



Estimation de la biomasse aérienne et du carbone séquestré par les formations herbacées de Gungu/Lukamba

MAFUTA NTANTU AYINGOL Yves¹, BELESI KATULA Honoré², LUBALEGA KIMBAMBA Toléran³, KIDIKWADI TANGO Eustache⁴, IPUMI NGANGWAN Jean Louis⁵, GINGEDI KHONDI Merveil⁶, KINGENDZI MUMBENGA DAA Gaspaulin⁷, MANISA MUKULUBUNDU Alexis⁸, KWAZITELA MWANZA Bérénice⁹

1 Congolais (RD), Assistant, Université de Kikwit (UNIKIK), faculté des sciences agronomiques et environnement, département Phytotechnie, Kikwit, République Démocratique du Congo

2 Congolais (RD), Professeur Ordinaire, PhD, Université de Kinshasa, Faculté des sciences, Département de l'environnement, Kinshasa, République Démocratique du Congo

3 Congolaise (RD), Professeur, PhD, Université de Kikwit, Faculté des sciences agronomiques et environnement, département Phytotechnie, Kikwit, République Démocratique du Congo

4 Congolais (RD), Professeur, PhD, Université de Kinshasa, Faculté des sciences, Département de l'environnement, Kinshasa, République Démocratique du Congo

5 Congolaise (RD), Chef de Travaux, Institut Supérieur d'Agroforesterie et de Gestion de l'Environnement (ISAGE) Aten, Kikwit, République Démocratique du Congo

6 Congolais (RD), Assistant, Université de Kinshasa, Faculté des sciences, Département de l'environnement, Kinshasa, République Démocratique du Congo

7 Congolais (RD), Chef de Travaux, Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM) (ISTM) Kikwit, Kikwit, République Démocratique du Congo

8 Congolais (RD), Chef de Travaux, Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR) Mbeo, Kikwit, République Démocratique du Congo

9 Congolais (RD), Assistante 1, Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM) Feshi, Kikwit, République Démocratique du Congo

Abstract:

The study conducted in the grassy ecosystem of Lukamba, located in the Gungu territory of the Kwilu province in the Democratic Republic of Congo, aimed to determine the floristic composition, estimate aerial biomass, and evaluate the carbon stock of local woody species. Methods included observation and floristic inventory for estimating biomass and carbon stock. Results indicate that, despite significant anthropic pressures, this ecosystem maintains a structured floral diversity and substantial carbon sequestration potential. A total of 10 species were inventoried, with *Hymenocardia acida* and *Pentaclethra macrophylla* dominating in density, while *Dracaena orborea* stands out for its exceptional biomass and carbon accumulation ability. Although the recorded biomass values are lower than those of dense tropical forests, they are representative of African shrub savannas, highlighting their role in combating climate change. The predominant presence of Guineo-Congolese species affirms Lukamba's classification within the forest-savanna ecological transition zone, which is highly sensitive to disturbances. Poor soils and traditional agricultural practices pose significant threats to the sustainability of this ecosystem. Given the ecological and environmental importance demonstrated by the study, recommendations include enhancing conservation practices and participatory management, promoting reforestation with high

carbon-sequestering species, and integrating Lukamba's shrub savannas into REDD++ programs.

Keywords: Grassy ecosystem; carbon dioxide; floristic inventory; autoecology; Lukamba.

Résumé

L'étude menée dans l'écosystème herbeux de Lukamba été menée dans le secteur Lukamba, territoire de Gungu, province du Kwilu en R.D. Congo. Cette dernière avait pour objectif de déterminer la composition floristique, d'estimer la biomasse aérienne et d'évaluer le stock de carbone des espèces ligneuses locales. Les méthodes employées comprenaient l'observation et l'inventaire floristique pour l'estimation des biomasses de stock de carbone. Les résultats obtenus montrent que cet écosystème, bien que soumis à de fortes pressions anthropiques, conserve une diversité floristique structurée et un potentiel non négligeable de séquestration du carbone. Au total 10 espèces ont été inventoriées, les espèces *Hymenocardia acida* et *Pentaclethra macrophylla* dominant en densité, tandis que *Dracaena orborea* se distingue par sa capacité exceptionnelle à accumuler la biomasse et le carbone. Les valeurs de biomasse enregistrées, bien qu'inférieures à celles des forêts denses tropicales, restent représentatives des savanes arbustives africaines et illustrent le rôle important de ces formations dans la lutte contre les changements climatiques. La présence majoritaire d'espèces guinéo-congolaises confirme l'appartenance du secteur de Lukamba à la zone écologique de transition forêt-savane, fortement sensible aux perturbations. Les sols pauvres et les pratiques agricoles traditionnelles représentent les principales menaces pour la pérennité de cet écosystème. Au regard de l'importance écologique et environnementale démontrée par cette étude, nous recommandons: le renforcement des pratiques de conservation et l'aménagement participatif ; la promotion de reboisement avec des espèces à forte capacité de séquestration ; intégrer les savanes arbustives de Lukamba dans les programmes REDD++.

Mots clés : *Ecosystème herbeux ; dioxyde de carbone ; inventaire floristique ; autoécologie ; Lukamba*

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.18130491>

1 Introduction

Les savanes constituent une source de nourriture, des matériaux de construction, des remèdes et de combustibles pour plus d'un milliard de personnes. De plus, ils font parties des réservoirs de carbone les plus importants de la planète et jouent un rôle principal contre le réchauffement climatique. Ces écosystèmes jouent un rôle important dans la vie des humains en général tant sur le plan local qu'international. Ils produisent aussi une quantité de biomasse végétale aérienne. Ils ont par conséquent des capacités à séquestrer le carbone atmosphérique (Chave et al, 2005). De plus, ils sont après l'océan, les principaux puits de dioxyde de carbone, gaz qui est l'une des causes du réchauffement climatique de notre planète. L'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre en eau et des forts impacts sur le climat mondial (cinquième rapport du GIEC sur le changement climatique. L'activité anthropique a un effet sur l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre présents naturellement dans l'atmosphère. Les gaz à effet de serre (GES) sont responsables du réchauffement climatique que l'on observe actuellement sur la planète Terre (GIEC, 2007).

La dégradation du couvert végétal, par le biais des phénomènes anthropiques ou naturels, conduit à la libération de carbone dans l'atmosphère à des quantités supérieures à celles utilisées par la végétation lors de la photosynthèse (Brown, 2002). A l'inverse, lorsque les écosystèmes forestiers et herbeux sont bien gérés, ils constituent des puits de carbone. Il est

ainsi nécessaire de développer des stratégies qui fassent de la forêt, un lieu de stockage de carbone plutôt qu'une source de production de carbone (Dimobe, 2017).

Les écosystèmes savanicoles de Gungu n'ont pas fait l'objet d'une étude de biomasse du fait que l'accroissement démographique dont la pression sur les ressources naturelles biologiques se manifeste déjà (Lubini, communication personnelle). Il apparaît intéressant de disposer des informations référentielles sur lesquelles on pourrait envisager un plan d'aménagement pour assurer la conservation de la diversité biologique et de services environnementaux auxquels fournissent déjà ces écosystèmes de savanes.

Notre démarche s'inscrit dans le cadre du processus (REDD++), préconisant la conservation et le reboisement des terres dégradées et forêts secondaires. Le programme REDD++ donne une opportunité pour démarrer l'évaluation de la biomasse forestière et l'accumulation de carbone. Ce mécanisme REDD++ vise à encourager les pays en voie de développement couverts par des grandes étendues de forêts à conserver leur massif forestier moyenne. Une rémunération financière issue des crédits carbonés.

Il est donc impérieux de pouvoir préconiser les services écosystémiques rendus par les massifs forestiers par la recolonisation de formations forestières dégradées et exploitées, par le boisement et le reboisement. Pour ce faire, il est important de pouvoir étudier la capacité des arbres ou espèces d'arbres d'écosystème herbeux à stocker une quantité importante de dioxyde de carbone. Cependant aucune étude de ce genre n'a été menée sur l'écosystème savanicole de Lukamba, territoire de Gungu, dans la province du Kwilu. Ainsi, dans le cadre de nos recherches, nous proposons d'étudier la photosynthèse aérienne ainsi que la masse de carbone séquestré dans cet écosystème. Pour enfin contribuer au processus de REDD++ ainsi qu'à la connaissance des ressources et proposé quelques recommandations pour une gestion durable des écosystèmes et l'environnement.

L'objectif général visé dans ce travail est de déterminer la richesse et diversité spécifiques les espèces floristiques, de quantifier la production de la biomasse aérienne et des stocks de carbone que renferme la masse floristique de l'écosystème herbeux de Lukamba.

Cette étude de la biomasse aérienne des arbres a été réalisée pendant la période allant de Janvier à Août 2025.

2 Milieu et méthodes

2.1 Milieu d'étude

La zone d'étude est le secteur de Lukamba située dans la partie Nord du Territoire de Gungu, dans la Province du Kwilu, en République Démocratique du Congo ; A une distance d'environ 70 km de la ville de Kikwit sur la route nationale n° 1 qui le traverse du Nord vers le Sud- Est (5° 17' et 5° 35' de latitude Sud, et entre 19° 12' et 19° 24' de longitude Est. Il s'élève en moyenne à 736 mètres d'altitude. La carte de la zone d'étude est présentée dans la figure 1.

