



Influence de la toposéquence sur la régénération naturelle de la forêt semi décidue de Km28 dans le Mayombe en République Démocratique du Congo

¹Mabanga Mabanga Alphonse, ¹Mbuangi Lusuadi Maurice, ¹Tisu Phaku Jospin, ¹Nimi Nimi Georges, ^{1,4}Mananga Mananga Placide, ^{1,2}Diansambu Makanua Isaac, ^{5,6}Teteli Soloum Clément, ^{1,3,4}Angoboy Ilondea Bhely

1. Université Président KASA VUBU. Faculté des Sciences Agronomiques. Département de Gestion des Ressources Naturelles. BP 314 Boma (RDC).
2. Ecole régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrée des Forêts et territoires Tropicaux (ERAIFT)
3. Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques(INERA). Antenne de Gestion et conservation des ressources naturelles (GCRN/Luki). BP 2037 Kinshasa (RDC)
4. Université Pédagogique Nationale (UPN) B.P. 8815 Kinshasa-Ngaliema
5. Research unit in Tropicale Mycology and Plants-Soil Fungi Interactions (MyTIPS), Faculty of Agronomy, University of Parakou, Benin.
6. Research Group Mycology, Ghent University, 9000 Gent, Belgium

Résumé

Cette étude évalue la régénération naturelle dans la forêt semi-décidue du Mayombe (RDC) en fonction du profil topographique : bas-fonds, versants et crêtes. À partir de 18 parcelles de 25 m × 25 m, les résultats révèlent une densité et une surface terrière plus élevées en bas-fonds (958 tiges/ha ; 1,43 m²/ha) et sur versants (848 tiges/ha ; 0,91 m²/ha) qu'en crête. En revanche, la diversité spécifique atteint son maximum sur les crêtes ($H' = 4,06$) et les versants ($H' = 3,68$). Les espèces dominantes varient selon le relief : *Pteleopsis hylodendron*, *Piptadeniastrum africanum*, *Albizia ferruginea*, *Acacia mangium*, *Pterocarpus tinctorius* et *Pentaclethra eetveldeana* figurent parmi les plus représentatives. L'étude met en évidence l'influence de la topographie, ainsi que des facteurs environnementaux et anthropiques, sur la dynamique forestière, apportant des éléments clés pour une gestion durable de ces écosystèmes.

Mots-clés : Toposéquence, Mayombe, Régénération naturelle, Diversité floristique.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.15865519>

Abstract

This study investigates natural regeneration in the semi-deciduous forest of Mayombe (DR Congo), focusing on topographic variation—lowlands, slopes, and ridges. Eighteen 25 × 25 m plots were surveyed to evaluate regeneration density, basal area, and species diversity. Results show that stem density and basal area are highest in lowlands (958 stems/ha; 1.43 m²/ha) and slopes (848 stems/ha; 0.91 m²/ha), but species diversity is greater on ridges ($H' = 4.06$) and slopes ($H' = 3.68$). Topography influences species composition, with dominant species including *Pteleopsis hyloidendron*, *Piptadeniastrum africanum*, *Albizia ferruginea*, *Acacia mangium*, *Pterocarpus tinctorius*, and *Pentaclethra eetveldeana*. The study highlights how environmental and anthropogenic factors, in combination with topography, shape regeneration dynamics. These findings contribute to a better understanding of forest structure and offer practical insights for the sustainable management and conservation of tropical forest ecosystems.

Keywords : Toposequence; Mayombe; Natural regeneration; Floristic diversity

1. Introduction

Les forêts constituent un réservoir dynamique de ressources forestières, de carbone et de biodiversité (Etat de forêt, 2021) et fournissent des services écosystémiques essentiels aux communautés riveraines (Lubalega et al., 2021). Cette dépendance des populations locales envers les forêts pour leur subsistance entraîne la dégradation des habitats et accroît la pression sur certaines espèces végétales (Mbuangi, 2022 ; Mananga, 2016 ; Almanach, 2014 ; Nyange, 2014). Ces pressions modifient la composition, la structure et les fonctions des formations végétales (Seka et al., 2018 ; Luckert et William, 2005).

Les forêts semi-décidues du Mayombe se développent dans un contexte particulier, ne correspondant pas toujours aux conditions climatiques locales, ce qui soulève des questions sur la limite de distribution des espèces et leur résilience (Angoboy et al., 2021). Selon Archambault (2003), les sols des forêts tropicales donnent naissance à des formations végétales mixtes, riches et complexes. Ouédraogo et al. (2008) ont reconnu que la topographie est l'un des principaux facteurs déterminant la diversité des communautés végétales à l'échelle locale, lorsque les conditions climatiques sont homogènes.

Dans la forêt du Mayombe, peu d'études ont abordé la régénération naturelle en fonction de la toposéquence (Humblot, 1946 ; Donis et Maudoux, 1954 ; Lubini, 1984 ; Dupuy, 1998 ; Bernard et Gélina, 2014 ; Lubalega et Mananga, 2018). Il semblerait que la richesse et la diversité spécifiques augmentent des basses vers les hautes toposéquences dans cette forêt semi-décidue.

