



Diversité Floristique, Croissance et Qualité du Bois de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) et *Gmelina arborea* Roxb (Verbenaceae) dans Différents Systèmes de Reboisement dans la Forêt Classée de la Besso (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)

Noufou Doudjo Ouattara

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire

Eric Gnahore

Mathieu Dogba

Dokalnan Coulibaly

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire

Adama Bakayoko

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p69](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p69)

Submitted: 24 July 2023

Accepted: 17 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ouattara N.D., Gnahore E., Dogba M., Coulibaly D. & Bakayoko A. (2023). *Diversité Floristique, Croissance et Qualité du Bois de Cedrela odorata L. (Meliaceae) et Gmelina arborea Roxb (Verbenaceae) dans Différents Systèmes de Reboisement dans la Forêt Classée de la Besso (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 69.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p69>

Résumé

La couverture forestière de la Côte d'Ivoire estimée à environ 16 millions d'hectares dans les années 1900 a connu une importante régression et elle est passée de nos jours à moins de 3 millions d'hectares. Cette réduction résulte de l'effet conjugué de l'urbanisation galopante, de l'agriculture et de l'exploitation des massifs forestiers en bois d'œuvre. Cette diminution a

conduit à la perte des essences forestières commercialisables. La présente étude, réalisée dans la forêt classée de la Besso s'inscrit dans une vision d'amélioration de la productivité des plantations forestières pour un meilleur approvisionnement des industries du bois. Elle vise à identifier le modèle de reboisement offrant une diversité floristique élevée avec une meilleure croissance et qualité du bois. Les espèces utilisées sont *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) et *Gmelina arborea* Roxb (Verbenaceae). Les travaux ont été effectués sur deux types de reboisement (plantation pure et agroforêt à base de caféier ou de cacaoyer). Plusieurs paramètres (quantitatifs et qualitatifs) ont été évalués suivant les types de reboisement. Il en ressort que l'agroforêt de type *Cedrela odorata* en association avec le caféier est le système le plus hétérogène avec un indice de Shannon de 3,47 et une valeur d'équitabilité de Piélou de 0,93. Cependant, *Gmelina arborea* en agroforêt avec le cacaoyer présente une bonne croissance annuelle (0,04 m). L'agroforêt de type *Gmelina arborea* associée au cacaoyer a fourni les meilleures valeurs de cylindricité et de rectitude. Les résultats de cette étude devraient aider à la réhabilitation des écosystèmes forestiers dégradés.

Mots-clés: Reforestation, agroforêt, croissance, forêt classée de la Besso, Côte d'Ivoire

Floristic Diversity, Growth, and Wood Quality of *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) and *Gmelina arborea* Roxb (Verbenaceae) in Different Reforestation Systems of the Besso Classified Forest (South-East of Côte d'Ivoire)

Noufou Doudjo Ouattara

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire

Eric Gnahore

Mathieu Dogba

Dokalnan Coulibaly

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire

Adama Bakayoko

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire

Abstract

The forest cover of Côte d'Ivoire estimated at around 16 million hectares in the 1900s has undergone a significant reduction and it is estimated today at under three million hectares. This reduction is the combined effect of a high rate of urbanization, agriculture, and logging industry. This reduction has led to a depletion of the forests in marketable species. This study on the Besso classified forest is part of a vision to improve the productivity of forest plantations for a better supply of wood industries. It aims to identify a reforestation model with a high floristic diversity with better growth and wood quality. The species used are *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) and *Gmelina arborea* Roxb (Verbenaceae). Two types of reforestation in the Besso classified forest were carried out namely, pure reforestation plantation and agroforest (coffee and cocoa based). Several parameters (quantitative and qualitative) were evaluated according to the types of reforestation. The results show that the reforestation of *Cedrela odorata*-coffee agroforest is the most system environment with a Shannon index of 3.47 and a Pielou equitability value of 0.93. However, the *Gmelina arborea*-cocoa agroforest has the best annual growth rate (0.04 m). The qualitative parameters (cylindricity and

straightness) are better in the Gmelina arborea-cocoa agroforest. All these results should help in the rehabilitation of degraded ecosystems and forests.

Keywords: Reforestation, agroforest, growth, Besso forest reserve, Côte d'Ivoire

Introduction

Les forêts demeurent un bien commun universel et une source de nombreux biens et services pour l'humanité. Elles constituent un socle de la conservation de la biodiversité et conditionnent la présence des espèces animales et végétales. Elles produisent également des biens dont certains ont une valeur marchande comme le bois, les produits pharmaceutiques, etc. Les forêts abritent une grande diversité biologique et constituent un réservoir génétique inestimable (Slik et al., 2015). Malgré les nombreux avantages des forêts, force est de constater la régression de celles-ci en qualité et quantité (Leroy et al., 2013). En effet, de nos jours, les forêts sont très menacées du fait des activités anthropiques qui ont d'énormes répercussions sur la biodiversité et les services écosystémiques (Damette & Delacote, 2011 ; Silué, 2018). De 2000 à 2010, le rythme de déforestation annuelle des zones tropicales avait été estimé à 5,4 millions d'hectares (FAO, 2011). L'organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a estimé la perte mondiale nette du couvert végétal à 7,8; 5,2 ; et 4,7 millions respectivement entre 1990 - 2000, 2000 - 2010 et 2010 – 2020 (FAO, 2021).

En Afrique, la dynamique de l'occupation du sol se manifeste par un recul substantiel des superficies forestières compromettant la capacité des forêts à fournir durablement les biens et services écosystémiques (MacDicken et al., 2016). Ces divers changements qui ne cessent de prendre de l'ampleur deviennent les principaux soucis des pouvoirs publics qui mettent en œuvre des programmes pour limiter les dégâts.

