

## **Diversité Floristique des Forêts Dégradées de l'Unité Forestière d'Exploitation (UFE) Nyanga, Située au Sud-Ouest de la République du Congo**

*Ngassaki Oka, Doctorant*

*Saint Fédriche Ndzai, PhD*

*Félix Koubouana, PhD*

Maître de Conférences CAMES

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),  
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF),  
Université Marien N'gouabi, Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p281](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p281)

Submitted: 22 August 2023

Accepted: 29 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Oka N., Ndzai S.F. & Koubouana F. (2023). *Diversité Floristique des Forêts Dégradées de l'Unité Forestière d'Exploitation (UFE) Nyanga, Située au Sud-Ouest de la République du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 281.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p281>

### **Résumé**

La présente étude a été menée dans l'Unité Forestière d'Exploitation Nyanga, située au Sud-Ouest de la République du Congo, afin de contribuer à la connaissance de la flore dans ces paysages forestiers dégradés. Les données ont été collectées dans seize sous-parcelles de 25 m x 25 m, pour les arbres à partir de diamètre supérieur ou égal à 5 cm et 24 sous-parcelles de 12,5 m x 12,5 m, pour les arbustes à partir de hauteur supérieur ou égal à 1 m et de diamètre inférieur à 5 cm sur une étendue d'un (1) ha chacune pour les strates de forêts dégradées à 6 ans puis 13 ans. Deux paramètres ont été étudiés dont l'un floristique et l'autre structural. Au total 5 834 individus ont été dénombrés appartenant à 117 espèces, 98 genres et 41 familles à 6 ans et 3 069 tiges, réparties en 60 espèces, 54 genres et 27 familles à 13 ans. *Musanga cecropioides* R. Br. (Urticaceae) est l'espèce par famille la mieux représentée écologiquement pour les deux âges. Les indices de diversité montrent une grande variabilité des espèces avec des valeurs plus élevés pour Shannon ( $4,59 \pm 0,17$ ) et équitabilité ( $0,76 \pm 0,01$ ) à six ans et à treize ans ( $0,13 \pm 0,02$ ) pour Simpson. La valeur du coefficient de Sorensen égale à (30,50 %) ne montre

pas de véritable ressemblance floristique entre les différentes parcelles inventoriées. Les moyennes de la densité ( $1861 \pm 181,52$  tiges/ha) et de la surface terrière ( $21,44 \pm 0,51$  m<sup>2</sup>/ha) sont plus élevées à six ans. Les moyennes du diamètre ( $10,02 \pm 0,76$ ) cm et la hauteur ( $10,2 \pm 0,90$ ) m sont plus élevées à 13 ans. La répartition des tiges par classe de diamètre montre dans les deux âges une prédominance des tiges de faible diamètre mais avec plus individus à six ans. Cette étude nous a permis de comprendre la dynamique forestière en fonction de l'âge du peuplement.

---

**Mots-clés:** Diversité, Flore, Forêt, Dégradation, Unité Forestière d'Exploitation, République, Congo

---

## **Floristic Diversity of the Degraded Forests of the Nyanga Forest Exploitation Unit, Located in the South-West of the Republic of Congo**

*Ngassaki Oka, Doctorant*  
*Saint Fédriche Ndzai, PhD*  
*Félix Koubouana, PhD*

Maître de Conférences CAMES

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),  
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF),  
Université Marien N'gouabi, Brazzaville, Congo

---

### **Abstract**

This study was conducted in the Nyanga Forest Exploitation Unit, located in the south-west of the Republic of Congo, in order to contribute to the knowledge of the flora in these degraded forest landscapes. Data were collected in sixteen sub-plots of 25 m x 25 m, for trees from a diameter greater than or equal to 5 cm and 24 sub-plots of 12.5 m x 12.5 m, for shrubs from height greater than or equal to 1 m and diameter less than 5 cm over an area of one (1) ha each for strata of degraded forests at 6 years then 13 years. Two parameters were studied, one floristic and the other structural. A total of 5,834 individuals were counted belonging to 117 species, 98 genera and 41 families at 6 years and 3,069 stems, divided into 60 species, 54 genera and 27 families at 13 years. *Musanga cecropioides* R. Br. (Urticaceae) is the best ecologically represented species/family for both ages. The diversity indices show a large variability of species with higher values for Shannon ( $4.59 \pm 0.17$ ) and evenness ( $0.76 \pm 0.01$ ) at six years and thirteen years ( $0.13 \pm 0.02$ ) for Simpson. The value of the Sorensen coefficient equal to (30.50%) does not

show any real floristic resemblance between the different species inventoried. The average density ( $1861 \pm 181.52$  stems/ha) and basal area ( $21.44 \pm 0.51$  m<sup>2</sup>/ha) are higher at six years. The averages of diameter ( $10.02 \pm 0.76$ ) cm and height ( $10.2 \pm 0.90$ ) m are higher at 13 years. The distribution of stems by diameter class shows in both ages a predominance of small diameter stems but with more individuals at six years. This study allowed us to understand the forest dynamics according to the age of the stand.

---

**Keywords:** Diversity, Flora, Forest, Degradation, Forest Exploitation Unit, Republic, Congo

## Introduction

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle crucial dans le bien-être des populations humaines (Akossongo, 2004). Ils rendent de nombreux services qui sont entre autres : la régulation du climat, le recyclage des nutriments, la stabilisation des sols, la création d'habitats naturels, sans oublier toute une pléiade de loisirs en plein air (Fearnside, 2005 ; Locatelli, 2011). Ils fournissent également des biens tels que : nourritures, médicaments et un large éventail des produits forestiers. Les forêts tropicales constituent des puits de carbone et des réservoirs de la biodiversité les plus importants de la planète (Roxane, 2015 ; Marion, 2018). Aussi, ces écosystèmes jouent un rôle fondamental dans la lutte contre la pauvreté en milieu rural en assurant la sécurité alimentaire et en fournissant les moyens de subsistance (FAO, 2015). Dans ce cadre, ils fournissent d'importante quantité de ressources naturelles pour la plupart des pays tropicaux et jouent un rôle important dans la conservation de la biodiversité et l'équilibre écologique (N'guessan et al., 2019). Du fait de la démographie croissante et pour les besoins économiques, ces forêts subissent des pressions diverses par les pratiques d'activités agricoles et d'exploitation industrielle des bois.

La République du Congo, située à cheval sur l'équateur et au cœur du deuxième massif forestier mondial, s'étend sur 342.000 km<sup>2</sup> (CNREDD, 2016) et présente une superficie forestière importante estimée à 23 517 000 hectares soit 69,8 % de l'étendue nationale (MEF., 2021). Ces forêts Congolaises sont réparties en trois massifs forestiers principaux d'inégale importance notamment la grande forêt du Nord, le Massif du Chaillu et celui du Mayombe (WRI, 2007). Elles abritent une riche biodiversité qui offre des biens et services précieux aux populations locales. Par ailleurs, pendant des décennies, ces forêts ont subi des changements importants, notamment en termes de répartition et d'usage des terres (WRI, 2012). Ces changements occasionnés par les activités anthropiques sont à l'origine de la déforestation et la dégradation forestière et constituent une menace pour la biodiversité dans les forêts tropicales (Kamungandu, 2009 et MEFDDE, 2016). Ce travail a été

effectué dans le massif forestier du Chaillu qui est exposé à une double pression anthropique notamment l'exploitation industrielle des bois et l'agriculture sur brûlis entraînant la dégradation de celles-ci. Ces forêts dégradées, caractérisées souvent par une destruction partielle de leur canopée, apparaissent aujourd'hui comme une catégorie de forêt à part entière (Cirad, 2011). Même si le terme de dégradation forestière est sujet à de nombreux débats et recouvre différentes acceptions (FRA, 2000 ; CDB, 2001 ; FAO, 2002b, CDB, 2005). La forêt est un milieu essentiellement dynamique dont les multiples composants sont en perpétuelle évolution (N'Guessan et al., 2019 ; Rarivoson, 2019 ; Taonda et al. 2021).

