

## Biodiversité ligneuse en milieux urbains : cas de la ville de Bunia, province de l'Ituri en République démocratique du Congo (RDC)

Benoit MPOSO NSANGUA<sup>1\*</sup>, Hippolyte NSHIMBA NSEYA MALALE<sup>2</sup>,  
Roger KATUSI LOMALISA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université de Bunia, RD Congo, benoitmposo@gmail.com

<sup>2</sup> Université de Kisangani, RD Congo, hippolytenshimba@gmail.com

<sup>3</sup> Université de Kisangani, RD Congo, katusi.roger@gmail.com

\* Auteur correspondant

**Résumé :** L'étude floristique et structurale de la biodiversité végétale demeure un outil indispensable dans la mise en œuvre des stratégies pour la conservation de la biodiversité et de l'aménagement des écosystèmes. En milieux urbains, l'étude de la biodiversité ligneuse constitue encore un défi à relever pour évaluer la richesse spécifique. Cette biodiversité bien qu'éparse jouent un rôle écosystémique important et pour la séquestration de CO<sub>2</sub> atmosphérique en libérant l'oxygène utile pour les autres êtres vivants. L'objectif de cette étude est d'analyser la composition floristique de la biodiversité ligneuse en milieu urbain ; cas de la ville de Bunia. D'une façon spécifique, elle vise à évaluer la variabilité floristique et structurale arborescente au sein des trois communes (Mbunya, Nyakasanza et Shari) que compose cette ville. Les résultats obtenus après les inventaires des arbres au Dhp  $\geq 10$  cm indiquent une variabilité floristique et structurale au sein des communes. Sur un total des 2311 arbres inventoriés, la moyenne totale des densités dans la ville de Bunia est de 110,05 arbres/ha dont la commune de Nyakasanza présente une moyenne élevée des densités soit  $(128,29 \pm 23,47)$  arbres/ha contre une faible moyenne de  $(100,57 \pm 28,96)$  arbres/ha obtenue dans la commune de Shari. La densité varie significativement selon les parcelles (ANOVA 2 :  $F = 5,989$ ;  $p\text{-value} = 9,31 \times 10^{-16}$ ) mais statistiquement elle ne varie pas selon les communes ( $F=1,492$ ;  $p\text{-value}= 0,225$ ). Les arbres inventoriés situés dans les classes diamétriques de 10-20 cm et entre 20-30 cm sont nombreux, ce qui montre que la biodiversité ligneuse de la ville de Bunia est constituée des arbres de petites tailles et elle est dynamique. Quelques espèces ont été identifiées écologiquement importantes dans la ville de Bunia, telle que l'*Eucalyptus globulus* (IVI=38,20), *Mangifera indica* (IVI=12,81), *Persea americana* (IVI=16,95) et le *Grevillea robusta* (IVI=10,11). Cependant la famille de Myrtaceae est largement présente dans toutes les communes. Nous constatons qu'il y a une différence significative de la composition floristique entre les communes ( $F=5,279$ ,  $p\text{-value}=0,05574$ ).

**Mots-clés :** biodiversité ; ligneuse ; milieu urbain ; ville de Bunia ; province Ituri ; RDC.

**Summary:** The floristic and structural study of plant biodiversity remains an essential tool for implementing strategies for biodiversity conservation and ecosystem management. In urban environments, the study of woody biodiversity still presents a challenge for assessing species richness. Although sparse, this biodiversity plays an important ecosystem role and contributes to the sequestration of atmospheric CO<sub>2</sub> by releasing oxygen useful for other living things. The objective of this study is to analyze the floristic composition of woody biodiversity in an urban environment, specifically the city of Bunia. More specifically, it aims to assess the floristic and structural variability of trees within the three communes (Mbunya, Nyakasanza, and Shari) that make up the city. The results obtained after inventories of trees with a DBH (Diameter at Breast Height)  $\geq 10$  cm indicate floristic and structural variability among the communes. Out of a total of 2,311 trees inventoried, the total average density in the city of Bunia is 110.05 trees/ha. The commune of Nyakasanza

shows a high average density of  $(128.29 \pm 23.47)$  trees/ha, compared to a low average of  $(100.57 \pm 28.96)$  trees/ha obtained in the commune of Shari. Density varies significantly according to the plots (ANOVA 2:  $F=5.989$ ;  $p\text{-value}=9.31 \times 10^{-16}$ ) but statistically it does not vary according to the communes ( $F=1.492$ ;  $p\text{-value}=0.225$ ). The inventoried trees located in the 10–20 cm and 20–30 cm diametric classes are numerous, which demonstrates that the woody biodiversity of the city of Bunia consists of small-sized trees and is dynamic. Several ecologically important species were identified in the city of Bunia, such as *Eucalyptus globulus* (IVI=38.20), *Mangifera indica* (IVI=12.81), *Persea americana* (IVI=16.95), and *Grevillea robusta* (IVI=10.11). However, the family Myrtaceae is largely present in all communes. We note that there is a significant difference in the floristic composition between the communes ( $F=5.279$ ,  $p\text{-value}=0.05574$ ).

**Keywords:** biodiversity; woody; urban environment; Bunia city, Ituri Province; DRC (Democratic Republic of Congo).

**Classification JEL :** Q57.

## 1. Introduction

Les forêts denses humides de l'Afrique centrale sont caractérisées par une grande diversité floristique et cette variabilité de la richesse spécifique résulte de l'hétérogénéité environnementale observée à des différentes échelles spatiales de ces forêts (Vande Weghe, 2004). La forêt tropicale, qui réunit un ensemble des conditions édaphiques et climatiques est un énorme réservoir de la diversité spécifique mais avec des inégalités dans leurs distributions spatiales selon les régions et les continents (FAO, 2010). Au milieu de la décennie 2000, le taux de déforestation globale était d'environ 70 000 km<sup>2</sup> par an, un peu inférieur au taux d'environ 90 000 km<sup>2</sup> par an qui a prévalu dans la décennie 1990. Ceci représente une perte relative de surface de 2 % par décennie, et plus encore une perte de carbone stocké de 3 %, correspondant à 1,1 GtC par an (Siebert *et al.*, 2002). L'augmentation des émissions du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) au niveau mondial, avec l'urbanisation croissante d'ici 2030, provenant du milieu urbain devraient atteindre 76% (Laille, *et al.*, 2003; Bi Tra Aimé Vroh *et al.*, 2014). Toutefois, les plantes utilisent le processus de la photosynthèse pour absorber le CO<sub>2</sub> et rejeter de l'O<sub>2</sub> utilisable par les autres êtres vivants pour leur respiration. Le milieu urbain est un écosystème à part entière où les plantes, les animaux et les hommes trouvent abris et ressources pour leurs développements. Le bien-être des citoyens et leur santé dépendent du bon fonctionnement de cet écosystème.

La composition floristique de la biodiversité ligneuse présente une diversité des espèces indigènes (locales) et exotiques (introduites) en milieux urbains. Les espèces exotiques peuvent être dominantes dans les nombreuses villes, souvent plantées pour leur esthétique, leur croissance rapide ou leur résistance à la pollution. Cette biodiversité rend des services écosystémiques importants pour les citoyens. La biodiversité ligneuse en milieux urbains d'Afrique centrale est un enjeu majeur pour le développement durable des villes. Elle améliore la qualité de vie en milieu urbain en offrant à la ville de l'ombre, la purification de l'air, la réduction de bruits et la création des espaces verts agréables pour abriter une faune variée et elle aide à réguler la température locale.

Le manque de la connaissance sur l'importance de la biodiversité ligneuse en milieux urbains constitue un défi de taille. La richesse spécifique de la biodiversité ligneuse varie d'une ville à une autre bien qu'éparse et mal connue. Toutefois pour combler ces lacunes, il est important d'étudier la composition floristique et structurale de la biodiversité ligneuse. Ces informations sont préalablement indispensables pour toute étude floristique des formations végétales ligneuses pour une gestion durable des écosystèmes, en particulier ceux des milieux urbains, enfin de contribuer à l'effort de réduction des gaz carboniques (CO<sub>2</sub>), à l'aménagement de ces écosystèmes par la plantation des arbres surtout les espèces à croissance rapide bien qu'éparses contribuerait également à produire des services nécessaires au bien être des citoyens et pour ainsi atténuer les impacts environnementaux dus au changement climatique.

Les arbres des villes en République Démocratique du Congo (RDC) et en particulier de la ville de Bunia présentent une incertitude des processus écologiques par suite de leurs dégradations dues aux activités humaines, notamment; l'urbanisation, la recherche des bois de chauffe, la présence des espaces verts, la gestion des sols, les types d'utilisations et d'occupation des terres (zones résidentielles, industrielles et commerciales), la construction des routes et les pratiques agricoles périurbaines qui ont un impact majeur sur la biodiversité végétale en milieux urbains contribuant ainsi à leur perte et favorise l'augmentation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère avec comme conséquence principale, le changement climatique. Cela constitue une entrave à la protection de cette biodiversité végétale qui devrait remplir normalement leurs services écosystémiques au profit des populations des milieux urbains qui connaissent actuellement une croissance démographique galopante.