La Côte d'Ivoire est l'un des pays tropicaux où le processus de déforestation est assez prononcé. En effet, la couverture forestière du pays qui, dans les années 1900, était de 16 millions d'hectares est passée à environ 2,97 millions hectares de forêts en 2021 (IFFN, 2021). De vastes étendues de forêts ont été converties en cultures de rentes telles que le café, le cacao, le palmier à huile, l'hévéa, l'ananas, etc. (Aké-Assi & Dian, 1990). Ces activités ont ainsi participé à la destruction et/ou fragmentation des habitats et par ricochet, à l'érosion de la biodiversité. En réponse, l'État ivoirien a engagé diverses initiatives à court et moyen termes, visant à inverser la tendance à travers des stratégies de conservation. Ainsi, plusieurs initiatives y compris la création des parcs nationaux, des réserves naturelles et des forêts classées ont été prises. Des arrêtés ont également été adoptés pour réglementer le secteur de la foresterie (Chatelain et al., 2004). Malgré ces décisions, la reconstitution du

couvert forestier et des ressources en bois constitue un défi majeur pour la Côte d'Ivoire. De même d'autres initiatives ont été prises telle que la gestion des forêts classées à des partenaires privés. C'est le cas de la forêt classée de la Besso dont la gestion a été confiée à la société Industrie et Promotion du Bois (INPROBOIS), en partenariat avec la Société de développement des Forêts (SODEFOR). La société INPROBOIS s'est engagée dans un vaste programme de reboisement des espaces dégradés de ladite forêt classée par la réalisation des plantations forestières. Ces plantations représentent des sources d'approvisionnement en ressources ligneuses des industries de bois et une substitution de bois de forêts naturelles. Outre les espèces locales pionnières dans les plantations forestières (Acajou, Niangon, Makoré...), certaines espèces exotiques telles que le Gméline (*Gmelina arborea* Roxb, Verbenaceae) et l'Acajou rouge (*Cedrela odorata* L., Meliaceae) sont aussi utilisées dans la sylviculture (N'Guessan et al., 2016). Ces espèces ont une importante valeur socio-économique (Khan et al., 2020). La présente étude vise à identifier un modèle de reboisement optimal pour permettre d'une part une gestion durable des espaces dégradés et d'autre part assurer l'approvisionnement de l'usine de la société INPROBOIS. De façon spécifique, il s'agit de : (i) déterminer la diversité végétale en fonction du reboisement avec *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans la forêt classée de la Besso et ; (ii) évaluer la croissance et la qualité des bois de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* selon le type de reboisement.

Matériel et méthodes

Site d'étude

La forêt classée de la Besso doit son nom à la rivière Besso, affluent du fleuve Comoé, qui la traverse de l'Est à l'Ouest (SODEFOR, 2014). Elle est située au Sud-Est de la Côte d'Ivoire entre 3°35' et 3°50' de longitude Ouest et 6°10' et 6°30' de latitude Nord. Elle fait partie de la région administrative de la Mé et est à cheval, au sud, sur les départements d'Adzopé et de Yakassé-Attobrou, au nord sur celui d'Akoupé (figure 1). Elle couvre une superficie de 21565 hectares. C'est une forêt dense humide semi-décidue caractérisée par l'association de *Celtis spp.* et *Triplochiton scleroxylon* K.Schum. (Guillaumet & Adjanohoun, 1971).

