

Caractérisation de la flore et estimation du stock de carbone dans la forêt classée d'Agbo 2, Centre-Est de la Côte d'Ivoire

Yousseuf KONÉ^{1*}, Sopia Cybèle DOFFOU² et Kouassi KOUADIO³

¹ *Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

² *Université de Bondoukou, UFR Gouvernance et Développement Durable, Côte d'Ivoire*

³ *Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 05 Novembre 2024 ; Accepté le 08 Janvier 2025)

* Correspondance, courriel : kyoussouf7@gmail.com

Résumé

Cette étude vise à évaluer la contribution des formations végétales reboisées dans la séquestration du carbone. Un inventaire floristique a été réalisé dans 47 placettes de 0,5 ha de ces biotopes, où tous les arbres de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) ≥ 5 cm ont été recensés et mesurés. Les paramètres structuraux et le stock de carbone ont été évalués et comparés. Les résultats montrent que les forêts naturelles et les forêts enrichies présentent les plus fortes richesses et densités, avec plus de 300 tiges/ha. La forte représentation des individus de la classe [5–10[cm traduit une bonne dynamique de régénération et de recolonisation des peuplements enrichis. Les forêts enrichies avec un taux de carbone équivalent de 491,20 tCO₂équiv/ha présentent un potentiel important de stockage et de séquestration du carbone. Ces résultats soulignent le rôle majeur des peuplements enrichis dans la restauration de la diversité floristique et l'atténuation du changement climatique. Ainsi, l'enrichissement des peuplements avec des espèces végétales locales constitue une technique sylvicole prometteuse pour la restauration écologique et la lutte contre le changement climatique.

Mots-clés : *restauration forestière, caractéristiques floristiques, stock de carbone, technique sylvicole, forêt classée d'Agbo 2.*

Abstract

Characterisation of the flora and estimation of carbon stock in the Agbo 2 classified forest, Centre-Est de la Côte d'Ivoire

This study aims to assess the contribution of reforested vegetation to carbon sequestration. A floristic inventory was conducted in 47 plots of 0.5 ha within these biotopes, where all trees with a diameter at breast height (DBH) ≥ 5 cm were recorded and measured. Structural parameters and carbon stock were assessed and compared. The results show that natural and enriched forests exhibit the highest species richness and density, with more than 300 stems/ha. The high representation of individuals in the [5–10[cm] class indicates good regeneration and recolonization dynamics in the enriched stands. Enriched forests with a carbon

equivalent of 491.20 tCO₂eq/ha demonstrate significant carbon storage and sequestration potential. These results highlight the major role of enriched stands in restoring floristic diversity and mitigating climate change. Thus, enriching stands with local plant species is a promising silvicultural technique for ecological restoration and combating climate change.

Keywords : *forest restoration, floristic characteristics, carbon stock, silvicultural technique, Agbo 2 classified forest.*

1. Introduction

Les écosystèmes forestiers tropicaux jouent un rôle crucial pour l'équilibre, le maintien et la survie des êtres vivants, ainsi que la stabilité de divers écosystèmes. Ils abritent une part importante de la biodiversité mondiale et fournissent de nombreux biens et services aux populations [1 - 3]. Les forêts tropicales représentent également un puissant régulateur climatique à travers la séquestration du carbone [4]. Ces formations végétales sont de véritables réservoirs de carbone, représentant environ 45% des forêts mondiales pour un taux de stockage d'environ 55% de carbone mondial [5 - 7]. C'est la raison pour laquelle les activités telles que le suivi, la surveillance et la caractérisation des écosystèmes forestiers s'avèrent essentielles et ont été jugées importantes afin de mieux déterminer leur capacité de séquestration de carbone [3, 8, 9]. Les services tirés des forêts sont dépendants de leurs fonctions écologiques et économiques, lesquelles sont elles-mêmes influencées par la structure des peuplements forestiers [4]. Cette structure se caractérise notamment par la distribution spatiale des arbres, la disposition des houppiers et la configuration des troncs, des paramètres essentiels entrant dans la caractérisation des peuplements forestiers et l'estimation de biomasse [10]. Malgré son importance majeure pour les êtres vivants, les forêts tropicales subissent de nombreuses menaces (déforestation et dégradation) de leur couvert végétal entraînant ainsi la réduction drastique de leur superficie [11, 12]. La plupart de ces pertes sont dues aux reconversions illégales des terres pour les cultures agricoles [13]. Cette reconversion affecte le cycle de carbone et dégage environ 10-15% des émissions mondiales de gaz à effet de serre par an [14, 15]. Pour freiner et réduire considérablement la dégradation et la déforestation, les pays du monde ont intégré au sein de leur programme de nombreuses mesures de gestion durable des forêts. Cette politique environnementale vise à atténuer efficacement le changement climatique à travers la protection, la préservation et la restauration des terres dégradées afin de mieux conserver les ressources forestières et apporter une meilleure sécurité alimentaire aux populations [6, 16]. En Côte d'Ivoire, pour pérenniser durablement ses forêts classées, plusieurs travaux d'aménagement ont été réalisés dont la restauration des espaces dégradés [17]. C'est le cas de la forêt classée d'Agbo 2 (FCA 2), créée en 1938, dans laquelle deux catégories d'essences sont couramment utilisées : les essences exotiques qui représentent 87% des reboisements que sont le Teck, le Gmélina, le Cedrela et les essences indigènes utilisées sont le Fraké, le Framiré, le Samba et le Fromager qui constituent 3% des reboisements [17]. Par ailleurs, ce n'est qu'en 1992, que cette forêt a connu ses premiers reboisements en espèces locales telles que le *Terminalia ivorensis* A.Chev. ou le Framiré et le *Terminalia superba* Engl. & Diels ou le Fraké et *Mansonia altissima* A.Chev. ou le Bété puis s'en est suivie avec des espèces exotiques commerciales comme *Tectona grandis* Linn.f (Teck), *Cedrela odorata* L. (Cedrela) et *Gmelina arobrea* Roxb. (Gmélina). Force est de constater que, plus de 30 ans après la mise en œuvre des premières pratiques sylvicoles, cette forêt n'a encore fait l'objet d'aucune étude visant à évaluer l'impact des formations végétales reboisées sur l'atténuation du changement climatique. Dans ce contexte, l'évaluation de la capacité de ces formations reboisées à séquestrer le carbone apparaît essentielle, d'autant plus que la gestion efficace des écosystèmes forestiers passe indubitablement par la prise en compte d'indicateurs tels que le stock de carbone forestier et son évolution dans le temps [1]. C'est pourquoi cette étude s'est fixée comme objectif principal de déterminer la contribution des formations végétales reboisées dans la séquestration du carbone. Spécifiquement, il s'est agi (1) de déterminer la richesse et la prépondérance spécifiques dans les différents habitats, (2) de déterminer les caractéristiques structurales des peuplements et (3) d'estimer le carbone séquestré dans les différents habitats reboisés.

2. Matériel et méthodes

2-1. Description du milieu d'étude

La zone d'étude est la forêt classée d'Agbo 2 située au Centre-Est de la Côte d'Ivoire et couvre une superficie de 4 705 hectares (**Figure 1**). Elle est localisée administrativement entre les départements d'Akoupé et d'Arrah, géographiquement entre 6°40'31,4" et 6°25'28,2" de latitude Nord et 3°54'31,7" et 3°52'10,6" de longitude Ouest. Cette forêt classée présente un climat de type subéquatorial de transition conditionnée par deux saisons pluvieuses et deux autres moins pluvieuses avec des précipitations qui s'élèvent jusqu'à 115 mm. La température moyenne annuelle est de 26,2°C pour une humidité relative de 75% [21, 22]. La végétation de cette forêt est de type forêt dense humide semi-décidue fortement dégradée [20]. Dans notre zone étude, la présence des espèces telles que *Celtis* Spp. (Cannabaceae), *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. (Malvaceae), *Nesogordonia papaverifera* (A. Chev.) Cap. (Malvaceae) et *Khaya ivorensis* A. Chev. (Meliaceae) a été observé dans les forêts [21]. Aussi, une savane incluse a été localisée au Centre-Est de cette forêt classée caractérisée par les espèces telles que *Ficus sur* Forssk. (Moraceae), *Imperata cylindrica* (L.) Raeusch. (Poaceae) et *Nauclea latifolia* Sm. (Rubiaceae) [20]. La FCA 2 a fait objet de plusieurs reboisements de ses espaces dégradés. Ainsi, les premiers datant de 1992, ont été enrichies avec les plants de *Terminalia superba* Engl. & Diels (Fraké) et de *Terminalia ivorensis* A. Chev. (Framiré), puis a suivie l'enrichissement avec *Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev. ou le Bété. Les plantations de *Gmelina arborea* ou Gméline Roxb et de *Tectona grandis* Linn.f. ou Teck ont été installé majoritairement vers le sud-est de la FCA 2.