Cette étude vise à caractériser la régénération naturelle dans la forêt semi-décidue du Mayombe (République démocratique du Congo) selon le profil topographique. L'objectif spécifique est de comparer, en termes de paramètres structuraux et de diversité, les espèces présentes au sein de chaque toposéquence.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu

Cette étude a été menée à la Brigade de reboisement, située en périphérie de la Réserve de Biosphère de Luki, dans le secteur de Boma Bungu, territoire de Moanda, province du Kongo-central, en République démocratique du Congo. Les coordonnées géographiques du site sont situées entre 5°40.343' de latitude Sud et 13°04.436' de longitude Est (Figure 1). La zone étudiée, couvre une superficie totale de 3 179,52 ha. Le climat de la région est de type tropical humide Aw4 selon la classification de Köppen-Geiger, avec une saison sèche de quatre mois, de mi-mai à mi-octobre (Peel et al., 2007). Les précipitations annuelles moyennes varient entre 1150 et 1500 mm, tandis que la température moyenne annuelle oscille entre 25 et 30 °C (Lubalega et Mananga, 2018). Les sols sont de type ferrallitique (oxisols), caractérisés par une forte présence d'oxydes de fer et d'aluminium (Mukendi, 1973 ; Hubau, 2013). La localisation du site d'étude ainsi que le diagramme ombrothermique sont présentés respectivement aux Figures 1 et 2.

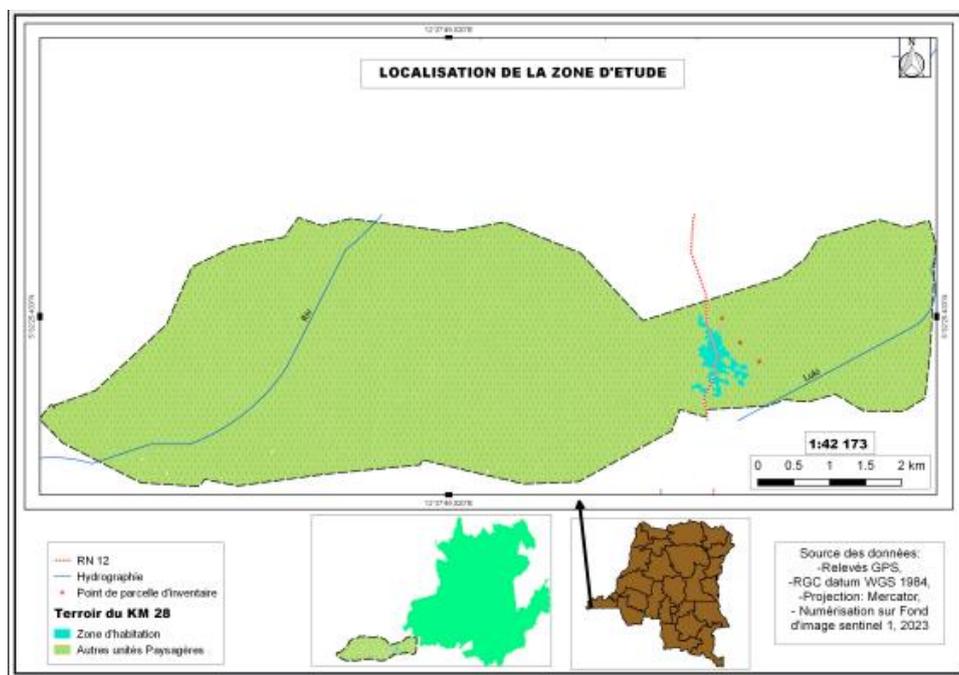


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

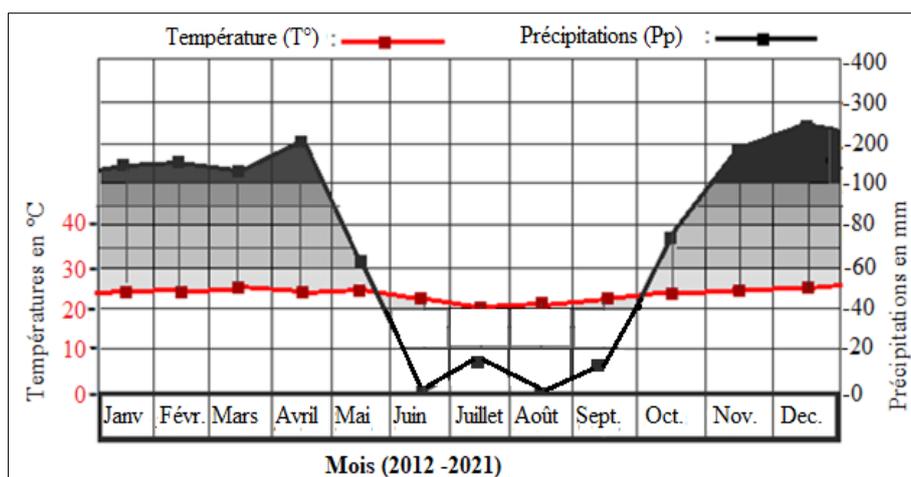


Figure 2. Diagramme ombrothermique des précipitations et températures moyennes mensuelles de 2012 à 2021 (Source : Mbuangi, 2022)

2.2. Méthodes

2.2.1. Dispositif expérimental

L'inventaire des espèces et le dénombrement de tous les individus ont été réalisés dans des parcelles carrées de 25 m × 25 m, conformément aux protocoles décrits par Delassus (2015), Ouattara (2017) et Soro et al. (2021). Au total, 18 parcelles ont été établies, soit 6 parcelles par toposéquence, réparties sur trois profils topographiques distincts : bas-fonds, versants et crêtes. Les travaux de terrain ont été menés entre mai et juillet 2024.

