure 3 : Indice des diversités floristiques en sous-bois

De la 5^e figure, on peut lire que la tendance générale montre que la très grande majorité des espèces étudiées appartiennent à la classe des Espèces isolées ($S < 2$), représentant la barre la plus haute, dépassant nettement la marque des 70 espèces, les Espèces denses sont les moins nombreuses, avec seulement une poignée d'espèces, ce qui indique que la tendance à la forte concentration spatiale est très rare dans l'échantillon, les Espèces groupées se situent à un niveau intermédiaire, représentant un ensemble plus important que les espèces denses, mais sans commune mesure avec les espèces isolées.

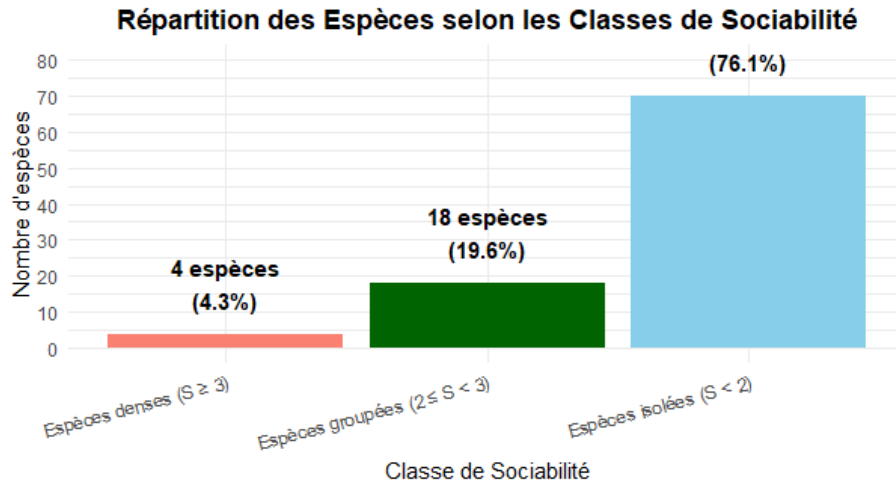


Figure 4 : Indice de sociabilité

De la figure 6, on peut lire que les relevés 10 et le témoin (RT) sont presque similaires en termes d'espèces présentes dans ces relevés, formant une classe très différenciée entre les relevés, suivi des relevés (2, 3 et 4), les autres relevés forment ainsi une seconde classe, ceci s'explique par la richesse spécifique intense identifiée dans le relevé témoin suivi du relevé 10. Cela permet de repérer rapidement les zones écologiquement proches et celles qui se distinguent par leur composition spécifique. Dans cette étude, ces outils mettent en évidence des regroupements clairs entre certains relevés, suggérant que R10 et RT, R3 et R4 ensemble avec R2, R1 et R6 ensemble avec R5, R7 et R9 ensemble avec R8 partagent des conditions environnementales similaires.