Ces formations forestières sont le produit du libre jeu des facteurs naturels, et dans lesquelles l'action de l'homme n'est pas prépondérante. Toutefois, l'Homme influence le développement de ces formations même si l'anthropisation n'est pas l'élément majeur de la dynamique de ces formations végétales (Didier, 1998). Les perturbations déclenchent donc des successions écologiques qui font de la forêt une mosaïque de taches d'habitats à des stades divers de développement. Comme chaque étape du processus de succession est habitée par des espèces qui lui sont plus ou moins étroitement adaptées, la diversité biologique à l'échelle d'un paysage forestier ne peut se maintenir que s'il existe en permanence au sein de ce dernier un échantillon de tous les stades de succession. Lorsque la dynamique succession transforme l'habitat d'une espèce, celle – ci ne peut survivre que si elle trouve dans le voisinage, c'est-à-dire dans ses limites de dispersion, un habitat semblable qui n'existe que si une autre succession a été déclenchée un peu plus tard dans le paysage (Blondel, 1995). Les caractéristiques structurales et la dynamique floristique sont constamment modifiées par diverses activités tel le changement d'utilisation des terres pour l'intensification de l'agriculture ou l'exploitation forestière (Kouadio et al., 2018).

Ces forêts du massif du Chaillu subdivisées en unités forestières d'exploitation et régies par des règles de gestion durable sont malheureusement exposées aux travaux champêtres des populations locales. Ce travail a été effectué particulièrement dans l'unité forestière d'exploitation (UFE) Nyanga. Il faut noter que très peu d'actions ont été menées dans ces forêts dégradées en particulier les études cartographiques sur la stratification de l'occupation du sol (MEFE/CNIAF/PAGEF/CIBN., 2011 et MEFDD/CIBN/GTGC., 2015), alors que la diversité des espèces ligneuses dans les forêts dégradées est moins connue et n'a pas été quantifiée à leur juste valeur. De ce fait, cette étude s'est avérée indispensable dans l'Unité Forestière d'Exploitation Nyanga, pour contribuer à la connaissance de la flore dans ces paysages forestiers dégradés en vue de dégager les orientations visant à la conservation de ces espaces et de leurs ressources naturelles. Elle a pour objectifs spécifiques : i)- évaluer la diversité floristique en fonction de l'âge

du peuplement et 2)- étudier les paramètres structuraux en fonction de l'âge du peuplement. Selon Gaudin (1996), l'âge est un critère descriptif et de classement pour de nombreux peuplements. Il peut cependant être très représentatif ou peu représentatif selon la nature des peuplements.

## Matériel et Méthodes

### Présentation du site d'étude

L'Unité Forestière d'Exploitation (UFE) Nyanga, est localisée dans le Massif du Chaillu, plus précisément dans l'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) Sud 5 Mossendjo dans le département du Niari au Sud-Ouest de la République du Congo. Elle couvre une superficie d'environ 548 461 hectares (Figure 1).

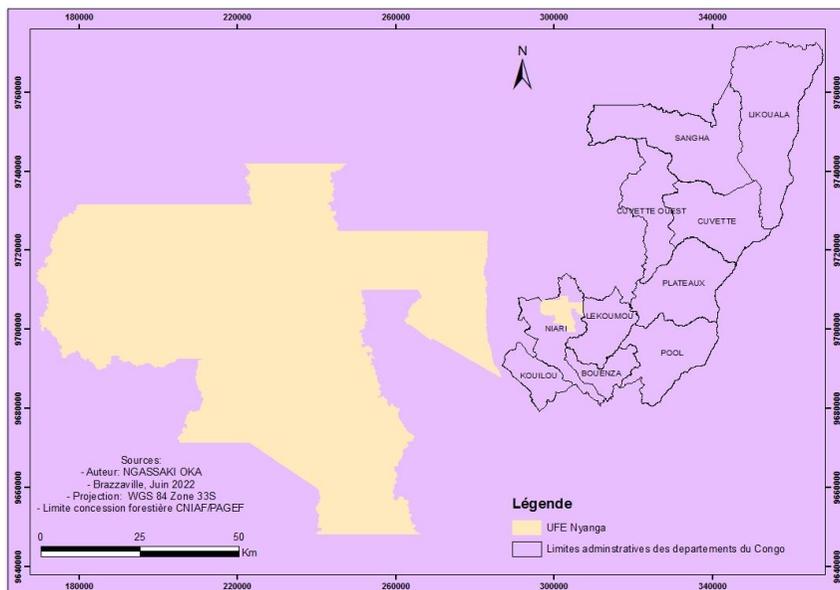


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude jouit d'un climat tropical de type bas congolais caractérisé par des précipitations abondantes souvent sous forme d'orages. Les pluviométries sont assez élevées avec deux maxima, en novembre et en mars par contre entre décembre et février, on note généralement un ralentissement des pluies. La saison sèche très marquée de juin à septembre, pouvant selon les années s'étendre en partie sur les mois de mai et octobre avec les précipitations nulles ou très faibles (Figure 2). La température moyenne reste élevée toute l'année, malgré une baisse notable au cours de la saison sèche. Les températures moyennes mensuelles sont assez élevées et oscillent entre 17°C et 25°C. Elles varient très peu pendant toute l'année (Figure 2).

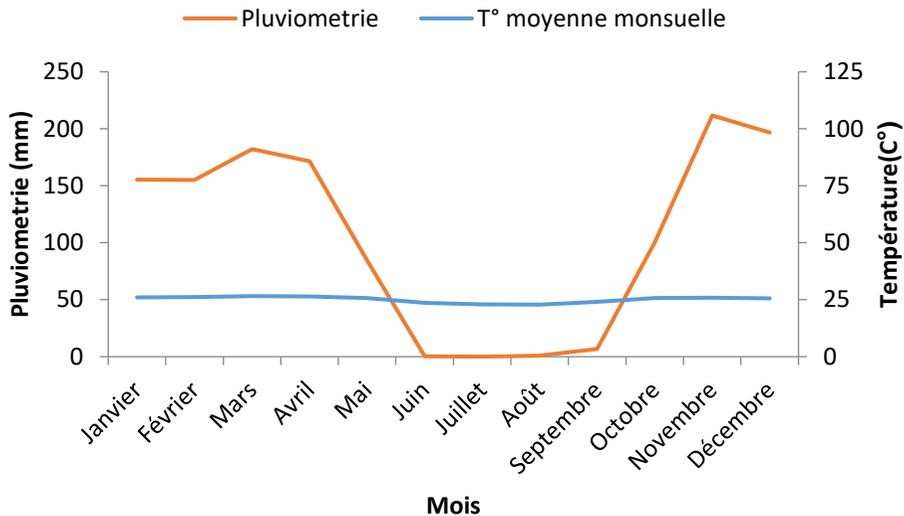


Figure 2. Pluviométrie et température entre 2000 à 2012

Les sols rencontrés dans le milieu d'étude sont essentiellement des sols ferrallitiques fortement désaturés remaniés, des sols ferrallitiques fortement désaturés remaniés pénévolués, des lithosols et sols peu évolués d'érosion lithique ainsi que des sols bruns tropicaux (Aubert et Segalen 1966)).