Chaque parcelle a fait l'objet d'un échantillonnage exhaustif de tous les individus arborés présentant un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) supérieur ou égal à 5 cm. Les mesures de diamètre ont été prises à 1,30m du sol, conformément aux standards forestiers. La nomenclature suivie pour l'identification des espèces est basée sur la classification phylogénétique APG IV (2016).

2.2.2. Analyse des données

L'analyse des données a porté sur la comparaison des indices de caractérisation botanique et écologique. La diversité spécifique a été évaluée à partir de la richesse spécifique observée (Sobs) par parcelle de 625 m², complétée par des courbes d'accumulation et de raréfaction des espèces. Plusieurs paramètres écologiques ont été calculés pour chaque espèce :

- **Fréquence relative** = (Fréquence de l'espèce *i* / somme des fréquences de toutes les espèces) × 100 ;
- **Dominance relative** = (Surface basale de l'espèce / Surface basale totale) × 100 ;
- **Densité relative** = (Nombre d'individus de l'espèce / Nombre total d'individus toutes espèces confondues) × 100.

La somme de ces trois paramètres a permis de déterminer l'**Index de Valeur d'Importance (IVI)** pour chaque espèce, selon Kent et Coker (2003) :

- **IVI** = Fréquence relative + Densité relative + dominance relative (pour l'espèce)

De même, la **Valeur d'Importance des Familles (VIF)** a été calculée suivant Cottam et Curtis (1956), reprise par Yao Adou et N'Guessan (2005) et Gonmadjé et al. (2011), afin d'apprécier le rôle de chaque famille dans la structuration de la végétation :

- **VIF** = Fréquence relative d'une famille + Densité relative d'une famille + dominance relative d'une famille

La distribution phytogéographique des espèces a été déterminée selon la classification phytochorologique africaine (White, 1983), attribuant à chaque espèce des types tels que : pan-africain, paléotropical, guinéo-congolais, guinéen supérieur ou inférieur.

L'indice de diversité de Shannon (H') a été utilisé pour estimer la diversité quantitative des communautés ligneuses dont le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) a été mesuré (Kouassi et al., 2010) :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad \text{où :}$$

H' : indice de biodiversité de Shannon,

i : une espèce du milieu d'étude

p_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante : $p(i) = n_i/N$

Ensuite, pour conforter les valeurs produites par l'indice de Shannon, l'indice de Pielou (Pielou, 1966 ; Hill, 1973) encore appelé régularité ou indice d'équitabilité (J), lui est systématiquement associé. Il permet de mesurer la dominance ou l'équitabilité de la distribution. où :

J : Indice d'équitabilité ou de Pielou ;

H : indice de diversité de Shannon ;

S : nombre total d'espèces du système étudié.

$H_{max} = \log_2(S)$; S désignant la richesse spécifique. Elle est comprise entre 0 et 1.

La structure de la végétation a été analysée à travers la répartition des individus dans les classes diamétrales suivantes : [5–10[, [10–15[, [15–20[, [20–25[, [25–30[et [30–35[cm.

Enfin, les diagrammes et graphiques ont été réalisés avec le package **ggplot2** dans l'environnement R (Wickham, 2016).

3. Résultats

3.1. Richesse spécifique et abondance des espèces en fonction de la toposéquence

L'analyse du tableau 1 indique que les paramètres structuraux ont augmenté du bas vers le haut des toposéquences à l'inverse, les paramètres de diversité ont diminué avec l'élévation. Un total de 2048 individus a été inventorié sur une surface totale de 1,8ha répartie dans trois types de toposéquence. Ces individus appartiennent à 26 espèces réparties dans 14 familles botaniques. De manière particulière, les bas-fonds (958tiges/hectare) et les versants (848tiges/hectare) sont plus denses que les crêtes (242 tiges/hectare). La même tendance est observée pour la surface terrière. Les bas-fonds (1,43m²/hectare) et les versants (0,91m²/hectare) contre 0,43m²/hectare au niveau des crêtes (242 tiges/hectare). Par contre, en termes de diversité, les crêtes (H : 4,06 et EQ : 0,55) et les versants (H : 3,68 et EQ : 0,69) présentent une forte diversité spécifique et une répartition équitable des espèces (Tableau1). Les courbes d'accumulation de la richesse spécifique en fonction du nombre de parcelles et du nombre d'arbres dans les différentes toposéquences sont présentées à la figure 2.

Tableau 1 : Nombre de relevés et leur superficie, caractérisation de la diversité floristique des individus dans la forêt semi-décidue de Km8.