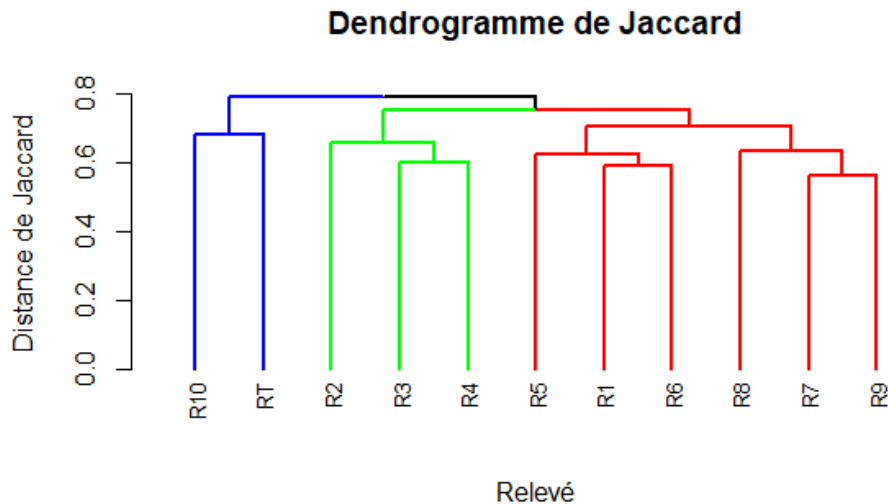


Figure 5 : Similarité de Jaccard

La figure 7 nous montre que dans le cercle des corrélations des variables, on remarque que la richesse spécifique et l'abondance sont corrélées positivement (plus un relevé est riche, plus également il sera abondant en termes d'espèces présentes), tandis que le facteur âge des plantations est corrélé négativement aux 2 variables (plus une plantation est âgée, moins sera les espèces présentes en sous-bois, moins encore elle sera riche). Ainsi, on déduit que plus un peuplement à *Eucalyptus* spp. dans le couvert du sous-bois est âgé, plus faible est sa richesse spécifique en termes de présence d'espèces, moins élevé est son abondance spécifique.

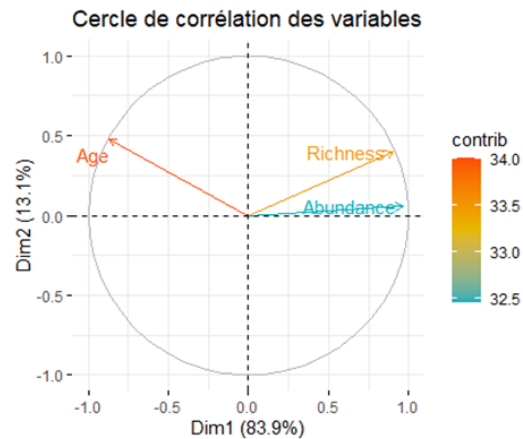


Figure 6 : Corrélation (Age, Richesse et Abondance)

Les relevés 1,7, 8 et RT situés près les uns des autres partagent des caractéristiques floristiques similaires, tandis que ceux éloignés des axes principaux où les uns des autres indiquent des différences importantes dans leurs compositions spécifiques. Les relevés fortement corrélés à ces variables se positionnent près de ces axes, suggérant une influence notable de ces facteurs dans ces zones.

4. Discussion

4.1. Diversité floristique du sous-bois des plantations d'*Eucalyptus spp.*

La prédominance des espèces herbacées (51 %) suivies des ligneuses (41 %) observée dans cette étude corrobore les résultats obtenus par Ngueguim et al. (2010) et Tererai et al. (2013) au Cameroun et en Afrique du Sud. Ces auteurs n'ont également constaté que les plantations d'*Eucalyptus spp.* favorisent principalement le développement d'espèces herbacées au détriment des ligneuses, en raison de la réduction de la lumière disponible dans le sous-bois. Nos observations, marquées par la présence notable d'espèces telles que *Oplismenus hirtellus*, *Dissotis brazzae* et *Tricalysia anomala*, confirment cette tendance, bien que la densité et la diversité floristique globale demeurent faibles. Ces espèces se présentent comme adaptées à des sols pauvres et acides d'autant plus que l'eucalyptus acidifie le sol et l'assèche. La dominance des Rubiaceae dans notre étude est une caractéristique classique des sous-bois tropicaux d'Afrique. Cette famille est reconnue pour sa capacité d'adaptation aux environnements de pénombre. Nos résultats corroborent ceux de Liang et al. (2016) qui ont étudié les effets des plantations d'espèces exotiques d'*Eucalyptus* sur les propriétés du sol et autour des sites naturels sacrés dans les hauts plateaux du nord de l'Éthiopie constaté que les Rubiaceae figurent parmi les familles les plus diversifiées sous couvert forestier artificiel. La présence des Poaceae suggère toutefois une certaine ouverture du couvert ou une perturbation anthropique passée, permettant aux espèces héliophiles (aimant la lumière) de cohabiter avec des espèces forestières.