Le relief est caractérisé par le massif montagneux du Chaillust accidenté et l'altitude varie entre 450 et 500 m. Plusieurs cours d'eau drainent la zone d'étude en particulier, la *Bibaka* la *Louatiti* et la *Louambitchi*, affluents du fleuve *Nyanga*; la *Leboulou* et la *Louessé*, affluents du fleuve *Niari* ; la *Itsibou*, affluent de la *Louessé* et la *Lemogni*, affluent de la *Léboulou*.

La végétation est constituée de forêt dense de terre ferme, forêt sur relief ou submontagnarde, forêt dégradée au rendu rougeâtre, complexe de forêt dégradée, forêt inondée et de savane arbustive ainsi qu'herbeuse (PAGEF, 2011 et GTGC, 2015).

La faune renferme une diversité faunique importante. Cependant, les espèces les plus couramment rencontrées sont présentées par le Gorille (*Gorilla g. gorilla*) ; Chimpanzé (*Pan troglodytes*) ; Mandrill (*Papio sphinx*) ; Petits primates (*Cercopithecus sp.*) ; Buffle de forêt (*Syncerus caffer nanus*) ; Guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*) ; Céphalophe à dos jaune (*Cephalophus silvicultor*) ; Céphalophe bleu (*Cephalophus monticola*) ; Chevrotain aquatique (*Hyemosgus aquaticus*) ; Sitàtunga (*Tragelaphus spekei*) ; Potamochère (*Potamochoerus porcus*) ; Nandinie (*Nandinia binotata*) ; Panthère (*Panthera pardus*) ; Civette (*Viverra civetta*) ; Genette commune (*Genetta genetta*) ; Pangolin géant (*Manis gigantea*) ; Pangolin à écailles

tricuspidés (*Manis tricuspidis*), Pangolin à longue queue (*Manis tetradactyla*) et l'Athérure (*Atherurus atherurus*) (CNIAF, 2005).

La zone d'étude est caractérisée par une densité de population assez élevée (10 hbts/km<sup>2</sup>) et les activités anthropiques notamment la pratique de la culture sur brûlis y est développée.

### **Méthode de collecte de données**

Les données collectées pour évaluer l'impact de l'âge de la jachère sur la dynamique de la végétation ligneuse a été réalisée à partir des inventaires floristiques dans les zones postes exploitation forestières et agricoles âgés de 6 ans et 13 ans. Les jachères postes culturales ont été recensées au cours des enquêtes auprès de quelques populations agricoles de certains villages ainsi que les informateurs clés des sites concernés par cette étude. Lors de ces enquêtes, le parcours de ces jachères avec les personnes sus-indiquées ont permis d'identifier les âges de chaque jachère. Par contre, celles issues des activités postes exploitation forestière ont été suivies à partir des différents plans des Assiettes Annuelles de Coupes des années antérieures avec l'assistance de la société attributaire de cette Unité Forestière d'Exploitation. Les unités de collectes de données sont constituées par quatre parcelles d'inventaires de 50 m x 50 m par âge, au sein desquelles seize (16) sous-parcelles de 25 m x 25 m et vingt-quatre (24) sous-parcelles de 12,5 m x 12,5 m ont été matérialisées sur une superficie d'un (01) hectare par âge.

L'approche suivi pour les inventaires des ligneux a pris en compte la strate inférieure et la strate supérieure (Philippe et Jacques, 2010). L'identification et le dénombrement des arbustes ont été fait à partir de hauteur supérieure ou égale à 1,5 m du sol et du diamètre < à 5 cm dans les sous parcelles de 12,5 m x 12,5 m constituant la strate inférieure et la mesure des arbres à partir de diamètre supérieur ou égal à 5 cm et d'hauteur variable dans les sous-parcelles de 25 m x 25 m constituant la strate supérieure. Les espèces ligneuses dénombrées dans chaque unité de comptage ont été enregistrées dans les fiches de comptage avec leur indication (essence pour les arbustes et essence, diamètre ainsi que la hauteur pour les arbres de diamètre  $\geq$  5 cm). Les espèces qui n'ont pas été identifiées ont fait l'objet de prélèvements des échantillons et dont l'identification a été faite à l'Institut de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles (IRSEN) de Brazzaville

La nomenclature adoptée pour les familles est celle d'APG IV (2016).

### **Méthodes d'analyse et de traitement de données**

Les données collectées sur le terrain après codification et vérification des fiches au laboratoire ont été dépouillées et saisies sur des classeurs Excel pour le traitement. Les caractéristiques structurales et floristiques ont été étudiées pour les deux âges. Pour les caractéristiques structurales seuls les

individus de diamètre  $\geq 5$  cm ont été retenus. Par ailleurs, les caractéristiques floristiques ont pris en compte les individus de diamètre  $< 5$  cm et ceux de diamètre  $\geq 5$  cm, de même que la répartition des individus par classe de diamètre. Le test statistique ANOVA a été appliqué sur ces différents paramètres pour obtenir leur moyenne et l'erreur type, excepté l'Indice de Valeur d'Importance et l'indice de Sorensen.

La P-Value a été appliquée sur les moyennes, afin de montrer la significativité ou non des résultats, selon qu'elle est  $> 0,05$ , cette valeur est jugée non significative et  $< 0,05$  cette valeur est jugée significative.

#### ❖ Principales caractéristiques structurales

##### ● Densité moyenne des arbres par âge

La densité moyenne de tiges a été employée afin d'évaluer l'effectif des individus à l'échelle de l'unité de la superficie étudiée. Elle est déterminée par le nombre de tiges à l'hectare (Konan et al., 2015) et s'évalue par la formule suivant l'équation (1) :

$$N = n/S \quad \text{Équation (1)}$$

Où

N = la densité moyenne des tiges ; n = est le nombre total d'individus inventoriés dans le biotope et S = l'aire totale échantillonnée dans le milieu.

##### ● Diamètre moyen des arbres par âge

Le Diamètre moyen a été utilisé pour apprécier le degré de régénération des arbres par âge dans les deux sites. Il se traduit par le rapport entre la somme des diamètres à 1,30 m au-dessus du sol, de tous les individus d'arbres, par le nombre total d'individus rencontrés au niveau du biotope (Konan et al., 2015). Il est calculé par l'équation (2).

$$Dm = \sqrt{\sum_i^n di/n}$$

Equation (2)

Dm est le diamètre moyen ; d est le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol de l'arbre i du peuplement et n le nombre total d'individus rencontrés dans le biotope.