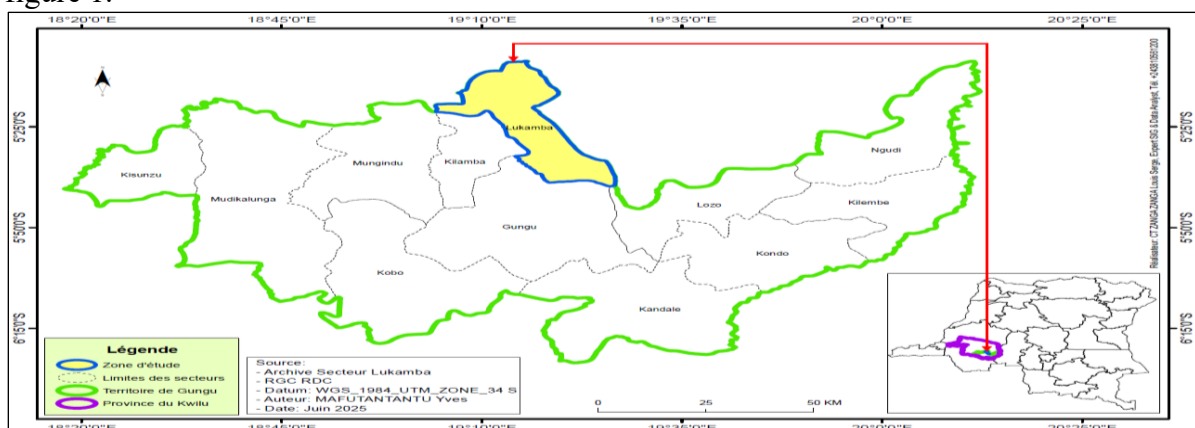


Figure 1 : Carte de la zone d'étude

Pour NICOLAÏ, H. (1963) les sols de la région du Kwango-Kwilu sont à prédominance régo-podzols. Ces sables bruns éoliens de Kalahari, profonds de plus de 100 mètres ont une faible capacité de rétention d'eau. L'horizon A est très appauvri en éléments minéraux et contient de 27 à 40 t/ha de carbone jusqu'à 1 mètre de profondeur. Les sols du secteur de Lukamba sont du type sablonneux. L'horizon A est très pauvre en éléments minéraux et en matières organiques suite à son lessivage excessif. Ceci justifie d'une manière ou d'une autre la disette qui sévit dans la plupart des localités dudit secteur (MUNSANSA. G 2024).

2.2 Matériel

Pour réaliser cette étude, nous nous sommes servis des spécimens de matériel botanique (herbier de référence) récolter sur terrain lors de l'échantillonnage. Toutefois, nous avons utilisé certains équipement pour réaliser notre étude dont, une machette, un GPS (Système de positionnement géographique) de marque Garmin (65), un appareil marque Sony, sachet en polyéthylène.

2.3. Méthodes

Les méthodes employées comprenaient l'observation et l'inventaire floristique pour l'estimation des biomasses de stock de carbone. Les étapes méthodologiques ont inclus : la prospection et la sélection des sites d'étude, la délimitation des parcelles et l'inventaire floristique, l'identification des spécimens botaniques, calcul de densité et diversité spécifique, calcul des indices des caractérisations botaniques, estimation de diamètre et surface terrière, analyse des spectres écologiques (types biologiques, diaspores, dimensions foliaires, etc.), estimation de la biomasse aérienne, carbone et équivalence carbone et des analyses statistiques des données.

2.3.1. Inventaire floristique et mesure de limite

Ce sont les sujets ligneux ayant un diamètre supérieur ou égal à 10 cm à 1,30 m de la hauteur de la poitrine qui ont constitué notre étude de la composition floristique. Nous avons identifié, répertorié et mesuré chaque arbre répondant à nos critères se trouvant dans chaque placette. Nous avons procédé aussi au prélèvement des coordonnées géographiques et les données dendrométriques dans chaque placette. Les données dendrométriques ont été prélevées suivant la méthode, notamment : La circonférence des arbres dont la mesure a été faite à la hauteur de poitrine à 1,30 m au-dessus du sol (C1, 30 m), à l'aide d'un ruban et ensuite convertie en diamètre à hauteur de poitrine (DBH) par la relation :

$$DBH = \frac{C1,30\text{ m}}{3,14},$$

Avec DBH = le diamètre à hauteur de la poitrine ; C1, 30m = la circonférence au-dessus de 1,30 m du sol). Seuls les arbres dont la circonférence à hauteur de poitrine $\geq 38,2$ cm ont été pris en compte.

2.3.2. Identification des spécimens botaniques

Sur base de caractère morphologique, nous avons pu identifier des espèces sur le terrain en nous référant aux clefs d'identification botanique des différentes flores d'Afrique centrale.

L'identification préliminaire été faite pour spécifier les spécimens en dialecte Mbun. Sur terrain, les espèces qui ont été identifiées et celles qui ne l'ont pas fait ont été récoltés pour constituer l'herbier. Ces derniers (herbiers) ont été identifiés par les botanistes chercheurs pour la confirmation des noms scientifiques d'espèces.

2.3.3. Calcul de densité et diversité spécifique

En définition, la densité N d'un peuplement est définie comme le nombre des tiges d'arbres que contient un peuplement par unité de surface. Et cette densité appelée réussite abondance, est un paramètre important. Celle-ci est fonction de la taille de chaque espèce étudiée et aussi

de sa présence plus au moins grande (Anonyme, 1993). Elle est calculée suivant cette formule :

$$\text{Densité} = \frac{\text{Nb des individus de l'espèce}}{\text{Nb total des individus de toutes les espèces}} \times 100$$

2.3.4. Calcul des indices de caractérisation botanique

Afin de bien réaliser l'analyse de la composition des écosystèmes végétaux ou une communauté végétale, nous avons calculé son importance relative (IR) d'une espèce est cette somme de densité relative (DeR). Sa fréquence relative (FR) et de sa dominance relative (DOR) alors que celle d'une famille est la somme de la densité relative dominance relative et diversité relative (DR) de cette famille.

Le Joly, (1993) ; Lubini, (2001); Doucet, (2003).

$$\text{IR d'une espèce} = \sum DeR + \sum DoR + \sum FR$$

$$\text{IR d'une famille} = \sum DeR + \sum DoR + \sum DIR$$

$$\text{Tout en sachant que : } DeR = 100 \times \frac{\text{Nb d'individus d'une espèce}}{\text{Nb total d'individus de toutes les espèces}}$$

$$FR = 100 \times \frac{\text{Fréquence d'une espèce}}{\text{Total de toutes les espèces}}$$

$$DoR = 100 \times \frac{\text{Surface terrière d'une espèce ou d'une famille}}{\text{Surface terrière totale d'espèces}}$$

L'indice de l'importance relative est donc compris entre 0 et 300. A l'opposé aux autres indices pouvant théoriquement varier entre 0 et 100.

2.3.5. Estimation du diamètre et surface terrière

Le diamètre nous permet d'estimer le volume et la surface terrière de l'arbre. Ce dernier a été estimé à partir de 1,30m au niveau du sol pour les espèces d'arbres ayant atteint un volume de ≥ 100 cm de diamètre. Cette longueur du segment a été mesurée sur terrain. La circonférence convertie en diamètre par la formule suivante :

$$D_{hp}(1,30m) = \frac{C}{\pi}$$

Avec C, circonférence de l'arbre en cm et π : $\pi = 3,14$. Ainsi, la somme de diamètre de tous les individus ont permis d'établir les classes de diamètre pour enfin :

- décrire des histogrammes, la distribution des tiges en classe de diamètre de 10 cm d'amplitude. Ainsi, nous nous référons aux travaux de Doucet (2003).
- classe 1= (10,20cm) : la 1^{ère} classe étant de 10cm (inclus) à 20cm ;
- classe 2 : (20,30cm) : la 2^{ème} classe étant de 20cm (inclus) à 30 cm, etc.

Le calcul de la surface terrière. G (exprimé en m²/ha) du peuplement suivant la formule :

$$G = \sum_{i=t}^N gi$$

Légende : g est la surface terrière individuelle : $a = (d_{hp})^2/4\pi$; $\pi = 3,14$;
dhp= diamètre à la hauteur de poitrine (soit à 1,30m du sol) ;
elle s'exprime en tiges/ha ou en m²/ha

2.3.6. Analyse des spectres écologiques des espèces inventoriées.

Nous avons tenu compte des différents facteurs qui ont été considérés pour la recherche de groupes écologiques : les types phytogéographiques ; les types biologiques, les types de diaspores et les types de grandeurs foliaires.

a) Types biologiques

En définition, les spectres biologiques d'un groupe sont une représentation relative des types biologiques. Ils nous aident de donner des indications exactes sur la structure, la physionomie et les stratégies adaptatives à une communauté (Kidikwadi, 2015). Ainsi, les types

biologiques expriment mieux l'adaptation d'espèces aux conditions mésologiques du milieu considéré. (Belesi, 2009).

Les catégories reconnues sont les suivantes :

- Les *mégaphanérophytes* (Mhph) : grands arbres > à 30 m de hauteur. Exemple : *pycnanthus angolensis* ;
- Les *mésophanérophytes* (Msph) : arbres moyens de 10-30 m d'hauteur. Exemple *pterygota macrocarpe* K. ;
- *Microphanérophytes* (Mcph) : Arbustes de 2 à 8 m de hauteur. Exemple *rabdophyllum de wl* et *h.dur*.
- Les *nanophanérophytes* (NnPh) : sous arbustes de 0,50 à 2 mètres de hauteur.

b) Types de diaspores

Ici, nous voulons connaître le type de diaspore qui caractérise les espèces pour nous permettre quant à leur mode de dissémination, ce qui miroite la physionomie du groupement ou de la communauté considéré.