Des travaux réalisés en Afrique centrale, notamment en RD Congo (Kadorho, 2011; Kataomba et al., 2010), rapportent également une forte dominance des herbacées dans les peuplements d'*Eucalyptus spp.*, avec des proportions atteignant parfois plus de 80 %. De même, Kassa et al. (2019) en Éthiopie dans la région de Diembéring ont observé une structure floristique similaire, attribuant cette prédominance à la lumière filtrée et à la compétition réduite pour les ressources minérales sous le couvert d'*Eucalyptus spp.* Les lianes et fougères, en revanche, se révèlent plus sensibles aux changements microclimatiques et demeurent peu fréquentes. L'indice de Shannon, qui varie de 2,29 à 3,63 dans nos relevés, atteint sa valeur maximale dans les zones témoins non couvertes par des *Eucalyptus*, confirmant une diversité floristique plus élevée dans les milieux naturels. Ndotar et al. (2022)

sont arrivés à la même conclusion au Cameroun, attribuant la baisse de la diversité dans les plantations à l'effet inhibiteur de l'*Eucalyptus* sur la régénération naturelle.

Sur le plan structural, la majorité des espèces recensées appartiennent à la classe des espèces isolées ($S < 2$), représentant plus de 70 espèces. Les espèces denses sont rares, tandis que les espèces groupées occupent une position intermédiaire. Cette distribution traduit une communauté végétale faiblement agrégée, caractéristique des milieux à forte perturbation ou à homogénéisation écologique. Cependant, ces résultats contrastent avec ceux de Chen et al. (2024) en Chine, qui ont montré que certaines plantations d'*Eucalyptus* peuvent héberger des sous-communautés denses, notamment lorsque des micro-habitats variés et des pratiques de gestion adaptées sont présents. De même Luo et al. (2024), ont souligné que les plantations d'*Eucalyptus* ne sont pas nécessairement synonymes de communautés isolées : des agrégations locales substantielles peuvent exister selon le contexte écologique et la gestion sylvicole appliquée. Sur le plan écologique, la dominance d'espèces isolées et la faible diversité observée dans cette étude traduisent une simplification structurale du sous-bois, souvent associée à une diminution de la résilience écologique et à une réduction des fonctions écosystémiques, notamment la régénération naturelle, le stockage du carbone et la stabilisation des sols. Ces résultats suggèrent que les plantations d'*Eucalyptus*, si elles ne sont pas gérées de manière intégrée, peuvent altérer la dynamique naturelle de la végétation et compromettre la durabilité écologique des écosystèmes forestiers.

4.2. Influence de l'âge des plantations sur la diversité floristique du sous-bois

Les résultats de cette étude mettent en évidence une corrélation négative entre l'âge des plantations et la richesse spécifique, indiquant que les peuplements plus âgés présentent une biodiversité significativement réduite. Ce phénomène peut être attribué à l'effet cumulatif de l'allélopathie, de l'acidification progressive des sols et de l'accumulation de la litière, limitant la germination et la régénération des espèces locales. Des observations similaires ont été rapportées par Pairo et al. (2021) en Amérique du Sud, qui ont montré une baisse progressive de la diversité floristique dans les plantations anciennes d'*Eucalyptus spp.*

Noiha Noumi et al. (2018) au Cameroun et Lemessa et al. (2022) en Éthiopie ont également démontré que le vieillissement des peuplements d'*Eucalyptus spp.* accentue la sécrétion de composés allélopathiques et réduit la disponibilité lumineuse, entraînant une diminution de la diversité du sous-bois. De même, Sanmartín-Vivar et al. (2024) en Amérique latine ont confirmé cette tendance, attribuant la perte de biodiversité à la modification du microclimat et à la baisse du pH des sols. Dans le contexte local du Sud-Kivu, M'Mpango et al. (2018), ont montré que les zones non perturbées ou partiellement boisées présentent une diversité floristique supérieure, liée à une meilleure stabilité microclimatique et à une moindre altération chimique des sols.