Plusieurs études ont été menées à l'échelle locale (Afrique centrale) pour évaluer la richesse et la composition floristique des forêts de la cuvette centrale congolaise (Lisingo et *al.*, 2015). Mais en milieux urbains de la République Démocratique du Congo, en particulier dans la ville de Bunia, la biodiversité ligneuse n'a pas encore fait l'objet d'une étude scientifique approfondie pour comprendre sa composition floristique et structurale en fin d'évaluer sa richesse spécifique dans cette ville. C'est ce qui justifie la présente étude. La composition floristique des arbres urbains de Bunia est le résultat très complexe d'interaction entre les processus écologiques et anthropiques du milieu. Sa compréhension est essentielle pour la conservation des espèces végétales qui jouent un rôle écosystémique important pour l'amélioration de la qualité de vie des citoyens et pour la gestion durable de la ville.

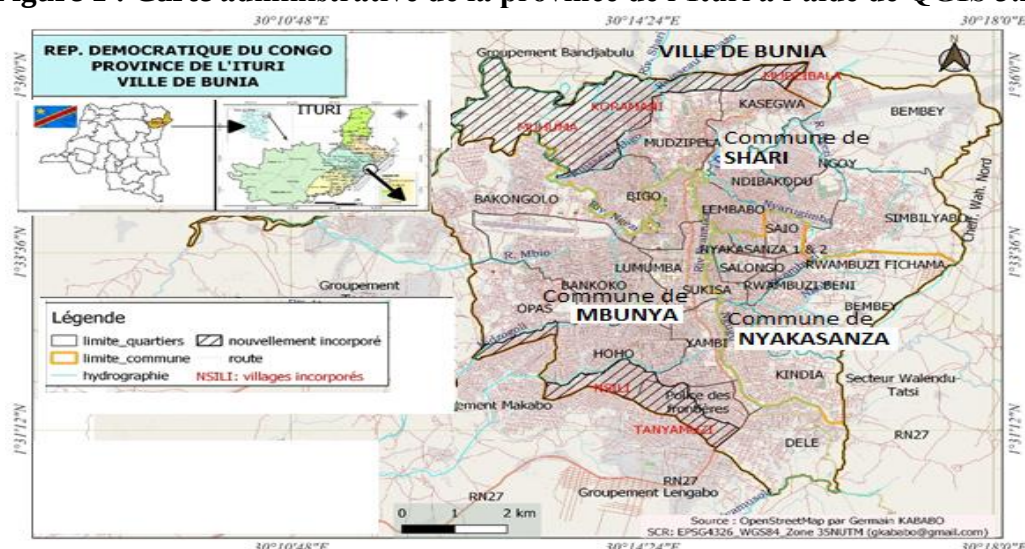
C'est pourquoi une question de recherche est posée de savoir, quelle est la composition floristique et structurale de la biodiversité ligneuse en milieux urbains ; cas de la ville de Bunia ? L'hypothèse à cette question de recherche est qu'une variabilité floristique et structurale de la biodiversité ligneuse est observée dans les trois communes (Mbunya, Nyakasanza et Shari) de la ville de Bunia. L'objectif fixé pour cette étude est de déterminer la biodiversité ligneuse au sein de ces trois communes qui compose la ville de Bunia. D'une façon spécifique, elle vise à évaluer la variabilité floristique et structurale arborescente au Dhp  $\geq 10$  cm de diamètre au sein de chaque commune de cette ville.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Milieu d'étude

Le présent travail s'est déroulé dans la ville de Bunia, chef-lieu de la province de l'Ituri en République Démocratique du Congo (RDC). Elle est située au Nord-est du pays aux environs du lac Albert (Mobutu) qui constitue en partie la frontière avec l'Ouganda. Dans sa partie Est, elle se situe en dessous des chaînes des montagnes des Monts bleus qui forment le flanc occidental du rift albertin du lac Albert au Nord à l'extrémité septentrionale du lac Kivu en passant par le lac Edouard (Robyns, 1948). Cette ville est située sur la latitude : 30° 15'00'' Est, la longitude : 1° 34'00'' Nord et sur l'altitude moyenne de 1250 m (Figure 1). Elle s'étend sur une superficie de 5 760 ha = 57,6 km<sup>2</sup>. (Marie, 2024).

**Figure 1 : Carte administrative de la province de l'Ituri à l'aide de QGIS 3.22**



Source : auteur.

## 2.2. Matériels

Pour la collecte des données sur terrain, les matériels suivants nous ont été utiles: -Le Pied de Jacobson, fixé du sol à 1,30 m de l'arbre pour indiquer la hauteur de l'arbre où doit être mesuré le Dhp; - le GPS de marque Garmin 64, nous a servi de prendre les coordonnées géographiques des arbres inventoriés et des parcelles d'inventaires; -le pentamètre a été utilisé pour mesurer la distance d'une parcelle d'inventaire; -un marqueur pour marquer les arbres déjà inventoriés; -le diamètre à hauteur de poitrine (Dhp) a été mesuré à l'aide d'un ruban métrique (mesure de la circonférence) et un cahier de terrain a servi d'enregistrer toutes les données prélevées.

## 2.3. Méthodes

### 2.3.1. Collecte des données

Pour atteindre les objectifs fixés, les inventaires des arbres et des arbustes à la hauteur de la poitrine ( $Dhp \geq 10$  cm), soit à 1,30 m au-dessus du niveau de sol, ont permis de collecter les données en vue de comparer la composition floristique et la structure des arbres au sein des différentes communes de la ville de Bunia. 21 parcelles pour les inventaires ont été installées en raison de 7 parcelles d'inventaire par commune dont chacune avait une superficie d'un hectare, soit 100m x 100 m de côté. Ces parcelles ont été installées en tenant compte de la densité possible des arbres observés dans les différents quartiers que compose la ville de Bunia en suivant les protocoles de Dallmeier et *al.*, (1992) et de Picard et *al.*, (2008). Le choix de ce dispositif d'une manière aléatoire dans les différents quartiers de la ville de Bunia a permis d'inventorier tous les arbres et arbustes à  $Dhp \geq 10$  cm en parcourant les distances (25m) entre les layons au sein de chaque parcelle pour éviter d'oublier et/ou de répéter d'inventorier un arbre déjà inventorié.

### 2.3.2 Analyse floristique

L'analyse floristique en milieux urbains vise à comprendre la composition et la répartition des espèces végétales dans un environnement construit par l'homme pour évaluer la composition floristique entre les différentes communes urbaines de la ville de Bunia. Divers indices les plus couramment utilisés en milieux urbains ont été calculés.



### 2.3.2.1 Indices de similarité floristique

**(1) Coefficient de similitude de Sorensen (Cs) :** C'est l'un des indices les plus fréquemment utilisés. Il est basé sur la présence-absence des espèces dans les différents sites d'inventaire (Thorvald, 1948). Il est calculé par la formule suivante :  $Cs = (2c) / (a+b)$ . Où : a = nombre d'espèces dans le milieu A, b = nombre d'espèces dans le milieu B, c = nombre d'espèces communes aux deux milieux A et B. Les valeurs de Cs varient de 0 (aucune espèce en commun) à 1 (composition floristique identique), il est exprimé en pourcentage de 0% à 100%.

### **(2) Indice de similarité Morisita-Horn(MH)**

Pour mettre en évidence les groupements végétaux, l'analyse multivariée a consisté à calculer cet indice de similarité (ou de distance) entre les relevés. Les différents indices existants sont basés sur les espèces constitutives des relevés comparés et sont qualifiés d'indices de similarité ou de distance floristique (Senterre, 2005). Cet indice correspond à un rapport de probabilité que deux individus soient tirés au hasard dans deux échantillons appartiennent à la même espèce sur la probabilité que deux individus soient tirés au hasard dans un même échantillon appartiennent à la même espèce. L'indice varie de 0 à 1, lorsque sa valeur tend vers 0, la similarité dans la composition floristique des différents groupements végétaux est faible (MH tend vers 0, soit  $MH \leq 0,5$ ). Si la valeur de l'indice est forte, il y a similarité maximale des espèces entre les différentes communautés végétales comparées (MH tend vers 1, soit  $MH \geq 0,5$  ou valeur proche de 1). Cet indice est calculé à l'aide du logiciel Past3 de manière suivante :  $= \frac{2\sum(ani+bni)}{(da+db)aN+bN}$ , Où MH= Indices de Morisita-Horn,  $bN$  est le nombre d'individus appartenant au site b,  $aN$  = ensemble des individus du site a,  $ani$ = espèces  $i$  du site a,  $bni$ = espèces du site b,  $da$  = espèces spécifiques du site a et  $db$ =espèces spécifiques du site b (Magurran, 2004).

### 2.3.2.2. Indices de diversité spécifique

Les indices de diversité couramment utilisés en milieux urbains ont été calculés au sein de chaque commune de manière ci-après :

#### **(1) L'indice d'équitabilité de Pielou (E); cet indice a été calculé pour chaque commune.**

Il représente le rapport maximal théorique dans le peuplement ( $H_{max}$ ) (Blondel, 1979). Ce rapport varie de 0 (lorsqu'une espèce est largement dominante dans un peuplement) à 1 (lorsque toutes les espèces ont la même abondance). Cet indice est défini par la formule :

$$R = \frac{H}{H_{max}} ; E = \frac{H}{\log_2 S} , \text{ Où } R = \text{Régularité (equitability) qui varie de 0 à 1 ;}$$

$H$  = Diversité spécifique observée ;  $H_{max} = \log_2 S$  = diversité spécifique maximale,  $S$ =Nombre total d'espèces dans un peuplement.