Ainsi, la détermination des types de diaspore des espèces végétales échantillonnées se réfère aussi à la classification de Damserau et Lems (1957). Elle est principalement basée sur des critères morphologiques et elle permet de tendre vers une certaine objectivité. Lors que la zone étudiée est assez mal connue (Evrard, 1968), ainsi, nous avons reconnu les types de diaspore suivants :

- *Ballochores* (Bal) : Diaspore expulsée par la plante elle-même ;
- *Ballochores* (Bar) : Diaspore non charme ; lourde ;
- *Selenochores* (Scl) : Diaspores masculines, légères et dont la masse < 1g ; Espèces hétérochromes : Diaspores avec appendices ou extrêmement légères ou enveloppées des couches charmes ;
- *Sarcochores* (Sar) : Diaspores avec une enveloppe tendre ou charnues (partiellement ou totalement) ;
- *Pogonochores* (Pog) : Diaspores avec appendice plumeux, soyeux ou des aignettes ;
- *Ptérochore* (Pté) : Diaspores avec appendices ailés ;
- *Pléochores* (Plé) Diaspores muries de dispositifs de floraison.

c) Types foliaires

Dans l'optique de spectre de type de grandeur foliaire, elle est inspirée du système de Raunkiar (1934) modifiés par Lubini (1997). Et cela se répartissent en :

- *Aphylles* (Ap) : Sans feuilles ou feuille extrême caduques. Exemple *Thaningia sanguinea* ;
- *Leptophylles* (Lepto) : Inférieures à 0,2cm², exemple *pentaclethra ecveldeana* ;
- *Nanophylles* (Nano) : La surface de la feuille ou de la foliole entre 0,2-2m² ;
- *Mésophiles* (Macro) : La surface foliaire supérieure à 20dm² (Habari, 2009).

Dans notre recherche ou étude, nous avons inventorié les catégories suivantes :

- *Macrophilles*. Comme *Musanga cecropioides* ;
- *Megaphilles*. Exemple *canarium schenfurti* ;
- *Mesophylles*. Comme *entandrophrogma cyadricum* ;
- *Microphylles*. Comme *pentaclethra macrophilla*.

d) Distribution phytogéographique

- espèce à large (diffusion) distribution. Elle est répandue dans plusieurs zone du monde ; les espèces cosmopolites (Cos) ; elles sont rencontrées bien dans les différentes zones tropicales comme tempérées ;

- espèces pantropicales (Pan) : espèces qui sont répandues dans toute l'Afrique tropicale et en Asie tropicale ainsi qu'au Madagascar en Amérique tropicale et Australie (régions intertropicales) ;
- espèces africaines à distribution autre que les espèces régionales. Elles sont répandues dans de nombreuses régions phytogéographiques du continent ;
- espèces régionales : celles-ci sont cantonnées dans une seule région phytogéographique. Il s'agit d'espèces guinéo-congolaises et d'espèces de l'ancienne région soudano-zambienne que White (1983, 1986) avait scindée en deux régions ou centres régionaux d'endémisme soudanais et zambien ;
- espèces omni-guinéo-congolaise (BGC), qui sont présentes dans les sous-centre bas guinéen et congolais;
- espèces du sous-centre congolais.

2.3.7. Délimitation de l'affinité floristique

L'absence et la présence d'espèces dans différents relevés, l'affinité floristique entre relevés a été ressortie par « Chister analysis, à l'aide du logiciel « Multi variante statistical package » (MVSP) version 3.1. après la mise en évidence du coefficient du Jaccard basé sur la présence absence. Par méthode de regroupement « un veighted par group method with arithmetic mean » (UPGMA), utilisée par Menga (2012).

2.3.8. Caractéristique du groupement végétal

La mise en ordre des relevés était faite dans un tableau relevé/espèces. Les valeurs quantitatives ont été soumises à une analyse en composantes principales (ACP) à l'aide du logiciel MVSP afin de dégager la distribution des espèces dans les relevés.

Les spécimens d'espèces caractéristiques du groupement végétal ont été définies par leurs constantes si elles sont présentes dans la majorité des relevés de ce groupement différentiel ou fidélités (absentes ou relativement moins fréquentes dans les autres groupements) et importance relative.

A partir des noms de deux espèces faisant parties du groupement que le groupement végétal est nommé. Le premier choisi de préférence par les espèces caractéristiques. Le radical génétique du deuxième, choisi de préférence parmi les espèces dominantes (ou constantes ou encore différentielles) de la strate supérieure, porte le suffixe enum.

2.3.9. Estimation de la biomasse aérienne, carbone et équivalent carbone

La technique d'estimation de la biomasse utilise les régressions allométriques établies à partir de mesures des arbres échantillonnés. Les équations de la biomasse fond de lien entre le diamètre à hauteur de la poitrine (dhp), la hauteur, la densité de bois et la biomasse. Ainsi, pour parvenir aux estimations de la biomasse, nous avons utilisé les équations allométriques de :

- Fayolle et al. (2013), Biomasse (kg)= $\exp(2,331 + 2,259 \times \ln(Dhp))$;
- Djomo et al. (2010), Biomasse (kg)= $\exp(-1,996 + 2,392 \times \ln(Dhp))$.

Cependant, l'estimation du stock de carbone correspondant à la biomasse aérienne de notre site s'étude a été obtenu en procédant en la multiplication de la biomasse par le facteur de conversion (0,47) recommandé par le GIEC (2006). D'autres méthodes sont aussi utilisées pour l'estimation de la quantité de carbone séquestré dans les tissus ligneux des arbres et les arbustes. Dans le cas de notre étude, la méthode d'équivalence a été utilisée (Wasseige et al.2008). A cet effet, la formule utilisée est la suivante : $C = B.A.K$. avec $K = 0,47$; C = carbone, $B.A.$ = Biomasse aérienne (Raven et al.2009).

Pour convertir le stock de carbone en carbone équivalent, nous nous sommes inspirés de l'étude de GIEC (2007a. 2007b) comme suit :

$$TCO_2 = TC \times 3,667$$

Avec TCO_2 : total carbone équivalent ; TC : total stock de carbone ; 3,667 : facteur de conversion.

- le logiciel R' version 3.10 a été utilisé pour comparer les valeurs moyennes issues de ces deux méthodes à travers le test de student à données appariées au seuil de 99% ;
- tester l'existence d'une liaison significative entre la biomasse aérienne totale : le stock de carbone séquestré et le carbone émis à l'aide du test de corrélation et régression multiple ; au seuil de 95%.

2.3.10. Analyses statistiques des données

Les données collectées ont été analysées à l'aide du logiciel PAST (Palaeontological Statistics). Les indices de diversité (Shannon, Piélou, Jaccard) et les tests statistiques (test t, Chi-carré) ont été utilisés pour évaluer la richesse et la diversité spécifique des sites étudiés.

3.RESULTATS

3.1. Composition floristique de l'écosystème herbeux étudié

L'inventaire de la végétation herbacée a été réalisé exclusivement dans la zone savannicole de Lukamba et a permis le dénombrement de 200 individus regroupés en 10 espèces végétales appartenant à 10 familles. Les résultats de l'ensemble de la florule étudiée sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1. Liste des espèces récoltées dans la zone d'étude suivant leurs familles et caractéristiques écologiques

	Espèces	Familles	Spectres écologiques			
			D.P.	TB	TD	TF
	<i>Dialium englerianum</i> Henriques	Fabaceae/ Caesalpinioideae	BGC	MsPh	Ptér	Méso
	<i>Anona senegalensis</i>	Anonaceae	BG	Mcph	Sar	Me
	<i>Dracaena orborea</i> (wild) Link	Asparagaceae	GC	MsPh	Sar	Me
	<i>Hymenocardia acida</i>	Phyllariaceae	AT	McPh	Mi	Lepto
	<i>Gaertnera paniculata</i> Benth.	Rubiaceae	GC	MsPh	Sar	Méso
	<i>Psorospermum febrifugum</i> Spach.	Hypericaceae	AT	MsPh	Sar	Méso
	<i>Pentacletra macrophylla</i> Benth	Fabaceae	GC	MsPh	Bar	Lepto
	<i>Ochna afzelii</i> R. Br. ex Oliv.	Ochnaceae	BGC	MsPh	Bal	Micro
	<i>Vitex congolensis</i> Dewild Th Dur	Verbenaceae	GC	MsPh	sar	Méso
	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schum.) W. F. Wight var. <i>adianthifolia</i>	Fabaceae/Mimosoi deae	AT	MsPh	Bal	Lepto

Le tableau 1 donne les espèces végétales récoltées dans l'écosystème herbeux de Lukamba

3.2. Densité relative

La densité des individus des espèces inventoriées dans l'écosystème herbeux de Lukamba qui constitue notre zone d'étude sont présentées dans la figure 2.

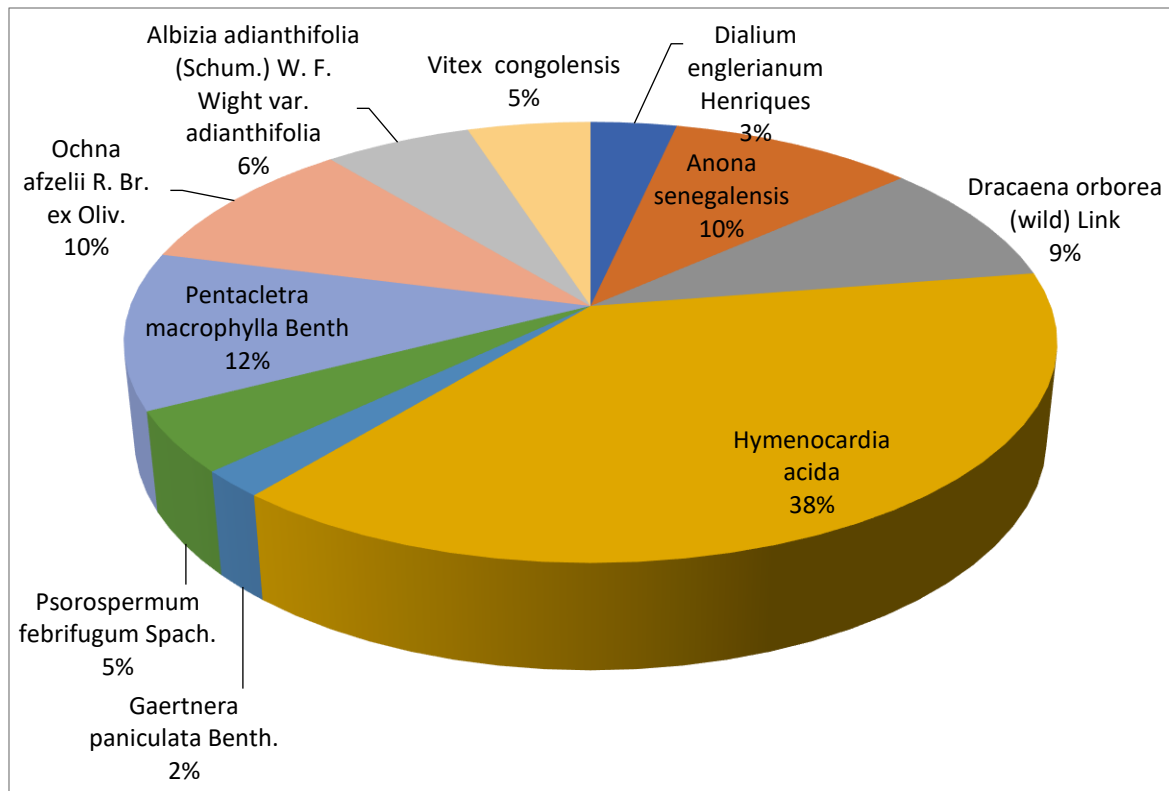


Figure 2 : Densité relative des espèces inventoriées

Il ressort de la figure 2 que l'espèce *Hymenocardia acida* est dominante avec 38 %, suivi de *Pentaclethra macrophylla* 12 %, contrairement à *Gaertnera Paniculata* Benth. qui a une proportion faible soit 2 %.