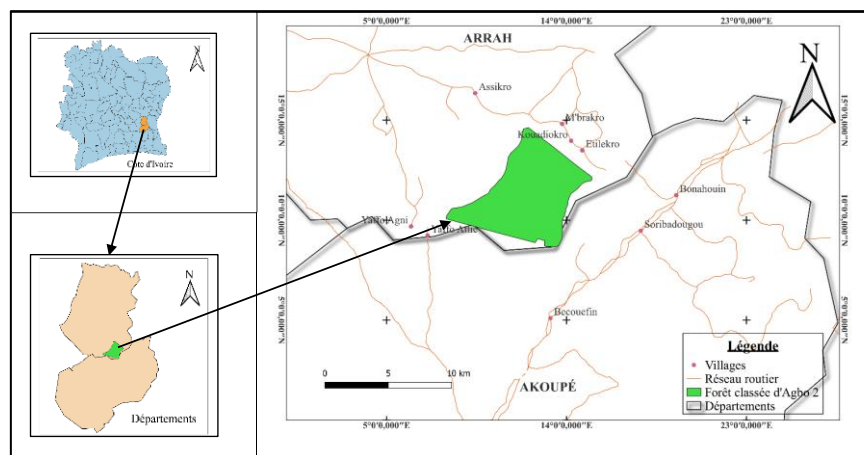


Figure 1 : Carte de localisation de la forêt classée d'Agbo 2

2-2. Collecte de données

Des parcelles d'échantillonnage de 100 m x 50 m, soit 5000 m² ont été disposées dans cinq habitats dont les reliques de forêts naturelles considérées comme témoin dans cette étude et les espaces de reboisement. Dans chacun de ces dispositifs d'échantillonnage, toutes les espèces ont été identifiées et les individus de diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égale à 5 cm ont été dénombrés et leurs circonférences et hauteurs ont été mesurées. Au total, ce sont 47 dispositifs rectangulaires (**Figure 2**), soit une superficie de 23,5 ha qui ont été inventoriés. Ces parcelles ont été disposées comme suit : forêts naturelles : n=10 ; forêts enrichies avec le Bété, n=09 ; forêts enrichies avec le Fraké, n=08 ; plantations monospécifiques de Teck, n=10 et dans les plantations monospécifiques Gméline, n=10. L'insuffisance d'espaces enrichis avec le Bété et le Fraké dans la FCA 2 n'a permis que l'installation respective de 9 et 8 parcelles dans ces habitats.

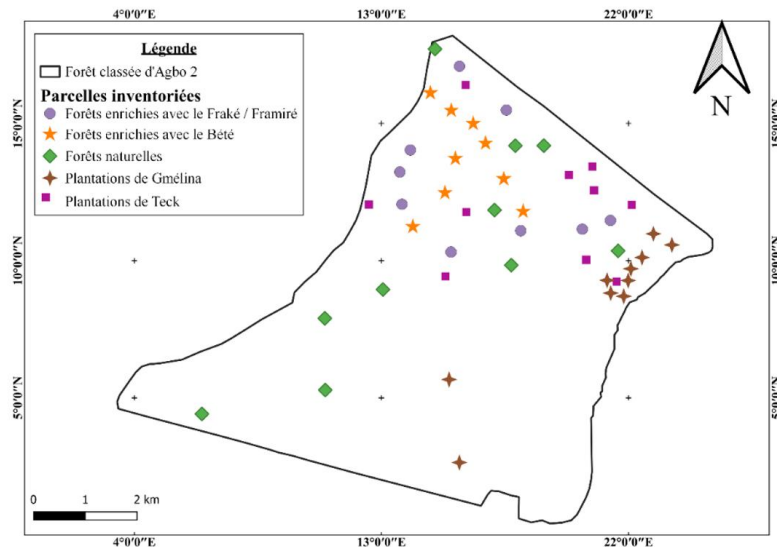


Figure 2 : Carte de localisation des parcelles dans la forêt classée d'Agbo 2

2-3. Analyse de données

2-3-1 Richesse floristique et prépondérance spécifique des habitats étudiés

Dans cette étude, la nomenclature adoptée pour l'identification des espèces végétales [22, 23]. Ainsi, dans les différents habitats, les valeurs totales et moyennes des espèces ont été déterminées. Les familles botaniques ont été actualisées en utilisant la classification phylogénétique APG IV [24]. La valeur d'importance des espèces (IVI) a été calculée et présente la **Formule** mathématique suivante [25] :

$$IVI = D_R + Do_R + F_R \quad (1)$$

L'IVI met en évidence l'importance écologique relative des espèces dans leur niche écologique et représente un bon indicateur de la santé d'une espèce. Dans la **Formule** mathématique, les paramètres de l'indice de valeur d'importance ont été exprimés et calculées à savoir :

- La densité relative d'une espèce (D_R) est définie comme le rapport de l'effectif des individus de l'espèce (n) considérée sur le nombre total d'individus dans l'échantillon (N) :

$$D_R = (\text{nombre total d'individus d'une espèce} / \text{nombre total de tous d'individus de toutes les espèces de la communauté}) \times 100 \quad (2)$$

- La fréquence relative (F_R) est le pourcentage du nombre d'apparition de l'espèce dans le milieu sur le nombre total des espèces du milieu :

$$F_R = (\text{fréquence de l'espèce considérée} / \text{somme des fréquences de toutes les espèces}) \times 100 \quad (3)$$

- La dominance relative d'une espèce (Do_R) représente le pourcentage de l'aire basale de l'espèce sur le total des surfaces terrières de toutes les espèces contenues dans l'échantillon :

$$Do_R = (\text{surface basale d'une espèce} / \text{Total de la surface basale}) \times 100 \quad (4)$$

Dans cette étude, les espèces dont les IVI sont supérieures à 10 % ont été considérées.

2-3-2. Caractéristiques structurales de la végétation dans les habitats étudiés

Trois paramètres ont été utilisés pour caractériser la structure de la végétation des différentes formations végétales visitées.

2-3-2-1. Densité du peuplement

La densité (d) est calculée par le rapport du nombre d'individus des espèces par unité de surface. En d'autres termes, c'est le degré d'occupation du sol par les tiges. Sa **Formule** mathématique est la suivante :

$$D = \frac{N}{S} \quad (5)$$

N étant le nombre de tiges dénombrées et, S la surface d'inventaire en hectare.

2-3-2-2. Aire basale

L'aire basale (AB) représente la somme des surfaces de la section des troncs de tous les arbres d'une parcelle à supposer que la coupe se fait à 1,30 m au-dessus du sol [26]. Ce paramètre structural est utilisé en écologie forestière pour déterminer la distribution spatiale des arbres dans un habitat donné. Elle se définit comme suit :

$$AB = \sum (D^2 \times \frac{\pi}{4}) \quad (6)$$

Dans cette expression, la valeur de " π " est de 3,1416. "D" désigne le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol (en mètre) déterminé à partir de la circonférence des ligneux mesurés sur le terrain.

2-3-2-3. Structure démographique de la végétation

La distribution des tiges par classes de diamètre des espèces inventoriées, a permis de construire pour chaque habitat étudié dans la FCA 2, un histogramme qui renseigne par sa forme, sur la dynamique de la végétation. Lorsque l'allure de la courbe est en forme de « J inversé » le peuplement de l'habitat concerné est qualifié de « stable ». En revanche, lorsque l'allure de la courbe présente une autre forme, alors la végétation est dite « perturbée ou déséquilibrée » [27 - 29].

2-3-3. Biomasse aérienne

Dans cette étude, la méthode non-destructive a été utilisée pour estimer la biomasse aérienne (AGB) en s'appuyant sur l'équation allométrique [30]. L'estimation de l'AGB a été faite dans le logiciel RStudio à partir du package « BIOMASS » mise au point par [31]. La conception de ce package a pour objectif d'uniformiser l'estimation de la biomasse dans les forêts tropicales [32]. Sa **Formule** mathématique est :

$$AGB = 0,0673 * (WD * H * D^2)^{0,976} \quad (7)$$

AGB : Above Ground Biomass ou biomasse aérienne (en Kg) ; D : Diamètre du tronc à 1,30 m au-dessus du sol en cm ; H : Hauteur de l'arbre (en m), et WD : Densité spécifique du bois (g/cm³).