**(2) L'indice de diversité alpha de Fisher ( $\alpha$ ) ;** L'indice de diversité alpha de Fisher est important car il fournit une mesure robuste et interprétable de la diversité spécifique au sein d'une communauté végétale locale, en tenant compte à la fois du nombre d'espèces et de leur abondance relative. Cet indice est facile à calculer et nécessite seulement la connaissance du nombre total d'individus d'une espèce ou dans un échantillon et du nombre d'espèces différentes présentes dans l'échantillon (Leigh & Loo de Lao, 2000). Il est calculé par la formule :  $S = \alpha \ln(1 + N/\alpha)$ , Où  $S$ = Nombre total d'espèces,  $N$ =Nombre total d'individus et  $\alpha$  = l'indice de diversité alpha de Fisher. Cet indice alpha de Fisher ( $\alpha$ ), constitue un outil statistique utilisé pour mesurer la diversité spécifique d'un échantillon, il est particulièrement utile pour comparer la diversité entre les différents sites. Il est peu sensible à l'effort d'échantillonnage (il peut être comparé même avec des échantillons de différentes tailles). Cet indice peut être interprété de manière ci-après : Plus le nombre d'espèces est élevé par rapport au nombre total d'individus, plus l'indice alpha Fisher ( $\alpha$ ) sera élevé, indiquant une plus grande diversité d'espèces, tandis que lorsque alpha Fisher ( $\alpha$ ) est faible, une faible diversité est observée avec une dominance d'une espèce.

**2.3.2.3 Indice des valeurs indicatrices (Ind.val.) ;** L'identification des espèces indicatrices de chaque site a été obtenue par la valeur indicatrice de chaque espèce (Dufrene & Legendre, 1997).

L'Ind.Val est un indice précieux pour la compréhension des relations entre les espèces et leur environnement, permettant d'identifier des « espèces sentinelles » qui reflètent les conditions écologiques d'un milieu donné. Certaines espèces peuvent être des indicatrices de la qualité de l'environnement (pollution, perturbation, état de conservation). L'IndVal aide à identifier ces espèces spécifiques à des conditions particulières pour la planification de la conservation et à la gestion des écosystèmes. Cette valeur exprime le degré de fidélité des espèces dans un peuplement donné. Une espèce est indicatrice pour un peuplement lorsqu'elle lui est fidèle (C'est-à-dire qu'elle est absente ou moins fréquente dans d'autres peuplements) et elle est constante (lorsqu'elle est présente dans la majorité des parcelles de ces peuplements). La valeur indicatrice  $IV_{ij}$  d'une espèce  $i$  dans un peuplement  $j$  qui s'exprime en pourcentage est calculée par :  $IV_{ij} = A_{ij} \times B_{ij} \times 100$ , Où ;  $A_{ij}$  = Nombre d'individus  $ij$ /nombre d'individus  $i$  = moyenne des abondances de l'espèce  $i$  ou des relevés du groupe de relevés  $j$  par rapport à tous les groupes (mesure de fidélité) et  $B_{ij}$  = Nombre des sites  $ij$ /nombre des sites  $j$  = Nombre de relevés occupés par l'espèce  $i$  parmi ceux du groupe  $j$  (mesure de constance). La détermination du degré de significativité de la valeur indicatrice d'une espèce dans un relevé a été faite grâce à l'usage du test  $t$  de student ( $t$ ) et le test de rang (Rank). Les deux tests ont permis de valider les valeurs indicatrices significatives de l'espèce pour un groupe d'espèces de manière suivante : \*\* = si les deux tests sont significatifs, \* = Si l'un des deux tests est significatif ( $p < 0,05$ ). Le test est significatif lorsqu'il indique que la valeur indicatrice de l'espèce dans un relevé est significativement plus grande pour ce relevé là que les autres.

#### **2.3.2.4 Courbe de raréfaction (ou d'accumulation d'espèces)**

La richesse spécifique est très sensible à l'effort d'échantillonnage. Dans les milieux complexes comme les villes, il est essentiel de s'assurer que l'effort est suffisant et comparable entre les zones comparées. L'utilisation de courbes d'accumulation d'espèces (ou courbes de raréfaction) est recommandée pour évaluer si l'échantillonnage a été suffisant pour recenser la majorité des espèces présentes. Ces courbes montrent comment le nombre d'espèces découvertes augmente avec l'augmentation de l'effort d'échantillonnage. Cette courbe est obtenue en tenant compte du nombre de toutes les espèces inventoriées dans une parcelle. La courbe obtenue donne le nombre d'espèces attendu,  $E(S_k)$ , dans un échantillon de  $k$  des arbres tirés au hasard (sans remise) à partir d'un groupe contenant  $N$  arbres,  $S$  espèces, et  $k_i$  arbres appartenant à l'espèce  $i$  (Boyemba, 2011). La courbe de raréfaction pour un peuplement donné permet d'estimer la richesse spécifique de ce peuplement. Cette courbe est interprétée de la manière ci-après ;

\* Si la courbe atteint le plateau, cela suggère que l'effort d'échantillonnage (nombre d'individus ou d'échantillons) est suffisant pour la majorité des espèces présentes.

\* Si l'ascension de la courbe continue d'augmenter, cela indique que l'effort d'échantillonnage est insuffisant et qu'il est probable que des nouvelles espèces soient découvertes en continuant les prélèvements.

#### **2.3.2.5 Analyse factorielle de correspondance (AFC)**

En écologie urbaine, il est souvent pertinent de combiner cette approche pour une compréhension plus complète de la biodiversité végétale et de son interaction avec l'environnement. L'AFC, qui est une analyse statistique multivariée couramment utilisée, dont le but de la classification est d'arranger les points de sites de façons à ce que les plus proches les uns des autres correspondent à des sites qui ont la composition floristique similaire et les points éloignés correspondent à des points de sites à composition floristique différente (Jongman et al., 2000 ; Katembo, 2013 ; Mposho, 2020).

### **2.3.3. Analyse structurale**

Pour vérifier les différences entre les données structurales, notamment ; la densité, le diamètre, la surface terrière et l'indice de valeurs d'importances des espèces et des familles des arbres inventoriés dans chaque commune et aussi entre les parcelles des trois communes. Nous avons utilisé l'analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs pour comparer les moyennes des densités et des surfaces terrières des arbres inventoriés dans les sept parcelles de chaque commune. Le Test de *Chi-carré* ( $\chi^2$ ) a aidé pour tester la variabilité structurale entre les parcelles d'une même commune et entre

les parcelles de trois communes de la ville de Bunia. L'appréciation des données structurales des arbres inventoriés à Dh<sub>p</sub> ≥ 10 cm dans le milieu d'étude a tenu compte de :

**(1) Densité des arbres ;** La densité des arbres inventoriés est utilisée pour connaître le nombre des tiges ou des individus d'arbres inventoriés rapporté à l'hectare (N/ha). Cette expression de la densité ne prend pas en compte la taille des arbres (Sabongo, 2015 ; Mposso, 2020).

**(2) Densité relative (DR) ;** L'analyse de la densité relative des arbres fournit des informations essentielles pour une gestion forestière efficace, la conservation de la biodiversité, la compréhension des processus écologiques d'une région et la prévention des dynamiques forestières face aux changements environnementaux. En milieu urbain, la densité relative permet de mesurer la densité du couvert végétal comme indicateur de la capacité d'une ville à faire face aux impacts du changement climatique. Elle permet de déterminer le nombre d'arbres par unité de surface (arbre/ha) pour évaluer la couverture végétale. Cette densité est calculée par la formule ci-après et s'exprime en pourcentage (Sabongo, 2015).

$$\text{Densité relative d'une espèce} = \frac{\text{Nombre d'individus d'une espèce}}{\text{Somme d'individus de toutes les espèces}} \times 100$$

$$\text{Densité relative d'une famille} = \frac{\text{Nombre d'individus d'une famille}}{\text{Somme d'individus de toutes les familles}} \times 100$$

**(3) Surface Terrière (G) ;** La surface terrière d'un arbre exprime la superficie occupée par un tronc, mesurée sur l'écorce à 1,30m du sol et s'exprime en (m<sup>2</sup>/ha). Elle représente pour une parcelle donnée, la somme des surfaces terrières individuelles n arbres mesurés (Boyemba, 2011). Elle est calculée par l'équation (Gounot, 1969 ; Mposso, 2020).  $G = \frac{\pi D^2}{4}$  Où  $\pi = 3,14$  ; G=Surface terrière et D=diamètre à la hauteur de la poitrine.

**(4) Dominance relative des taxons (DOR) ;** L'analyse de la dominance relative des arbres inventoriés en milieux urbains est cruciale et permet aux planificateurs de choisir pour l'aménagement et gestion des écosystèmes verts, les espèces d'arbres qui sont dominantes et adaptés aux conditions du milieu pour contribuer aux services écosystémiques souhaités tout en assurant une certaine diversité. Elle se calcule par les formules suivantes (Sabongo, 2015 ; Mposso, 2020).

$$\text{Dominance relative d'une famille} = \frac{\text{Surface terrière d'une famille}}{\text{Surface terrière de toutes les familles}} \times 100$$

$$\text{Dominance relative d'une espèce} = \frac{\text{Surface terrière d'une espèce}}{\text{Surface terrière de toutes les espèces}} \times 100$$

**(5) Structure diamétrique;** L'analyse de la structure diamétrique est utilisée pour donner avec précision le nombre de tiges inventoriées par classe des diamètres au Dh<sub>p</sub> ≥ 10cm et établir une distribution des tiges en classes de diamètre de 10 cm. Les structures diamétriques des arbres inventoriés sont comparées dans chacune des communes et dans les trois différentes communes pour permettre de faire un constat global de la distribution des densités dans les classes de diamètre. Au total, 10 classes de diamètre des arbres inventoriés à Dh<sub>p</sub> ≥ 10cm sont retenues pour cette étude. La première classe des arbres inventoriés est comprise entre 10-20cm et la dernière classe regroupe tous les arbres inventoriés dans les parcelles d'étude ayant un diamètre ≥ 100cm de Dh<sub>p</sub>.