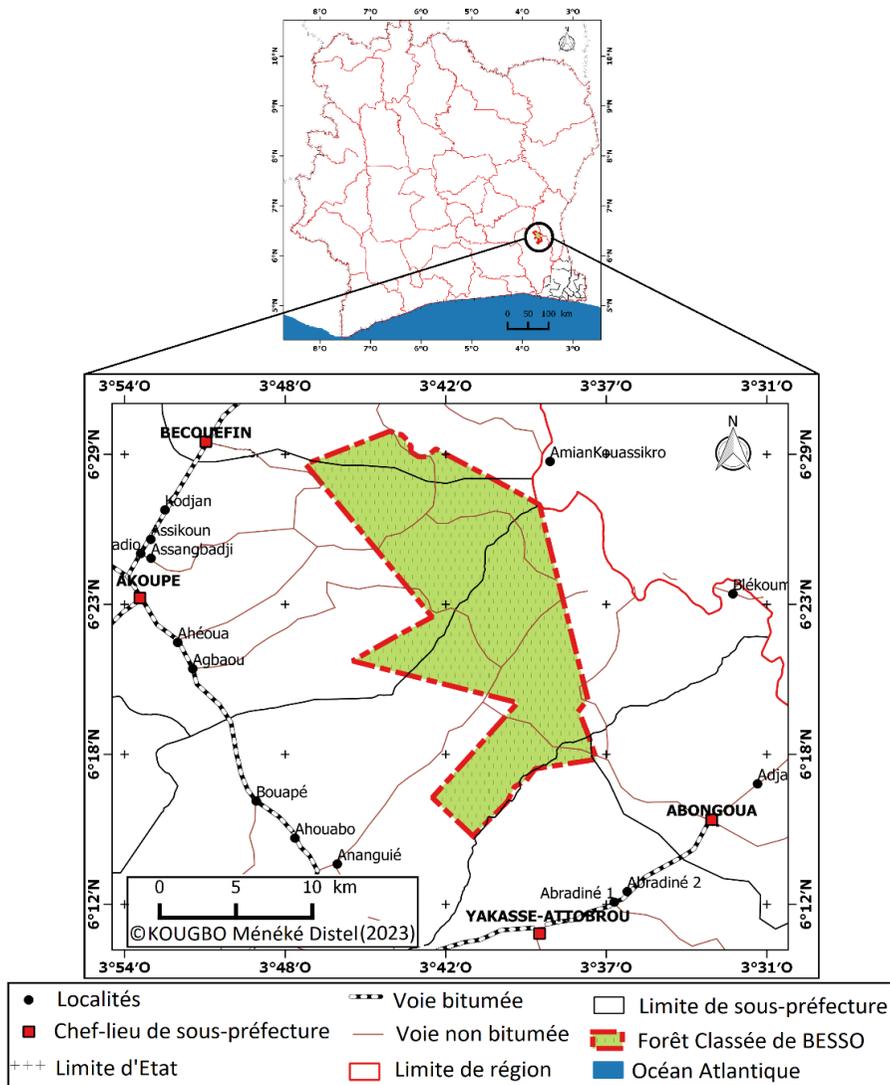


Figure 1. Localisation géographique de la forêt classée de la Besso

Type de reboisement étudié

Le reboisement est une opération qui consiste à créer des zones boisées ou des forêts qui ont été détruites par différentes causes dans le passé (surexploitation, incendie de forêt, surpâturage, guerre...). On en distingue différents types qui sont le reboisement de reconversion, le reboisement pur, le reboisement d'enrichissement et le reboisement de type agroforestier (Deleporte, 1996). Dans le cadre de l'aménagement de la forêt classée de la Besso, deux types de reboisement que sont le reboisement pur et l'agroforesterie sont pratiqués. Le reboisement pur consiste à planter des essences sur un terrain entièrement défriché préalablement (abattage des

cacaoyers et caféiers). Le système d'agroforêt consiste à l'introduction des plants forestiers dans les plantations de cultures de spéculacion en production, avec la coopération des planteurs. Il s'est agi principalement des agroforêts de type *Cedraia odorata* en association avec le caféier d'une part et d'autre part avec le cacaoyer. De même, les agroforêts de type *Gmelina arborea* en association avec le caféier et le cacaoyer ont été réalisés. L'ensemble de ces reboisements ont été réalisés entre 2013 et 2019 avec un même écartement de 3 m × 3 m.

Inventaire floristique

Les données floristiques ont été collectées suivant des inventaires de surface réalisés dans la forêt classée de la Besso. Cette méthode a consisté à installer des placettes de 100 m² (10 m x 10 m) dans les différents types de plantations. Toutes les espèces (espèces naturelles et introduites) ont été dénombrées et les paramètres quantitatifs (hauteur et diamètre à hauteur de poitrine) ont été mesurés à l'intérieur de chaque placette. Au total, 30 placettes à raison de cinq par type de reboisement ont été installées. L'identification des plantes a été faite sur le terrain et à l'herbier du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) où les échantillons d'herbiers collectés ont été déposés. L'ouvrage de Hutchinson & Dalziel (1954) et de l'Herbier en ligne du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris (<https://www.mnhn.fr/fr/collections/ensemblescollections/botanique/plantes-vasculaires>) ont été utilisés pour faciliter et confirmer certaines identifications. Les noms scientifiques et les noms des auteurs ont été actualisés à l'aide de la base de données APD (*African Plants Database* version 3.4.0). La nomenclature adoptée pour les familles et les genres est celle de la classification phylogénétique (APG IV, 2016).

Évaluation de la qualité du bois

La qualité du bois a été évaluée à l'aide de deux paramètres : la cylindricité et la rectitude. Pour ce faire une cotation des individus a été établie selon la présence/absence et le nombre de cannelures ou de courbes. L'évaluation a été réalisée in visu lors de la collecte des données dendrométriques (Coulibaly et al., 2022). L'échelle de cotation est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Cotation des paramètres qualitatifs du bois

Paramètres qualitatifs	Cotations		
	1	2	3
Cylindricité	Absence de cannelures	1 à 2 cannelures	3 cannelures ou plus
Rectitude	Absence de courbure	1 à 2 courbures	3 courbures ou plus

Source : SODEFOR, 2014

Analyse et traitement des données

Paramètres floristiques

Les paramètres floristiques évalués dans cette étude sont liés à la diversité qualitative (richesse et la composition floristique), et à la diversité quantitative (indice de diversité de Shannon - Weaver (H'), Équitabilité de Piélou).

Richesse et composition floristique

La richesse floristique se définit comme le nombre total d'espèces présentes sur une surface donnée, quelle que soit la taille de l'échantillon (Schnell, 1970). Quant à la composition floristique, elle est définie comme l'ensemble de toutes les espèces végétales rencontrées dans la zone d'étude sans tenir compte de leur abondance (Kouamé, 1998).

Indice de diversité de Shannon - Weaver (H')

C'est l'un des indices le plus couramment utilisé pour mesurer la diversité floristique (Malan, 2007 ; Scoupe, 2011). Il permet de mesurer la composition spécifique d'un peuplement à partir du nombre d'espèces et de leur abondance (Legendre & Legendre, 1998). Selon ces auteurs, la diversité est faible lorsque H' est inférieur à 3, moyenne si H' est compris entre 3 et 4 puis élevé quand H' est supérieur ou égal à 4. Sa formule est la suivante :

$$H' = - \sum_{k=i}^n P_i \log_2 P_i$$

Avec $P_i = n_i / N$

Où H' est l'indice de diversité de Shannon - Weaver, P_i est la fréquence de l'espèce i dans le peuplement, N étant l'effectif total, S , le nombre moyen d'espèces. Cet indice varie de 0 (une seule espèce présente) à $\log_2 S$ (toutes les espèces présentes ont une même abondance).

Équitabilité de Piélou

Le calcul de l'indice de Shannon-Weaver s'accompagne de celui de l'équitabilité de Piélou (1966) ou Régularité (E). Elle traduit la manière dont les individus sont distribués à travers les espèces (Adjakpa et al., 2013). Elle est maximale si les individus sont répartis de la même manière à travers les espèces. Elle varie de 0 (une espèce a une très forte abondance) à 1 (toutes les espèces sont la même importance). L'indice d'équitabilité se calcule à travers la formule suivante :

$$E = H' / \log_2 S$$

Où E est l'équitabilité ; H' , l'indice de Shannon et Weaver et S , le nombre moyen d'espèces.