2-3-4. Biomasse souterraine (BGB)

Le Groupe Intergouvernemental sur l'évolution du climat dans son rapport a développé une formule pour le calcul de la biomasse souterraine ou racinaire des ligneux sur pieds [33]. Dans cette formule, la biomasse

aérienne (AGB) calculée est multipliée par un coefficient R dont la valeur est estimée à 0,37. La **Formule** en question est la suivante :

$$BGB = AGB \times R \quad (8)$$

2-3-5. Estimation de la biomasse totale et du stock de carbone équivalent

La biomasse totale ou en anglais Total Biomass (TB) des ligneux sur pied dans les différents habitats a été évalué en additionnant les valeurs de la biomasse aérienne et de la biomasse souterraine, l'expression mathématique est :

$$TB = AGB + BGB \quad (9)$$

2-3-6. Évaluation du stock de carbone et du CO₂ équivalent séquestré

Dans cette études les valeurs du stock de carbone par habitats ont été obtenues en multipliant la biomasse totale (TB) par 0,5 [33]. Il faut souligner que la teneur de carbone des ligneux est compris entre 0,47 et 0,51. Par ailleurs de nombreux auteurs utilise par convention la fraction de carbone 0,5 dans leurs études d'estimation du stock de carbone [34]. Quant aux valeurs du CO₂ atmosphérique des différentes formations végétales, elles ont été obtenues en multipliant les valeurs du stock de carbone de ces habitats par 3,67 [35 - 37]. La biomasse totale de chaque arbre, obtenue par sommation des biomasses aérienne et souterraine, a été convertie en stock de carbone puis en quantité de CO₂ séquestrée. Les valeurs de biomasse, de stock de carbone et de CO₂ séquestré ont ensuite été analysés à l'échelle des différents habitats inventoriés. Les valeurs ainsi obtenues pour chaque habitat ont été rapportées à l'hectare, en tenant compte de la superficie totale couverte par les habitats correspondants. Cette approche a permis d'estimer et de comparer la capacité de stockage de carbone et de séquestration du CO₂ des différents habitats étudiés.

2-4. Analyse statistique

Les valeurs moyennes de la densité, de l'aire basale, la biomasse, le stock de carbone et le CO₂ équivalent des habitats étudiés de la FCA 2 ont été comparées à travers le test statistique d'ANOVA. Les trois conditions requises pour l'application de ce test ont été vérifiées. Dans le cas où toutes ces conditions sont valides, le test d'ANOVA suivi du test de Tukey pour comparer deux à deux les habitats. Par contre, lorsqu'au moins une des conditions n'est pas respectée, son équivalent non paramétrique (Test de Kruskal-Wallis) suivi du test de comparaison de Dunn est effectué. Ces différents tests permettent de vérifier la significativité au sein des peuplements étudiés. Le Package BiodiversityR a permis de réaliser les différentes courbes d'abondance des espèces dans les différents habitats. Tous les tests et analyses ont été réalisés avec le logiciel R 4.3.2 / RStudio.

3. Résultats

3-1. Richesses spécifiques totales et moyennes dans les habitats étudiés

Les inventaires floristiques (relevés de surfaces et itinérants) réalisés dans les cinq habitats considérés de la forêt classée d'Agbo 2 ont permis de recenser 121 espèces végétales qui sont réparties en 87 genres et appartenant 33 familles botaniques. Les forêts enrichies avec le *Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev. (Malvaceae) ou Bété sont les formations végétales les plus riches avec 70 espèces inventoriées par rapport aux trois autres biotopes qui comptent, 31 espèces pour les forêts enrichies avec le *Terminalia superba* Engl. & Diels (Combretaceae) ou Fraké, 20 espèces pour les plantations de *Gmelina arborea* Roxb. (Lamiaceae) ou

Gmélina et 8 espèces pour les plantations de *Tectona grandis* Linn.f. (Lamiaceae) ou Teck. Ainsi, la richesse spécifique des forêts enrichies avec le Bété est semblable à celle des forêts naturelle (témoin) qui comptent 71 espèces recensées. Les résultats de l'analyse statistique montrent une différence significative entre les valeurs moyennes de la richesse spécifique ($P < 0,05$). En considérant les trois autres biotopes, les forêts enrichies avec le Fraké présentent une richesse spécifique totale et une richesse moyenne statistiquement différentes de celles des plantations de Gmélina et de Teck (**Tableau 1**). L'on constate aussi une différence significative entre les paramètres étudiés des plantations de Gmélina et de Teck.

Tableau 1 : Comparaison des richesses spécifiques totales et moyennes obtenues dans les habitats étudiés de la forêt classée d'Agbo 2

Habitats	Richesses spécifiques totales	Richesses spécifiques moyennes
Forêts naturelles	71	$53 \pm 1,05^a$
Forêts enrichies avec le Bété	70	$52 \pm 2,14^a$
Forêts enrichies avec le Fraké	31	$31,5 \pm 0,70^b$
Plantations de Gmelina	20	$17,5 \pm 3,69^c$
Plantations de Teck	8	$5,5 \pm 1,58^d$
<i>p-value</i>		$p < 0,05$

Les valeurs affectées d'une même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ($p < 0,05$).

3-2. Prépondérance spécifique dans les habitats étudiés

Le calcul de l'indice de Valeur d'Importance des espèces a permis de montrer la prépondérance des 15 premières espèces dans les habitats visitées (**Tableau 2**). Cette prépondérance varie d'un habitat à un autre dans l'espace de la FCA 2. Ainsi, les plantations de teck (IVI = 218,97 %) et de Gmélina (IVI = 218,23 %) représentent les habitats avec les plus fortes valeurs de prépondérances. Ensuite viennent les forêts enrichies avec le Bété avec un IVI de 90,25 %, les forêts enrichies avec le Fraké (IVI : 70,18 %) et enfin les forêts naturelles (64,96 %). Le **Tableau 2** a montré que les plantations de Gmélina abritent le plus grand nombre d'espèces (4 espèces). Par contre, on a retrouvé le plus faible effectif d'espèce dans les plantations de Teck (01 espèce). En tenant compte de la prépondérance des espèces par ordre décroissant dans les habitats, on a constaté que le Teck et le Gmélina sont les espèces les plus importantes respectivement dans les plantations de teck et de Gmélina. En termes de valeurs d'importance, l'espèce reboisée *Terminalia superba* est plus prépondérante dans les forêts enrichies avec le Fraké (IVI = 43,28 %) et dans les forêts enrichies avec le Bété, *Mansonia altissima* (IVI = 41,21 %), *Celtis mildbraedii* (IVI = 15,36 %) sont les plus importantes. En ce qui concerne les forêts naturelles, les espèces les plus importantes par ordre décroissant sont : *Cola gigantea* (IVI = 18,01 %), *Trichilia prieureana* (IVI = 16,93 %), *Triplochiton scleroxylon* (IVI = 15,45 %) et *Ceiba pentandra* (IVI = 14,57 %).

Tableau 2 : Valeurs de prépondérance (%) des espèces des habitats étudiés dans la FCA 2

Espèces	Forêts naturelles	Forêts enrichies avec le Bété	Forêts enrichies avec le Fraké	Plantations de Gméline	Plantations de Teck
<i>Tectona grandis</i> Linn.f.	---	---	---	---	218,97
<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	---	---	---	129,51	---
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	---	20,20	43,28	---	---
<i>Mansonia altissima</i> (A. Chev.) A. Chev.	---	41,21	---	---	---
<i>Cola gigantea</i> A.Chev.	18,01	---	---	28,97	---
<i>Mangifera indica</i> L.	---	---	---	26,79	---
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	14,57	---	---	19,40	---
<i>Trichilia prieureana</i> A.Juss.	16,93	---	---	---	---
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K.Schum.	15,45	---	---	---	---
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	---	15,36	15,01	---	---
<i>Ficus exasperata</i> Vahl	---	---	---	13,56	---
<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A.Chev.) Capuron	---	13,48	---	---	---
<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	---	---	12,89	---	---

--- : Absence d'IVI

3-3. Abondance des espèces dans les habitats étudiés

L'analyse des courbes d'abondances réalisées ont permis de déterminer les valeurs d'abondance des espèces identifiées dans les formations végétales. Les espèces *Trichilia prieureana* (77 individus/ha) et *Cola gigantea* (51 individus/ha) sont les plus abondantes dans les forêts naturelles (**Figure 3a**). Dans les forêts enrichies avec le Bété, *Mansonia altissima* (78 individus/ha) suivie de et *Nesogordonia papaverifera* (40 individus/ha) et sont les plus rencontrées (**Figure 3b**). Pour les forêts enrichies avec le Fraké présenté par la **Figure 3c**, *Celtis zenkeri* (29 individus), *Trichilia monadelpha* (27 individus) et *Terminalia superba* (26 individus) semblent être les plus rencontrées. *Tectona grandis* avec 396 individus/ha et *Gmelina arborea* (539 individus/ha) sont quasi-présentes respectivement dans les plantations de Teck et de Gméline **Figure 3d** et **3e**).