**(6) L'indice de valeur d'importance (IVI) ;** dérivé de l'importance value index de Curtis & MacIntosh (1950). Cet indice calculé pour chacune des espèces, sert à déterminer l'(les) espèces ou famille la (les) plus dominantes dans un peuplement de chaque parcelle d'inventaire et dans chaque

commune. Une espèce ou une famille est écologiquement importante lorsque  $IVI > 10$ . Cet indice représente pour chaque espèce  $i$  ou famille, la somme de la densité relative (DR en %) et de la surface terrière relative (GR en %). Cet indice varie entre 0 et 200. C'est-à-dire que la somme des valeurs maximales de l'indice de toutes les espèces d'une parcelle vaut 200, Il est calculé par la formule (Reitsma, 1988).

$$IVI_{(i)} = DR_{(i)} + GR_{(i)}$$

Où

$$DR_{(i)} = 100 \times \frac{\text{Nombre d'individus d'une espèce}}{\text{Nombre total d'individus dans l'échantillon}}$$

$$GR_{(i)} = 100 \times \frac{\text{Surface terrière d'individus d'une espèce}}{\text{Surface terrière totale de l'échantillon}}$$

### 3. Résultats

#### 3.1. Analyse des données floristiques

##### 3.1.1. Richesse et diversité spécifique du peuplement étudié

Au total, 2311 individus inventoriés dans les 21 parcelles en raison de 7 parcelles pour chaque commune (Mbunya, Nyakasanza et Shari). Ces individus sont repartis dans 32 espèces, 30 genres, 18 familles et dans 17 ordres (Tableau 1).

**Tableau 1 : Richesse floristique et indices de diversités entre les trois communes du lieu d'étude**

| COMMUNES                     | MBUNYA                     | NYAKASANZA  | SHARI       | TEST (F) | P-value |
|------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|----------|---------|
| <b>Richesse spécifique</b>   |                            |             |             |          |         |
|                              | <b>Moyenne+ Ecart-type</b> |             |             |          |         |
| Richesse spécifique (S)      | 26                         | 16          | 12          | 0,1041   | 0,9037  |
| Espèces                      | 7,29 ± 5,59                | 6,29 ± 2,63 | 5,57 ± 2,57 | 113,2    | 0,0597  |
| Genres                       | 6,86 ± 5,18                | 6,14 ± 2,48 | 5,57 ± 2,57 | 221,9    | 0,0427  |
| Familles                     | 5,86 ± 3,53                | 5,43 ± 1,72 | 5,14 ± 1,95 | 79,35    | 0,0712  |
| Ordres                       | 5,71 ± 3,30                | 5,29 ± 1,70 | 4,71 ± 1,80 | 117,2    | 0,0586  |
| <b>Diversité floristique</b> |                            |             |             |          |         |
| Shannon (H)                  | 1,422813                   | 1,418403    | 1,685427    | 0,008    | 0,9918  |
| Equitabilité de Pielou (E)   | 0,4367007                  | 0,5237728   | 0,6782657   | 0,006    | 0,994   |
| Alpha de Fisher (α)          | 5,302771                   | 2,558105    | 2,055016    | 0,1458   | 0,8675  |

La commune de Mbunya est plus riche et diversifiée avec une moyenne de (7,29 ± 5,59) espèces/ha bien que la densité des arbres inventoriés dans cette commune soit inférieure, tandis que la faible richesse spécifique est observée dans la commune de Shari avec une moyenne de (5,57 ± 2,57) espèces/ha. L'écart-type est élevé dans la commune de Mbunya (5,59) où il fait observer une forte dispersion des espèces contrairement dans la commune de Shari où il est faible (2,57). L'indice d'équitabilité de Pielou varie de 0 à 1 dans l'ensemble du peuplement étudié tandis que l'indice Alpha

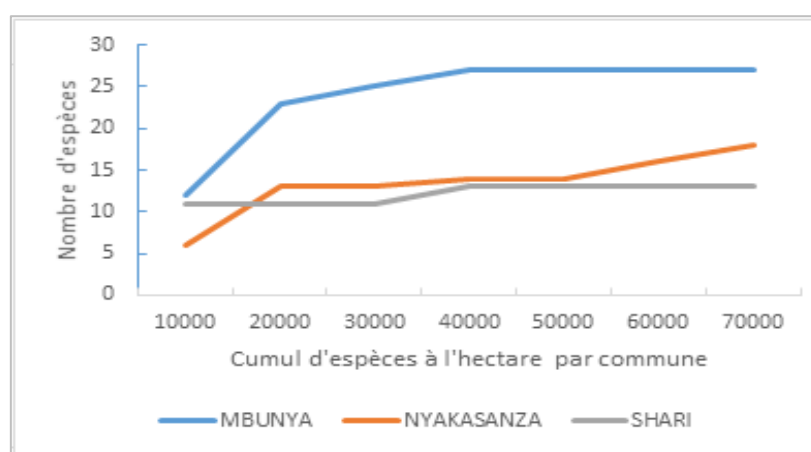


Fisher ( $\alpha$ ) est très élevé dans la commune de Mbunya ( $\alpha = 5,30$ ), c'est ce qui justifie une forte diversité d'espèces dans cette commune. Nous constatons qu'il y a une différence significative de la composition floristique entre les communes ( $F=113,2$ ,  $P\text{-value} = 0,0597$ ).

### 3.1.2. Courbe de raréfaction pour chaque peuplement en étude

Le nombre des toutes les espèces inventoriées dans les trois différentes communes et dans les 21 parcelles d'inventaire sont présentées sous forme des courbes (Figure 2) ci-après. Ces courbes sont régulières lorsque leurs formes sont croissantes. Ceci montre que l'accumulation de la richesse spécifique augmente en fonction de l'augmentation des aires des surfaces d'inventaire. Nous constatons que l'accumulation des espèces inventoriées dans le milieu d'étude montre une courbe qui a augmenté au début et vers la fin elle a atteint le niveau asymptotique. cela montre qu'il n'ya plus ajoute des nouvelles espèces et que notre échantillon est suffisant pour recenser la flore arborescente de la ville de Bunia. Nous remarquons aussi que la richesse spécifique inventoriée dans les 7 parcelles de chaque commune montre une augmentation régulière des espèces dans les parcelles de la commune de Nyakasanza (courbe rouge). Tandis que l'accumulation des espèces dans les parcelles des communes (Mbunya et Shari) montre que les courbes des parcelles de la commune de Mbunya (Bleue) et celle des parcelles de la commune de Shari (mauve) ont atteint le niveau asymptotique. Cela démontre que le nombre d'espèces nouvelles est nul en fonction des surfaces d'inventaire.

**Figure 2: Courbes d'accumulation de la richesse spécifique en fonction des surfaces d'inventaire dans les parcelles des trois différentes communes**



### 3.1.3. Valeurs indicatrices (Ind. Val.) des espèces du milieu d'étude

Ind.Val a mis en évidence une seule espèce fidèle aux parcelles étudiées (Tableau 2).

**Tableau 2 : Valeurs indicatrices des espèces**

| Espèce indicatrice  | Composantes de l'indicateur |      | Valeur de l'indicateur (Ind.Val) | p-value |
|---------------------|-----------------------------|------|----------------------------------|---------|
|                     | A                           | B    |                                  |         |
| Eucalyptus globulus | 0.97                        | 1.00 | 0.98                             | 0.007** |

Légende : A et B sont les composantes de la valeur de l'indicateur (A : estimation par échantillon de la probabilité qu'un relevé étudié appartienne au site vu que l'espèce y a été trouvée ; B : estimation par échantillon de la probabilité de trouver l'espèce dans les relevés appartenant au site). La significativité des valeurs de l'indicateur est indiquée au seuil statistique de 0,01 : « \*\* ».

L'analyse des composantes des valeurs de l'indicateur a montré que, l'*Eucalyptus globulus* bien qu'apparaissant dans toutes les parcelles (B = 1,00), elle n'y est cependant pas limitée (A = 0,97).

Une telle espèce est dite « eurytopique » lorsqu'elle s'adapte à toutes les conditions environnementales des différents habitats du milieu d'étude. Considérant les communes, il ne se dégage aucune espèce indicatrice d'une commune, ce qui signifie que les espèces inventoriées sont les mêmes dans toutes les communes.

### 3.1.4. Indice de similarité Morisita-Horn(MH)

Cet indice a permis d'observer la similarité floristique du milieu d'étude (Tableau 3 ). Nous observons une forte similarité floristique entre les communes de Mbunya et celle de Nyakasanza (MH=0.95) et entre la commune de Shari et celle de Mbunya (MH=0.90). une faible similarité floristique est observée entre la commune de Nyakasanza et celle de Shari (MH=0,89). Il existe une forte similarité spécifiques entre les parcelles les unes des autres, bien qu'elles soient géographiquement distantes.