Selon la classification de Felfili et al. (2004), on a une très faible équitabilité lorsque la valeur de E est inférieure à 0,6. Quand la valeur de E est comprise entre 0,6 et 0,7 ; cela correspond à une équitabilité moyenne et lorsque la valeur de E est supérieure ou égale à 0,8 ; on a une équitabilité élevée.

Pour la présente étude, le calcul des différents indices de diversité a été effectué à l'aide du logiciel PAST 2.16.

Paramètres structuraux des végétaux

L'analyse de la croissance du bois a porté sur les paramètres structuraux que sont le diamètre moyen, la hauteur moyenne, le facteur d'élancement et la surface terrière. Au cours de la présente étude, le diamètre moyen et la hauteur moyenne d'une espèce ont été déterminés par la moyenne arithmétique de chaque paramètre.

Le Facteur d'élancement (f) est un indice qui traduit la stabilité d'arbre dans un peuplement. Lorsque ce facteur est élevé, le plant est plus fragile, notamment vis-à-vis des coups de vent. Il se détermine selon la formule suivante :

$$F = H / D$$

Où H = hauteur de l'arbre exprimée en mètre et D = densité (rapport du nombre total d'individus inventoriés par la surface totale échantillonnée dans le milieu).

La Surface terrière renseigne sur la dominance relative de chaque espèce dans le peuplement d'un biotope donné. Elle permet d'évaluer la surface occupée par les sections des fûts à 1,30 m du sol. Elle est déterminée à travers la formule mathématique suivante :

$$St = C^2 / 4\pi$$

St la surface terrière et C la circonférence exprimée en mètre. Elle s'exprime en m^2/ha . La surface terrière d'un arbre est d'autant plus élevée que l'arbre est gros. Celle d'un peuplement est d'autant plus élevée que celui-ci est dense.

Résultats

Analyse floristique des communautés végétales

Richesse spécifique et diversité quantitative

Au total, 57 espèces végétales ont été recensées dans l'ensemble des parcelles échantillonnées (tableau 2). Ces espèces appartiennent à 51 genres répartis en 22 familles, dont les plus représentées sont les Fabaceae (13 espèces), les Malvaceae (10 espèces), les Meliaceae (6 espèces) et les Moraceae (4 espèces). Pour *Cedrela odorata*, il ressort que la richesse floristique la plus importante est obtenue lorsque cette espèce est en agroforêt avec le cacaoyer (25 espèces). Son association avec le caféier et favorise une richesse quasiment similaire à celle d'une plantation pure, avec 18 et 19 espèces, respectivement. En ce qui concerne *Gmelina arborea*, la plus forte richesse est observée dans son association avec le cacaoyer, également (34 espèces). Cependant, l'association de cette espèce avec le caféier donne une richesse relativement faible (9 espèces) tandis que la richesse de ses plantations pures donne une richesse de 20 espèces (figure 2). Il apparaît que les agroforêts à base de cacaoyers sont les plus indiqués pour obtenir le plus grand nombre d'espèces dans les plantations. Les valeurs des indices biocénotiques (diversité de Shannon - Weaver et équitabilité de Piélou) sont élevées pour l'ensemble des milieux échantillonnés (tableau 3). Toutefois, ces deux indices varient d'une communauté végétale à une autre. Les milieux à *Gmelina arborea* pur avec les plus faibles indices biocénotiques, sont les communautés végétales les moins diversifiées.

Tableau 2. Liste des espèces inventoriées par type de reboisement

R1 : *Cedrela odorata* ; **R2 :** *Gmelina arborea* ; **R3 :** *Cedrela odorata* associée au caféier ; **R4 :** *Cedrela odorata* en association avec le cacaoyer ; **R5 :** *Gmelina arborea* associé au caféier ; **R6 :** *Gmelina arborea* en association avec le cacaoyer ; × : présence de l'espèce.

N°	Espèces	Familles	Types de reboisement					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6
1	<i>Azalia bella</i> Harms	Fabaceae					×	×
2	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.Wight	Fabaceae			×	×		×
3	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae			×		×	
4	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F.Macbr.	Fabaceae	×	×	×			
5	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	×		×			×
6	<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms	Fabaceae	×					×
7	<i>Anthothona fragrans</i> (Baker f.) Exell & Hillc.	Fabaceae			×	×		×
8	<i>Antiaris toxicaria</i> Loes. var. <i>africana</i> Scott-Elliot ex A.Chev.	Malvaceae			×			
9	<i>Antrocaryon micraster</i> A.Chev. & Guillaumin	Anarcadiaceae		×	×	×		×
10	<i>Berlinia confusa</i> Hoyle	Fabaceae	×			×		×
11	<i>Bombax buonopozense</i> P.Beauv.	Malvaceae	×	×	×			
12	<i>Brachystegia leonensis</i> Hutch. & Burt Davy	Fabaceae	×		×	×		
13	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae				×		
14	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	×		×	×		
15	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaerth.	Malvaceae	×	×	×			×
16	<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Canabaceae			×	×	×	
17	<i>Chidlowia sanguinea</i> Hoyle	Fabaceae			×	×		
18	<i>Chrysophyllum africanum</i> A.DC.	Sapotaceae				×		
19	<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Malvaceae					×	
20	<i>Cordia platythyrsa</i> Baker	Boraginaceae			×			×
21	<i>Dacryodes klaineana</i> (Pierre) H.J.Lam	Burseraceae			×			
22	<i>Dialium dinklagei</i> Harms	Fabaceae				×		