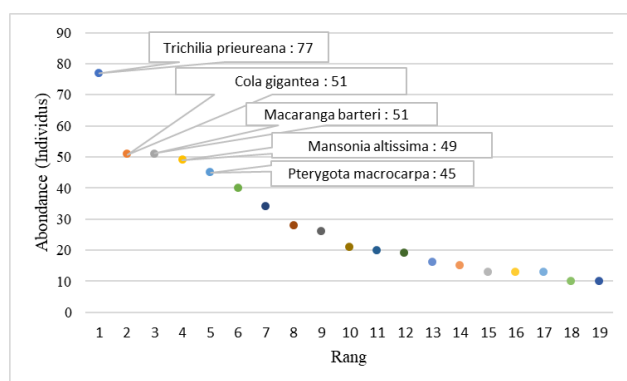


Figure 3a : Distribution des valeurs d'abondances des espèces arborescentes inventoriées dans les forêts naturelles

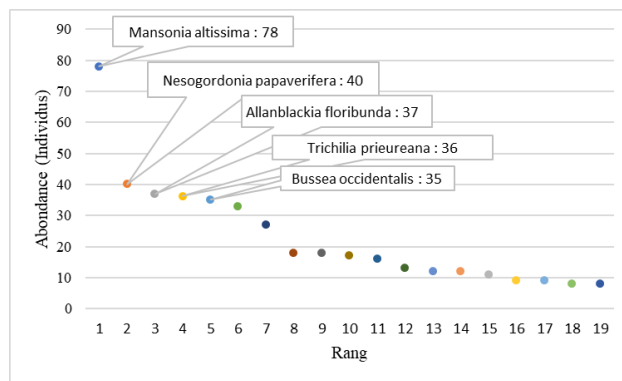


Figure 3b : Distribution des valeurs d'abondances des espèces arborescentes inventoriées dans les forêts enrichies avec le Bété

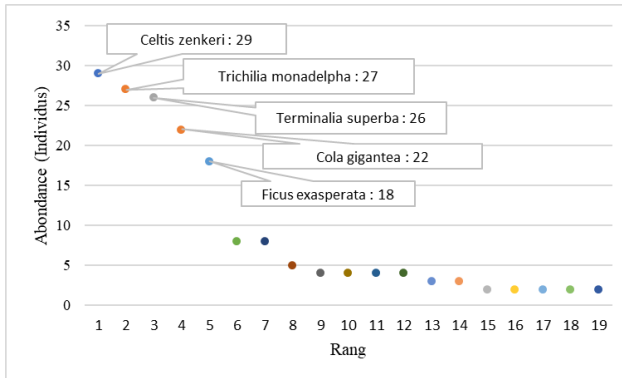


Figure 3c : Distribution des valeurs d'abondances des espèces arborescentes inventoriées dans les forêts enrichies avec le Fraké

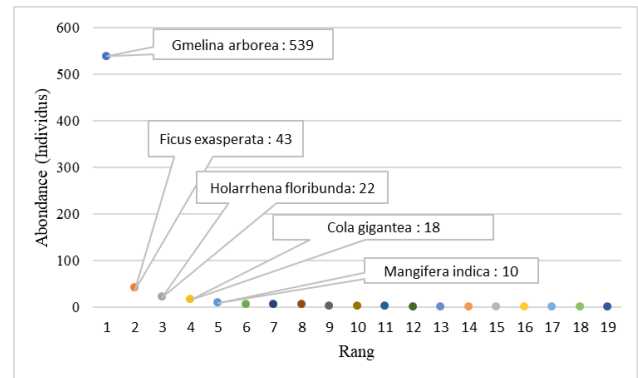


Figure 3d : Distribution des valeurs d'abondances des espèces arborescentes inventoriées dans les plantations de Gmelina

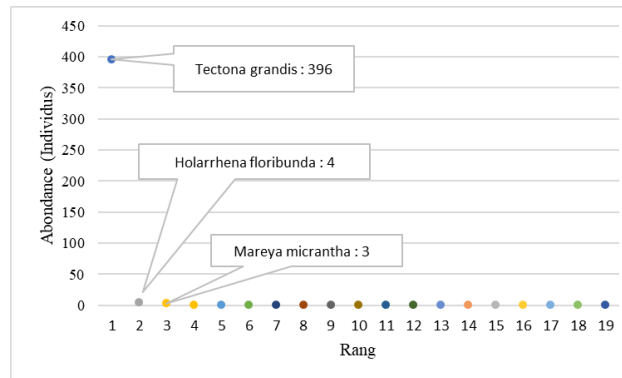


Figure 3e : Distribution des valeurs d'abondances des espèces arborescentes inventoriées dans les plantations de Teck

3-4. Caractéristiques structurales des habitats étudiés

3-4-1. Densité et aire basale des différents types d'habitats

L'étude réalisée dans les parcelles de la FCA 2 ont permis d'inventorier une densité totale de 13185 individus/ha. Les plantations de Gmelina enregistrent la plus grande valeur moyenne de densité qui est de $674,80 \pm 35,59$ tiges/ha (**Tableau 3**). Quant à la valeur moyenne de densité la plus faible, elle a été rencontrée dans les forêts enrichies avec le Fraké ($305,40 \pm 47,35$ tiges/ha). S'agissant des aires basales des tiges recensées dans les différents habitats, on observe une aire basale totale de $252,21 \text{ m}^2/\text{ha}$. La plus grande valeur moyenne d'aire basale est observée dans les forêts enrichies avec le Bété $32,71 \pm 19,46 \text{ m}^2/\text{ha}$ (**Tableau 3**). Par contre la plus faible valeur moyenne d'aire basale est retrouvée dans les plantations de Teck ($13,55 \pm 0,43 \text{ m}^2/\text{ha}$). Le test statistique de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives entre les valeurs moyennes de ces deux paramètres structuraux.

Tableau 3 : Caractéristiques structurales des arbres recensés dans les habitats étudiés

Biotores	Densité (Tiges/ha)		Aire basales (m ² /ha)	
	Totales	Moyennes	Totales	Moyennes
Forêts naturelles	3372	674,40 ± 83,36 ^a	133,60	26,72 ± 0,57 ^{ab}
Forêts enrichies avec le Bété	2873	574,60 ± 52,37 ^b	196,26	39,25 ± 14,83 ^b
Forêts enrichies avec le Fraké	1527	305,40 ± 47,35 ^c	166,75	33,35 ± 11,09 ^b
Plantations de Gmelina	3374	674,80 ± 35,59 ^a	107,91	21,58 ± 0,23 ^{ab}
Plantations de Teck	2039	407,80 ± 3,03 ^d	67,68	13,54 ± 0,23 ^a
<i>p-value</i>		<i>p</i> < 0,05		<i>p</i> < 0,05

Pour une même colonne, les valeurs moyennes affectées de la même lettre ne sont pas statistiquement significatives

3-4-2. Structure démographique dans les habitats étudiés

Les courbes de distribution des individus en fonction des classes de diamètre ont pris deux types d'aspects dans les formations végétales inventoriées. Les forêts naturelles, les forêts enrichies avec le Bété et les plantations de Teck présentent une allure en forme de cloche (**Figure 4a, 4b et 4e**). En revanche, les forêts enrichies avec le Fraké et les plantations de Gmelina montre une forme de « J inversé » (**Figure 4b et 4c**).