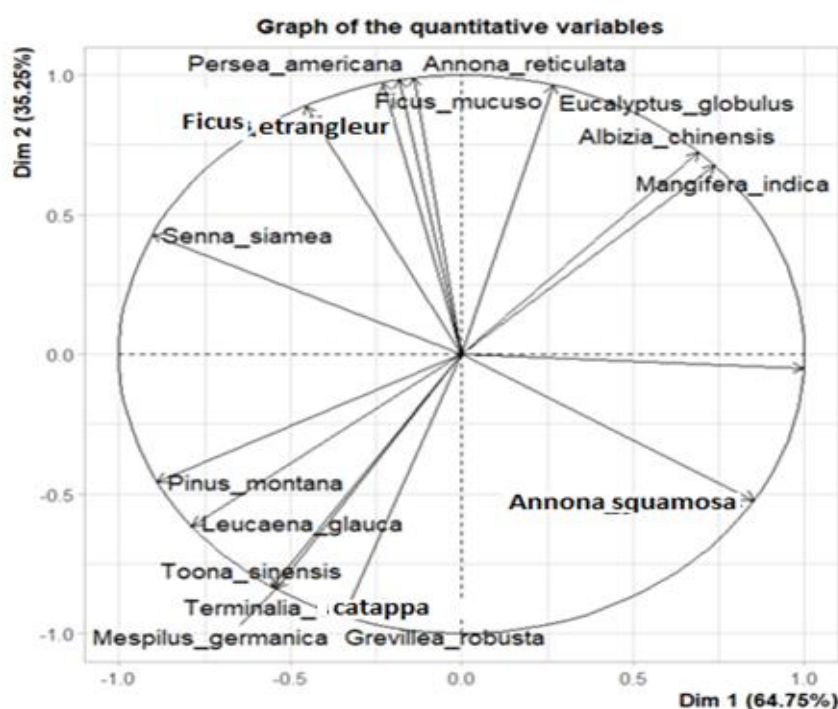
**Tableau 3: Indice de similarité Morisita-Horn pour les communes**

| COMMUNES   | MBUNYA | NYAKASANZA | SHARI |
|------------|--------|------------|-------|
| MBUNYA     | 1.00   |            |       |
| NYAKASANZA | 0.95   | 1.00       |       |
| SHARI      | 0.90   | 0.89       | 1.00  |

### 3.1.5. Analyse factorielle de correspondance (AFC)

La variabilité des espèces du milieu d'étude est appréciée par l'analyse factorielle de correspondance (AFC) pour identifier les groupes des espèces basées sur une distribution d'arbres. Les axes fournis par l'AFC peuvent être interprétés chacun comme une variabilité inter ou intra zones. L'analyse de cette ordination floristique fait dégager 4 groupes floristiques individualisés. Les résultats de l'AFC montrent que les deux premiers axes représentent 42,34% de la variance totale (Figure 3).

**Figure 3 : Ordination des espèces dans les communes d'inventaire du milieu d'étude**



Nous constatons dans cette figure 3 que l'ordination a permis d'apprécier les affinités floristiques entre les espèces d'une même commune et d'en dégager la variabilité observée entre elles et aussi entre les espèces des parcelles voisines et avec celles des parcelles assez distantes dans les différentes communes.

### 3.1.6. Coefficient de similitude de Sorensen (Cs)

Ce coefficient nous permet de comprendre la présence-absence des espèces dans les différents sites d'inventaire (Tableau 4).

**Tableau 4 : Distribution de présence-absence des espèces dans les communes**

| COMMUNE                      | MBUNYA    |          | NYAKASANZA |          | SHARI     |          |
|------------------------------|-----------|----------|------------|----------|-----------|----------|
| Espèces                      | Présence  | Absence  | Présence   | Absence  | Présence  | Absence  |
| <i>Albizia chinensis</i>     | 1         | 0        | 1          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Aleurites molucanus</i>   | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Annona muricata</i>       | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Annona reticulata</i>     | 1         | 0        | 1          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Annona squamosa</i>       | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Averrhoa carambola</i>    | 0         | 0        | 1          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Clematis vitalba</i>      | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Cupressus lucitanica</i>  | 0         | 0        | 1          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Croton megalocarpus</i>   | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Eriobotrya japonica</i>   | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Eucalyptus globulus</i>   | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Euphorbia cotinifolia</i> | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Eurythra abyssinica</i>   | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Ficus etrangleur</i>      | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Ficus mucoso</i>          | 1         | 0        | 1          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Grevillea robusta</i>     | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Hibiscus elatus</i>       | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Leucaena glauca</i>       | 0         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Mangifera indica</i>      | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Mespilus germanica</i>    | 0         | 0        | 0          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Moringa oleifera</i>      | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Persea americana</i>      | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Pinus montana</i>         | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Psidium guajava</i>       | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Ricinus communis</i>      | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Senna siamea</i>          | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Tamarandus indica</i>     | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Terminalia catappa</i>    | 1         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Toona sinensis</i>        | 0         | 0        | 1          | 0        | 1         | 0        |
| <i>Ura crepitens</i>         | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <i>Vernonia amygdalina</i>   | 1         | 0        | 0          | 0        | 0         | 0        |
| <b>TOTAL</b>                 | <b>26</b> | <b>0</b> | <b>16</b>  | <b>0</b> | <b>12</b> | <b>0</b> |

**CS=0,53658537**

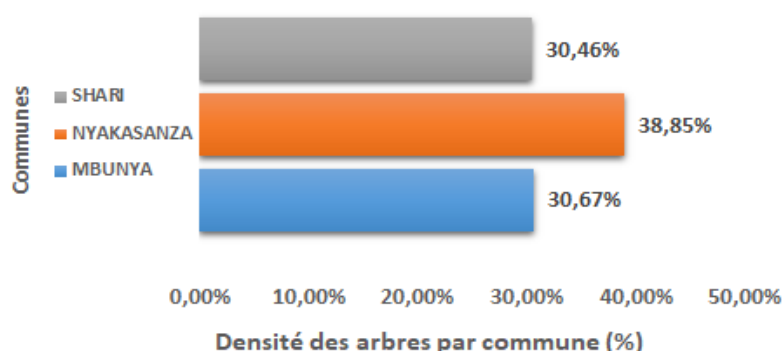
Légende : CS=coefficient de Sorensen, 0 = Absence de l'espèce et 1 = présence de l'espèce.

L'analyse de ce tableau montre que la commune de Mbunya est plus diversifiée (26 espèces) que celle de Shari où seulement 12 espèces sont recensées. Le calcul du coefficient de Sorensen (0,53) indique que toutes les espèces sont identiques à 53% dans les trois communes de la ville de Bunia.

### 3.2. Analyse des données structurales

L'analyse des paramètres structuraux présente au total 2311 arbres inventoriés dans 21 parcelles dont chacune avait une superficie d'un hectare, soit 100m x 100 m de côté au sein des trois communes. La commune de Nyakasanza vient en tête avec 898 arbres soit (38,85%), la commune de Mbunya suit avec 709 arbres recensés soit (30,67%) et la commune de Shari a obtenu 704 arbres inventoriés (30,46%) (Figure 4). Tous ces arbres sont répartis dans 32 espèces, 30 genres, dans 18 différentes familles et dans 17 différents ordres (APG III).

**Figure 4 : Répartition des arbres inventoriés par commune**



#### 3.2.1. Densité et surface terrière de peuplement du milieu d'étude

Toutes les moyennes des densités et des surfaces terrières obtenues entre les communes sont présentées dans le tableau (5).

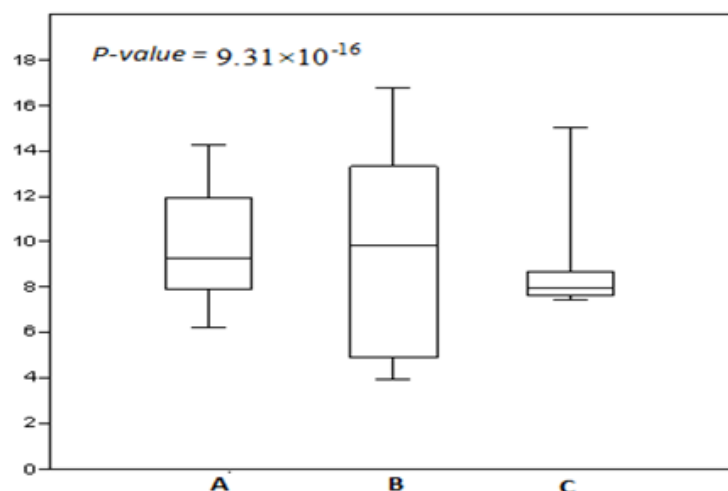
Sur le total des 2311 arbres inventoriés, la moyenne totale des densités dans la ville de Bunia est de 110,05 arbres/ha dont la commune de Nyakasanza présente une moyenne élevée des densités soit ( $128,29 \pm 23,47$ ) arbres/ha contre une faible moyenne de ( $100,57 \pm 28,96$ ) arbres/ha obtenue dans la commune de Shari. La densité varie significativement selon les parcelles (ANOVA 2 :  $F = 5,989$ ;  $p\text{-value} = 9.31 \times 10^{-16}$ ) mais statistiquement elle ne varie pas selon les communes ( $F = 1,492$  ;  $p\text{-value} = 0,225$ ). La surface terrière totale de la ville de Bunia est de 166,77 m<sup>2</sup>/ha parmi lesquelles la commune de Nyakasanza fait observer une surface terrière supérieure (65,24 m<sup>2</sup>/ha) de la florule étudiée. La faible valeur de la surface terrière est obtenue dans la commune de Shari (45,93 m<sup>2</sup>/ha). Tandis que la moyenne totale des surfaces terrières de la florule est de 7,95 m<sup>2</sup>/ha parmi lesquelles