23	<i>Diospyros sanza-minika</i> A.Chev.	Ebenaceae	×	×		×		
24	<i>Discoglyprena caloneura</i> (Pax) Prain	Euphorbiaceae	×					×
25	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.	Fabaceae		×	×	×	×	×
26	<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C.DC.	Meliaceae	×			×		×
27	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Meliaceae	×			×		×
28	<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	Meliaceae	×					×
29	<i>Eribroma oblongum</i> (Mast.) Pierre ex A.Chev.	Malvaceae						×
30	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae			×			×
31	<i>Ficus mucoso</i> Welw. ex Ficalho	Moraceae						×
32	<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae						×
33	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Verbenaceae		×			×	×
34	<i>Guarea cedrata</i> (A.Chev.) Pellegr.	Meliaceae				×		
35	<i>Guibourtia ehie</i> (A.Chev.) J.Léonard	Fabaceae						×
36	<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.	Anarcadiaceae						×
37	<i>Mansonia altissima</i> (A.Chev.) A.Chev.	Malvaceae			×			×
38	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Moraceae					×	
39	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A.Chev.) Capuron ex N.Hallé	Malvaceae				×	×	×
40	<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Chrysobalanaceae		×				
41	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae				×		×
42	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Fabaceae	×	×		×		×
43	<i>Pouteria altissima</i> (A.Chev.) Baehni	Sapotaceae	×			×		
44	<i>Pterygota macrocarpa</i> K.Schum.	Malvaceae		×				×
45	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Myristicaceae		×		×		×
46	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae		×		×		×
47	<i>Scottellia klaineana</i> Pierre	Flacourtiaceae				×		
48	<i>Sterculia rhinopetala</i> K.Schum.	Malvaceae	×	×				
49	<i>Strombosia pustulata</i> (Oliv.)	Olacaceae	×	×		×		

50	<i>Tectona grandis</i> L.f.	Verbenaceae						×
51	<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	Combretaceae	×	×				
52	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae		×				×
53	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J. de Wilde	Meliaceae		×				
54	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K.Schum.	Malvaceae		×		×		×
55	<i>Uapaca guineensis</i> Müll.Arg.	Phyllanthaceae						×
56	<i>Vitex ferruginea</i> Schumach. & Thonn.	Laminaceae		×				×
57	<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G.Waterman	Rutaceae	×	×			×	×

Tableau 3. Indices biocénétiques des milieux selon le type de reboisement

Type de reboisement	Indice de diversité	
	Shannon - Weaver (H')	Équitabilité (E)
<i>Cedrela odorata</i> pur	2,38	0,85
<i>Cedrela odorata</i> - caféier	3,47	0,93
<i>Cedrela odorata</i> - cacaoyer	3,09	0,92
<i>Gmelina arborea</i> pur	1,52	0,63
<i>Gmelina arborea</i> - cacaoyer	3,12	0,95
<i>Gmelina arborea</i> - caféier	3,33	0,94

Chorologie des espèces

La répartition phytogéographique montre que, globalement, plus de la moitié des espèces (78,94 %) est constituée d'espèces de la région Guinéo - Congolaise (GC) comme l'illustre la figure 2A. La figure 2B indique les proportions selon les types de reboisement. On note également, la présence de deux espèces confinées en Afrique de l'Ouest (GCW). Ce sont *Azizia bella* (Harms) et *Brachystegia leonensis* (Hutch. & Burt Davy).

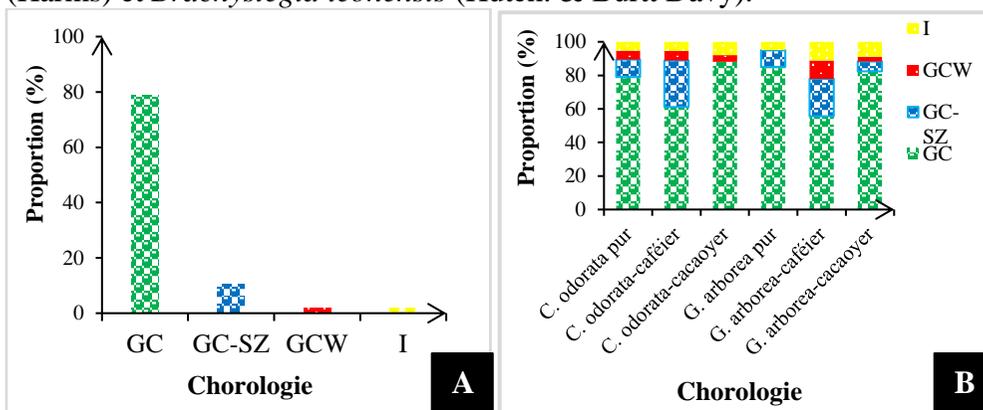


Figure 2. Répartition phytogéographique des espèces des milieux échantonnés
 GC = espèces largement distribuées dans la région Guinéo-Congolaise ; GC-SZ = espèces communes à la région Guinéo-Congolaise et à la région Soudano-Zambézienne (savanes, forêts claires ou steppes) ; GCW = espèces Guinéo-Congolaises endémiques du bloc forestier ouest africain et I = espèces introduites.

Croissance de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents types de reboisement

Les résultats des indicateurs de croissance de *Cedrela odorata* montrent une évolution constante du diamètre moyen annuel de $0,03 \pm 0,003$ m dans tous les différents types de reboisement (Tableau 4). Il en est de même pour *Gmelina arborea* dans les reboisements à *Gmelina arborea* pur et en association avec le caféier. Cependant, une évolution plus importante du diamètre moyen annuel de $0,04 \pm 0,003$ m dans les agroforêts à cacaoyer a été observée. Les hauteurs moyennes et surfaces terrières les plus élevées ont été obtenues dans les plantations pures des deux espèces. Par contre, elles ont un meilleur facteur d'élancement lorsqu'elles ont été cultivées en association soit avec les cacaoyers pour *Cedrela odorata* ou avec les caféiers pour *Gmelina arborea* (tableau 4).