Ces constats soulignent que l'évolution temporelle des plantations d'*Eucalyptus* n'affecte pas seulement la composition floristique, mais également le fonctionnement écologique des sols, notamment par la diminution de la matière organique biodégradable, la modification des communautés microbiennes et la baisse de la capacité de régénération naturelle. À long terme, ces effets peuvent compromettre la résilience écologique et réduire la capacité des plantations à fournir des services écosystémiques essentiels tels que la protection des sols, la régulation hydrique et la séquestration du carbone.

5. Conclusion

L'étude réalisée sur l'influence des plantations d'*Eucalyptus spp.* sur la diversité floristique du sous-bois dans la région de Lemera (Kalehe), a permis de mettre en évidence plusieurs résultats. Les plantations d'*Eucalyptus spp.*, bien que couramment utilisées pour leur rentabilité et leur rapidité de croissance, présentent un effet allélopathique notable qui impacte la diversité des espèces végétales du sous-bois. Nos relevés montrent que la richesse floristique est plus élevée dans les zones témoins non perturbées que dans les plantations d'*Eucalyptus spp.* Le relevé témoin affiche une richesse spécifique maximale de 36 espèces, tandis que certaines zones sous couvert d'*Eucalyptus spp.* n'en comptent que 12. Il a été constaté que les herbacées dominent

largement dans les sous-bois d'*Eucalyptus spp.*, avec 51 % des espèces recensées. Ce phénomène s'explique par la lumière filtrée et la compétition réduite dans ces environnements. Les espèces ligneuses sont également présentes à 41%, mais les lianes et fougères sont beaucoup moins représentées. L'âge des plantations influence également la diversité. En effet, les plantations plus anciennes ont une biodiversité moindre en raison des effets cumulatifs de l'acidification des sols. Ainsi, l'*Eucalyptus spp.*, tout en étant bénéfique sur le plan économique, présente des défis écologiques. Les implications de ces résultats se traduisent par un ensemble d'actions concrètes et spécifiques visant à atténuer l'impact négatif des plantations d'*Eucalyptus spp.* sur la biodiversité floristique du sous-bois et à promouvoir des pratiques de gestion forestière plus durable dans la province du Sud-Kivu.

Remerciement

Les auteurs remercient le responsable des plantations à *Eucalyptus spp.* à Kalehe d'avoir rendu accessibles ces sites pour mener l'étude.

Contribution des auteurs

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	Adolphe AKUZWE BASHAMBALA, Eli MUTWEDU MWISHINGO et Alphonse BALEZI ZIHALIRWA,
Gestion des données	Adolphe AKUZWE BASHAMBALA
Analyse formelle	Adolphe AKUZWE BASHAMBALA
Terrain et récolte des données	Adolphe AKUZWE BASHAMBALA
Méthodologie	Tous
Supervision Validation	Alphonse BALEZI ZIHALIRWA, Dieudonné SHAMAMBA BAHATI, Janvier BASHAGALUKE BIGABWA, Innocent BALAGIZI KARHAGOMBA
Écriture – Préparation	Adolphe AKUZWE BASHAMBALA, Eli MUTWEDU MWISHINGO et Janvier BASHAGALUKE BIGABWA
Écriture – Révision	Alphonse BALEZI ZIHALIRWA, Dieudonné SHAMAMBA BAHATI, Janvier BASHAGALUKE BIGABWA, Innocent BALAGIZI KARHAGOMBA