**Tableau 5 : Densité (D<sup>ha</sup>) et surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) dans les 3 différentes communes**

| COMMUNES                             | MBUNYA         | NYAKASANZA     | SHARI          | TOTAL                 | TEST (F) | P-value                |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|----------|------------------------|
| <b>Caractéristiques structurales</b> |                |                |                |                       |          |                        |
| <b>Densité (tiges)</b>               | 709            | 898            | 704            | <b>2311</b>           | 0,01487  | 0,9853                 |
| <b>G (m<sup>2</sup>)</b>             | 55,62          | 65,23          | 45,93          | <b>166,77</b>         | 0,1291   | 0,9382                 |
| <b>Moyenne + Ecart-type</b>          |                |                |                |                       |          |                        |
| <b>Densité (tiges/ha)</b>            | 101,29 ± 31,79 | 128,29 ± 23,47 | 100,57 ± 28,96 | <b>110,05 ± 28,07</b> | 1,492    | 0,225                  |
| <b>G (m<sup>2</sup>/ha)</b>          | 7,99 ± 2,29    | 9,32 ± 4,13    | 6,56 ± 2,93    | <b>7,95 ± 3,11</b>    | 5,989    | $9.31 \times 10^{-16}$ |

La commune de Nyakasanza fait observer une valeur élevée de la moyenne soit 9,32 m<sup>2</sup>/ha des surfaces terrières et une moyenne faible de 6,56 m<sup>2</sup>/ha des surfaces terrières est observée dans la commune de Shari (Figure 5).

**Figure 5 : Illustration des surfaces terrières dans les trois communes**



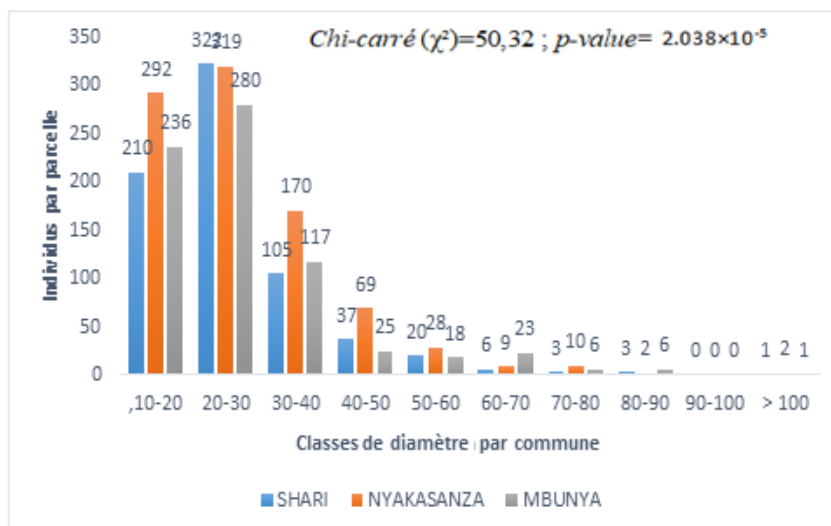
A=Surfaces terrières de la commune de Mbunya, B= Surfaces terrières de la commune de Nyakasanza et C=Surfaces terrières de la commune de Shari

La comparaison des moyennes des surfaces terrières observées dans les différentes parcelles de chaque commune varie significativement (ANOVA 2 : F = 5,989 ;  $p\text{-value} = 9,31 \times 10^{-16}$ ) mais elle ne diffère pas selon les communes (F= 1.492 ;  $p\text{-value} = 0,225$ ) bien qu'elle présente une différence numérique.

### 3.2.2. Structure diamétrique

Toutes les structures diamétriques obtenues des individus inventoriés à  $D_{hp} \geq 10$  cm dans les différentes parcelles au sein des trois communes de la ville de Bunia, sont réparties dans 10 classes de diamètres retenues de 10 cm d'écart chacune pour cette étude. La classe de 10-20 cm renferme tous les arbres inventoriés ayant une faible structure diamétrique, tandis que la classe 10 renferme les arbres dont le diamètre est  $\geq 100$  cm. Les arbres inventoriés dans le milieu d'étude dont les diamètres se situent entre la classe de 20-30 cm sont plus nombreux (921 arbres) soit 39,69% et la faible valeur est observée dans la classe de 90-100 cm où aucun arbre n'est inventorié dans cette classe (Figure 6).

**Figure 6 : Distribution par classe des diamètres des tous les arbres inventoriés à  $D_{hp} \geq 10$  cm dans toutes les trois communes (Mbunya, Nyakasanza et Shari)**





L'analyse de cette figure montre que les arbres inventoriés dont les diamètres se situent entre la classe de 20-30 cm dans la commune de Shari sont nombreux (322 arbres) et il n'y a aucun arbre dont le diamètre est situé dans la classe de 90-100 cm pour toutes les 21 parcelles d'inventaire dans chacune des communes (Zero arbre). Une forte variabilité des structures diamétriques est observée dans toutes les trois communes. La comparaison des distributions des arbres par classes des diamètres obtenus dans les différentes communes montre une différence significative ( $X^2 = 50.32$ ,  $df = 16$ ,  $p\text{-value} = 2.038 \times 10^{-5}$ ). Il y a un lien statistique entre la localisation (commune) et le nombre d'individus par classes de diamètre car  $p\text{-value}$  est  $< 0,05$ . En d'autres termes, le nombre d'individus par classes de diamètre diffère significativement ( $p\text{-value} < 0,001$ ) selon les communes, avec un nombre élevé dans la commune de Nyakasanza. D'une manière générale, nous observons que le nombre d'arbres diminue au fur et à mesure que les classes diamétriques augmentent et le même constat est observé pour les arbres qui sont des petites tailles et sont très nombreux dans les classes des diamètres se situant dans la classe de 10-20 cm et de 20-30 cm pour chaque commune.

### 3.2.3. Indice de valeur d'importance (IVI)

Cet indice calculé pour chaque espèce et famille sert à déterminer les espèces et les familles écologiquement les plus importantes pour le peuplement du milieu d'étude. Une espèce ou une famille est importante dans un peuplement donné lorsque  $IVI > 10$ .

#### A. Indice des valeurs d'importance des espèces par commune

Nous avons retenu les espèces écologiquement importantes ayant  $IVI > 10$  dans chaque commune et chaque commune a enregistré des espèces qui lui sont propres (Tableau 6)

**Tableau 6 : Indice des valeurs d'importance des espèces par commune**

| Communes   | Espèces par commune        | DOR (%) | DR (%) | IVI    |
|------------|----------------------------|---------|--------|--------|
| MBUNYA     | <i>Eucalyptus globulus</i> | 55,94   | 19,14  | 38,20  |
|            | <i>Mangifera indica</i>    | 26,05   | 4,40   | 12,81  |
|            | Autres espèces             | 18,01   | 7,03   | 12,90  |
|            | Total                      | 100,00  | 30,56  | 63,91  |
| NYAKASANZA | <i>Eucalyptus globulus</i> | 48,08   | 20,47  | 40,15  |
|            | <i>Persea americana</i>    | 24,68   | 6,85   | 16,95  |
|            | Autres espèces             | 27,25   | 11,38  | 20,71  |
|            | Total                      | 100,00  | 38,71  | 77,82  |
| SHARI      | <i>Eucalyptus globulus</i> | 41,91   | 13,71  | 25,13  |
|            | <i>Grevillea robusta</i>   | 19,86   | 4,70   | 10,11  |
|            | Autres espèces             | 38,23   | 12,32  | 23,03  |
|            | Total                      | 100,00  | 30,35  | 57,89  |
|            | TOTAL                      | 300,00  | 100,00 | 200,00 |

Légende : DR (%) = densité relative en %, DOR (%) = dominance relative, et  
IVI=Indice de valeur d'importance des espèces.

L'analyse des résultats obtenus dans ce tableau (6), montre 2 espèces qui dominent dans chacune des communes; respectivement la commune de Mbunya; *Eucalyptus globulus* ( $IVI=38,20$ ) et *Mangifera indica* ( $IVI=12,81$ ) contre les autres espèces qui y sont moins représentées ( $IVI= 12,90$ ). La commune de Nyakasanza est écologiquement dominée par *Eucalyptus globulus* ( $IVI=40,15$ ) et *Persea americana* ( $IVI=16,95$ ) où les autres espèces ( $IVI=20,71$ ) sont moins importantes. Tandis que *l'Eucalyptus globulus* ( $IVI=25,13$ ) et le *Grevillea robusta* ( $IVI=10,11$ ) sont écologiquement importantes dans la commune de Shari où les autres espèces ( $IVI= 22,65$ ) sont moins représentées.