Tableau 4. Paramètres de croissance de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents types de reboisement

Type de reboisement	Diamètre moyen (m/an)	Hauteur moyenne (m)	Surface terrière (m ² /ha)	Facteur d'élanement
<i>Cedrela odorata</i> pur	0,03 ± 0,003	9,45 ± 0,02	10,27 ± 0,02	56,49 ± 0,07
<i>Cedrela odorata</i> - cacaoyer	0,03 ± 0,003	8,76 ± 0,01	7,15 ± 0,02	82,90 ± 0,18
<i>Cedrela odorata</i> - caféier	0,03 ± 0,003	7,39 ± 0,01	4,75 ± 0,02	67,19 ± 0,13
<i>Gmelina arborea</i> pur	0,03 ± 0,003	10,34 ± 0,01	13,76 ± 0,03	55,18 ± 0,14
<i>Gmelina arborea</i> - cacaoyer	0,04 ± 0,003	8,08 ± 0,02	7,07 ± 0,02	62,01 ± 0,12
<i>Gmelina arborea</i> - caféier	0,03 ± 0,003	6,23 ± 0,02	1,11 ± 0,01	69,22 ± 0,13

Qualité du bois de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents types de reboisement

Les résultats sur la qualité du bois des espèces avec le type de reboisement montrent que *Cedrela odorata* a eu la meilleure qualité de bois dans les agroforêts de cacaoyers. En effet, la cylindricité et rectitude sont respectivement égales à 40,07 % et 38 % dans ces systèmes (figure 3). Le reboisement de type *Cedrela odorata* pur a enregistré une meilleure qualité de bois. Les mêmes observations ont été faites avec *Gmelina arborea* pur. En effet, plus de la moitié des plants de *Gmelina arborea* en association avec le cacaoyer ont présenté de bonnes cylindricité et de rectitude. Ils sont également suivis par ceux des plants en reboisement pur.

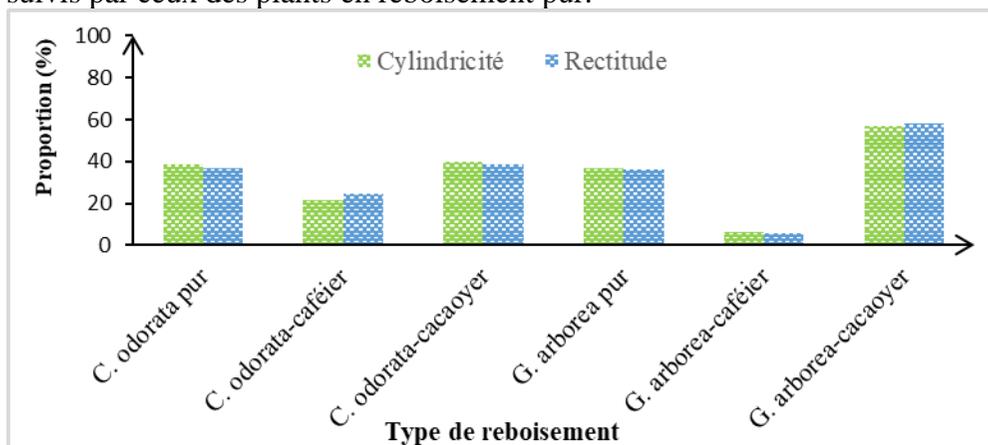


Figure 3. Histogrammes des paramètres qualitatifs de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents types de reboisement

Discussion

La présente étude a permis de recenser 57 espèces végétales réparties entre 51 genres et 22 familles dont les plus dominantes sont les Fabaceae, les Malvaceae, les Meliaceae et les Moraceae. La dominance des Fabaceae est un phénomène assez général pour la plupart des formations forestières (Aubreville, 1959). Des observations similaires ont été faites dans les agroforêts à *Acacia mangium* Willd dans la forêt classée de l'Anguédedou (Kouadio et al., 2016). Cette dominance desdites familles pourrait se justifier par le fait qu'elles sont couramment rencontrées dans la plupart des forêts de Côte d'Ivoire.

Les résultats de l'indice de diversité floristique aboutissent à la conclusion selon laquelle les systèmes d'agroforêts offrent une diversité floristique importante et plus particulièrement pour le reboisement de type *Cedrela odorata* en association avec le cacaoyer. Selon Tayo-Gamo (2014), les agroforêts sont conservatrices d'un certain niveau de biodiversité, pouvant aller jusqu'à un niveau proche de celui de la forêt secondaire selon les systèmes. Ce constat est similaire à celui fait par Sonwa et al. (2001) qui estiment que les agroforêts à cacaoyer ont une structure semblable à celle des forêts, ce qui leur permet ainsi de participer comme les forêts à la conservation de la qualité physique et chimique du sol, à la régulation thermique et à la conservation des espèces. En effet, *Cedrela odorata* est une espèce qui produit abondamment de graines qui sont de petite taille avec des appendices (Coulibaly et al., 2022). Elle a également une croissance rapide lui permettant de gagner en hauteur 1 à 2 mètres par an dans les premiers stades de son développement (Pennington, 2006). Cela est un avantage pour la prolifération de l'espèce (Douma et al., 2019). De ce fait *Cedrela odorata* a une bonne capacité de régénération dans les forêts denses semi décidue (Zo-bi et al., 2021). Selon Vroh Bi & Youssouf (2021), dans les plantations forestières monospécifiques, il y a un déséquilibre des conditions de rétablissement de certaines espèces indigènes principalement, celles qui sont endémiques et menacées. D'autres études ont également montré que cette espèce forestière s'adapte et survit à l'ombre comme en plein soleil dans des combinaisons de plantations mixtes (Addo-Danso et al., 2012).