Références

- Asifiwe, K. R., Irénée, M. M., Séraphin, B. K., Chokola, N., Gloire, M. L., & Désiré, R. M. (2025). Résilience Des Agriculteurs Face Aux Changements Climatiques En Territoire De Kalehe A L ' est De La République Démocratique Du Congo. *June*. <https://doi.org/10.9790/2402-1906011829>
- Balezi, Z. A., Sagesse, N. K., Migabo, N., & Benjamin, N. B. (2023). Assessment of anthropogenic activities effect on the use of biological resources around the Kahuzi-Biega National Park highland ' s part (South- Assessment of anthropogenic activities effect on the use of biological resources around the Kahuzi- Biega Nat. *October*.
- Besisa Nguba, T., Bogaert, J., Makana, J.-R., Mate Mweru, J.-P., Sambieni, K. R., Bwazani Balandi, J., Mumbere Musavandalo, C., & Bastin, J.-F. (2025). Assessing Forest Degradation in the Congo Basin: The Need to Broaden the Focus from Logging to Small-Scale Agriculture (A Systematic Review). *Forests*, *16*(6), 953. <https://doi.org/10.3390/f16060953>
- Bya'Undaombe, J.-P. (2023). Evaluation sur les pertes et dommages cas de la catastrophe naturelle de kalehe au sud kivu. En rd-congo. *0*. <https://ldyouth.org/wp-content/uploads/2024/03/RAPPORT-SUR-LA-CATASTROPHE-NATURELLE-DE-KALEHE-AU-SUD-KIVU.pdf> consulté en Avril 2024
- Cerda, R., Gallardo-Cobos, R., & Sánchez-Zamora, P. (2020). An analysis of the impact of forest policy on rural areas of Chile. *Forests*, *11*(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/f11101105>