3.3. Spectres écologiques

Les caractéristiques autoécologiques étudiées dans notre étude sont : les types biologiques, les types phytogéographiques, les types de diaspores et les types foliaires.

3.3.1. Types biologiques

Les Mésophanérophytes (Msph) sont dominant avec 80 % et les Microphanerophytes (Mcph) ont une proportion faible soit 20 % chaque groupe.

Les caractéristiques des types biologiques des espèces récoltées dans notre zone d'étude sont présentées dans la figure 3.

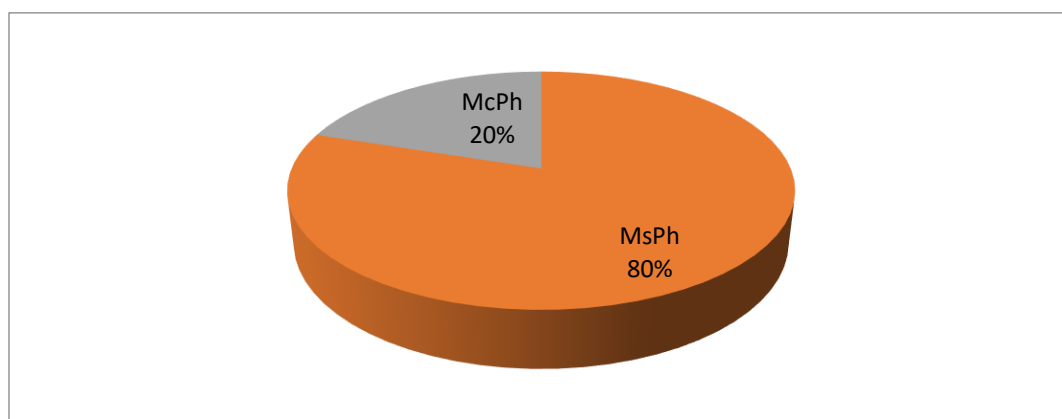


Figure 3 : Types biologique

3.3.2. Types phytogéographique

Il s'observe une dominance des espèces Guinéo congolaise 40% suivie de Bas-guinéo congolaise 30 % et les autres sont faibles. Les types phytogéographiques sont présentés dans la figure 4.

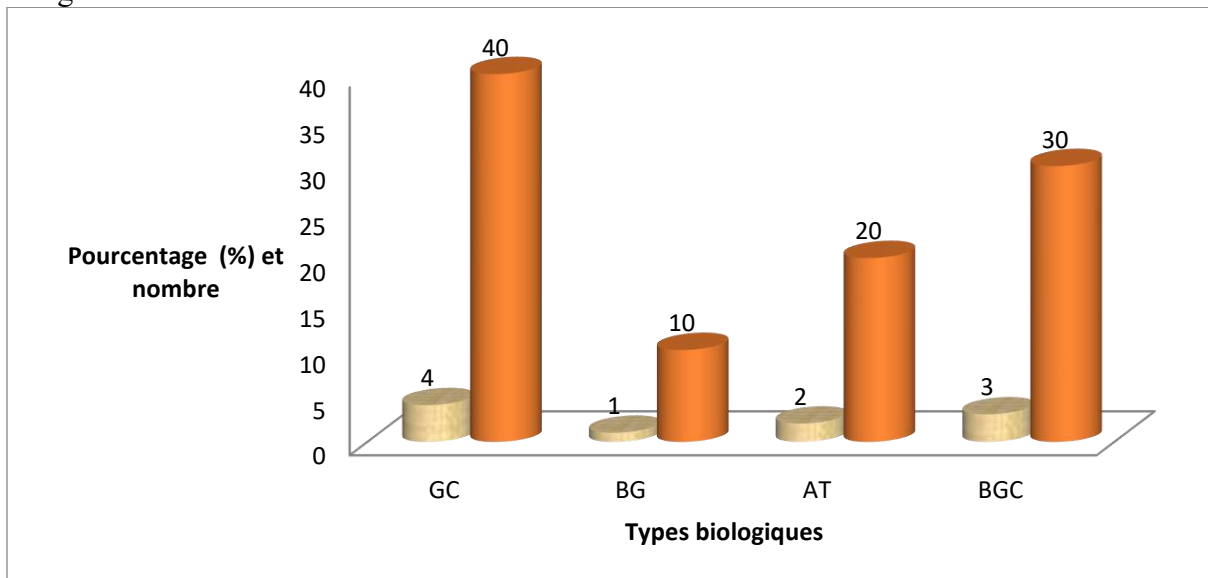


Figure 4: Types phytogéographique

3.3.3. Types de diaspora

Il s'observe des espèces inventoriées dans l'écosystème herbeux faisant objet de notre étude, qu'en ce qui concerne les types de diaspores les Sarchochores sont les mieux représentés avec 50 % suivi de ballochore avec 20 % et les autres sont faibles avec 10 %. La figure 5 donne les types de diaspores.

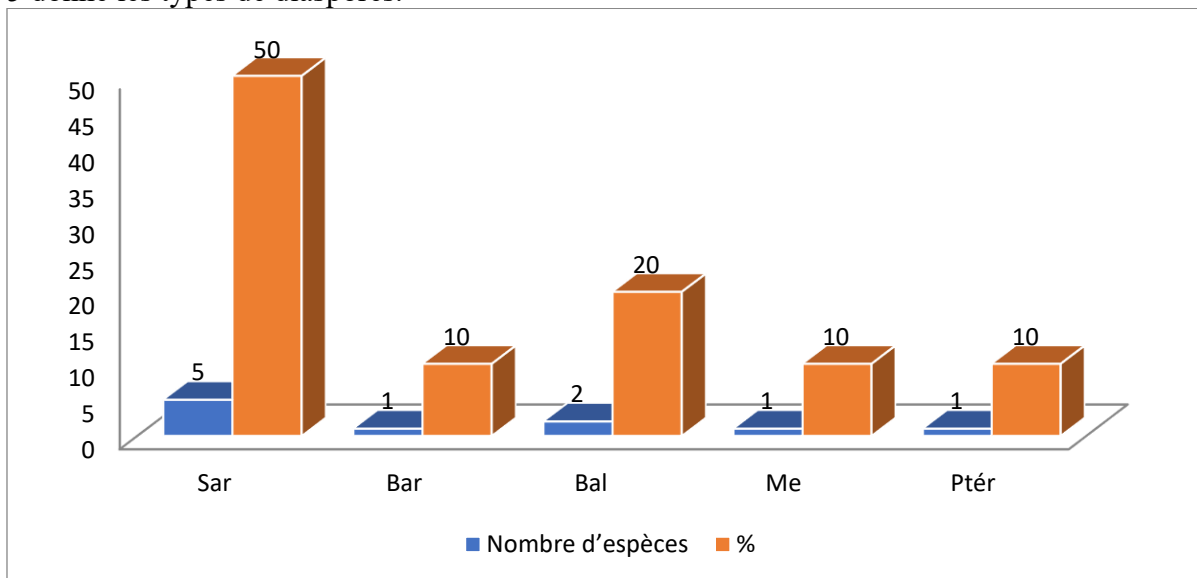


Figure 5 : Types diaspora

3.3.4. Types grandeur foliaires

Les espèces Mésophyles dominent avec 40 % suivie des Leptophylles 30 % tandis que les Microphyles soit 10 %.