##### ● Répartition des arbres par classes de diamètre

Pour montrer la répartition des tiges par classes de diamètre, les données collectées lors de ces inventaires ont été réparties en classes dans les deux sites de travail, allant de cinq en cinq suivant la chronologie suivante

**Tableau 1.** Classes de diamètre observées

|                           |
|---------------------------|
| Classe 0 : [ $\Phi < 5$ ] |
| Classe I : [5-9,99]       |
| Classe II : [10-14,99]    |
| Classe III [15 – 19,99]   |
| Classe IV [20 - 24,99]    |
| Classe V [25 – 29,99]     |
| Classe VI [30 – 34,99]    |
| Classe VII [35 – 39,99]   |
| Classe VIII [40 – 44,99]  |
| Classe IX [50 – 54,99]    |
| Classe X [55 – 59,99]     |
| Classe XI [60 – 64,99].   |

- **Hauteur moyenne des arbustes et arbres par âge**

La hauteur moyenne correspond au rapport entre la somme des hauteurs de tous les individus, par le nombre total d'individus rencontrés au niveau du biotope. Il est calculé par l'équation (2). Elle a été retenue afin de caractériser la dynamique de la végétation ligneuse par âge sur le plan vertical. Où Hm est la Hauteur moyenne prend en compte la hauteur de chaque individu par âge et le Nombre total de tiges du peuplement (n) . Elle est calculée par l'équation (3).

$$Hm = \sqrt{\sum_i^n hi/n}$$

Equation (3)

(Konan et al., 2015) pour le calcul du diamètre moyen modifié et formulée pour le calcul de la hauteur moyenne.

- **Surface terrière moyenne des arbres par âge**

La surface terrière moyenne des arbres par âge afin de caractériser la dynamique spatiale qu'occupe ce peuplement dans les unités ayant fait l'objet du dénombrement (Didier et Jacques, 1995). Selon (Gaudin, 1996), la surface terrière moyenne du peuplement ( $g_m$ ) est le rapport entre la surface terrière (G) et la densité (d).

$$gm = \frac{G}{d}$$

Equation (4)

- **Indice de Valeur d'Importance**

L'Indice de Valeur d'Importance (IVI) par espèces et/ou famille accule la densité relative, la dominance relative et la fréquence relative et traduit en

réalité la place qu'occupe chaque espèce et/ou famille par rapport à l'ensemble des espèces et/ou famille.

**IVI (Espèce)**= Densité relative + Dominance relative + Fréquence relative  
Equation (5)

**IVI (Famille)**= Densité relative + Dominance relative + Fréquence relative  
Equation (6)

### ❖ Principales caractéristiques floristiques

#### ● Indice de Shannon

L'indice de Shannon tient compte de l'abondance proportionnelle de l'espèce ( $p_i = n_i/N$ ), nombre total d'espèces (S), le nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon ( $n_i$ ) et le nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon (N). La valeur de cet indice tend vers 0, si l'ensemble du peuplement contient une seule espèce et égale à 5 si toutes les espèces renferment le même nombre d'individus.

$$\text{Shannon } H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Equation (7)

#### ● Indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité renseigne sur l'indice de Shannon ( $H'$ ) en rapport de la Diversité maximale ( $H_{max}$ ). Cet indice tend vers zéro lorsqu'une seule espèce domine largement le peuplement et elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Masharabu et al., 2010; Rocklin, 2002).

$$\text{Equitabilité } E = \frac{H'}{H_{max}}$$

Equation (8)

#### ● Indice de Simpson

L'indice de Simpson traduit le nombre d'individus de l'espèce donnée ( $N_i$ ) en rapport du nombre total d'individus (N). La valeur de cet indice tend vers 0 pour indiquer le maximum de diversité et vers 1 pour indiquer le minimum de diversité (Grall et Hily, 2003; Marcon, 2015 ; Miabangana & Malaisse, 2020).

$$\text{Simpson} = \frac{\sum_{i=1}^S N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Equation (9)

- **Coefficient de Sorensen**

Le Coefficient de Sorensen K (%) traduit le Nombre d'espèces de la parcelle (A), comparé au Nombre d'espèces de la parcelle (B) en rapport du Nombre total des espèces communes aux parcelles A et B. Il montre que deux espèces appartiennent à la même communauté végétale lorsque le K est supérieur à 50 %.

$$K (\%) = \frac{2C}{A + B} \times 100 \quad \text{Equation (10)}$$

## Resultats

### Principales caractéristiques floristiques

- **Indices moyens de Shannon, Equitabilité et Simpson**

Le tableau 1, présente la diversité ligneuse à partir des indices moyens de Shannon, Equitabilité et Simpson dans les forêts dégradées âgées de six ans puis treize ans. La moyenne de ces indices varie entre  $4,59 \pm 0,17$  dans les forêts dégradées à 6 ans à  $3,99 \pm 0,08$  dans celles à 13 ans pour Shannon. Par ailleurs, celle de l'Equitabilité entre  $0,73 \pm 0,01$  à 13 ans à  $0,76 \pm 0,01$  à 6 ans. Enfin, pour Simpson entre  $0,07 \pm 0,01$  à 6 ans et  $0,13 \pm 0,02$  à 13 ans.

L'analyse statistique ne révèle pas de différences significatives pour l'indice de Shannon, et l'indice d'équitabilité avec une P-Value respective de 0,2 pour Shannon et 0,07 pour l'indice d'équitabilité. Par contre, cette différence est significative avec l'indice de Simpson avec une P-Value de 0,03.

**Tableau 1.** Indices moyens de biodiversité pour les arbres et arbustes dans les forêts de six ans et treize ans

| Paramètres   | 6 ans           | 13 ans          | P-Valeur |
|--------------|-----------------|-----------------|----------|
| Shannon      | $4,59 \pm 0,17$ | $3,99 \pm 0,08$ | 0,2      |
| Equitabilité | $0,76 \pm 0,01$ | $0,73 \pm 0,01$ | 0,07     |
| Simpson      | $0,07 \pm 0,01$ | $0,13 \pm 0,02$ | 0,03     |

- **Coefficient de Sorensen**

La valeur de l'indice de de similitude de Sorensen calculée pour les deux placettes d'âge différent est de 30,50% montrant ainsi que les deux placettes ont une composition floristique différente.

### Principales caractéristiques structurale

Le tableau 2, présente les valeurs moyennes de la densité, du diamètre, de la hauteur et la surface terrière en fonction de l'âge des forêts. Il révèle que le diamètre moyen est estimé à  $8,09 \pm 0,39$  cm dans les forêts de 6 ans à  $10,02 \pm 0,76$  cm à celles de 13 ans. Par contre, la hauteur moyenne des arbres, est évaluée à  $4,65 \pm 0,55$  m dans les forêts de 6 ans et à  $10,2 \pm 0,90$  m dans les

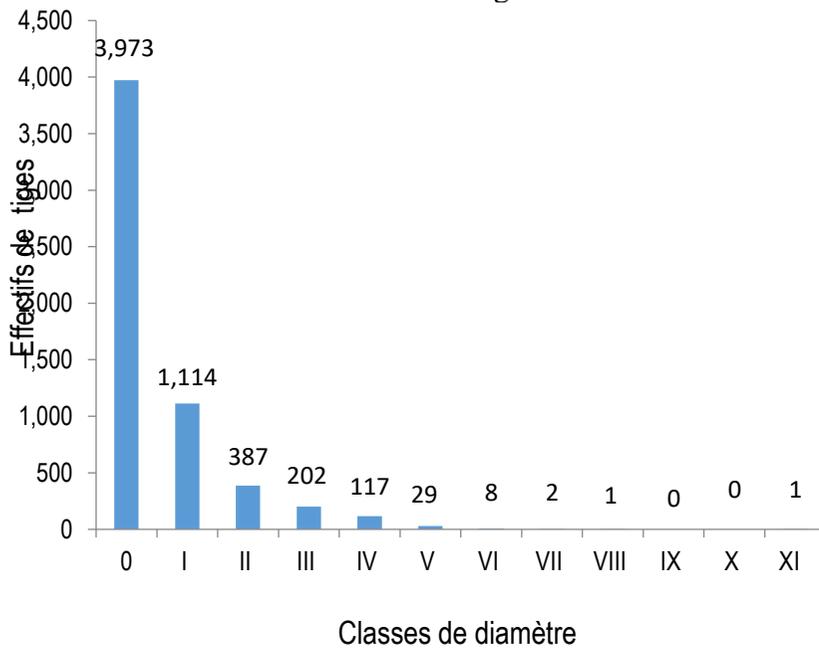
forêts de 13 ans. Enfin la surface terrière moyenne dans les forêts de 6 ans est évaluée à  $21,44 \pm 0,51 \text{ m}^2/\text{ha}$  à  $11,71 \pm 0,94 \text{ m}^2/\text{ha}$  à celles de 13 ans.