- Chen, H., Du, S., Huang, H., Tian, L., Zhou, H., Wu, J., & Yu, X. (2024). Plant diversity in the understory of Eucalyptus plantations on Hainan Island and its response to environmental factors. *Frontiers in Ecology and Evolution*, May, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fevo.2024.1366094>
- Chunmei, H., Li, Y., Dai, X., Liu, N., Wu, F., Yan, J., Gao, M., & Liang, Y. (2025). Species richness is not a good predictor for above - ground biomass in a warm temperate deciduous broadleaf forest. *Ecological Processes*. <https://doi.org/10.1186/s13717-024-00569-7>
- Eba'a Atyi, R., Tadoum, M., De Wasseige, C., & Doumenge, C. (2022). Forêts et changements climatiques. <http://www.observatoire-comifac.net/> - <http://comifac.org/> - <http://pfbc-cbfp.org/%0ASauf>
- Enright, N. ., & Nunez, M. . (2013). The Braun-Blanquet reviews in Plant Ecology: in honour of our founding editor, Josias Braun-Blanquet. *Plant Ecology*.
- FAO. (2020). La Situation des forêts du monde 2020. Forêts, biodiversité et populations: préserver le patrimoine mondial. <https://doi.org/doi.org/10.4060/ca8642fr>
- FAO. (2022). Des forets du monde. *Organisation Des Nations Unies Pour l'Alimentation et l'Agriculture*.
- Goudiaby, A. O. K., Sall, S. D., Coly, I., Djiba, S., Ndour, N., & Ndoeye, I. (2017). Influence du couvert de *Eucalyptus camaldulensis* (dehn) sur la diversité spécifique des herbacées dans la zone de Diembéring (Basse Casamance, Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(4), 1471. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.6>
- Gourlet-fleury, S., Dainou, K., Doucet, J., Lusenge, T., Geit, M. Van, Lejeune, G., & Bastin, D. (2020). Les plantations forestières en Afrique Centrale : Des sylvicultures nouvelles pour répondre aux nouveaux besoins des sociétés. *Cirad*, 197–212.
- Hilaire Kabuya Kabeya Tshilobo. (2016). La gestion des forêts en RDC : étude écologique, économique et juridique. *L'Harmattan, Paris*.
- Kadorho, A. (2011). Etude floristique des sous-bois des plantations à Eucalyptus dans la ville de BUKAU (Sud-Kivu/Congo). *Mémoire Inédit/UOB*.
- Kalala, B., Mwangaza, K., Mokili, E., Bidwaya, T., & Mukwa, L. (2018). Influence des pratiques culturelles sur la réduction des pertes Hydro pédologiques (Eau et Sol) à Butembo à l' Est de la République Démocratique du Congo. *Revue Scientifique de l'INBTP, January*, 1–11. https://www.researchgate.net/publication/355474008_Influence_des_pratiques_culturelles_sur_la_reduction_des_pertes_Hydro_pedologiques_Eau_et_Sol_a_Butembo_a_l%27Est_de_la_Republique_Democratique_du_Congo
- Kasekete, D. K., Bourland, N., Gerkens, M., Louppe, D., Schure, J., & Mate, J. P. (2023). Fuelwood and fuelwood plantations in the Democratic Republic of the Congo: case study in Northern Kivu province – Bibliographic review. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 357(3), 5–28. <https://doi.org/10.19182/bft2023.357.a36927>
- Kassa, G., Molla, E., & Abiyu, A. (2019). Effects of Eucalyptus camaldulensis tree plantation on indigenous trees and soil properties in North Western Ethiopia. *Abyssinia Journal of Science and Technology*, 4(1), 1–10. <https://www.ajol.info/index.php/abjst/article/view/281061>
- Kataomba, K., Maombi, M., Kambale, M., & Kamavu, V. (2010). Plantes adventices du peuplement à eucalyptus sp en ville de Butembo, RD Congo. *Annales Sci & Sci. Appl. UOB*, 2(1), 39–45. https://www.researchgate.net/publication/337007699_Plantes_adventices_du_peuplement_a_eucalyptus_sp_en_ville_de_Butembo_RD_Congo#fullTextFileContent
- Koubouana, F., Ifo, S. A., Blanche, L., Loupet, M., & Ndinga, E. (2016). Diversité floristique et dynamique de reconstitution de la forêt du Parc Zoologique sous plantations à eucalyptus à Brazzaville , Congo Floristic diversity and reconstitution dynamics of the Zoological Park Forest under eucalyptus cultivation in Brazzavil. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(April), 609–619.
- Lemessa, D., Mewded, B., Legesse, A., Atinfau, H., Alemu, S., Maryo, M., & Tilahun, H. (2022). Do Eucalyptus plantation forests support biodiversity conservation? *Forest Ecology and Management*, 523(August), 120492. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120492>
- Liang, J., Reynolds, T., Wassie, A., Collins, C., & Wubalem, A. (2016). *Effects of exotic Eucalyptus spp . plantations on soil properties in and around sacred natural sites in the northern Ethiopian Highlands*. 1(February), 175–193. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.2.175>