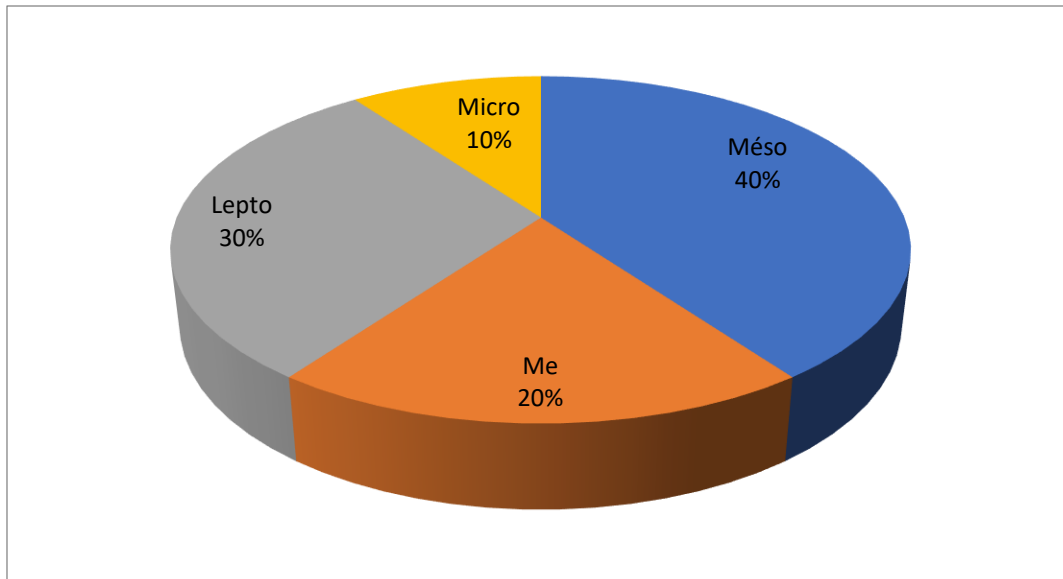


Figure 6 : Types foliaire

3.4. Valeur de biomasse aérienne, carbone stocké et équivalent carbone

La biomasse de toutes les espèces inventoriées dans notre zone d'étude est plus élevée chez *Dracaena orborea* Wild Link 33,72 tonnes par hectare tandis qu'elle est plus faible pour *Dialium englerianum* Henriques 2,60 tonnes par hectare. La surface terrière manifeste une dominance pour *Dracaena orborea* Wild Link 203,47 m² contrairement à *Dialium englerianum* Henriques 86,54 m². Le carbone séquestré est élevé chez le *Dracaena orborea* Wild Link 15,51 tonnes/ha et faible pour l'espèce *Dialium englerianum* Henriques 1,22 tonne/ha. La dominance se manifeste pour le carbone équivalent chez le *Dracaena orborea* Wild Link 56,92 tonne/ha et une faiblesse constaté à *Dialium englerianum* Henriques 4,48 tonnes/ha.

Les valeurs de biomasse aérienne, carbone stocké et équivalent carbone du peuplement de l'écosystème herbeux étudié sont détaillées dans la figure 7.

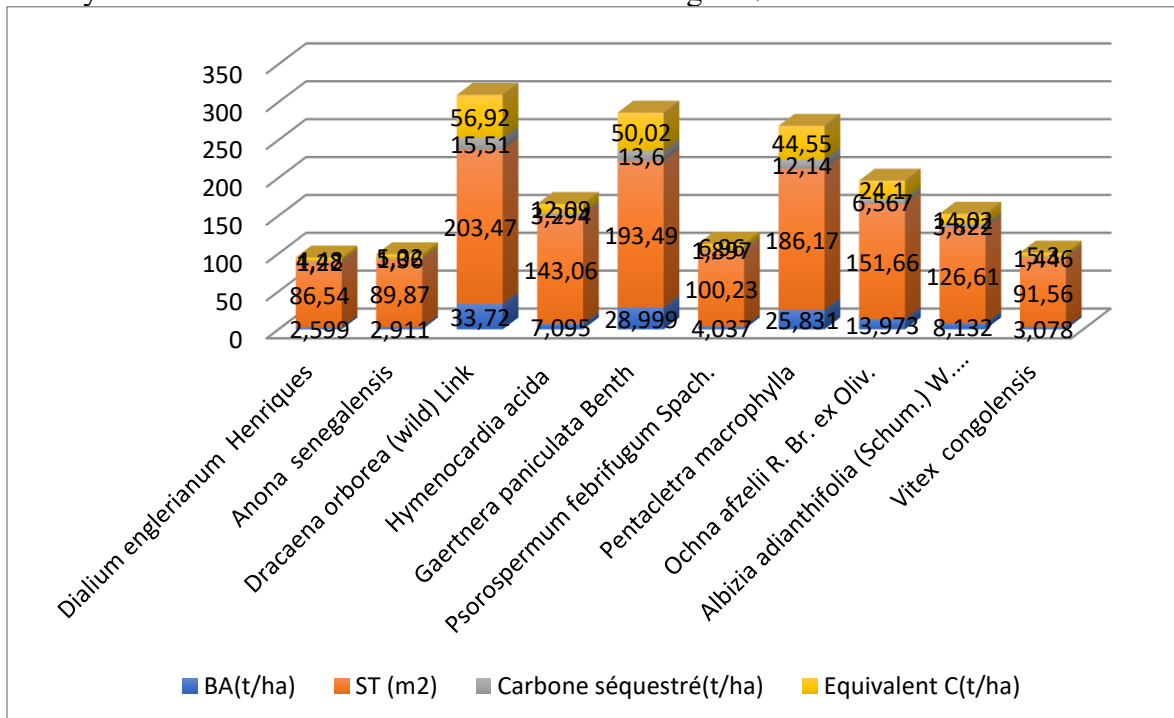


Figure 7 : Biomasse, Surface terrière, carbone stocké et équivalent carbone

4. DISCUSSION

La présente étude menée dans l'écosystème herbeux de Lukamba, territoire de Gungu (Kwilu), visait à analyser la richesse floristique, à estimer la biomasse aérienne, le carbone stocké et l'équivalent carbone, et à évaluer le rôle écologique de ces formations végétales dans un contexte de pressions anthropiques croissantes. Les résultats obtenus apportent des informations pertinentes pour la compréhension de la structure, du fonctionnement et du potentiel environnemental des savanes arbustives de cette région.

4.1. Composition floristique

L'inventaire a permis de recenser 200 individus répartis en 10 espèces ligneuses appartenant à 10 familles botaniques. Cette faible richesse floristique reflète un écosystème de savane arborée soumis à une forte saisonnalité climatique et à des perturbations anthropiques telles que les brûlis, l'exploitation du bois et le défrichement.

La dominance des espèces *Hymenocardia acida* et *Pentaclethra macrophylla* montre leur capacité d'adaptation aux sols pauvres du secteur de Lukamba, caractérisés par un horizon superficiel appauvri en matière organique et en éléments nutritifs (Munsansa, 2024). Ce type de composition floristique est comparable à celle décrite par Belesi (2009) dans d'autres savanes du Bassin du Congo, marquées par une dominance d'espèces tolérant les sols dégradés et les feux de brousse.

4.2. Densité relative

La densité des individus des espèces inventoriées dans l'écosystème herbeux de Lukamba qui constitue notre zone d'étude montre la présence en majorité des *Hymenocardia acida* suivi de *Pentaclethra macrophylla*.

4.3. Spectres écologiques

Les spectres biologiques révèlent une forte représentation des Mésophanérophytes (80 %), suivis des Microphanérophytes (20 %). La prédominance des phanérophytes témoigne d'une restructuration progressive du couvert végétal, conséquence probable de la diminution de la fréquence des feux ou de la recolonisation post-feu par des essences arbustives résistantes.

Du point de vue phytogéographique, les espèces Guinéo-congolaises (40 %) et Bas-guinéo-congolaises (30 %) dominent, ce qui confirme l'appartenance du territoire de Gungu à la zone de transition entre les domaines forestier et savanicole (Pauwels dans Kidikwadi et al., 2022). Ceci corrobore les descriptions du couvert végétal local, constitué de galeries forestières, forêts claires et formations herbacées arbustives.

4.4. Biomasse aérienne et stock de carbone

La biomasse aérienne varie significativement entre les espèces : *Dracaena orborea* présente la biomasse la plus élevée (33,72 t/ha), tandis que *Dialium englerianum* enregistre la valeur la plus basse (2,60 t/ha).

Les résultats indiquent que *Dracaena orborea* joue un rôle central dans le stockage du carbone, avec 15,51 t C/ha, bien au-dessus de toutes les autres espèces. Ceci est cohérent avec sa surface terrière élevée (203,47 m²), reflétant une biomasse structurale importante.

Les valeurs obtenues demeurent néanmoins faibles par rapport aux forêts tropicales denses, qui peuvent stocker entre 150 et 300 t/ha (Chave et al., 2005 ; Djomo et al., 2016). Toutefois, elles sont comparables aux niveaux enregistrés dans les savanes arbustives et forêts claires africaines, généralement comprises entre 5 et 40 t/ha (Henry et al., 2010 ; Fayolle, 2016).

Ces faibles valeurs s'expliquent par : la saison sèche prolongée (3–4 mois) ; les sols pauvres, sablonneux et fortement lessivés ; les brûlis récurrents ; les activités anthropiques (défrichement, agriculture itinérante, bois-énergie).

5. CONCLUSION

L'étude menée dans l'écosystème herbeux de Lukamba avait pour objectif de déterminer la composition floristique, d'estimer la biomasse aérienne et d'évaluer le stock de carbone des espèces ligneuses locales. Les résultats obtenus montrent que cet écosystème, bien que soumis à de fortes pressions anthropiques, conserve une diversité floristique structurée et un potentiel non négligeable de séquestration du carbone. Au total, 200 individus appartenant à 10 espèces ont été inventoriés. Les espèces *Hymenocardia acida* et *Pentaclethra macrophylla* dominent en densité, tandis que *Dracaena orborea* se distingue par sa capacité exceptionnelle à accumuler la biomasse et le carbone. Les valeurs de biomasse enregistrées, bien qu'inférieures à celles des forêts denses tropicales, restent représentatives des savanes arbustives africaines et illustrent le rôle important de ces formations dans la lutte contre les changements climatiques. La présence majoritaire d'espèces guinéo-congolaises confirme l'appartenance du secteur de Lukamba à la zone écologique de transition forêt-savane, fortement sensible aux perturbations. Les sols pauvres et les pratiques agricoles traditionnelles (brûlis, culture extensive) représentent les principales menaces pour la pérennité de cet écosystème.

Au regard de l'importance écologique et environnementale démontrée par cette étude, plusieurs recommandations s'imposent : renforcer les pratiques de conservation et l'aménagement participatif ; promouvoir le reboisement avec des espèces à forte capacité de séquestration ; intégrer les savanes arbustives de Lukamba dans les programmes REDD++ ; poursuivre des recherches sur des surfaces plus vastes et sur des cycles temporels plus longs.