Toposéquences	Parcelles	Ni/ha	ST (m²/ha)	Ne	H	EQ
Crêtes	6	242	0,14	32	4,06	0,69
Versants	6	848	0,91	25	3,68	0,55
Bas-fonds	6	958	1,43	23	1,44	0,2
	Moyenne	682,6	0,82	26,6	3,06	0,48
	Ecart-type	293,7	0,45	3,5	1,08	0,18

Ne: nombre d'espèces; Ni/ha: nombre d'individus à l'hectare; ST (m²/ha) : surface terrière ; H' (bit): Indice de diversité moyen de Shannon; EQ: Equitabilité de Piélou.

Les courbes d'accumulation ne présentant pas de tendance asymptotique suggèrent que l'échantillonnage réalisé reste insuffisant pour appréhender de manière exhaustive la richesse spécifique. Cela implique qu'un effort d'échantillonnage plus important, notamment par l'augmentation du nombre de parcelles ou de leur superficie, serait nécessaire pour mieux estimer la richesse floristique dans le processus de régénération naturelle de la forêt semi-décidue du Km28.

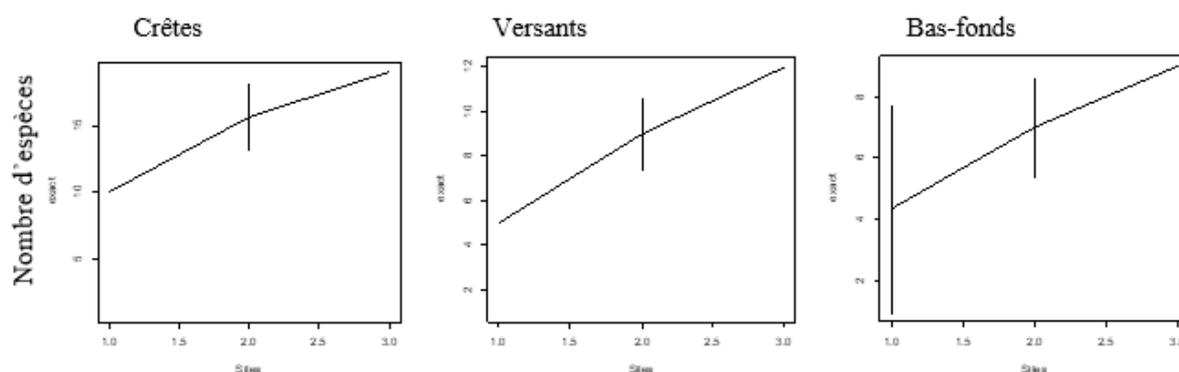


Figure 3. Courbe d'accumulation des espèces dans les différentes toposéquences

3.2. Importance des espèces

Les espèces dont les valeurs sont globalement les plus élevées (Tableau2) sont : *Albizzia ferruginerea* (Guill. & Perr.) Benth. (131,91%), *Pterocarpus tinctorus* Welw. (128,76%), *Acacia mangium* Willd. (122,28%), *Pteleopsis hylodendron* Mildbr (109,3%), *Cantium oddonii* De Wild. (108,52%) et *Piptadeniastrum africanum* (Hook.f.) brenan (108,75%). Les espèces dont les valeurs d'indices d'importance (IVI) sont les plus élevées dans les crêtes sont : *Pteleopsis hylodendron* Mildbr (127,25%), *Piptadeniastrum africanum* (Hook.f.) brenan (103,79%) et *Acacia mangium* Willd. (93,85%). Pour ce qui est des versants, nous avons : *Albizzia ferruginerea* (147,01%), *Acacia mangium* Willd. (123,72%), *Pterocarpus tinctorus* Welw. (116,9%), *Hylocodendron gabunense* Taub. (110,77%) et *Dialium corbisieri* Staner (110,14%). Pour les bas-fonds : *Pterocarpus tinctorus* Welw. (143,08%), *Hylocodendron gabunense* Taub. (117,47%), *Acacia mangium* Willd. (116,63%) et *Albizzia ferruginerea* (Guill. & Perr.) Benth. (114,06%).

Tableau 2. Indice global d'importance des espèces dans la forêt semi-décidue de Km8.

Espèce	Toposéquences			IVI Global	
	Familles	Crêtes	Versants		Bas-fonds
<i>Acacia mangium</i> Willd.	Fabaceae	93,8	123,7	116,63	122,28
<i>Aidia ochroleuca</i> (K. Schum.) E. Petit	Rubiaceae	36,9	-	-	33,75
<i>Albizzia ferruginerea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae	44,7	147,0	114,06	131,91
<i>Alstonia boonei</i> De Wild	Apocynaceae	-	34,4	35,47	33,9
<i>Antiaris welwitshii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	48,0	80,2	72,45	77,46
<i>Antrocaryon nannanii</i> De Wild.	Annonaceae	-	-	35,35	34,19
<i>Canthium oddonii</i> De Wild.	Rubiaceae	-	71,8	80,68	108,52
<i>Caloncoba welwitschii</i> (Oliv.) Gilg	Achariaceae	-	-	34,63	33,88
<i>Corynanthe paniculata</i> Welw.	Rubiaceae	38,0	74,2	73,03	73,77
<i>Coula edulis</i> Baill.	Olacaceae	37,0	36,5	73,22	71,51