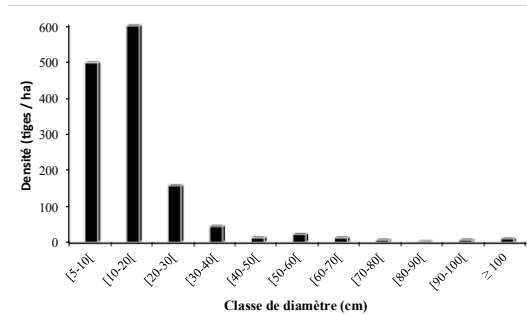


Figure 4a : Distribution des tiges par classes de diamètre dans les forêts naturelles

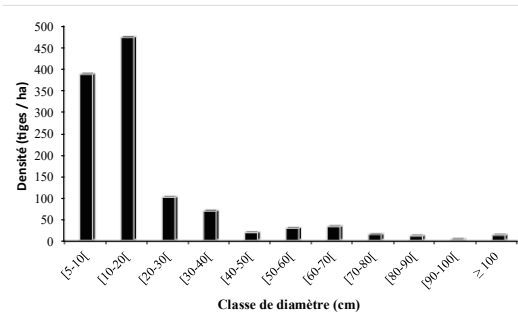


Figure 4b : Distribution des tiges par classes de diamètre dans les forêts enrichies avec le Bété

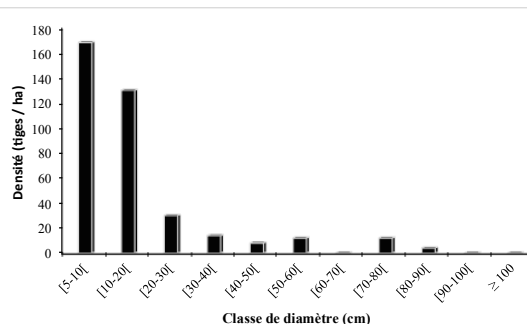


Figure 4c : Distribution des tiges par classes de diamètre dans les forêts enrichies avec le Fraké

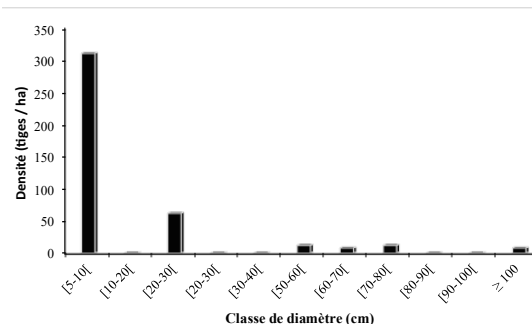


Figure 4d : Distribution des tiges par classes de diamètre dans les plantations de Gmelina

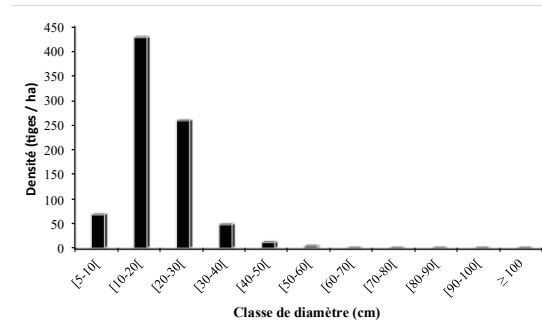


Figure 4e : *Distribution des tiges par classes de diamètre dans les plantations de Teck*

3-5. Biomasse et estimation du stock de carbone dans les différents habitats

L'analyse réalisée sur l'ensemble des cinq habitats a permis d'enregistrer une biomasse totale de 4419,41 t/ha, soit un taux séquestration de carbone de 2209,71 tC/ha correspondant à une quantité de carbone équivalent de 8109,63 tCO₂ équivalent/ha. En ce qui concerne les habitats inventoriés, la plus grande valeur moyenne de la biomasse qui est de $267,68 \pm 87,95$ t/ha correspondant à un taux de carbone de $133,84 \pm 43,97$ tC/ha a été retrouvée dans les forêts enrichies avec le Bété (**Tableau 4**). Ensuite suivent les forêts naturelles avec une valeur moyenne de $205,41 \pm 10,34$ t/ha pour un taux de carbone moyen de $102,71 \pm 5,17$ tC/ha. Par ailleurs, les plantations de Teck ont la plus faible valeur moyenne de la biomasse totale ($91,04 \pm 1,49$ t/ha). Cette valeur correspondant à un taux de stock de carbone de $45,52 \pm 0,74$ tC/ha. Pour l'ensemble des trois paramètres (biomasse totale, stock de carbone et CO₂ équivalent), l'analyse statistique réalisée révèle qu'il existe des différences significatives entre les valeurs moyennes ($p < 0,05$).

Tableau 4 : *Biomasse et stock de carbone dans les espaces reboisés de la FCA 2*

Biotopes	Valeurs	Biomasse totale (t/ha)	Stock (tC/ha)	tCO ₂ équivalent/ha
Forêts naturelles	Totales	1027,06	513,52	1884,65
	Moyennes	$205,41 \pm 10,34^b$	$102,71 \pm 5,17^b$	$376,93 \pm 18,97^b$
Forêts enrichies avec le Bété	Totales	1338,43	669,21	2456,01
	Moyennes	$267,68 \pm 87,95^b$	$133,84 \pm 43,97^b$	$491,20 \pm 161,39^b$
Forêts enrichies avec le Fraké	Totales	926,86	463,43	1700,78
	Moyennes	$185,37 \pm 54,01^{ab}$	$92,69 \pm 27,00^{ab}$	$340,16 \pm 99,11^{ab}$
Plantations de Gmelina	Totales	671,89	335,94	1232,91
	Moyennes	$134,38 \pm 0,55^{ab}$	$67,19 \pm 0,28^{ab}$	$246,58 \pm 1,01^{ab}$
Plantations de Teck	Totales	455,19	227,60	835,27
	Moyennes	$91,04 \pm 1,49^a$	$45,52 \pm 0,74^a$	$167,06 \pm 2,73^a$

Pour une même colonne, les valeurs moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ($p < 0,05$).

4. Discussion

4-1. Analyse de la richesse spécifique formations végétales reboisées et valeurs d'importances spécifique

Les résultats d'inventaires ont permis de recenser 121 espèces végétales dans la FCA 2. Cette richesse, relativement significative, est faible par rapport à celle obtenue dans les forêts classées de Besso et d'Agbo 1 situées dans la même zone d'étude [38, 39]. Ce faible nombre d'espèces inventorié pourrait être due aux critères d'inventaire préétabli. En effet, la présente étude s'est limitée qu'aux anciennes zones de reboisement de la SODEFOR présent dans la FCA 2. Alors que dans les forêts classées de Besso et d'Agbo 1, les auteurs ont considérés tous les types d'occupations. L'échantillonnage dans tous les habitats d'un massif forestier contribue ainsi à l'augmentation de la richesse floristique [40]. Les coupes, les entretiens et autres formes de nettoyages des parcelles reboisées sont des facteurs pouvant diminuer considérablement la richesse spécifique [20]. La colonisation des individus de régénération dans un écosystème forestier constitue un regain de succès de la restauration de la végétation d'origine [41]. La richesse spécifique des forêts enrichies avec le Bété se rapprochant à celle des forêts naturelles. Ce résultat est la preuve permettant d'affirmer qu'un écosystème enrichi pourrait se transformer au fil du temps et ressembler aux forêts naturelles [42 - 44]. Par contre, les forêts enrichies avec le Fraké, sujettes à de nombreuses pressions anthropiques notamment l'agriculture ont plutôt perdu leur dynamisme floristique de reconstitution. De tels résultats sont similaires à ceux de nombreux travaux, qui ont montré que les pressions anthropiques dans les formations végétales provoquent un ralentissement de développement d'espèces végétales de sous-bois [45, 46]. La pratique sylvicole d'enrichissement constitue un important levier de restauration des écosystèmes forestiers et d'augmentation de la richesse spécifique des peuplements restaurés. La prépondérance des espèces forestières typiques de la zone d'étude comme *Terminalia superba*, *Mansonia altissima*, *Celtis mildbraedii* et *Nesogordonia papaverifera* dans les forêts enrichies témoigne de leur contribution dans la progression vers les forêts naturelles.

Les formations végétales reboisées âgées entraînent une augmentation de la proportion des individus d'espèces indigènes, et ont tendances à présenter un sous-étage d'espèces indigènes ressemblant aux forêts naturelles [47]. Par ailleurs, en dehors des espèces plantées dans les espaces de reboisements, au moins 14 espèces parmi celles répertoriées ont leur IVI supérieur ou égal à 10 %. Ce seuil traduit leur capacité d'adaptation et de régénération malgré la forte dégradation du couvert végétal de la FCA 2 [48]. Des résultats similaires ont été obtenus Réserve de Faune d'Alédjo au Togo [49]. En outre, ces espèces y trouvent des conditions écologiques plus favorables à leur développement, ce qui pourrait traduire une stratégie d'adaptation aux conditions environnementales locales et une meilleure capacité à faire face aux perturbations anthropiques [50]. Les plantations de Gmélina sont caractérisées par des espèces natives comme *Cola gigantea*, *Mangifera indica*, *Ceiba pentandra* et *Ficus exasperata* ayant des diamètres les plus dominants alors que les plantations de Teck sont caractérisées par des espèces indigènes (*Holarrhena floribunda*, *Mareya micrantha*, *Newbouldia laevis* et *Antiaris toxicaria*) dont la distribution diamétrique faible est établie de manières homogènes dans toutes les placettes. La présence de ces espèces pourrait modifier ou transformer l'aspect de ces plantations monospécifiques et s'apparenter aux plantations mixtes ou forêts enrichies au fil du temps [45]. Dans ces plantations, l'abandon des activités nettoyages et des entretiens entraîne la recolonisation rapide de certaines espèces pionnières [43, 51]. Des résultats analogues ont été obtenue dans la forêt classée de Mabi, où certaines espèces ont réussi à imposer leur physionomie dans les plantations forestières [52]. En plus de leur prépondérance démontrée, ces espèces présentes également une abondance avérée dans les peuplements étudiés. Les forêts enrichies comme les plantations constituent des habitats favorables à la croissance et au développement des individus en l'absence de pressions anthropiques [20]. En outre, les espèces indigènes revêtent d'une importance capitale pour les populations, soit comme bois d'œuvre ou de service [53]. En effet, l'usage du bois blanc de *Holarrhena floribunda* ou encore appelé bois blanc est considéré pour la menuiserie et autres comme l'un des meilleurs bois du fait de son aisance à le travailler [53 - 55].