L'espacement est un des facteurs qui exerce la plus forte influence sur la croissance des diamètres. En effet, plus les tiges sont serrées, moins le diamètre évolue. Vouli et al. (2021) ont obtenu ces mêmes résultats sur le Teck (*Tectona grandis*) dans la forêt classée de Bouaflé. Concernant les résultats sur la croissance des espèces pour la présente étude, les meilleures croissances sont observées dans les agroforêts de *Gmelina arborea* en association avec le cacaoyer (peu ombragée). Ces résultats pourraient s'expliquer par l'effet de l'ombrage qui contraint les plantes à grandir en hauteur à la recherche de la lumière pour l'activité photosynthétique (Coulibaly et al., 2022). L'espèce

Gmelina arborea étant une essence héliophile a toujours tendance à aller à la recherche de la lumière solaire ; c'est ce qui traduit les meilleurs résultats de la hauteur et de la croissance. Lorsque la lumière pénètre profondément par les canopées, elle stimule la croissance diamétrique. Le phototropisme dépend largement de l'espacement (Akouehou, 2009). S'agissant de l'espèce *Cedrela odorata* en agroforêt, leur croissance serait retardée du fait de l'abondance de l'ombrage de la canopée jointive des arbres plantés (Tulod et al., 2017). La canopée des espèces exotiques, ne laissant pas traverser la lumière du soleil, influence donc négativement la croissance des recrues (Petit & Montagnini, 2006).

Les fûts de bonne rectitude et de cylindricité, sont meilleurs dans l'agroforêt à *Gmelina arborea* en association avec le cacaoyer. En revanche, sur l'ensemble des placettes la bonne cotation de la rectitude et de la cylindricité est due à la bonne capacité de l'espèce de *Gmelina arborea* à s'auto élaguer (Coulibaly et al., 2022).

La distribution des tiges par catégorie de grosseur présente un grand intérêt en matière de gestion forestière car elle est une expression de la structure du peuplement (Rondeux, 1999). De la même manière, la connaissance de la distribution des diamètres d'un peuplement est un grand intérêt pour la gestion durable par l'évaluation des ressources immédiatement disponibles et la planification future des prélèvements. La prise en compte de la biodiversité floristique dans la gestion des espaces dégradés dans la forêt classée de Besso est une contribution à l'amélioration de la qualité des parcelles de reboisement. Il est donc urgent que des études ultérieures soient envisagées pour évaluer les caractéristiques anatomiques et technologiques des bois des différentes espèces issues de ce reboisement.

Conclusion

Les résultats obtenus à travers cette étude ont permis de mieux évaluer la diversité floristique, la croissance et la qualité des espèces de reboisement qui constitue le meilleur moyen d'approvisionnement des marchés du bois. Ces résultats sur la diversité des espèces de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents agrosystèmes révèlent une forte diversité au niveau de l'agroforêt de type *Cedrela odorata* en association avec le caféier. De même la meilleure croissance des arbres a été obtenue au niveau des agroforêts de type *Gmelina arborea* associé au cacaoyer. Pour les paramètres qualitatifs, la meilleure rectitude et cylindricité a été observée dans les agroforêts de type *Gmelina arborea* en agroforêt avec le cacaoyer. La production du bois reste indispensable pour les industries locales et internationales.

Conflits d'intérêt : les auteurs ne déclarent pas de conflits d'intérêts.

Contribution des auteurs : Noufou Doudjo Ouattara, Dokalnan Coulibaly et Adama Bakayoko ont contribué, à part égale, aux travaux et à la rédaction de cette publication. Eric Gnahore et Mathieu Dogba ont également contribué à la rédaction. Tous les auteurs ont contribué à la révision du manuscrit.

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. Adjakpa, BJ, Yedomonhan, H, Ahoton, LE, Weesie, PD & Akpo, EL (2013). Structure et diversité floristique des îlots de forêts riveraines communautaires de la vallée de Sô du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 65, 4902 – 4911.
2. Addo-Danso, SD, Bosu, PP, Nkrumah, EE, Pelz, DR, Coke, SA. & Adu-Bredu, S (2012). Survival and growth of *Nauclea diderrichii* and *Pericopsis elata* in monoculture and mixed-species plots in Ghana. *Journal of Tropical Forest Science.*, 24(1), 37-45.
3. Aké-Assi L & Dian B (1990) : Développement agricole et protection de la forêt : quel avenir pour la forêt ivoirienne ?, *Mitt. Inst. All.Bot. Hamburg. Band 23 a*, 169-176.
4. Akouehou, SG (2009). Manuel de l'agent forestier. *Bibliothèque National (BN) du Bénin*, 4067 : 97 p.
5. APG IV (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants. *Botanical Journal of Linnean Society*, 181: 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
6. Aubreville, A (1959). « la flore de la Côte d'Ivoire ». 2eme édition, CTFT, Nogent-sur Marme, France, 15(3), 334-372 + 3 cartes.
7. Chatelain, C, Dao, H, Gautier, L & Spichiger, R (2004). Forest cover changes in Ivory Coast and Upper Guinea. In : *Biodiversity of West African Forests, An Ecological Atlas of Woody Plant Species* CABI Publ., 1ere édition : 15 - 32.
8. Coulibaly, D, Kouadio, V-PG, Edi, KA., N'Guessan, KA. & Boraud, NM (2022). Régénération naturelle des végétaux : cas de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) dans la forêt dense semi-décidue de Sangoué (Centre-Sud, Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16 (5), 2128 - 2142.