<i>Dialium corbisieri</i> Staner	Fabaceae	40,9	110,1	34,31	73,15
<i>Discoglyprena caloneura</i> (Pax) Prain	Euphorbiaceae	-	36,4	72,01	37,19
<i>Erythrophleum suaveolens</i> (Guill. & Perr.) Brenan	Fabaceae	-	36,6	36,73	36,51
<i>Hylodendron gabunense</i> Taub.	Fabaceae	37,8	110,7	117,47	80,15
<i>Lovoa trichilioides</i> Harms.	Meliaceae	-	34,4	-	33,88
<i>Markhamia sessilis</i> (Benth.) K. Schum.	Bignoniaceae	-	1,01	-	33,85
<i>Millettia versicolor</i> Welw. ex Baker.	Fabaceae	-	34,6	-	34,04
<i>Musanga cecropioides</i> R.Br.	Urticaceae	76,6	36,5	34,55	35,02
<i>Ongokea gore</i> (Hua) Pierre	Olacaceae	41,2	73,7	35,61	72,21
<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) brenan	Fabaceae	103,7	36,2	75,00	108,75
<i>Pteleopsis hylodendron</i> Mildbr	Combretaceae	127,2	76,8	35,72	109,3
<i>Pterocarpus tinctorus</i> Welw.	Fabaceae	85,7	116,9	143,08	128,76
<i>Ricinodendron heudelotti</i> (Bail.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	38,1	72,4	34,98	70,91
<i>Xylopiella villosa</i> Chipp	Annonaceae	-	35,2	38,41	36,43
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G. Waterman	Rutaceae	37,0	69,1	37,27	70,02

3.3. Importance des principales familles

La famille la plus importante globalement d'après la valeur d'importance des familles (Tableau3) est celle de *Fabaceae* qui représente 205,4% de l'ensemble des familles rencontrées. Selon la toposéquence, les familles les plus représentées dans les crêtes sont : *Fabaceae* (196,8%) et *Rubiaceae* (115,8%). Dans les versants, *Fabaceae* (201,7%) et *Euphorbiaceae* (116,5%) et dans les bas-fonds, *Fabaceae* (213,7%) et *Olacaceae* (81,1%).

Tableau 3. Indice d'importance des familles dans la forêt semi-décidue de Km8.

Familles	Toposéquences			VIF Global
	Crêtes	Versants	Bas-fonds	
<i>Achariaceae</i>	-	-	38,7	37,4
<i>Anacardiaceae</i>	-	-	38,7	37,4
<i>Annonaceae</i>	-	43,9	40,5	38,4
<i>Apocynaceae</i>	-	37,8	-	37,8
<i>Bignoniaceae</i>	50,3	77,6	-	37,5
<i>Combretaceae</i>	49,3	41,9	39,9	41,3
<i>Euphorbiaceae</i>	41,8	116,5	79,1	78,2
<i>Fabaceae</i>	196,8	201,7	213,7	205,4
<i>Gentianaceae</i>	-	-	39,6	37,7
<i>Meliaceae</i>	-	37,7	-	37,4
<i>Moraceae</i>	91,3	82,8	79,1	81,1
<i>Olacaceae</i>	80,3	80,1	81,1	79,6
<i>Rubiaceae</i>	115,8	41,2	42,6	45,4
<i>Rutaceae</i>	40,7	38,5	40,0	38,7

3.4. Structure par classes de diamètres des ligneux

La structure de la régénération naturelle des espèces dans la forêt semi-décidue de Km28 présente une distribution des tiges en exponentiel décroissant. (Figure 3).

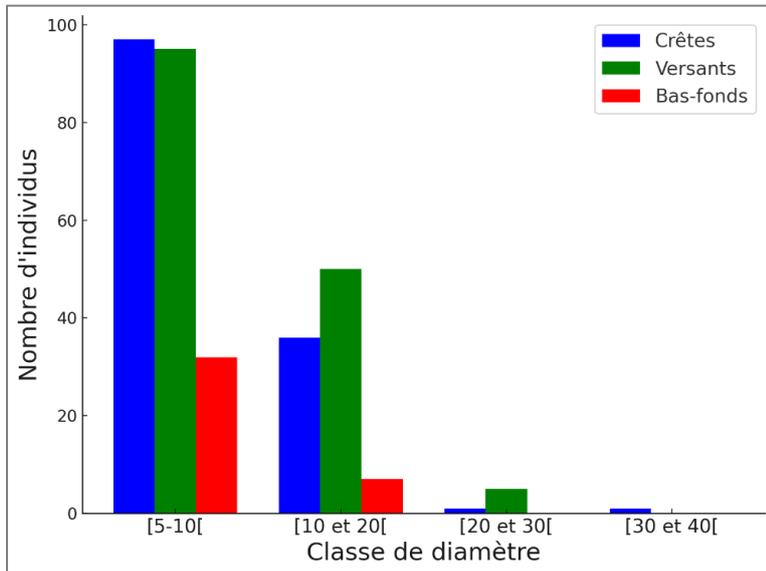


Figure 4. Répartition des individus par classes de diamètre

3.5. Caractéristiques autécologiques des espèces

La régénération naturelle des espèces dans la forêt semi-décidue de Km28 est caractérisée par les phanérophytes, dont mésophanérophytes et de mégaphanérophytes (fig.5a). Les sarcochores et les ballochores constituent l'essentiel des diaspores pour les espèces en régénération naturelle (fig.5b), avec 2/3 des mésophylles (fig.5c). Ces espèces à 87% appartiennent au centre d'endémisme Guinéo-Congolais (fig.5d).