4-2. Diversité structurale des peuplements considérés

L'ensemble des sites inventoriés a enregistré une densité moyenne de 2650 tiges/ha. Les forêts enrichies avec le Fraké sont parmi les espaces reboisés par la SODEFOR avec la plus faible densité moyenne (305,40 tiges/ha). Cela pourrait s'expliquer par le nombre relativement limité de parcelles enrichies avec cette espèce au sein de la FCA 2. En effet, ces plantations forestières, établies en 1992, correspondent aux premières opérations de reboisement réalisées dans la FCA 2 et ont été mises en œuvre sur des superficies relativement restreintes. D'autres facteurs seraient la forte pression anthropique exercée sur ces plantations, qui se manifeste par la présence importante de parcelles agricoles et d'habitations à proximité des peuplements forestiers [20]. D'ailleurs, pour ces auteurs les facteurs exogènes sont les principales causes d'érosion de la biodiversité du milieu. En outre, la présence de *Trichilia monadelpha* et de *Ficus exasperata* témoigne du degré élevée de perturbations [56]. La surface terrière de 39,25 m²/ha dans les forêts enrichies est la plus forte. Ces formations abritent des individus matures avec de grand diamètre ayant bénéficiés auparavant d'un traitement particulier de la part des gestionnaires [57]. Toutefois, cette valeur s'inscrit dans l'intervalle de valeurs définies pour les forêts tropicales qui est de 25-50 m²/ha [58]. La faible valeur moyenne de l'aire basale observée dans les plantations de Teck serait due aux jeunes âges et son historique sylvicole. En effet, ces plantations sont assujetties à des éclaircies et des entretiens réguliers lors de leur mise en place afin de favoriser l'accroissement en diamètre des individus [59]. L'analyse globale de la structure de la végétation met en évidence l'état de la végétation et le processus de la dégradation qui affecte les peuplements de certaines espèces à fort potentiel socio-économique [60]. La caractérisation de la distribution des tiges par classes de diamètre a mis en évidence une proportion élevée d'individus de classe de diamètre [5-10[cm dans les forêts enrichies avec le Bété et les plantations de Gméline, soit respectivement 386 tiges/ha et 310 tiges/ha.

Cette abondance met en évidence un bon recrutement actif des jeunes arbres, ce qui traduit une bonne reconstitution et une stabilité dans ces milieux reboisés [61, 62]. En effet, l'arrêt des activités de désherbage ainsi que les ouvertures ou trouées dans les formations forestières reboisées entraînent l'installation et le développement de la végétation du sous-bois dans ces milieux [63]. Cette recolonisation est un indicateur du succès de la restauration [41]. L'allure décroissante de la distribution diamétrique dans les forêts naturelles, dans les forêts enrichies avec le Bété et les plantations de Gméline montre une diminution importante de la densité des tiges avec l'augmentation du diamètre. Plusieurs travaux sur la caractéristique structurale des formations végétales ont trouvé les mêmes types d'allure de distribution [52, 64, 65]. Pour ces auteurs, cette allure des formations végétales démontre de meilleur potentiel de régénération et des conditions écologiques et édaphiques propice à la croissance des recrues ligneux. Quant aux plantations de Teck qui ont la plus faible densité d'individus de classe diamètre [5-10[cm, soit 68 tiges/ha. Cette faible présence des individus de régénération serait due aux activités d'entretiens réalisées par la SODEFOR après le reboisement monospécifique de cette espèce à forte valeur commerciale et économique [66]. En effet, les plantations de *Tectona grandis* font l'objet d'opérations d'élimination des espèces végétales locales concurrentes durant les premières années de plantations, ce qui pourrait être un facteur stimulateur sur la croissance régulière et optimale en diamètre des individus, notamment en diamètre [67]. L'étude dans les peuplements de Teck de la Lama au Sud-Bénin a montré que les éclaircies dans les plantations forestières de Teck ont pour objectif la maximisation des nutriments du sol au profit des espèces principales, de garantir la santé et la qualité du peuplement [68]. Par ailleurs, la canopée quasi fermée de ces plantations limite la pénétration du rayonnement lumineux jusqu'au sous-bois, réduisant ainsi la disponibilité de la lumière indispensable au développement et à la croissance des espèces héliophiles [63].

4-3. Impact des techniques de restauration forestière sur la séquestration du carbone

La FCA 2 a une valeur moyenne de stock de carbone de 441,94 tC/ha, soit un pouvoir de séquestration du CO₂ atmosphérique de 1621,93 tCO₂ équivalent par hectare. Cette valeur montre que la FCA 2 constitue un réservoir naturel important de séquestration de carbone. Les études de N'Guessan et collaborateurs dans la réserve de Mabi-Yaya ont rapporté un stock de carbone de 338,3 tC/ha, inférieur à celui obtenu dans la présente étude [69]. Cette différence pourrait s'expliquer notamment par les différences d'intensité et de stratégie d'échantillonnage, ainsi que par la typologie et le nombre des habitats forestiers inventoriés dans les deux études. Ces facteurs peuvent en effet influencer significativement l'estimation du stock de carbone, en fonction de la structure, de la densité et de la composition des peuplements considérés [70]. Concernant l'évaluation du stock de carbone dans les formations végétales reboisées, les résultats montrent que les forêts enrichies séquestrent plus de carbone que les plantations monospécifiques. En effet, l'interaction entre la composition floristique et les paramètres structuraux des peuplements enrichis favorise l'augmentation du stock du carbone [71]. La forte valeur de stock de carbone observée dans les forêts enrichies avec le Bété comparativement aux autres peuplements restaurés, témoignerait de la forte densité et de la présence des individus de gros diamètres dans cet habitat. Les mélanges d'espèces dans les forêts plantées maximisent leur potentiel de séquestration de carbone [72]. Aussi, la présence de trouées ajoutées aux conditions écologiques favorables, contribuent à l'installation et au développement des espèces héliophiles ou pionnières, venant s'ajouter aux essences sciaphiles déjà établies [73]. Ces ouvertures favorisent ainsi le recrutement d'un cortège diversifié d'espèces dans le sous-étage et renforcent l'hétérogénéité de la végétation [40, 56]. Les monocultures de Teck ont enregistré la plus faible valeur de séquestration de carbone. Cela serait à leur âge, la physionomie (canopée fermée) l'historique, ainsi que des pratiques sylvicoles, notamment les activités de coupes des espèces végétales considérées comme concurrentes des individus de Teck [46, 70]. Des observations ont été observées dans la forêt classée de la Téné [56]. Ces résultats montrent l'importance de préserver et de promouvoir des formations végétales enrichies pour maximiser les bénéfices écologiques, notamment en termes de séquestration du carbone et de résilience climatique.

5. Conclusion

Cette étude menée dans la forêt classée d'Agbo 2 a permis répertorier 121 espèces végétales réparties en 87 genres et regroupées dans 33 familles botaniques. Les forêts enrichies (Bété et Fraké) constituent les biotopes ayant la plus forte richesse spécifique, en dehors des forêts naturelles. La prépondérance des espèces locales telles que *Terminalia superba*, *Mansonia altissima*, *Celtis mildbraedii* et *Nesogordonia papaverifera* et *Cola gigantea* contribuent fortement à cette diversité dans ces biotopes et leur progression vers des formations forestières se rapprochant des caractéristiques des forêts naturelles. Parmi les formations végétales restaurées, les forêts enrichies avec le Bété abritent le plus grand nombre de tiges (380 tiges/ha) de classe de diamètre [5-10] cm, correspondant à une dynamique de régénération active. Les forêts enrichies constituent les peuplements ayant la plus forte capacité de stockage de carbone. La végétation de la FCA 2 constitue donc un important réservoir de carbone à l'échelle régionale, avec un stock estimé à 441,94 tC/ha, ce qui témoigne du fort potentiel de stockage du carbone des peuplements étudiés, notamment les forêts enrichies et de leur contribution à l'atténuation du changement climatique. Les paramètres structuraux, les pratiques sylvicoles, l'historique et l'âge des peuplement jouent un rôle crucial dans la séquestration du carbone. Par conséquent, la technique sylvicole par enrichissement en espèces locales favorise une meilleure reconstitution de la végétation originelle tout en renforçant la capacité des peuplements restaurés à stocker le carbone, faisant ainsi de ces formations de véritables puits de carbone.