9. Damette, O & Delacote, P (2011). Unsustainable timber harvesting, deforestation and the role of certification. *Ecological Economics*,70, 1211-1219. DOI : 10.1016/j.ecolecon.2011.01.025.
10. Deleporte, P (1996). Assistance technique en matière de recherche sylvicole-suivi scientifique des plantations expérimentables d'Ekouk. Gabon, CIRAD-Forêt Bailarguet : 18 p.
11. Douma, S, Adamou, MM, Aboubacar, K, Alleidi, I & Boubacar, AN (2019). Effet du régime d'irrigation sur la germination et la croissance en pépinière de *Parkia biglobosa* (Jacq.) G. Don. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 40 (1), 6573-6583.
12. FAO. (2011). La situation des forêts du monde 2011. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie, 176 p.
13. FAO. (2021). Évaluation des ressources forestières mondiales 2020 : Rapport principal. Rome, Italie : 185 p.
14. Felfili, J, Silva, M, Júnior, MC, Sevilha, AC, Fagg, CW, Walter, BMT, Nogueira, PE & Rezende, AV (2004). Diversity floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology*, 175, 37 - 46.
15. Guillaumet, JL & Adjanohoun, E (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, Paris, France, 161 - 262.
16. Hutchinson, JM & Dalziel, JM (1954). Flora of western Tropical Africa. 2è éd. London, 4 Vol.
17. Inventaire forestier et faunique national (IFFN). (2021). Rapport d'étude floristique. [http://www.faapa.blog linve](http://www.faapa.blog.linve).
18. Khan, N, Fahad, S, Faisal, S, Akbar, A & Naushad, M (2020). Socio-economic and medicinal review of *Eucalyptus* tree in the world. *SSRN Electronic Journal* 1-41. DOI: 10.2139/ssrn.3644215.
19. Kouadio, KR, Bakayoko, A, N'guessan, KA & Konan, D (2016). Diversité et structure floristiques sous des peuplements d'Acacias Australiens en zone forestière de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 12 (35), 229-246.
20. Kouamé, NF (1998). Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de troisième cycle Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 227 p.
21. Legendre, P & Legendre, L (1998). Numerical ecology. *Elsevier, Amsterdam, Pays – Bas*, 853 p.
22. Leroy, M., Derroire, G, Vendé, J & Leménager, T (2013). La gestion durable des forêts tropicales. De l'analyse critique du concept à

- l'évaluation environnementale des dispositifs de gestion. Agence Française de Développement (AFD), 240 p.
23. MacDicken, K, Jonsson, Ö, Piña, L, Maulo, S, Contessa, V, Adikari, Y, Garzuglia, M, Lindquist, E, Reams, G & D'Annunzio, R (2016). Évaluation des ressources forestières mondiales 2015 : Répertoire de données de FRA 2015. Rome, Italy : FAO.
 24. Malan, DF, Aké-Assi, L, Tra Bi, FH & Neuba, D (2007). Diversité floristique du parc national des îles Ehotilé (littoral est de la Côte d'Ivoire). *Bois et Forêts des Tropiques*, 292 (2), 49 - 58.
 25. McDonald, RI, Marcotullio, PJ, Güneralp, B (2013). Urbanization and global trends in biodiversity and ecosystem services, in : Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services : *Challenges and Opportunitie*. A Global Assessment, 31 - 52.
 26. N'Guessan, KA, Ahoba, A, Issali, AE, Akanvou, R, Sékou, D, Ouattara, NK & Louppe, D (2016). Comment régénérer naturellement une forêt en Côte d'Ivoire ? Fiche technique. 7 p.
 27. Pennington, TD (2006). Comments on draft proposal to include *Cedrela odorata* in Appendix II, provided as Annex to email from Noel McGough (UK CITES Scientific Authority) to Harriet Gillett (UNEP-WCMC) 11 December 2006.
 28. Petit, B & Montagnini, F (2006). Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management*, 233, 338-343.
 29. Piélou, EC (1966). Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10, 370 – 383. doi.org/10.1016/0022-5193 (66), 90133-0.
 30. Rondeux, J (1999). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. *Les Presses Agronomiques de Gembloux*, 2ème Edition. Gembloux.
 31. Schnell, R (1970). Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. 2 volumes. Gauthier Villars, Paris, France, 951 p.
 32. Scoupe, M (2011). Composition floristique et diversité de la végétation de la zone Est du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire) mémoire de Master, Université de Genève en Biologie, 45 p.
 33. Silué, PA (2018). Diversité végétale de deux forêts classées dans la région de la Bagoué (Nord de la Côte d'Ivoire). Structure et essai de régénération artificielle de trois espèces couramment exploitées : *Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis* et *Isobertinia Spp*. Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université deCocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 201 p.

34. Slik, FJWS, Arroyo-Rodríguez, V, Aiba, S-I, Alvarez-Loayza, P, Alves, LF, Balvanera, P & Zang, R (2015). An estimate of the number of tropical tree species. *PNAS*, 112 (24),7472-7.
35. SODEFOR. (2014). Plan d'aménagement de la forêt classée de la BESSO (21565 ha) 2014-2023. Abidjan, Côte-d'Ivoire ; 100 p.
36. Sonwa, D, Weise, SF, Tchatat, M, Nkongmeneck, B, Adesina, AA, Ndoye O & Gockowski J (2001). Rôle des agroforêts cacao dans la foresterie paysanne et communautaire au Sud-Cameroun. *Deuxième atelier international sur la foresterie participative en Afrique préparer l'avenir: des conditions de vie durables en milieu rural grâce à la gestion participative des ressources forestières*, 8 p.
37. Tayo–Gamo, KY (2014). Dynamique de la biodiversité ligneuse et des stocks de carbone dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyer au centre Cameroun : cas de Ngomedzap. Master professionnel en foresterie, FASA, 77 p.
38. Tulod, AM, Casas, JV, Marin, RA & Ejoc, JAB (2017). Diversity of native woody regeneration in exotic tree plantations and natural forest in Southern Philippines. *Forest Science and Technology*, 13 (1), 31-40, doi.org/10.1080/21580103.2017.1292958.
39. Vroh Bi, TA. & Youssouf, K (2021). « Valeur écologique et produits de cueillette des plantations forestières de la Forêt classée de la Téné », *Vertigo*, 21 DOI:https://doi.org/10.4000/vertigo.32783
40. Vouï, BBNB, Kouamé, D & Kouakou, MEV (2021). Impact des coupes d'exploitation et de gestion sur la diversité végétale des parcelles reboisées de *Tectona grandis* L. (Verbenaceae) de la forêt classée De Bouaflé (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine* Sp. 33 (1) : 141 - 160.
41. Zo-bi, IC, Amani, BHK, Kassi, DJ & Anny, EN (2021). Cause and consequences of *Cedrela odorata* invasion in West African semi deciduous tropical forests. *Biological Invasion*, 23(2), 537-552. DOI: 10.1007/s10530-020-02381-8.