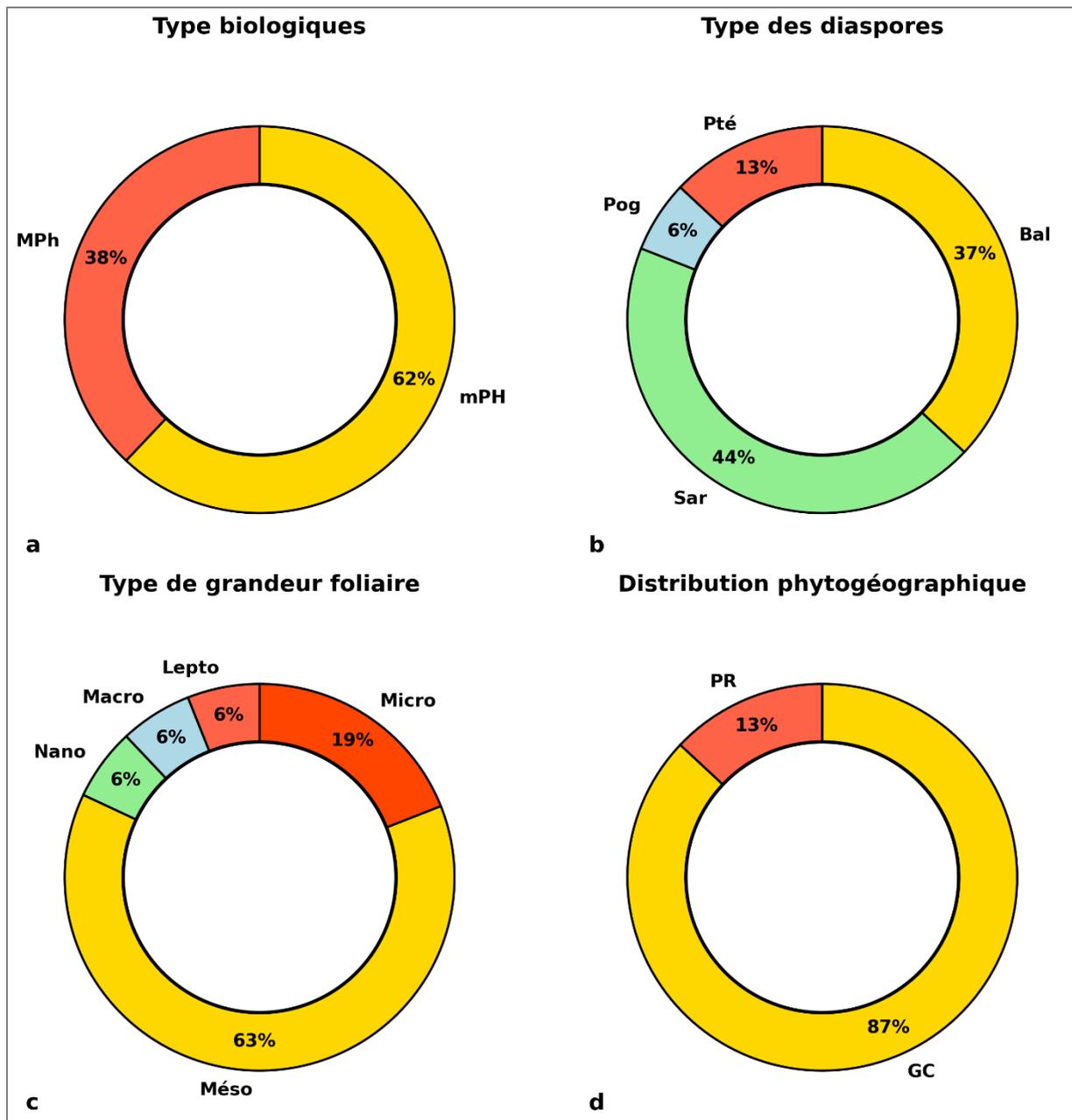


Figure 5: Caractéristiques autécologiques des espèces inventoriées

4. Discussion

Les résultats révèlent une variation significative de la régénération naturelle selon les toposéquences. La densité des tiges est plus élevée dans les basses positions topographiques (versants et bas-fonds), ce qui rejoint les observations de Da Silva et al. (2014) et Ouattara et al. (2023). Contrairement à Fournier et Sasson (1983), qui associent une plus forte densité à l'altitude, nos résultats suggèrent que l'ouverture du couvert forestier par l'exploitation facilite la germination dans les zones basses.

La famille des Fabaceae domine la flore, ce qui reflète une stratégie typique des forêts secondaires tropicales (Lubini, 2003 ; Lubalega et al., 2018). Cette dominance est renforcée par

la capacité des espèces de cette famille à fixer l'azote, améliorant leur compétitivité (Belesi, 2009).

La richesse et la diversité floristiques décroissent des crêtes vers les bas-fonds. Cette diminution s'explique par des contraintes édaphiques comme l'engorgement, qui limite l'oxygénation et sélectionne les espèces adaptées (Mbayngone et al., 2008 ; Ouédraogo et al., 2008). De plus, la disponibilité en lumière influence la régénération selon la stratégie écologique des espèces (Isungu et al., 2022).