Bref, l'écosystème herbeux de Lukamba constitue un réservoir écologique essentiel. Son étude contribue non seulement à une meilleure compréhension de la végétation locale, mais aussi à l'élaboration de stratégies de gestion durable des ressources naturelles dans la province du Kwilu et en République Démocratique du Congo.

3.1. Composition floristique de l'écosystème herbeux étudié

L'inventaire de la végétation herbacée a été réalisé exclusivement dans la zone savanicole de Lukamba et a permis le dénombrement de 200 individus regroupés en 10 espèces végétales appartenant à 10 familles. Les résultats de l'ensemble de la florule étudiée sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1. Liste des espèces récoltées dans la zone d'étude suivant leurs familles et caractéristiques écologiques

Espèces	Familles	Spectres écologiques			
		D.P.	TB	TD	TF
<i>Dialium englerianum</i> Henriques	Baceae/ Mesalpinioideae	BGC	MsPh	Ptér	Méso
<i>Anona senegalensis</i>	Nonaceae	BG	Mcph	Sar	Me
<i>Dracaena orborea</i> (wild) Link	Spargaceae	GC	MsPh	Sar	Me
<i>Hymenocardia acida</i>	Gylariaceae	AT	McPh	Mi	Lepto
<i>Gaertnera paniculata</i> Benth.	Rubiaceae	GC	MsPh	Sar	Méso
<i>Psorospermum febrifugum</i> Spach.	Hypericaceae	AT	MsPh	Sar	Méso
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth	Baceae	GC	MsPh	Bar	Lepto
<i>Ochna afzelii</i> R. Br. ex Oliv.	Ochnaceae	BGC	MsPh	Bal	Micro

	Vitex congolensis Dewild Th Dur	erbenaceae	GC	MsPh	sar	Méso
	Albizia adianthifolia (Schum.) W. F. Wight var. adianthifolia	Fabaceae/Mimosoi deae	AT	MsPh	Bal	Lepto

Le tableau 1 donne les espèces végétales récoltées dans l'écosystème herbeux de Lukamba

3.2. Densité relative

La densité des individus des espèces inventoriées dans l'écosystème herbeux de Lukamba qui constitue notre zone d'étude sont présentées dans la figure 2.

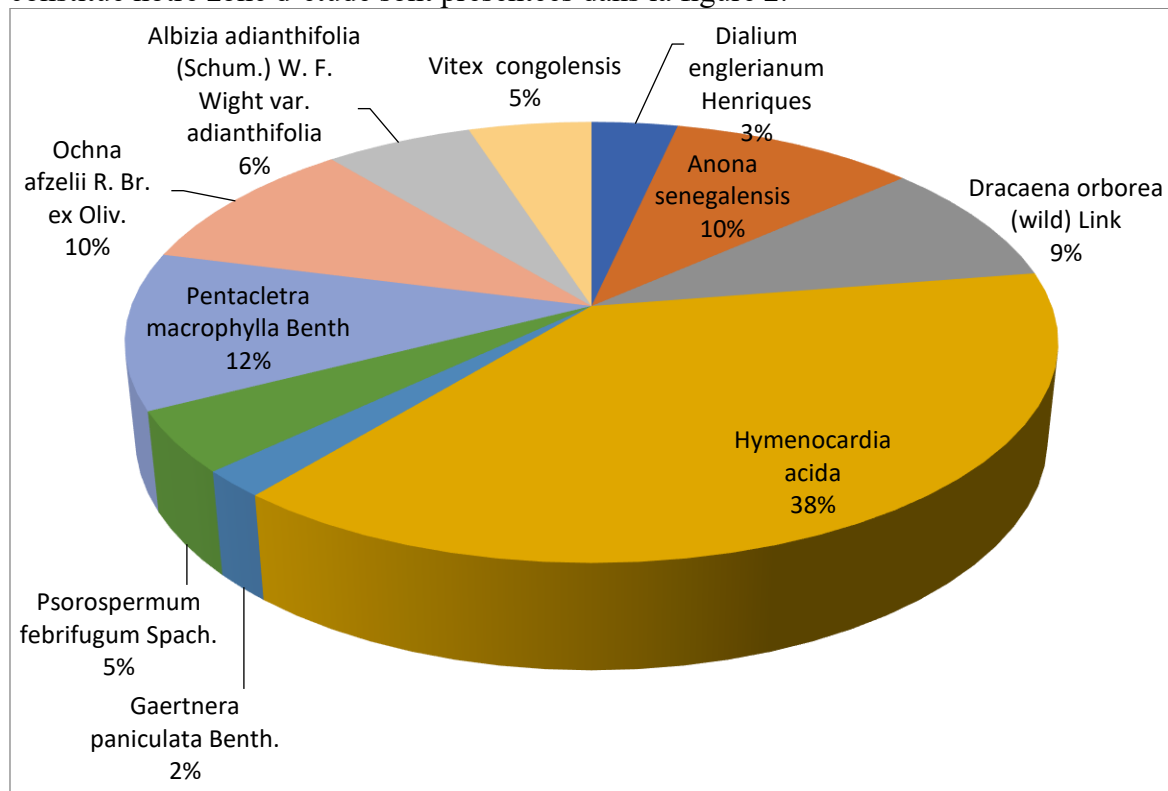


Figure 2 : Densité relative des espèces inventoriées

Il ressort de la figure 2 que l'espèce *Hymenocardia acida* est dominante avec 38 %, suivi de *Pentaclethra macrophylla* 12 %, contrairement à *Gaetenera Paniculata Benth.* qui a une proportion faible soit 2 %.

3.3. Spectres écologiques

Les caractéristiques autoécologiques étudiées dans notre étude sont : les types biologiques, les types phytogéographiques, les types de diaspores et les types foliaires.

3.3.1. Types biologique

Les Mésophanérophytes (Msph) sont dominant avec 80 % et les Microphanerophytes (Mcph) ont une proportion faible soit 20 % chaque groupe.

Les caractéristiques des types biologiques des espèces récoltées dans notre zone d'étude sont présentées dans la figure 3.

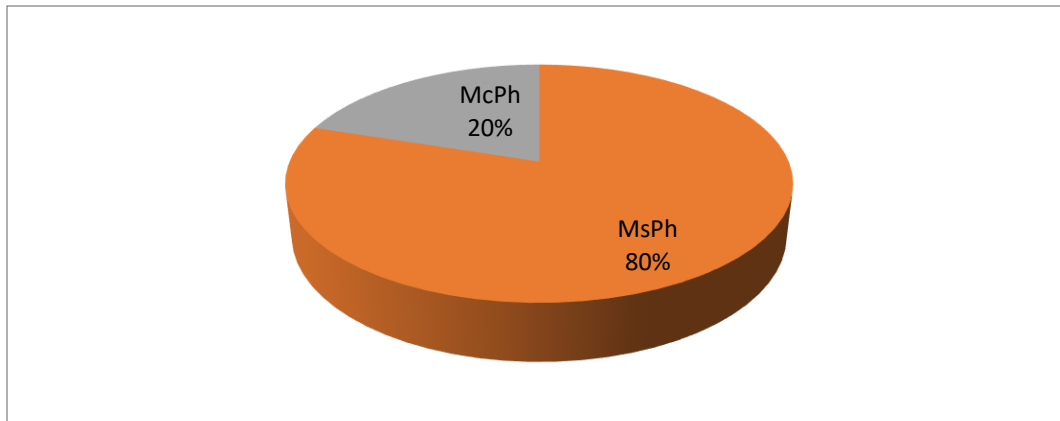


Figure 3 : Types biologiques

3.3.2. Types phytogéographique

Il s'observe une dominance des espèces Guinéo congolaise 40% suivie de Bas-guinéo congolaise 30 % et les autres sont faibles. Les types phytogéographiques sont présentés dans la figure 4.

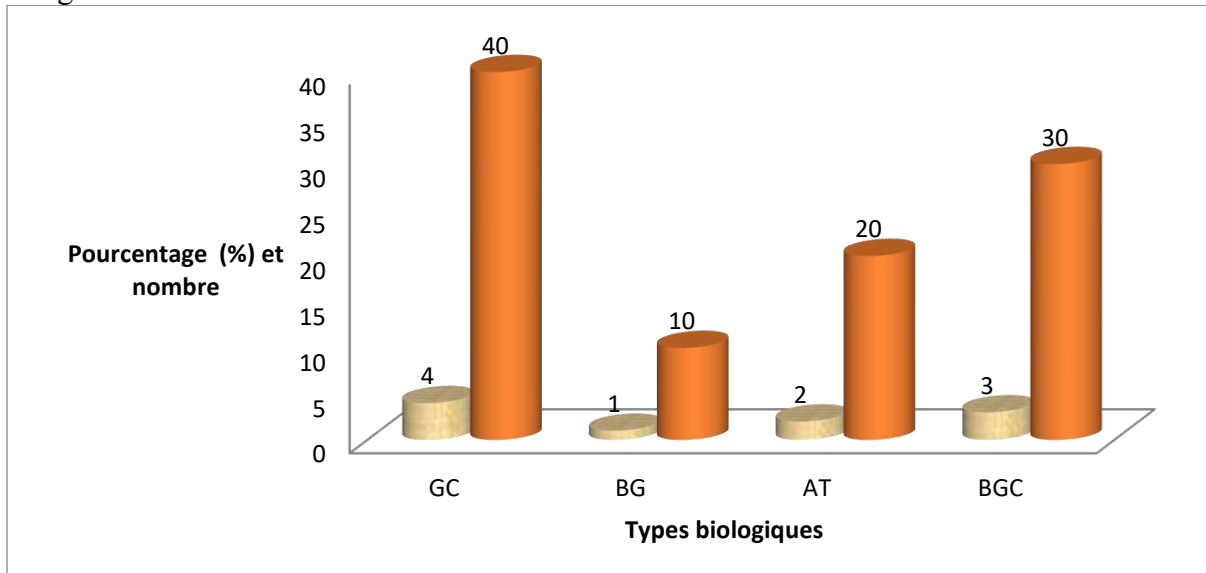


Figure 4: Types phytogéographique

3.3.3. Types de diaspora

Il s'observe des espèces inventoriées dans l'écosystème herbeux faisant objet de notre étude, qu'en ce qui concerne les types de diaspores les Sarchochores sont les mieux représentés avec 50 % suivi de ballochore avec 20 % et les autres sont faibles avec 10 %. La figure 5 donne les types de diaspores.