L'analyse statistique ANOVA montre une différence significative pour le diamètre moyen dans les forêts à 6 ans et à 13 ans avec une P-Value de 0,02. Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative pour la Hauteur moyenne et la Surface terrière moyenne avec une P-Value de 1,51 pour la hauteur moyenne et de 1,88 pour la surface terrière moyenne.

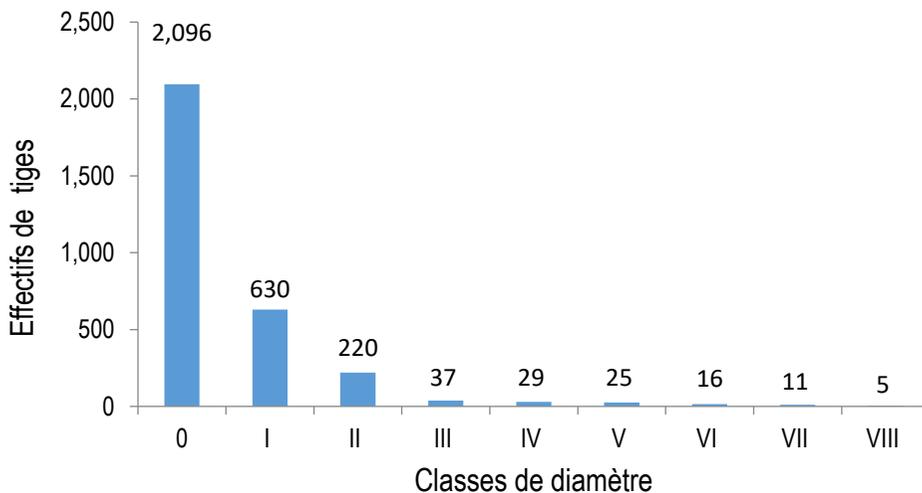
**Tableau 2.** Paramètres structuraux moyens

| Paramètres dendrométriques | 6 ans             | 13 ans           | P-Valeur |
|----------------------------|-------------------|------------------|----------|
| Densité moyenne            | $1861 \pm 181,52$ | $973 \pm 118,19$ | 0,00     |
| Diamètre moyen             | $8,09 \pm 0,39$   | $10,02 \pm 0,76$ | 0,02     |
| Hauteur moyenne            | $4,65 \pm 0,55$   | $10,2 \pm 0,90$  | 1,51     |
| Surface terrière moyenne   | $21,44 \pm 0,51$  | $11,71 \pm 0,94$ | 1,88     |

Les figures 3 et 4 présentent respectivement le nombre total de tiges par classe de diamètre dans les forêts dégradées à 6 ans et 13 ans.



**Figure 3.** Effectifs de tiges par classe de diamètre dans les forêts dégradées de six ans



**Figure 4.** Effectifs de tiges par classe de diamètre dans les forêts dégradées de treize ans

Ces deux figures montrent une évolution en exponentiel décroissant avec une concentration d'individus dans les premières classes de diamètres. Ce qui témoigne d'une bonne régénération de la forêt.

- **Indices de valeur d'Importance par espèce**

L'observation du tableau 3, montre que dans les jachères de six (6) ans *Musanga cecropioides* R. Br. (40, 89 % à 68,13 %) suivie de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (19,13 % à 8,39 %) et de *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (12,41 % à 8,20 %) sont les espèces les plus abondantes en termes de densité relative et de dominance relative. Par ailleurs, la fréquence relative montre que dix espèces notamment *Musanga cecropioides* R. Br. à *Oncoba welwitschii* Oliv., sont les mieux représentées avec une fréquence relative de (100 %). Enfin, l'Indice de Valeur d'Importance, révèle que trois de ces espèces ont une forte valeur écologique avec en tête *Musanga cecropioides* R. Br. (209,03 %) suivi de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (127,52 %) et *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (120,61 %).

Par contre, les résultats révèlent que dans la jachère de 13 ans, *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (19,53 %), suivie de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (10,17 %) et *Musanga cecropioides* R. Br. (8,43 %), présentent une densité relative la plus élevée. Par ailleurs, la dominance relative montre que *Musanga cecropioides* R. Br. (40,60 %), suivie de *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (13,27 %) et de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (7,06 %) sont les plus abondantes. La fréquence relative montre que dix espèces notamment *Musanga cecropioides* R. Br. à

*Anthocleista schweinfurthii* Gilg sont les mieux représentées avec une fréquence relative de (100 %). Enfin, l'IVI, montre que les trois espèces précitées ont une forte valeur écologique avec en tête *Musanga cecropioides* R. Br. (149,03 %), suivie de *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (132,80 %) et de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (117,24 %).

**Tableau 3.** Indice de Valeur d'Importance par espèce dans les forêts dégradées de six ans et treize ans

| Age    | Espèces  | Dre   | Dore  | Fre | IVie   |
|--------|--|-------|-------|-----|--------|
| 6 ans  | <i>Musanga cecropioides</i> R. Br.                         | 40,89 | 68,13 | 100 | 209,03 |
|        | <i>Macaranga monandra</i> Müll. Arg.                       | 19,13 | 8,39  | 100 | 127,52 |
|        | <i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.            | 12,41 | 8,2   | 100 | 120,61 |
|        | <i>Vernonia doniana</i> DC. = <i>V. conferta</i>           | 3,55  | 1,77  | 100 | 105,31 |
|        | <i>Dichostemma glaucescens</i> Pierre                      | 2,53  | 0,76  | 100 | 103,28 |
|        | <i>Tetrorchidium didymostemon</i> (Baill.) Pax & K. Hoffm. | 2,36  | 0,77  | 100 | 103,13 |
|        | <i>Macaranga spinosa</i> Müll. Arg.                        | 2,1   | 0,98  | 100 | 103,08 |
|        | <i>Plagiostyles africana</i> (Müll. Arg.) Prain            | 1,5   | 0,51  | 100 | 102,01 |
|        | <i>Celtis adolfi-friderici</i> Engl.                       | 0,59  | 0,71  | 100 | 101,3  |
|        | <i>Oncoba welwitschii</i> Oliv.                            | 0,38  | 0,11  | 100 | 100,49 |
| Age    | Espèces  | Dre   | Dore  | Fre | IVie   |
| 13 ans | <i>Musanga cecropioides</i> R. Br.                         | 8,43  | 40,6  | 100 | 149,03 |
|        | <i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.            | 19,53 | 13,27 | 100 | 132,8  |
|        | <i>Macaranga monandra</i> Müll. Arg.                       | 10,17 | 7,06  | 100 | 117,24 |
|        | <i>Uapaca guineensis</i> Müll. Arg.                        | 5,34  | 4,49  | 100 | 109,84 |
|        | <i>Dichostemma glaucescens</i> Pierre                      | 5,65  | 2,43  | 100 | 108,09 |
|        | <i>Oncoba welwitschii</i> Oliv.                            | 4,83  | 2,77  | 100 | 107,6  |
|        | <i>Vernonia doniana</i> DC. = <i>V. conferta</i>           | 5,04  | 1,82  | 100 | 106,86 |
|        | <i>Petersianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben         | 3,91  | 2,73  | 100 | 106,63 |
|        | <i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.          | 2,67  | 3,2   | 100 | 105,87 |
|        | <i>Anthocleista schweinfurthii</i> Gilg                    | 2,88  | 1,62  | 100 | 104,49 |