Malgré les différences de densité, la structure en classes de diamètre reste similaire à travers les toposéquences, avec une distribution en « J inversé » caractéristique d'un peuplement en régénération dynamique. Enfin, l'installation progressive d'espèces plurirégionales suggère une perturbation de la flore guinéo-congolaise liée aux pressions humaines et aux changements climatiques (Honvou et al., 2021).

5. Conclusion

Cette étude visait à caractériser la régénération naturelle dans la forêt semi-décidue du Mayombe (RDC) selon les profils topographiques. Les résultats montrent une variation marquée des paramètres structuraux et de diversité en fonction de la toposéquence : la densité et la surface terrière augmentent vers les zones basses, tandis que la diversité spécifique est plus élevée en altitude. Ces dynamiques sont influencées par des facteurs environnementaux (topographie, lumière, pluviométrie) et anthropiques (exploitation du bois, feux), favorisant l'installation d'espèces plurirégionales.

Pour une gestion durable et adaptative de cette forêt, il est essentiel de mieux comprendre les mécanismes de régénération des espèces ligneuses les plus exploitées, en lien avec leur écologie et leur réponse aux pressions climatiques et humaines croissantes.

Références bibliographiques

- [1] Adou Yao, C.Y. et N'Guessan, K.E. (2005). Diversité botanique dans le sud du parc national de Taï, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 1(2), pp. 295–313.
- [2] Akame Laounta (2024). Diversité floristique et caractérisation structurale des formations ligneuses des collines dans le canton d'Ataloté au Nord-Togo. *Physio-Géo*, 20.
- [3] Almanach (2014). *Éco CONGO : L'arbre dans les systèmes de culture en RDC*, 3 p.
- [4] Angoboy Ilondea, B., Beeckman, H., Van Acker, J., Van den Bulcke, J., Fayolle, A., Couralet, C., Hubau, W., Kafuti, C., Rousseau, M., Kaka di-Makwala, A., Bourland, N., Deklerck, V., Kasongo Yakusu, E., Ewango, C. et De Mil, T. (2021). Variation in onset of leaf unfolding and wood formation in a Central African tropical tree species. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4.

- [5] Archambault, L., Bégin, J., Delisle, C. et Fortin, M. (2003). Dynamique forestière après coupe partielle dans la forêt expérimentale du Lac Édouard, Parc de la Mauricie, Québec. Rapport de recherche, Université Laval.
- [6] Belesi, H. (2009). Étude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas-Kasaï en République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, 565 p.
- [7] Bernard, A. et Gélinas, N. (2014). A step prior to REDD+ implementation: A socioeconomic study. *International Journal of Forestry Research*, Article ID 563021, 10 p.
- [8] Bondé, L., Ouédraogo, O., Kagembèga, F. et Boussin, J.I. (2013). Impact des gradients topographique et anthropique sur la diversité des formations ligneuses soudanaises. *Bois et Forêts des Tropiques*, 318(4), pp. 15–52.
- [9] Cottam, G. et Curtis, J.T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37(3), pp. 451–460.
- [10] Da Silva, F.K.G., Lopes, S.D.F., Lopez, L.C.S., De Melo, J.I.M. et Trovao, D.B. (2014). Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. *Journal of Arid Environments*, 110, pp. 47–52.
- [11] Delassus, L. (2015). Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. Conservatoire botanique national de Brest, 25 p.
- [12] Donis, C. et Maudoux, R. (1951). Sur l'uniformisation par le haut. Publications INEAC, série scientifique 51, 75 p., Bruxelles.
- [13] Dupuy, B. (1998). Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine. 328 p.
- [14] Fournier, F. et Sasson, A. (1983). Écosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique. Paris : ORSTOM/UNESCO, 475 p.
- [15] Gonmadjé, F., Doumenge, C., McKey, D., Tchouto, G.P.M., Sunderland, T.C.H., Balinga, M.P.B. et Sonké, B. (2011). Tree diversity and conservation value of Ngovayang's lowland forests, Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 20(12), pp. 2627–2648.
- [16] Hill, M.O. (1973). Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, pp. 427–432.
- [17] Honvou, S.H.S., Aboh, B.A., Sewade, C., Teka, O., Gandonou, B.C., Oumorou, M. et Sinsin, B. (2021). Diversité floristique, structure et distribution des groupements végétaux des parcours d'accueil des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(1), pp. 81–96.