- Ligot, G., Mweru, J. M., Drouet, T., Rousseau, M., Moango, A., & Bourland, N. (2022). Growth , Productivity , Biomass and Carbon Stock in Eucalyptus saligna and Grevillea robusta Plantations in North Kivu , Democratic Republic of the Congo. *Forests*, 1–24. <https://doi.org/10.3390/f13091508>
- Luo, J., Sardar, M. F., Qian, Z., Albasher, G., & Li, X. (2024). Diverse Patterns of Understory Plant Species across Different Types of Plantations in a Mountainous Ecosystem.
- Lutumba, A., Zhang, K., Jonathan, C., & Anoma, K. (2021). Dynamics of Deforestation and Degradation of Forests in the Democratic Republic of Congo from 1990 to 2018. 451–461. <https://doi.org/10.4236/oje.2021.115029>
- M'Mpango, B., Balezi, Z. A., Imani, M. G., & Nyakabwa, M. (2018). Diversité végétale du sous-bois et stocks de carbone dans les arboretums en zone de montagne dans la province du Sud-Kivu, R D. Congo. <https://www.researchgate.net/publication/375584121>
- Macelvi, A., Goma, M., Mpassi, P., Leckoundzou, A., Issengue, O. A., Gomo, M. M., Mouko, M., Murielle, E., Mabele, N., Yoka, J., Macelvi, A., Goma, M., Mpassi, P., Leckoundzou, A., Issen-, O. A., Goma, M., Macelvi, A., Pierre, M., Leckoundzou, A., & Issengue, A. (2023). Caractérisation des services écosystémiques fournis par la forêt ripicole de Djiri , République du Congo To cite this version : HAL Id : hal-04372465 Caractérisation des services écosystémiques fournis par la forêt ripicole de Djiri , République du Congo. *Revue Ecosystèmes et Paysages*. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg3202>
- Matazi, A. K., Luganda, E. K., & Mukotanyi, S. M. (2023). Does Eucalyptus determine agricultural soil quality ? Does Eucalyptus determine agricultural soil quality ? *Cogent Food & Agriculture*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2022.2157115>
- MEA. (2005). Les Écosystèmes et le bien-être humain : Synthèse. *Island Press, Washington, DC / World Resources Institute*. <https://doi.org/10.5822/978-1-59726-231-6>
- Merlin, M. C. (2018). *Etude de la variation de stocks de carbone dans le sol forestier suivant le type d ' utilisat ion des terres à Tshivanga au Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB)*. March 2019, 2017–2018.
- Miguel, P. S. B., Delvaux, J. C., Oliveira, M. N. V. De, & Moreira, B. C. (2020). *Diversity and distribution of the endophytic fungal community in eucalyptus leaves*. June. <https://doi.org/10.5897/AJMR2016.8353>
- Mobunda, T. J., Ndjadi, S. S., Sikuzani, Y. U., Aganze, B. L., Lucungu, B. P., Kesonga, N. M., Bwazani, B. J., Obandza-Ayessa, J. L., Muganda, M. J., Mate, M. J. P., Lovanirina, R. O., & Meniko, T. H. J. P. (2025). *Floristic Diversity and Structure of Historical Rubber Plantations (Hevea brasiliensis Wild ex A . Juss) in Sankuru , DR Congo : Implications for Biodiversity Conservation*. May. <https://doi.org/10.20944/preprints202505.0504.v1>
- Mohammed, E. M. I., Mohammed, E. M. I., & Sahoo, U. K. (2025). *Linking woody plant species richness with selected ecosystem services and dendrometric features in Okalma natural forest reserve*. 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13640-w 1>
- Muley-Byayuwa, A., & Cheteu, L.-B. (2014). *Agroforesterie et gestion durable des ressources naturelles pour l'atténuation et l'adaptation dans l'hinterland du Parc National de Kahuzi-Biega en RDC*. <https://pdfs.semanticscholar.org/5e43/e40fb8f01c8a9dca921d476795043e771fcb.pdf>
- Mutwedu Mwishingo, E., Mukotanyi, S. M., Kahindo, W. D., Bofale, L. N., Kitembo, M. J., Mambo, H., Mulenda, M. F., Jean-Claude, M. M. I., Shamamba, B. D., & Balezi, Z. A. (2024). Diversité floristique ligneuse et contraintes de gestion des forêts sacrées dans la Chefferie de Kaziba, Sud – Kivu, République Démocratique du Congo. *Revue Ecosystèmes et Paysages*, 4(2), 1–12. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4218>
- Ndotar, M., Martin Bell, J., Kosh-Komba, E., Mebourou Kamba, E., Nazaire, S., & Sembala, S. (2022). Floristic Diversity of Recruits in Plantations of Eucalyptus Deglupta B., 1863, Pinus Caribeae M., 1851, And Gmelina Arborea R., 1814: Case of Cellucam Plantations Near Edea (Litoral, Republic of Cameroon). *European American Journals*. <https://doi.org/10.37745/ejafr.2013>
- Ngueguim, J. R., Zapfack, L., Youmbi, E., Riera, B., Onana, J., Foahom, B., & Makombu, J. G. (2010). Diversité floristique sous canopée en plantation forestière de Mangombe-Edea (Cameroun). *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 14(1), 167–176.