- **Indices de valeur d'Importance par famille**

L'observation du tableau 4, montre dans les forêts âgées de six ans la densité relative et la dominance relative sont plus représentées par la famille de Urticaceae (40,89 % à 68,13 %), suivie des Euphorbiaceae (28,69 % à 11,74 %) et Hypericaceae (12,41 % à 8,20 %). Par contre, la fréquence relative montre que neuf familles notamment les Urticaceae à Salicaceae sont les mieux représentées avec une fréquence relative de (100 %). L'Indice de Valeur d'Importance, révèle que les neuf familles précitées ont une forte

valeur écologique avec en tête les familles des Urticaceae (209,03 %) suivi de celles des Euphorbiaceae (140,43 %) et Hypericaceae (120,61 %).

Par ailleurs, dans les forêts dégradées âgées de 13 ans, révèle que les Euphorbiaceae (20,76 %), suivie des Hypericaceae (19,53 %) et les Urticaceae (8,43 %), présentent une densité relative la plus élevée. Par contre, la dominance relative montre que les Urticaceae (40,60 %) étant les plus abondantes, suivies de celle des Hypericaceae (13,27 %) et des Euphorbiaceae (12,66 %). La fréquence relative montre que dix familles présentent une fréquence relative de (100 %) notamment les Urticaceae à celle de Gentianaceae. L'IVI, montre que les dix familles ci-dessus citées ont une forte valeur écologique avec en tête les familles des Urticaceae (149,03 %), suivie des Euphorbiaceae (133,42 %) et Hypericaceae (132,80 %).

**Tableau 4.** Indice de Valeur d'Importance par famille dans les forêts âgées de six ans et treize ans

| Age    | Familles             | Drf   | Dorf  | Frf | IVIf   |
|--------|----------------------|-------|-------|-----|--------|
| 6 ans  | Urticaceae           | 40,89 | 68,13 | 100 | 209,03 |
|        | Euphorbiaceae        | 28,69 | 11,74 | 100 | 140,43 |
|        | Hypericaceae         | 12,41 | 8,2   | 100 | 120,61 |
|        | Asteraceae           | 3,6   | 1,8   | 100 | 105,4  |
|        | Clusiaceae           | 2,47  | 1,24  | 100 | 103,71 |
|        | Burseraceae          | 1,13  | 1,8   | 100 | 102,93 |
|        | Cannabaceae          | 0,91  | 0,87  | 100 | 101,78 |
|        | Phyllanthaceae       | 0,7   | 0,23  | 100 | 100,93 |
|        | Salicaceae           | 0,43  | 0,12  | 100 | 100,55 |
|        | Rhamnaceae           | 2,69  | 1,58  | 75  | 79,27  |
| Age    | Familles             | Drf   | Dorf  | Frf | IVIf   |
| 13 ans | Urticaceae           | 8,43  | 40,6  | 100 | 149,03 |
|        | Euphorbiaceae        | 20,76 | 12,66 | 100 | 133,42 |
|        | Hypericaceae         | 19,53 | 13,27 | 100 | 132,8  |
|        | Irvingiaceae         | 0,51  | 0,39  | 125 | 125,9  |
|        | Phyllanthaceae       | 9,66  | 6,67  | 100 | 116,33 |
|        | Salicaceae           | 6,99  | 3,71  | 100 | 110,7  |
|        | Fabaceae-Mimosoideae | 5,45  | 4,84  | 100 | 110,28 |
|        | Asteraceae           | 5,04  | 1,82  | 100 | 106,86 |
|        | Lecythidaceae        | 3,91  | 2,73  | 100 | 106,63 |
|        | Gentianaceae         | 2,88  | 1,62  | 100 | 104,49 |

## Discussion

L'analyse menée dans cette étude a été de déterminer la diversité floristique et structurale suivant l'âge de reconstitution de la végétation ligneuse, dans les forêts dégradées de l'Unité Forestière d'Exploitation Nyanga, située au Sud-Ouest de la République du Congo. L'inventaire floristique effectué sur une superficie d'un (1) hectare, de deux placettes d'âges différents dont une de 6 ans et l'autre de 13 ans, a permis d'identifier 5 834 individus appartenant à 117 espèces, 98 genres et 41 familles pour la première placette et de 3 069 individus, réparties en 60 espèces, 54 genres et 27 familles pour la seconde. Cette diversité ligneuse varie d'une placette à une autre suivant l'âge du peuplement. On note cependant que plus d'individus, d'espèces, genres et familles, ont été identifiés à six ans du fait que la canopée étant ouverte au-dessus des arbres, la pénétration de la lumière au sol a favorisé la germination et la croissance rapide des espèces héliophiles pionnières. Tandis que dans la jachère de 13 ans, la présence des grands arbres à cimes jointives crée d'autres conditions de germination et de croissance favorise des espèces à connotation sciaphile.

## Caractéristiques structurales

L'analyse de la densité moyenne des arbres dans la forêt dégradée à six ans présente une densité moyenne plus forte d'individus d'arbres et arbustes avec  $1861 \pm 181,52$  tiges /ha et plus faible à treize ans avec une densité moyenne de  $973 \pm 118,19$  tiges /ha. La moyenne de la densité pour ces deux âges est largement supérieure à celle obtenue par Koubouana et al. (2018) dans la forêt dégradée du Nord Congo avec une moyenne de 574 tiges/ha. Pour Moutsamboté (1985), les différences de densité varient suivant les âges du peuplement en particulier du premier stade jusqu'au stade climax. Aussi, Tiokeng (2015) révèle que les différences de densité seraient dues aux facteurs tels que les sols, les précipitations et la compétition qui déterminent la diversité et la structuration de la végétation en relation avec les paramètres biotiques. De même, cette densité élevée à l'âge de six ans fait que, la surface terrière moyenne soit plus forte dans les forêts dégradées âgées de six ans avec  $21,44 \pm 0,51$  m<sup>2</sup>/ha et faible dans les forêts dégradées âgées de treize ans avec  $11,71 \pm 0,94$  m<sup>2</sup>/ha. Ces résultats rejoignent ceux de Konan (2015), qui a montré que plus le peuplement est constitué d'arbres de gros diamètre, plus sa surface terrière est élevée.

Selon (Gaudin, 1996), le diamètre moyen et la hauteur moyenne sont des critères qui permettent les travaux de Prévosto (2005), selon lesquels, la croissance diamétrique d'un arbre est dépendante de ses caractéristiques intrinsèques en particulier son patrimoine génétique et son stade de développement exprimé en termes d'âge ou de dimension.

La hauteur moyenne des arbres obéit également à cette théorie sur la croissance en diamètre des arbres, que les valeurs obtenues en hauteur des arbres soient plus élevées dans les forêts dégradées à l'âge de treize (13) ans avec  $10,2 \pm 0,90$  m, que celles issues à l'âge de six (6) ans avec  $4,65 \pm 0,55$  m par le biais des bourgeons terminaux.