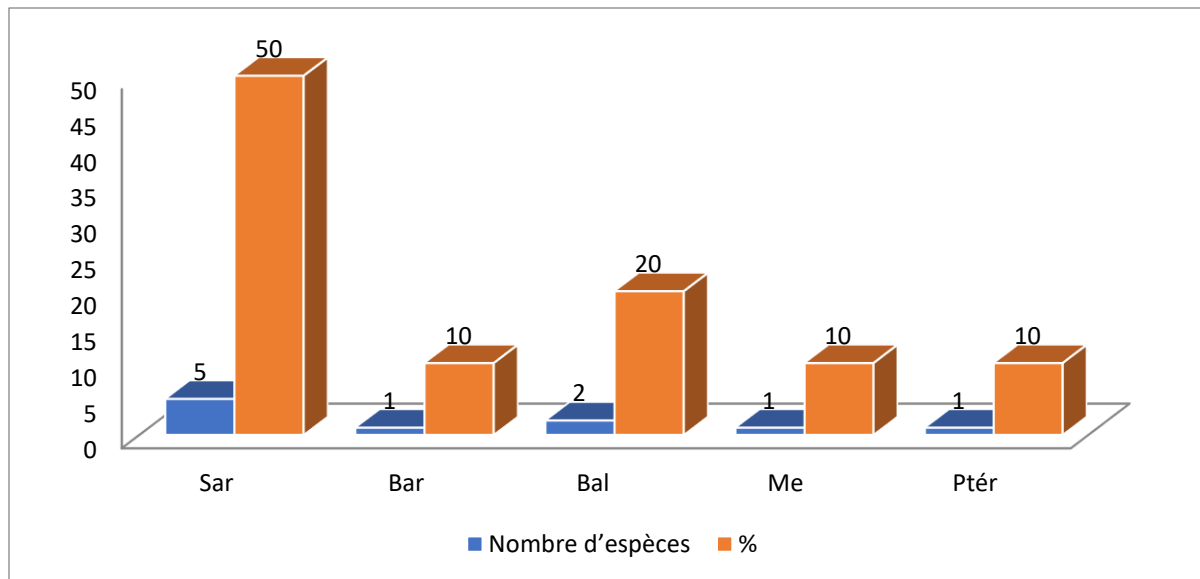


Figure 5 : Types diaspore

3.3.4. Types grandeur foliaires

Les espèces Mésophyles dominant avec 40 % suivie des Leptophylles 30 % tandis que les Microphylls soit 10 %.

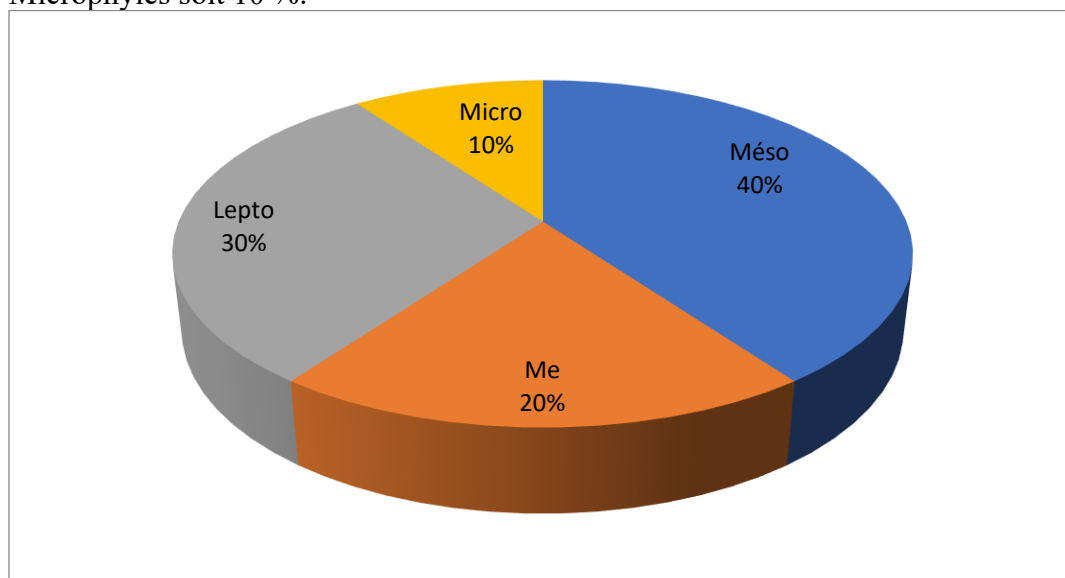


Figure 6 : Types foliaire

3.4. Valeur de biomasse aérienne, carbone stocké et équivalent carbone

La biomasse de toutes les espèces inventoriées dans notre zone d'étude est plus élevée chez *Dracaena orborea* Wild Link 33,72 tonnes par hectare tandis qu'elle est plus faible pour *Dialium englerianum* Henriques 2,60 tonnes par hectare. La surface terrière manifeste une dominance pour *Dracaena orborea* Wild Link 203,47 m² contrairement à *Dialium englerianum* Henriques 86,54 m². Le carbone séquestré est élevé chez le *Dracaena orborea* Wild Link 15,51 tonnes/ha et faible pour l'espèce *Dialium englerianum* Henriques 1,22 tonne/ha. La dominance se manifeste pour le carbone équivalent chez le *Dracaena orborea* Wild Link 56,92 tonne/ha et une faiblesse constaté à *Dialium englerianum* Henriques 4,48 tonnes/ha.

Les valeurs de biomasse aérienne, carbone stocké et équivalent carbone du peuplement de l'écosystème herbeux étudié sont détaillées dans la figure 7.

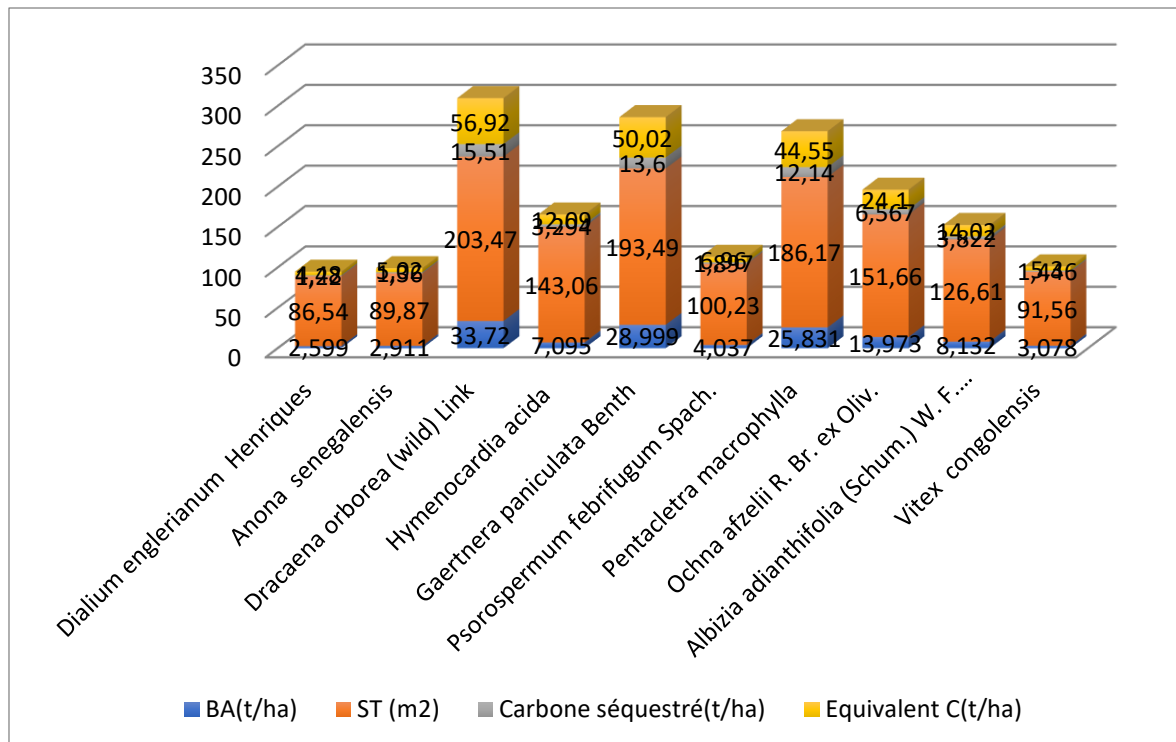


Figure 7 : Biomasse, Surface terrière, carbone stocké et équivalent carbone

4. DISCUSSION

La présente étude menée dans l'écosystème herbeux de Lukamba, territoire de Gungu (Kwilu), visait à analyser la richesse floristique, à estimer la biomasse aérienne, le carbone stocké et l'équivalent carbone, et à évaluer le rôle écologique de ces formations végétales dans un contexte de pressions anthropiques croissantes. Les résultats obtenus apportent des informations pertinentes pour la compréhension de la structure, du fonctionnement et du potentiel environnemental des savanes arbustives de cette région.

4.1. Composition floristique

L'inventaire a permis de recenser 200 individus répartis en 10 espèces ligneuses appartenant à 10 familles botaniques. Cette faible richesse floristique reflète un écosystème de savane arborée soumis à une forte saisonnalité climatique et à des perturbations anthropiques telles que les brûlis, l'exploitation du bois et le défrichement.