Références

- [1] - FAO, "Évaluation des ressources forestières mondiales 2020", FAO, Rome, Rapport principal, (2021) 91 p.
- [2] - Z. LIAO, B. HE, and X. QUAN, "Potential of texture from SAR tomographic images for forest aboveground biomass estimation", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 88 (2020) 1 - 15
- [3] - X. ZHU and D. LIU, "Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series", *Photogrammetry Remote Sensing*, 102 (2015) 222 - 231
- [4] - W. LI *et al.*, "Tropical forest AGB estimation based on structure parameters extracted by TomoSAR", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 121 (103369) (2023) 2 - 12
- [5] - E. T. A. MITCHARD, "The tropical forest carbon cycle and climate change", *Nature*, 559 (2018) 527 - 534
- [6] - L. H. BALIMA, N. F. KOUAME, B. M. I. NACOULMA, P. BAYEN and A. THIOMBIANO, "Agricultural land use reduces plant biodiversity and carbon storage in tropical West African savanna ecosystems : Implications for sustainability", *Global Ecology and Conservation*, 2 (2020) 2 - 15
- [7] - FAO, "Évaluation des ressources forestières mondiales 2012", FAO, Rome, Rapport principal, (2017) 91 p.
- [8] - J. LU *et al.*, "Estimation of aboveground biomass of *Robinia pseudoacacia* forest in the Yellow River Delta based on UAV and Backpack LiDAR point clouds", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 86 (2020) 1 - 13
- [9] - P. ZHAO *et al.*, "Forest aboveground biomass estimation in Zhejiang Province using the integration of Landsat TM and ALOS PALSAR data", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 53 (2016) 1 - 15
- [10] - H. AGHABABAEI *et al.*, "Forest SAR Tomography : Principles and Applications", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 8 (2) (2020) 30 - 45
- [11] - Y. MALHI, T. A. GARDNER, G. R. GOLDSMITH *et al.*, "Tropical forests in the Anthropocene", *Annual Review of Environment and Resources*, 39 (2014) 125 - 159
- [12] - C. MASSON, "Dynamique paysagère et suivi de la dégradation forestière et de la déforestation en périphérie de la ville de Kisangani en République démocratique du Congo", Mémoire de Master, Université de Liège, Liège, Belgique, (2022) 47 p.
- [13] - C. DUMMETT and A. BLUNDELL, "Illicit harvest, complicit goods - The state of illegal deforestation for agriculture", *Forest Trends*, 81 (2021) 81 p.
- [14] - G. R. VAN DER WERF, "CO2 emissions from forest loss", *Nat. Geosci.*, 2 (11) (2009) 737 - 738
- [15] - N. L. HARRIS *et al.*, "Baseline map of carbon emissions from deforestation in tropical regions", *Science*, 80 (336) (2012) 1573 - 1576
- [16] - M. PFEIFER *et al.*, "A systems approach framework for evaluating tree restoration interventions for social and ecological outcomes in rural tropical landscapes", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 378 (1867) (2023) 1 - 15
- [17] - P. CUNY, F. PLANCHERON, A. BIO, E. KOUACOU and F. MORNEAU, "La forêt et la faune de Côte d'Ivoire dans une situation alarmante — Synthèse des résultats de l'Inventaire forestier et faunique national", *Bois et Forêts des Tropiques*, 355 (2023) 47 - 72
- [18] - INPROBOIS, "Plan d'aménagement de la forêt classée de la Besso 2003–2012", Rapport d'activité, INPROBOIS, Document non publié, (2013)
- [19] - "Climate-Data.org", Climate-Data.org
- [20] - Y. KONE, S. C. DOFFOU and K. KOUADIO, "Impact de la restauration des zones dégradées sur la diversité floristique de la forêt classée d'Agbo 2 (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)", *European Scientific Journal*, 20 (15) (2024) 200 - 222

- [21] - J. L. GUILLAUMET and E. ADJANOHOOUN, "La végétation de la Côte d'Ivoire", in *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire*, 50 (1971) 161 - 263
- [22] - L. AKÉ-ASSI, "Flore de Côte d'Ivoire 1 : Catalogue systématique, biogéographie et écologie", Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève (Suisse), Tome, 1 (2001) 396 p.
- [23] - L. AKÉ-ASSI, "Flore de Côte d'Ivoire 2 : Catalogue systématique, biogéographie et écologie", Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève (Suisse), Tome, 2 (2002) 401 p.
- [24] - APG. IV, "An update of the Angiosperm Phylogen Group classification for the orders and families of flowering plants", *Botanical Journal of the Linnean Society*, (181) (2016) 1 - 20
- [25] - G. COTTAM and J. T. CURTIS, "The use of distance measures in phytosociological sampling", *Ecology*, 37 (1956) 451 - 460
- [26] - B. ROLLET, "L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines", Paris, Centre Technique Forestier Tropical, (1974) 298 p.
- [27] - K. KOUADIO, K. E. KOUASSI, N. F. KOUAME and D. TRAORE, "Évaluation des effets de l'éclaircie sélective, par dévitalisation, sur la croissance en diamètre des essences principales dans la forêt classée de Bossématié (Côte d'Ivoire)", *Agronomie Africaine*, 19 (1) (2007) 1 - 12
- [28] - D. KONAN, "Étude de la dynamique floristique, structurale et du potentiel germinatif du stock semencier du sol de la forêt classée de Yapo-Abbé : contribution pour une gestion durable des forêts classées de la Côte d'Ivoire", Thèse de Doctorat, UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2016) 217 p.
- [29] - S. F. P. OUATTARA, K. KOUADIO and D. SORO, "Diversité Des Espèces De Bois D'œuvre Menacées De Disparition De La Flore De La Côte d'Ivoire, Dans Le Massif Forestier Yapo-Abbé", *European Scientific Journal, ESJ*, 15 (36) (2019) 213 - 229
- [30] - J. CHAVE, M. REJOU-MECHAIN, M. BURQUEZ et al., "Improved allometric models to estimate aboveground biomass of tropical trees", *Glob. Change Biol.*, 20 (2014) 3177 - 3190
- [31] - M. REJOU-MECHAIN, A. TANGUY, C. PIPONIOT, J. CHAVE and B. HERAULT, "Biomass : an R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests", *Methods in Ecology and Evolution*, 8 (2017) 1163 - 1167
- [32] - Y. KONE, "Stratégies de valorisation des services écosystémiques d'une forêt secondaire : cas de l'arboretum de l'ESA", Mémoire de fin d'études de l'École Supérieure d'Agronomie (ESA), Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire), (2017) 72 p.
- [33] - GIEC, "Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre : Agriculture, Foresterie et Autres usages des terres", *Institute for Global Environmental Strategies*, 4 (2006) 46 - 52
- [34] - G. MILLE and D. LOUPPE, "Mémento du Forestier Tropical", Ed. QUÆ.Versailles, France, (2015) 1200 p.
- [35] - B. R. TSOUMOU, K. J. LUMANDE, J. P. KAMPE and J. D. NZILA, "Estimation de la quantité de carbone séquestré par la Forêt Modèle de Dimonika (Sud-ouest de la République du Congo)", *Revue Scientifique et Technique Forêt & Environnement du Bassin du Congo*, 6 (2016) 39 - 45
- [36] - W. O. OUEDRAOGO, D. ILBOUDO, A. P. K. GOMGNIMBOU, S. SANTI and A. TOGUYENI, "Quantification de la Biomasse et stockage du carbone du massif forestier de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Dindéresso province du Houet au Burkina Faso", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (7) (2019) 3276 - 3288
- [37] - S. F. P. OUATTARA, K. KOUADIO and K. YAO, "Estimation du stock de carbone des espèces de bois d'œuvre menacées du massif forestier de Yapo-Abbé (Côte d'Ivoire)", *Agronomie Africaine*, 33 (3) (2021) 293 - 304
- [38] - K. J. N'DJA, Y. TUO and I. C. ZO-BI, "Diversité floristique et infiltration humaine de la forêt classée de la Besso (Côte d'Ivoire)", *Journal of Applied Biosciences*, 114 (1) (2017) 11299 - 11308
- [39] - A. E. N'GUESSAN and K. J. N'DJA, "Analyse De La Diversité Floristique De La Forêt Classée D'agbo I (Côte d'Ivoire)", *European Scientific Journal, ESJ*, 14 (9) (2018) 346 - 357