- [18] Hubau, W., Van den Bulcke, J., Kitin, P., Mees, F., Baert, G., Verschuren, D., Nsenga, L., Van Acker, J. et Beeckman, H. (2013). Ancient charcoal as a natural archive for paleofire regime and vegetation change in the Mayumbe, Democratic Republic of the Congo. *Quaternary Research*, 80, pp. 326–340.
- [19] Humblet, E. (1946). Quelques observations supplémentaires sur l'assise de Châtelet dans le bassin houiller de Liège. *Annales de la Société Géologique de Belgique, Mém.* 69, pp. M.1–29.
- [20] Isungu, I.W., Lubalega, T.K., Lumande, J.K., Masens, B., Etumangele, E.A., Komanda, A.A. et Gasigwa, R.S. (2022). Étude de la régénération naturelle sous couvert forestier de cinq semenciers dans la réserve de biosphère de Luki (RD Congo). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 5(4), pp. 96–107.
- [21] Kent, M. et Coker, P. (2003). *Vegetation Description and Analysis – A Practical Approach*. John Wiley & Sons, 354 p.
- [22] Kouassi, A.F., Adou Yao, C.Y., Ipou, J.J., Kamanzi, K. (2010). Diversité floristique des zones côtières pâturées de la Côte d'Ivoire : cas du cordon littoral Port-Bouët – Grand-Bassam (Abidjan). *Sciences & Nature*, 7(1), pp. 69–86.
- [23] Lubalega, T.K., Mananga, P.M. (2018). Évaluation de la biodiversité spécifique ligneuse des cultures agricoles sous couvert arboré à Patu, dans le Mayombe, RDC. *Congo-Sciences*, 6, pp. 1–8.
- [24] Lubalega, T.K., Isungu, I., Mupwala, E., Mabanga, A., Khasa, D.P., Ruel, J-C., Mayigu, H., Matangwa, M. et Dishiki, E. (2018). Étude de la régénération naturelle de cinq espèces semencières dans la réserve de biosphère de Luki (RDC). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 1, pp. 41–48.
- [25] Lubalega, T.K., Mangombe, E., Muanda, E. et Vunzi, J. (2021). Plantes mellifères de la réserve de biosphère de Luki (RDC). In : IRD, Collection synthèse, Chapitre 21, pp. 327–340.
- [26] Lubini, A. (1984). *La Réserve de biosphère de Luki*. MAB-Congo, DECNT, Kinshasa, 52 p.
- [27] Luckert, M.K. et William, A. (2005). Calculating penalties for reforestation failures: an Alberta case study. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(3), pp. 1821–1829.
- [28] Mananga, P. (2016). *Contraintes et opportunités à l'intégration de l'arbre dans les exploitations paysannes de Patu au Kongo-Central (RDC)*. Mémoire DEA, Université de Dschang, Cameroun, 92 p.

- [29] Mbayngone, E., Thiombiano, A., Hadjali, K.H. et Guinko, S. (2008). Caractéristiques écologiques de la végétation ligneuse du Sud-Est du Burkina Faso : le cas de la réserve de Pama. *Candollea*, 63, pp. 17–33.
- [30] Mbuangi, L.M. (2022). Enjeux socioéconomiques et écologiques de la filière charbon de bois dans la périphérie de la ville de Boma (Kongo-Central, RDC). Thèse de doctorat, Université de Kisangani, 175 p.
- [31] Mukendi, M.W. (1973). Étude des blocs sylvobananiens à l'INERA-Luki et au chantier forestier du Km 28 (Mayombe). Mémoire de licence, Université nationale du Zaïre, Kinshasa, 61 p.
- [32] Nyange, N.M. (2014). Participation des communautés locales et gestion durable des forêts : cas de la réserve de la biosphère de Luki en République Démocratique du Congo. Thèse en cotutelle, Doctorat en sciences forestières, Université Laval, Québec, Canada et Université de Kinshasa, RDC, 205 p.
- [33] Opelele, O.M., Yu, Y., Fan, W., Lubalega, T., Chen, C. et Kaiko, C.K.S. (2021). Analysis of the impact of land-use/land-cover change on land-surface temperature in the villages within the Luki Biosphere Reserve. *Sustainability*, 13(20), Article 11242.
- [34] Ouattara, N.D. (2017). Conservation de la biodiversité végétale au Nord-Est de la Côte d'Ivoire : Inventaire floristique des monts, des plantes sauvages comestibles et identification d'espèces prometteuses en agroforesterie dans le Département de Bondoukou. Thèse de doctorat, Université NANGUI ABROGOUA, 198 p.
- [35] Ouédraogo, O., Thiombiano, A., Hahn-Hadjali, K. et Guinko, S. (2008). Diversité et structure des groupements ligneux du Parc national d'Arly (Est du Burkina Faso). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, 11, pp. 5–16.
- [36] Pielou, E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, pp. 131–144.
- [37] Seka, M.J., Bégin, J., Avana, T.M.L., Riopel, M. et Ruel, J.C. (2018). Régénération naturelle de l'Okan (*Cylicodiscus gabunensis* Harms) et facteurs influençant la probabilité d'observation des semis. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 11, pp. 26–38.
- [38] Somue, M.A. (2009). Analyse de types forestiers sur trois toposéquences du centre-ouest de la réserve de biosphère de Luki (Kongo-Central, RDC). Mémoire DEA inédit, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, 115 p.

- [39] Soro, D., Ouattara, N.D., Djézou, K., Koné, M.W. et Bakayoko, A. (2021). Étude des valeurs écologiques de la chaîne de montagnes du Bowé dans la région du Gontougo au Nord-Est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 164, pp. 16955–16969.
- [40] White, F. (1983). *The Vegetation of Africa: A Descriptive Memoir to Accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO Vegetation Map of Africa*. Natural Resources Research 20, UNESCO, Paris.
- [41] Wickham, H. (2016). *Ggplot: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag, New York.