La dominance des espèces *Hymenocardia acida* et *Pentaclethra macrophylla* montre leur capacité d'adaptation aux sols pauvres du secteur de Lukamba, caractérisés par un horizon superficiel appauvri en matière organique et en éléments nutritifs (Munsansa, 2024). Ce type de composition floristique est comparable à celle décrite par Belesi (2009) dans d'autres savanes du Bassin du Congo, marquées par une dominance d'espèces tolérant les sols dégradés et les feux de brousse.

4.2. Densité relative

La densité des individus des espèces inventoriées dans l'écosystème herbeux de Lukamba qui constitue notre zone d'étude montre la présence en majorité des *Hymenocardia acida* suivi de *Pentaclethra macrophylla*.

4.3. Spectres écologiques

Les spectres biologiques révèlent une forte représentation des Mésophanérophyles (80 %), suivis des Microphanérophyles (20 %). La prédominance des phanérophyles témoigne d'une restructuration progressive du couvert végétal, conséquence probable de la diminution de la fréquence des feux ou de la recolonisation post-feu par des essences arbustives résistantes.

Du point de vue phytogéographique, les espèces Guinéo-congolaises (40 %) et Bas-guinéo-congolaises (30 %) dominent, ce qui confirme l'appartenance du territoire de Gungu à la zone de transition entre les domaines forestier et savanicole (Pauwels dans Kidikwadi et al., 2022). Ceci corrobore les descriptions du couvert végétal local, constitué de galeries forestières, forêts claires et formations herbacées arbustives.

4.4. Biomasse aérienne et stock de carbone

La biomasse aérienne varie significativement entre les espèces : *Dracaena arborea* présente la biomasse la plus élevée (33,72 t/ha), tandis que *Dialium englerianum* enregistre la valeur la plus basse (2,60 t/ha).

Les résultats indiquent que *Dracaena arborea* joue un rôle central dans le stockage du carbone, avec 15,51 t C/ha, bien au-dessus de toutes les autres espèces. Ceci est cohérent avec sa surface terrière élevée (203,47 m²), reflétant une biomasse structurale importante.

Les valeurs obtenues demeurent néanmoins faibles par rapport aux forêts tropicales denses, qui peuvent stocker entre 150 et 300 t/ha (Chave et al., 2005 ; Djomo et al., 2016). Toutefois, elles sont comparables aux niveaux enregistrés dans les savanes arbustives et forêts claires africaines, généralement comprises entre 5 et 40 t/ha (Henry et al., 2010 ; Fayolle, 2016).

Ces faibles valeurs s'expliquent par : la saison sèche prolongée (3–4 mois) ; les sols pauvres, sablonneux et fortement lessivés ; les brûlis récurrents ; les activités anthropiques (défrichement, agriculture itinérante, bois-énergie).

5. CONCLUSION

L'étude menée dans l'écosystème herbeux de Lukamba avait pour objectif de déterminer la composition floristique, d'estimer la biomasse aérienne et d'évaluer le stock de carbone des espèces ligneuses locales. Les résultats obtenus montrent que cet écosystème, bien que soumis à de fortes pressions anthropiques, conserve une diversité floristique structurée et un potentiel non négligeable de séquestration du carbone.

Au total, 200 individus appartenant à 10 espèces ont été inventoriés. Les espèces *Hymenocardia acida* et *Pentaclethra macrophylla* dominent en densité, tandis que *Dracaena arborea* se distingue par sa capacité exceptionnelle à accumuler la biomasse et le carbone. Les valeurs de biomasse enregistrées, bien qu'inférieures à celles des forêts denses tropicales, restent représentatives des savanes arbustives africaines et illustrent le rôle important de ces formations dans la lutte contre les changements climatiques.

La présence majoritaire d'espèces guinéo-congolaises confirme l'appartenance du secteur de Lukamba à la zone écologique de transition forêt-savane, fortement sensible aux perturbations. Les sols pauvres et les pratiques agricoles traditionnelles (brûlis, culture extensive) représentent les principales menaces pour la pérennité de cet écosystème.

Au regard de l'importance écologique et environnementale démontrée par cette étude, plusieurs recommandations s'imposent : renforcer les pratiques de conservation et l'aménagement participatif ; promouvoir le reboisement avec des espèces à forte capacité de séquestration ; intégrer les savanes arbustives de Lukamba dans les programmes REDD++ ; poursuivre des recherches sur des surfaces plus vastes et sur des cycles temporels plus longs.

Bref, l'écosystème herbeux de Lukamba constitue un réservoir écologique essentiel. Son étude contribue non seulement à une meilleure compréhension de la végétation locale, mais aussi à l'élaboration de stratégies de gestion durable des ressources naturelles dans la province du Kwilu et en République Démocratique du Congo.

Références bibliographiques

- [1] Belesi, H., 2009. Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas-Kasaï en République Démocratique du Congo. Th. Doc., Fac. Sc., Univ.Kinshasa, 565 p.

- [2] Brown, S., I. M. Anderson, P. L. Woomer, M. J. Swift and E. Barrios. 2002. «Soil biological processes in tropical ecosystems». In: Woomer, P.L. and Swift, M.J. (Eds.), *The biological management of tropical forest fertility*. John Wiley & Sons Ltd, p. 15-46.
- [3] Djomo A.N, Picard N., Fayolle A., Henry M., Ngomandan A., Ploton P., McLellan J., Saborowski J., Adamou I., & Lejeune P., 2016. Tree allometry for estimation of carbon stocks in African tropical forests. *Forestry*, 89: 446-455.
- [4] Henry M., Besnard A., Asante W.A., Eshun J., Adu B.S., & Valentini R., 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management*, 260(8):1375-88.
- [5] Lubini, A., 1997. Etude de la forêt à *Parinari excelsa* et *Diospyros conocarpa*. In Bull. Jard. Bot. Belg., 10 : 65-88
- [6] Munsansa, M. G. (2024), Stratégies d'adaptation, mécanismes de survie et sécurité alimentaire des ménages dans le secteur Lukamba, territoire de Gungu en R.D.Congo, Journal of Food Sciences.
- [7] Nicolai, H. (1963), Naissance d'une région en Afrique Centrale : le Kwilu, CAHIERS D'OUTRE-MER, Bordeaux.
- [8] Anonyme (1993). Mémento de l'agronome, 4^e éd. Collection technique rurale en Afrique, 1635 p.
- [9] Chave, J.C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns. J.Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J.P. Lescure, B.W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riéra, and T. Yamakura, (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145:87-99.
- [10] GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2007a). Résumé à l'intention des décideurs. In: Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, USA. 25p.
- [11] GIEC. (2006). Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autres affectations des terres. *Institute for Global Environmental Strategies*, vol.4, Japon, 93 p.
- [12] Kidikwadi T. (2012). Estimation de carbone séquestré par le peuplement à *Dialium englerianum* et *Hymenocardia acida* dans le Domaine de Chasse de Bombo Lumene, plateau des Bateke Kinshasa/ RD-Congo. Mémoire de Master, Dépt de l'Env. Fac. Sc. Unikin p 61 + annexes
- [13] Raven P.H., Berg L.R., Hassenza H.L. (2009). Environnement, Traduction de la 6^e édition américaine par Marie – Pascale Colace, Anne Haucock, Guy Lemperière. Nouveaux horizons, 687p
- [14] Dimobe, K. (2017). Dynamique, séquestration de carbone et modèles de variations des savanes soudanaises du Burkina Faso et du Ghana (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat. Spécialité : Sciences et Phytoécologie. Laboratoire Biologie/ Ecologie Végétale, Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, BF, 179 p.
- [15] Raunkiaer, C. (1934). Les formes de vie des plantes et la géographie statistique des plantes. Oxford University Press, 1-120.
- [16] Dansereau, P. (1957). *Les forêts tropicales de l'Amérique et leur écologie*. Éditions de l'Université de Montréal, 1-250.
- [17] White, L. J. T. (1983). *L'écologie des forêts tropicales africaines*. Éditions scientifiques,

1- 320.

- [18] Evrard C., (1968), Recherche écologique sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette centrale Congolaise, INEAC, série scientifique, 110, 295 p
- [18] Zelditch, M.L., Swiderski, D.L., et Sheet, H.D. (2012), Geometric morphometrics for biologists: a primer. Academic Press.
- [19] White F., 1986, « La végétation d'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation d'Afrique », United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/Association pour l'Etude Taxonomique de la Flore d'Afrique Tropicale/United Nations Soudano- Sahelian Office, Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 391 p.
- [20] Habari M., 2009. Etude floristique, phytogéographique et phytosociologie de la végétation de KINSHASA et bassin moyen des rivières N'DJILI et N'SELE en RDC. Thèse UNIKIN, FAC. SC. Dpt. Biologie.
- [21] Menga P., 2012. Ecologie de peuplements naturels de *Millettia laurentii* de de Wild. (Wenge) dans la région de lac Mai-Ndombe, en RDC, Thèse UNIKIN, FAC. Sciences, Dpt. de Biologie 197p.
- [22] Fayolle A., Louputa P., Grace J., Drouet T., Michael D., Swain S., Vlemick., Lejeune P., Doucet J. 2016. Taller trees, denser stands and greater biomass in semi-deciduous than in evergreen lowland central African forests. *For. Ecol. Manage* :374 : 42-50.
- [23] Doucet, (2003) Alliane délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. Thèse de doctorat inédite, Université de Gembloux, 316p.
- [24] Ilwac., (2013) Gestion intégrée de la terre et l'eau pour l'adaptation à la variabilité et au changement climatique au Mali, guide méthodologique sur l'estimation du potentiel de séquestration du carbone au Mali, 20p.
- [25] Kidikwadi T., Lubini A., Belesi K., Luyindula N., (2015) Mesure de biomasse aérienne et de stock de carbone d'une régénération forestière naturelle à *Prioria balsamifera* et *Hylodendron gabunense* dans la Réserve de Biosphère de Luki, République Démocratique du Congo. Congo sciences. Vol3/N°2/Septembre, 153-161 p. www.congosciences.org