La répartition des individus par classe de diamètre montre que plus d'individus des classes 0 et 1 les forêts dégradées à six ans que dans les forêts dégradées à treize ans. Les histogrammes de répartition des individus dans les deux stades de reconstitution de la forêt sont en forme de « L » témoignant de sa bonne régénération. Plusieurs auteurs ont parvenu à ce même résultat (Marra et al., 2012 ; Koubouana et al., 2015; Tiokeng, 2015 et Ndzai, 2020). Pour Pascal (2003), cette distribution traduit une bonne régénération de la forêt. A la lumière des résultats obtenus, une telle distribution diamétrique des individus ligneux indique un milieu perturbé, en pleine reconstitution comme l'affirme (Konan, 2015).

L'analyse de l'Indice de Valeur d'Importance révèle une forte représentativité des familles dans les forêts dégradées à l'âge de six ans plutôt que dans les forêts dégradées à l'âge de treize ans. Cela va de même que les espèces qui les constituent. Par ailleurs, pour les forêts dégradées des deux âges, les Moraceae (avec *Musanga cecropioides* R. Br.), Euphorbiaceae (avec *Macaranga monandra* Müll. Arg) et Hypericaceae (avec *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir ). Ces espèces représentatives constituent le socle commun de la reconstitution de la forêt de l'UFE Nyanga accompagnées des espèces suivantes : *Vernonia doniana* DC. *Dichostemma glaucescens* Pierre, *Macaranga spinosa* Müll. Argz. et *Oncoba welwitschii* Oliv. Cette observation a été également faite par Ndzai (2020) au Nord Congo relevant la forte présence de *Musanga cecropioides* R. Br. et de *Macaranga monandra* Müll. Arg., parmi les espèces les plus abondantes dans ces forêts. Pour Koubouana et al. (2018), ces espèces sont qualifiées d'héliophiles et cicatrisent la forêt après une exploitation traditionnelle ou moderne. Selon Banzouzi (2021), la forte colonisation de ces espèces que l'on pourrait qualifier de pionnière et la raréfaction d'autres peut s'expliquer par les différences écologiques que présente le milieu en particulier le degré de dégradation forestière et d'ensoleillement.

### **Principales caractéristiques floristiques**

Les valeurs moyennes des indices de Shannon, d'équitabilité et de Simpson étudiés diffèrent suivant les forêts dégradées des deux âges et sont plus élevées à six ans qu'à treize ans pour les indices de Shannon et d'équitabilité. Les valeurs élevées de l'indice de Shannon et ceux de l'indice de Piélou ou d'équitabilité qui sont proche de 1 montrent une grande diversité floristique et bonne répartition des espèces dans les différentes familles

recensées. La diversité est maximale c'est-à-dire aucun individu ne prend le dessus sur les autres (Bassatneh, 2006 et Boudelal, 2014)

La valeur de l'indice de similitude de Sorensen calculée est égale à 30,50% montre l'absence d'une affinité floristique entre les deux étapes de reconstitution de la forêt. Pour Adingra (2017), cette différence floristique s'explique par les écarts d'âges entre les deux jachères dans le processus de la dynamique de reconstitution forestière où les espèces pionnières disparaissent pour céder la place aux espèces de forêt adulte.

### **Conclusion et perspectives**

Les objectifs fixés par ce travail étaient d'identifier les différences de composition floristique et de structure de deux étapes de reconstitution des forêts de l'UFE Nyanga exposées à l'exploitation industrielle de bois et à l'agriculture sur brûlis.

Sur le plan floristique, les valeurs des indices de Shannon et d'équitabilité obtenues ont montré une grande diversité floristique. Aucune espèce ni groupe d'espèces n'est au-dessus des autres. La valeur de l'indice de Sorensen calculée est inférieure à 50% indiquant une faible affinité floristique entre les deux étapes de reconstitution de la forêt, bien qu'ayant un fond commun d'espèces pionnières. Cette faible affinité floristique pourrait être expliquée par un important écart d'âge entre ces deux étapes de reconstitution forestière.

La répartition des tiges par classe de diamètre montre dans les deux types de jachères une prédominance des tiges dans la classe de diamètre zéro de diamètre inférieur à 5 cm mais avec plus de tiges à six ans qu'à treize ans. Ce fait témoigne d'une bonne régénération de la forêt. Ainsi, ces forêts qui sont en pleine dynamique de reconstitution, nécessitent que les mesures soient prises pour leur protection afin de les permettre d'atteindre le stade climax.

### **Contributions des auteurs**

NGASSAKI OKA a participé à la collecte des données floristiques sur le terrain, le traitement des données a été fait par NGASSAKI OKA et Saint Fédriche NDZAI. Félix KOUBOUANA a assuré la supervision scientifique. Le manuscrit a été rédigé par NGASSAKI OKA, la lecture et les amendements ont été apportés par Saint Fédriche NDZAI et Félix KOUBOUANA.

**Remerciements :** Nos remerciements s'adressent aux étudiants MOUNDOKO MOBANGUI Edgard, OWOYA Brigitte, NGASSAKI Claudia et à l'expert botanique TSOGNELA Gilbert, qui ont facilité la collecte de données floristiques.

**Conflit d'intérêts :** Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

**Déclaration de financement :** Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

### References:

1. Adingra M.M.A.O., 2017. Dynamique du peuplement et stocks de carbone dans la mosaïque de végétation de la forêt classée de Bamo (Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 158 p.
2. Aubert G. et Segalen P., 1966. Projet de classification des sols ferrallitiques. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol., IV, 4, pp. 97-112.
3. Akossongo TJ. 2004. Rapport national sur la gestion durable des forêts au BurkinaFaso. Rapport MECV/BF, Burkina-Faso, 100 p
4. Banzouzi, M. H. M., 2021. Etude de régénération naturelle dans la forêt péri-urbaine de Koubola, dans le Département du Pool. Rapport pour l'obtention du Diplôme de Licence, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien NGOUABI, République du Congo, 53p.
5. Bassatneh A. C. M., 2006. Facteurs du milieu, gestion sylvicole et organisation de la biodiversité : les systèmes forestiers de la montagne de Lure (Alpes de Haute6province, France). Thèse de Doctorat, Discipline : Biologie des populations et écologie, Faculté de Sciences Techniques, Université Paul Cesanne AIX-Marseille III, 240p.
6. Boudelal M.A.B., 2014. Relations structures des peuplement forestiers-biodiversté au niveau du Parc National de Tlemcen. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Master, Option Ecologie, Gestion et Conservation de la Biodiversité. Faculté de Sciences de la Nature et de vie et des sciences de la terre et de l'univers, Université ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEN, 120p
7. Blondel J., 1995. La dynamique de la forêt naturelle - Les aspects écologiques : l'état des lieux. Forêt méditerranéenne t. XVt n° 3, pp: 239 - 249
8. CBD. 2001. Review of the status and Trends of, and Major Threats to, the Forest Biological Diversity. Montreal, 12-16 November 2001.
9. CBD. 2005. Report of the Inter-Sessional (Second) Meeting of the AHTEG on the Review of Implementation of the programme of work on Forest Biological Diversity. Montreal, 28 November – 2 December 2005. UNEP/CBD/SBSTTA/11/INF/2.