- Noiha Noumi, V., Zapfack, L., Hamadou, M. R., Awe Djongmo, V., Witanou, N., Nyeck, B., Ngossomo, J. D., Tabue Mbobda, R. B., & Mapongmetsem, P. M. (2018). Floristic diversity, carbon storage and ecological services of eucalyptus agrosystems in Cameroon. *Agroforestry Systems*, 92(2), 239–250. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0130-5>
- Païro, P. E., Rodriguez, E. E., Bellocq, M. I., & Aceñolaza, P. G. (2021). Changes in taxonomic and functional diversity of plants in a chronosequence of Eucalyptus grandis plantations. *Scientific Reports*, 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89988-6>
- Pang, S. E. H., & Webb, E. L. (2023). *The clustering of spatially associated species unravels patterns in tropical tree species distributions*. May, 1–28. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4589>
- Sanmartín-Vivar, K., Guachizaca-Macas, J., & Marín-Armijos, D. (2024). The Impact of Eucalyptus and Pine Plantations on the Taxonomic and Functional Diversity of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in the Southern Region of Ecuador. *Biology*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/biology13100841>
- Tawer, P., Maturbongs, R., Murdjoko, A., Jitmau, M., Djitmau, D., Siburian, R., Ungirwalu, A., Wanma, A., Mardiyadi, Z., Wanma, J., Rumatora, A., Mofu, W., Sinery, A., Fatem, S., Benu, N., Kuswandi, R., Lekitoo, K., Khayati, L., & Tambing, J. (2021). Vegetation dynamic post-disturbance in tropical rain forest of bird's head peninsula of west papua, indonesia. *Annals of Silvicultural Research*, 46(1), 27. <https://doi.org/10.12899/ASR-2145>
- Tchaleu, D. V., Marie, S., Momo, C., Kambale, M. A., Tafen, N. C., Kamga, Y. B., & Nguetsop, V. F. (2024). Floristic Diversity , Stand Structure and Plant Life Traits in the Forest-Savanna Mosaic at Ndjole (Centre Cameroon). *Open Journal of Ecology*, 309–330. <https://doi.org/10.4236/oje.2024.144019>
- Team, R. C. (2023). A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. <https://doi.org/https://www.R-project.org/>
- Tereraï, F., Gaertner, M., Shaney, J., & Richardson, D. M. (2013). Eucalyptus invasions in riparian forests: Effects on native vegetation community diversity, stand structure and composition. *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.016>
- Tshibanda, M. ., & Bamba, J. . (2020). L'impact des plantations d'eucalyptus sur les écosystèmes forestiers indigènes en République Démocratique du Congo. *Journal Africain Des Sciences de l'Environnement*, 223–235.
- Wang, X., Liu, Y., Li, Y., Jin, J., Guo, Q., & Pei, S. (2023). *Interspecies Association and Community Stability of Plants in the Core Distribution Area of Thuja sutchuenensis*. 1–16. <https://doi.org/10.3390/f14040762>
- Wang, Z., Zhou, M., Liu, H., Huang, C., Ma, Y., Ge, H. xin, Ge, X., & Fu, S. (2022). Pecan agroforestry systems improve soil quality by stimulating enzyme activity. *PeerJ*, 9, 1–19. <https://doi.org/10.7717/peerj.12663>
- Wuenschel, A. (2019). *Impacts écologiques potentiels à long-terme des plantations d ' Acacias non-natifs dans la ré- gion de Kinshasa , en RDC*. 37.