- [40] - P. A. SILUE, D. SORO, A. B. KOFFI and K. A. YAO, "Structure de la végétation et potentiel de séquestration du carbone de la Réserve forestière de l'Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire)", *VertigO*, (2023) 1 - 17
- [41] - M. C. RUIZ-JAEN and M. T. AIDE, "Restoration Success : How Is It Being Measured? », *Restoration Ecology*, 13 (3) (2005) 569 - 577
- [42] - J.-M. CARNUS, "Planted forests and biodiversity", *J For.*, 104 (2) (2006) 65 - 77
- [43] - A. PAQUETTE and C. MESSIER, "Managing tree plantations as complex adaptive systems", in *Managing forests as complex adaptive systems : building resilience to the challenge of global change*, C. Messier, K.J. Puettmann, and K.D. Coates., New York : Routledge, (2013) 299 - 326
- [44] - Y. KONE and B. T. A. VROH, "Diversité de la régénération des ligneux dans les plantations forestières au centre de la Côte d'Ivoire", *BASE*, 25 (4) (2021) 253 - 266
- [45] - Z. SHAKERI, D. SIMBERLOFF, M. BERNHARDT-RÖRMANN and R. L. ECKSTEIN, "The impact of livestock grazing and canopy gaps on species pool and functional diversity of ground flora in the Caspian beech forests of Iran", *Applied Vegetation Science*, 24 (3) (2021) 1 - 13
- [46] - D. K. KASEKETE *et al.*, "Plantations monospécifiques d'espèces exotiques, déserts biologiques ou îlots de diversité floristique ? Exemple de situations biotiques et abiotiques contrastées au Nord-Kivu en République démocratique du Congo", 352 (2022) 71 - 88
- [47] - E. G. BROCKERHOFF, H. JACTEL, J. A. PARROTTA, C. P. QUINE and J. SAYER, "Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity?", *Biodiversity Conservation*, 17 (2008) 925 - 951
- [48] - J. L. FOBANE, J. M. ONANA, J. C. ZEKENG, H. E. BIYE and M. M. A. MBOLO, "Flora diversity and characterization of plant groups in Atlantic forests of Cameroon", *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 10 (5) (2017) 163 - 176
- [49] - A. K. SEGNIKA, D. MARRA, L. PAYENE, T. BADIBALAKI, B. KOMLAN and A. KOFFI, "Régénération et structure de la végétation ligneuse juvénile de la Réserve de Faune d'Alédjo au Togo", *Revue Écosystèmes et Paysages*, 5 (1) (2025) 1 - 12
- [50] - R. B. ALLEN, K. H. PLATT and R. E. J. COKER, "Understory species composition patterns in a *Pinus radiata* D. Don plantation on the central North Island volcanic plateau, New Zealand", *NZ For Sci.*, (1995) 301 - 317
- [51] - J.-M. CARNUS *et al.*, "Planted Forests and Biodiversity", *Journal of Forestry*, 104 (2) (2006) 65 - 77
- [52] - G. J. A. AMBA, É. GNAHORE and S. DIOMANDE, "Diversité floristique et structurale de la forêt classée de la Mabi au Sud-Est de la Côte d'Ivoire", 8 (1) (2021) 159 - 171
- [53] - A. A. M. BADA AMOUZOUN, A. C. ADOMOU and G. H. DASSOU, "Connaissances ethnobotaniques de *Holarrhena floribunda* (G.Don) Durand & Schinz (Apocynaceae) au Sud-Bénin", *ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE PARAKOU Série « Sciences Naturelles et Agronomie »*, 6 (1) (2016) 34 - 41
- [54] - D. AKPALU, "Un inventaire des plantes utilisées dans des sculptures en bois et d'autres articles connexes dans le sud du Ghana", Thèse de maîtrise en biologie, Département de botanique, Faculté des Sciences, Université de Cape Coast, au Ghana, (1998) 31 p.
- [55] - M. ARBONNIER, "Arbres, Arbustes et Lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest", Artec (89, Pont — Sur-Moyenne). Ed. CIRAD, MNHN, UICN France, (2000) 573 p.
- [56] - B. VROH, Y. KONE, and V. DJONGMO, "Plant species diversity and structure in tree plantations at Téné Protected Forest (Côte d'Ivoire)", *Annals of Silvicultural Research*, 47 (1) (2022) 39 - 47
- [57] - Y. J. SEHOUBO, M. MEDA, W. O. KABRE and B. YELEMOU, "Caractérisation et structure de la végétation ligneuse des parcs agroforestiers en zone nord soudanienne au Burkina Faso", 17 (2) (2023) 325 - 348
- [58] - J.-P. PASCAL, "Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides", *Revue Forestière Française LV*, (Numéro spécial), (2003) 118 - 130
- [59] - SODEFOR, "Plan d'aménagement de la forêt classée de la Téné (29 700 ha) : 1994-2006", Abidjan, Côte d'Ivoire, (1995) 28 p.

- [60] - B. SAMBOU, "Évaluation de l'état de la dynamique et des tendances évolutives de la flore et de la végétation ligneuses dans les domaines soudaniens et sub-guinéen au Sénégal", Thèse, Université Cheick Anta Diop, Sénégal, (2004) 210 p.
- [61] - C. Y. ADOU YAO, E. C. BLOM, K. T. S. DENGUEADHE, V. R. S. A. R. ROMPAEY, G. WITTEBOLLE and F. BONGERS, "Diversité floristique et végétation dans le Sud du Parc National de Taï", *Tropenbos*, (5) (2005) 91 p.
- [62] - B. T. A. VROH, "Évaluation de la dynamique de la végétation dans les zones agricoles d'Azaguié (Sud-Est Côte d'Ivoire)", Thèse de Doctorat unique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2013) 163 p.
- [63] - J. C. ONYEKWELU and A. A. OLABIWONNU, "Can forest plantations harbour biodiversity similar to natural forest ecosystems over time?", *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 12 (1-2) (2016) 108 - 115
- [64] - A. C. AMANI, K. H. MILENGE, J. LISINGO and H. N'SHIMBA, "Analyse floristique et impact du déterminisme édaphique sur l'organisation de la végétation dans les forêts de l'île Kongolo (R. D. Congo)", 37 (2) (2013) 255 - 272
- [65] - O. M. M. A. ADINGRA and J. N. KASSI, "Diversité floristique, structure et dynamique des jachères postculturales de la forêt classée de Bamo (Côte d'Ivoire)", *Agronomie Africaine*, 28 (1) (2016) 24 - 32
- [66] - G. MALDONADO and D. LOUPPE, "Challenges of teak in Côte d'Ivoire", *Unasylva*, 51 (201) (2000) 36 - 44
- [67] - A. NÖLTE, H. MEILBY and R. YOUSEFPOUR, "Multi-purpose forest management in the tropics: Incorporating values of carbon, biodiversity and timber in managing *Tectona grandis* (teak) plantations in Costa Rica", *Forest Ecology and Management*, 422 (2018) 345 - 357
- [68] - S. G. AKOUEHOU *et al.*, "Fiche Technique : Pratiques des éclaircies dans les peuplements de teck de la Lama au Sud-Bénin", Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme (MEHU), Bénin, Rapport, N° 6186 (2012) 13 p.
- [69] - A. E. N'GUESSAN, K. B. AMANI, O. YAO and J. N. KASSI, "Influences de la structure de la végétation sur la capacité de séquestration de carbone dans la réserve de Mabi-Yaya, sud de la Côte d'Ivoire", *Afrique SCIENCE*, 28(1) (2026) 10 - 20
- [70] - C. A. GOUSSANOU, S. GUENDEHOU, A. E. ASSOGBADJO, M. KAIRE, B. SINSIN and A. CUNI-SANCHEZ, "Specific and generic stem biomass and volume models of tree species in a West African tropical semi-deciduous forest", *Silva Fennica*, 50 (2) (2016) 1 - 22
- [71] - A. ALI, S. L. LIN, J. K. HE, F. M. KONG, J. H. YU and J. S. JIANG, "Big-sized trees overrule remaining trees' attributes and species richness as determinants of aboveground biomass in tropical forests", *Global Change Biology*, 25 (2019) 2810 - 2824
- [72] - B. T. A. VROH, D. OUATTARA and K. B. KPANGUI, "Disponibilité des espèces végétales spontanées à usage traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire", *Journal of Applied Biosciences*, 76 (2014) 6386 - 6396
- [73] - S. P. HUBBELL *et al.*, "Light gap disturbance, recruitment, limitation and tree diversity in a neotropical forest", *Science*, 283 (5401) (1999) 554 - 557