10. CNREDD, 2016. Niveau des Emissions de Référence pour les Forêts - République du Congo. Soumission au Secrétariat CCNUCC, 65p.
11. CIRAD, 2011. L'avenir des forêts tropicales un enjeu mondial.16p.
12. Didier B., 1998. La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations : Cas de la zone soudanienne du Mali. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Géographie de l'Université de Toulouse – Le – Mirail. Volume I, 153 p.
13. Douma M., Wala K. AtsuG. K., Bellefontaine R., Deloporte P., Akpavi S., Batalawila K. et Akopagana P. 2012- Typologie, caractéristiques structurales et dynamique des faciès forestiers fragiles à *Isobertia* spp. en vue de leur gestion au Togo. Université de Lomé/Faculté des sciences/Laboratoire de botanique et écologie végétale de Lomé Togo, Cirad Umr Agap Montpellier, Cirad, SupAgro, Cirad-Inra-Ird-SupAgro Montpellier, pp : 19-34., \
14. FAO. 2015. Evaluation des ressources forestières mondiales : Comment les forêts sont gérées dans le monde. Répertoire de données de la FAO, Rome Italie, 23p. <https://www.fao.org/3/i4808f/i4808f.pdf>.
15. FAO, 2002b. Acte : Deuxième réunion d'experts sur l'harmonisation des définitions forestières à l'usage des différentes parties prenantes. Rome, 11-13 septembre 2002, OMM//GIEC/CIFOR/FAO/IUFRO/PNUE. Rome.
16. FAO., 2001. Evaluation des ressources forestières mondiales FRA 2000-Rapport principal. Rome
17. Fearnside P. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, 19(3): 680-688. DOI: 10.1111/j.1523- 1739.2005.00697
18. Gaudin S., 1996. Dendrométrie des peuplements : BTSA Gestion Forestière Module D42. 64p
19. GTGC., 2015. Rapport d'étude cartographique de l'UFE Nyanga, située dans l'UFA Sud 5 Mossendjo, Département du Niari République du Congo, 49p.
20. Grall J., & Hily1 C., 2003. Traitement des données stationnelles (Faune). 10p.
21. Kamungandu M. C., 2009. Etude de cas sur l'évaluation de la dégradation des forêts : la dégradation des forêts en République Démocratique du Congo. Document de travail 169 Rome, Italie, 23 p
22. Konan D, Bakayoko A., Trabi F.H., Bitignon B.G. A. & PIBA S. C. , 2015. Dynamisme de la structure diamétrique du peuplement ligneux des différents biotopes de la forêt classée de Yapo-Abbé, Sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 94:8869 – 8879.

23. Koubouana F., Ifo S.A. , Ndzai S.F, Stoffenne B., Mondzali-Lénguya. 2018. Étude comparative d'une forêt primaire et d'une forêt dégradée au Nord de la République du Congo par référence à la structure des forêts tropicales humides. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, Volume 11. PP. 11-25, ISSN : 2409-1693.
24. Koubouana F., Ifo S. A., Moutsamboté J. M., Banzouzi F. R. R., Akobé A., Ikama O. C., Mantota B. A., Dzai S., Mbemba M., 2015. Structure and Flora Tree Biodiversity in Congo Basin : Case of Secondary Tropical Forest in Southwest of Congo-Brazzaville.
25. Locatelli B, Loisel C. 2002. Changement climatique : la vérité est-elle au fond du puits ? Une analyse des controverses sur les puits de carbone. *Natures Sciences Sociétés*, 10(4): 7–19. DOI: <https://doi.org/10.1051/nss/20021004007>
26. Masharabu T, Noret N., Lejoly J., Bigendako M. J., & Bogaert J., 2010. Étude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. *Geo-Eco-Trop.*, 2010, 34 : 29 – 44.
27. Marion J. 2018. Le rôle de la diversité sur la stabilité des processus des écosystèmes forestiers en contexte de changement climatique. Thèse de Doctorat, AgroParis-Tech, Université de Montpellier, France, 361 p.
28. MEF., 2021. Focus sur la forêt en République du Congo. 4p.
29. MEFDDE, 2016. Stratégie nationale REDD+ de la République du Congo, 118 p.
30. Moutsamboté J-M., 1985. Dynamique de reconstitution de la forêt YOMBE. Thèse de doctorat, Dimonika, République du Congo, Université de Bordeaux III, 320p.
31. Ndzai, S. F., 2020. Comparaison entre les forêts tropicales adultes et les forêts secondaires de l'axe Impfondo-Dongou, Département de la Likouala, République du Congo. . Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master Recherche, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien NGOUABI, République du Congo, 53p. MEF/CIB., 2007. Plan d'aménagement de l'unité forestière d'aménagement -Pokola. République du Congo, 219p.
32. N'Guessan AE, Kassi N'J, Yao NO, Amani HKB, Gouli GZR, Pioniot C, Irie Bi CZ, Hérault B. 2019. Drivers of biomass recovery in a secondary forested landscape of West Africa. *Forest Ecology and Management*, 433: 325 – 331. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.11.021
33. OFAC et PFBC., 2010. Les forêts du Bassin du Congo : Etat des forêts. Editeurs : de Wasseige C., de Marcken P., Bayol N., 17p

34. PAGEF., 2011. Rapport préliminaire d'études cartographiques : Prestratification et plan de sondage de pre-inventaire de l'UFE Nyanga, située dans l'UFA Sud 5 Mossendjo, Département du Niari. République du Congo, 70p.
35. Prévosto B., 2005. Les indices de compétition en foresterie : exemples d'utilisation, intérêts et limites. *Revue Forestière Française*, 57 (5) : 413-430.<https://doi.org/10.4267/2042/5062>
36. Philippe D., et Jacques P., 2010. Prairies et pâturages : Méthode d'étude de terrain et interprétation. 115 p.
37. Rocklin D., 2002. Etude comparative de différents indices de diversité (indice de Shannon, indices taxonomiques) sur les peuplements de poissons lagunaires. Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Mémoire d'Initiation à la Recherche, 48p.
38. Rarivoson NTJ. 2019. Quantification de la biomasse aérienne et évaluation du stock de carbone par la méthode de régression allométrique: cas de la forêt haute littorale de Tampalo (Madagascar). Mémoire de Licence, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 59 p.
39. Roxane S. 2015. Evaluation de la capacité adaptative des socio-écosystèmes forestiers français face au changement climatique : le cas de la migration assistée. Mémoire de Biodiversité et Ecologie, Université Paris Saclay (COMUE), 56 p
40. Taonda A., N'guessan A. E. et N'dja Kassi J. Dynamique de reconstitution de la biodiversité végétale de la forêt classée de Foubou (Nord de la Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(6): 2607-2624.<https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i6.28>,  
<http://ajol.info/index.php/ijbcs> <http://indexmedicus.afro.who.int>
41. Tiokeng B., Mapongmetsem PM., Nguetsop V. F. et Ndam Tacham W. 2015. Biodiversité floristique et régénération naturelle sur les Hautes Terres de Lebialem (Ouest Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(1): 56-68, February 2015. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.
42. Troupin, G., 1956. Flore des Spermatophytes du Parc National de la Garamba, I. Gymnospermes et Monocotylédones, in exploration du Parc National de la Garamba, pp 221-227.
43. WRI, 2012. Atlas forestier interactif du Congo Version 3.0 | Document de Synthèse ISBN 978-1-56973-792-7.
44. WRI., 2007. Atlas forestier interactif du Congo version 1 : Document de synthèse. Washington, DC : WRI. Editeur Alex Martin, 3 p.