### B. Indice des valeurs d'importance des familles par commune

Nous constatons que les Myrtaceae sont importantes écologiquement dans toutes les communes. La famille des Lauraceae est importante seulement dans la commune de Nyakasanza, à Mbunya les Anacardiaceae y sont seules importantes. les Proteaceae ne dominent écologiquement que dans la commune de Shari (Tableau 7).

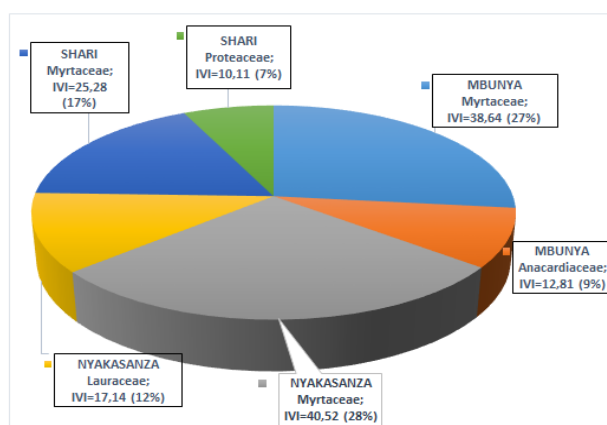
. **Tableau 7: Indice des valeurs d'importance des familles par commune**

| FAMILLES/<br>COMMUNE | DOR (%)    | DR (%)     | IVI        |
|----------------------|------------|------------|------------|
| <b>MBUNYA</b>        |            |            |            |
| Myrtaceae            | 60,23      | 19,48      | 38,64      |
| Anacardiaceae        | 26,45      | 4,4        | 12,81      |
| Autres familles      | 13,32      | 76,12      | 148,55     |
| <b>Total</b>         | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>200</b> |
| <b>NYAKASANZA</b>    |            |            |            |
| Myrtaceae            | 48,33      | 20,73      | 40,52      |
| Lauraceae            | 24,8       | 6,98       | 17,14      |
| Autres familles      | 26,87      | 72,29      | 142,34     |
| <b>Total</b>         | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>200</b> |
| <b>SHARI</b>         |            |            |            |
| Myrtaceae            | 41,83      | 13,88      | 25,28      |
| Proteaceae           | 19,86      | 4,7        | 10,11      |
| Autres familles      | 38,31      | 81,42      | 164,61     |
| <b>Total</b>         | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>200</b> |

Légende : DR (%) = Densité relative en %, DOR (%) = dominance relative, et  
IVI=Indice de valeur d'importance des familles.

Dans ce tableau, les Myrtaceae (IVI=38,64) et les Anacardiaceae (IVI=12,81) sont importantes dans la commune de Mbunya où les autres familles ne sont pas importantes (IVI=148,55) écologiquement. Les Myrtaceae (IVI=40,52) et les Lauraceae (IVI= 17,14) sont écologiquement importantes dans la commune de Nyakasanza contre les autres familles qui y sont moins représentées (IVI= 142,34) tandis que les Myrtaceae (IVI=25,28) et les Proteaceae (IVI=10,11) sont bien représentées dans la commune de Shari. Les autres familles (IVI=164,61) y sont moins importantes. Les familles qui sont écologiquement importantes dans le milieu d'étude sont présentées dans la Figure 7. Il est observé que parmi les familles enregistrées, la famille de Myrtaceae est la plus écologiquement importante dans la ville de Bunia du fait qu'elle est présente dans toutes les communes.

**Figure 7: Illustration des familles les plus importantes dans la ville de Bunia**



## 4. Discussion

### 4.1. Richesse et diversité spécifique du peuplement étudié

La commune de Mbunya est très diversifiée avec 26 espèces et une moyenne de  $(7,29 \pm 5,59)$  que les autres communes dont la commune de Nyakasanza suit avec 16 espèces recensées avec une moyenne de  $(6,29 \pm 2,63)$  et en dernière position vient la commune de Shari qui a enregistré 12 espèces avec une moyenne de  $(5,57 \pm 2,57)$ . Cette variabilité floristique constatée entre les communes est due au fait que beaucoup d'arbres sont coupés pour des raisons d'usages par l'homme qui cherche à satisfaire ses besoins vitaux. Les espèces recensées dans cette commune sont exotiques et peu d'autres sont endogènes contrairement aux arbres inventoriés dans d'autres communes qui sont en majorité exotiques. Cela montre que la ville de Bunia est dominée par la biodiversité ligneuse exotique. Les études faites à Abidjan (Côte d'Ivoire) par (Bi Tra Aimé VROH et *al.*, 2014) ont montré que le nombre d'espèces exotiques est élevé dans les deux jardins 1 et 2 avec respectivement 25 et 39 espèces.

Les plantations faites dans les zones moins boisées font essentiellement intervenir des taxons exotiques à croissance rapide (Forester, 2006 ; Chazdon, 2008 ; FAO, 2021a ; Katembo K.D, 2024) contrairement aux celles réalisées dans les zones habituellement forestières qui sont généralement à base d'espèces indigènes. Nous constatons que l'accumulation des espèces inventoriées dans le milieu d'étude montre une courbe qui a augmenté au début et vers la fin elle a atteint le niveau asymptotique. Cela montre qu'il n'y a plus un ajout des nouvelles espèces et que notre échantillon est suffisant pour recenser la flore arborescente de la ville de Bunia. La richesse spécifique de chaque commune montre une augmentation régulière d'une courbe des espèces, la courbe rouge des espèces de la commune de Nyakasanza. Tandis que l'accumulation des espèces recensées dans la commune de Mbunya et de Shari montre une courbe bleue (Mbunya) et mauve (Shari). Ces deux courbes ont atteint le niveau asymptotique. Ceci démontre clairement que le nombre d'espèces nouvelles est nul dans le milieu d'étude (Figure 2).

### 4.2. Valeurs indicatrices (Ind. Val.) des espèces du milieu d'étude

Les composantes des valeurs indicatrices montrent que l'espèce d'*Eucalyptus globulus* apparaît dans toutes les parcelles d'inventaire ( $B = 1,00$ ), et elle n'y est cependant pas limitée ( $A = 0,97$ ). Cette espèce est dite « Eurytopique » car elle s'adapte à toutes les conditions environnementales du milieu d'étude. D'après les travaux de Herintsitohaina, 2009 au Madagascar qui ont montré que l'espèce d'*Eucalyptus globulus* est parmi les espèces du genre *Eucalyptus* qui a marqué une extension particulière grâce à sa faculté d'adaptation tout en résistant au feu. Cette espèce tient une place importante en milieux urbains Malgaches en contribuant à l'amélioration des conditions de vie des citoyens. Cela se justifie par le fait que cette espèce s'adapte aux conditions des milieux urbains où elle est beaucoup utilisée pour la construction des habitations, comme source énergétique, pour la protection du sol et comme brise vent. L'analyse de l'indice de similarité Morisita (Horn) indique une forte similarité floristique entre les communes bien que les parcelles d'inventaire de ces communes soient géographiquement distantes les unes des autres. La commune de Mbunya et celle de Nyakasanza sont proches ( $MH=0,95$ ). Tandis qu'une faible similarité floristique est observée entre les communes de Nyakasanza et celle de Shari ( $MH=0,89$ ). Les études d'Amaral, M.L (2015) et de Hayes, J. (2017), ont trouvé une performance de l'indice de similarité à déterminer la distribution spatiale dans les milieux urbains où les espèces sont éparpillées. L'analyse du coefficient de Sorensen (0,53), confirme une présence de 26 différentes espèces dans la commune de Mbunya et seulement 12 espèces sont présentes dans la commune de Shari. C'est ce qui justifie que la commune de Mbunya est plus diversifiée que les autres communes.

### 4.3. Densité et surface terrière du peuplement de milieu d'étude

Les résultats de cette étude ont donné au total 2311 arbres inventoriés dans les 21 parcelles au sein des 3 communes (Mbunya, Nyakasanza et Shari) de la ville de Bunia. La moyenne totale obtenue de la densité est de 110,05 arbres/ha dont la commune de Nyakasanza a une moyenne (128,29 arbres/ha) la plus élevée de toutes les communes. Tandis que la commune de Shari a enregistré une faible moyenne de 100,57 arbres/ha. Ce qui montre une variabilité des densités au sein des parcelles (ANOVA 2 :  $F = 5,989$  ;  $p\text{-value} = 9.31 \times 10^{-16}$ ) mais elle ne varie pas statistiquement entre les communes ( $F = 1,492$  ;  $p\text{-value} = 0,225$ ). Une étude faite au plateau d'Abidjan (Côte d'Ivoire) montre que sur un total de 233 tiges de Dhp  $\geq 10$  cm obtenu, le nombre de tiges varie d'un espace à un autre (Bi Tra Aimé VROH et al, 2014). La surface terrière totale de la ville de Bunia est de 166,77 m<sup>2</sup>/ha parmi lesquelles la commune de Nyakasanza a obtenu une surface terrière supérieure (65,24 m<sup>2</sup>/ha) de la ville de Bunia. La faible valeur de la surface terrière est obtenue dans la commune de Shari (45,93 m<sup>2</sup>/ha). Elle varie d'une commune à l'autre. Selon Katembo, D.K. (2024), il a trouvé une surface terrière totale de 30 m<sup>2</sup>/ha conformément à Prégent (1998). Il a justifié ses résultats par le fait que la surface terrière est un indicateur du degré de compétition qui s'observe entre les tiges en tenant compte du nombre et de la grosseur des tiges.

### 4.4. Structure diamétrique

Pour cette étude les structures diamétriques des individus inventoriés à Dhp  $\geq 10$  cm dans les 21 parcelles au sein des trois communes de la ville de Bunia, sont réparties dans 10 classes de diamètres de 10 cm d'écart chacune. La classe de 10-20 cm renferme tous les arbres inventoriés ayant une faible structure diamétrique, tandis que la 10<sup>ème</sup> classe renferme les arbres dont le diamètre est  $\geq 100$  cm. Les arbres inventoriés dans le milieu d'étude dont les diamètres se situent entre la classe de 20-30 cm sont plus nombreux (921 arbres) soit 39,69% et la faible valeur est observée dans la classe de 90-100 cm où aucun arbre n'est inventorié dans cette classe (Figure 6). D'une manière générale, nous observons une diminution de nombre d'arbre au fur et à mesure que les classes diamétriques augmentent. Cela justifie que les arbres inventoriés dans le milieu d'étude sont des petites tailles. Une étude menée par Mposo (2020) sur les forêts à terres fermes et hydromorphes en Ituri a montré que les structures diamétriques des arbres dont les diamètres se situent entre les classes des diamètres de 10-20 cm, sont très élevées et la faible valeur des diamètres est observée dans la classe de 40-50 cm dans les deux types forestiers. Les résultats obtenus montrent aussi les espèces écologiquement importantes dans chaque commune, notamment dans la commune de Mbunya; *Eucalyptus globulus* (IVI=38,20) et *Mangifera indica* (IVI=12,81), *Eucalyptus globulus* (IVI=40,15) et *Persea americana* (IVI=16,95) sont importantes dans la commune de Nyakasanza et l'*Eucalyptus globulus* (IVI=25,13) et le *Grevillea robusta* (IVI=10,11) sont écologiquement importantes dans la commune de Shari. Les autres espèces (IVI=22,65) sont moins représentées.

## 5. Conclusion

Cette étude a permis de comprendre la composition floristique et structurale de la biodiversité ligneuse dans les trois différentes communes (Mbunya, Nyakasanza et Shari) de la ville de Bunia. La variabilité floristique observée dans ce milieu urbain a montré que ce milieu regorge une richesse spécifique non négligeable. Cette biodiversité ligneuse en milieu urbain de Bunia est dominée par les espèces qui sont présentes dans toutes les communes, il s'agit de *Eucalyptus globulus*, *Grevillea robusta*, *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Pinus montana* et *Psidium guajava*. Bien que cette biodiversité soit éparse et exposée à la dégradation suites aux activités anthropiques, elle continue à assurer leurs rôles écosystémiques pour améliorer la qualité de vie des citoyens. L'analyse des résultats de ce travail a permis de se rendre compte de la variabilité structurale de la biodiversité ligneuse de la ville de Bunia qui est constituée des arbres de petites tailles ce qui montre que la

biodiversité de cette ville est dynamique. Etant donné que les activités anthropiques dégradent cette biodiversité, elles jouent un rôle négatif sur la croissance et l'installation des arbres dans les milieux urbains et rendent les écosystèmes urbains souvent instables. A l'issue de ce travail, quelques espèces ont été identifiées comme écologiquement importantes dans la ville de Bunia, telle que l'*Eucalyptus globulus* (IVI=38,20), *Mangifera indica* (IVI=12,81), *Persea americana* (IVI=16,95) et le *Grevillea robusta* (IVI=10,11). Cependant la famille de Myrtaceae est largement présente dans toutes les communes. Notons que plusieurs études ont été menées dans les forêts denses tropicales, la présente étude se démarque par la détermination de la composition floristique et structurale de la biodiversité ligneuse en milieux urbains, cas de la ville de Bunia (RDC).

## Bibliographie

1. Amaral, M.L., Buriol, L.R., & Serela, R.C., (2015). Evaluation of the Morisita index for determination of the spatial distribution of species in fragment of Araucaria Forest. *Applied Ecology and Environment research*, 13(2), 361-372.
2. Bi Tra Aimé Vroh, Marie Solange Tiebre et Kouakou Edouard N'guessan (2014). *Diversité végétale urbaine et estimation du stock de carbone : cas de la commune du Plateau Abidjan, Côte d'Ivoire*. Université Félix Houphouët-Boigny, Unité de Formation et de Recherche des Sciences Biologiques, Laboratoire de Botanique, Côte d'Ivoire. 12p.
3. Blondel, J. (1979). Insularité et démographie des Mésanges du Genre Parus (Aves). *C.R. Acad. Sci. Paris*, Sér. D,t. 289, 161-164.
4. Boyemba, F.B. (2011). Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae). *Arbre de forêt tropicale Africaine à répartition agrégée*. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 181p.
5. Chazdon, R. L. (2008). Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, 320, 1458–1460.
6. Curtis J.T., et McIntosh R.P. (1950). The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31, 434-455.
7. Dallmeier F., Kabel M. et Rice R. (1992). Methods for long-term biodiversity inventory plots in protected tropical forest. In Dallmeier F. (Ed.). *Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots*. MAB Digest 11. UNESCO, Paris, 11-46.
8. Dufrêne, M., Legendre, P. (1997). Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs*, 67(3), 345–366. <https://doi.org/10.2307/2963459>
9. FAO (2010). *Les forêts du Bassin du Congo. Etat des forêts 2010*. Comifac. 274p.
10. FAO (2021a), *Evaluation des ressources forestières mondiales 2020*. Rapport principal. Rome.170p.
11. Forrester, D. I. (2006). Mixed-species plantation of Eucalyptus with nitrogen fixing trees: A review. *Forest Ecology and Management*, 233(2-3), 211–230.
12. Gounot, M. (1969). *Méthode quantitative de la végétation*. Paris : Ed. Masson et Cie. 314p.
13. Hayes, J. & Wilson, G.W (2017). A new Approach for interpreting the Morisita index of Aggregation through quadrat size. *ISPRS international journal of geo-information*, 6(10), 15p.
14. Herintsitohaina Razakamanarivo Ramarson (2009). *Potentialités de stockage du carbone dans le système plante-sol des plantations d'Eucalyptus des hautes terres Malgaches*. Thèse, Centre international d'Etudes supérieures en sciences agronomiques, France : Montpellier. 51p.
15. Katembo K. Desire (2024). *Influence des facteurs biotiques et abiotiques sur la productivité forestière et la diversité floristique du sous-bois des plantations ligneuses autour du Parc National des Virunga en Province du Nord-Kivu (RD Congo)*. Thèse, Faculté des sciences de l'Université de Kisangani. 204p.
16. Katembo, W. Eric (2013). *Etude floristique et structurale des forêts monos dominantes à Gilbertiodendron dewevrei (De Wild.) J. Léonard, sur sol hydromorphe et sur terre ferme à Uma (Province Orientale, R.D. Congo)*. Mémoire de DES/DEA, Faculté des sciences de l'Université de Kisangani. 63p.
17. Laille, P., D. Provendier Et F. Colson (2003). Les bienfaits du végétal en ville- Synthèse des travaux scientifiques et méthode d'analyse. *Plante et Cité*. 33p.
18. Leigh, E.G. et Loo De Lao S. (2000). *Fisher's Alpha: measuring tree diversity*. Center for Tropical Forest Science, 7-12.



19. Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell. United Kingdom:Publishing Company. 256p.
20. Mposo Nsangua, B. (2020). *Etude comparative de la structure et de la composition floristique des forêts de terre ferme avec celles sur le sol hydromorphe dans la plaine de Semliki, province de l'Ituri (RDC)*, DEA/DES en sciences, Faculté des sciences de l'université de Kisangani, 74p.
21. Picard N. & Gourlet-Fleury S. (2008). *Manuel de référence pour l'installation de dispositifs permanents en forêt de production dans le Bassin du Congo*. CIRAD, Département Environnements et Sociétés, UPR Dynamique des forêts naturelles, Montpellier, France. 265p.
22. Prigent, G. (1998). *L'éclaircie des plantations. Mémoire de recherche forestière No. 133*. Quebec : Ministères des ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. 38 p.
23. Robyns, W. (1958). *Flore du Congo belge et du Rwanda Urundi. Tableau analytique des Familles*. Bruxelles : Publ. INEAC. 69p.
24. Sabongo, Y. (2015). *Etude comparative de la structure et de la diversité des forêts monodominantes à Gilbertiodendron dewevrei (De Wild.) J. Léonard des régions de Kisangani et de l'Ituri (R.D.Congo)*.Thèse de doctorat, Université de Kisangani, 173 p.
25. Senterre, B. (2005). *Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la Phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale*. Thèse de Doctorat, Ulb. 345p.
26. Siegert, M.J, J.C., Priscu C.F., Bentle J.S., Clarke, A.M., Smith J.A., Dowdeswell, (2002). Ice-associated environments, thermosphere and Global Environment Change. *Geophysical Monograph series* 33,15p.
27. Van de Weghe, J.P. (2004). *Forêts d'Afrique centrale la nature et l'homme*. Éd. Lannoo sa Tielt-Belgique, 367p.
28. Thorvald Sorensen (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons, *Munksgaard in Komm*, 5(4), 1-4.