

CARACTERISATION PHENOTYPIQUE ET STRUCTURALE DU VENE (*Pterocarpus erinaceus* Poir., FABACEAE), POUR UNE GESTION DURABLE DE SES PEUPELEMENTS DANS LES SAVANES DE COTE D'IVOIRE

K. A. E. GOBA^{1*}, L. C. KOUONON¹, K. G. KOFFI¹, R. S. SIE¹ ET Y. A. KOFFI²

¹Université Nangui Abrogoua, Pôle de recherche Productions Végétales, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

²Société de Développement des Forêts (SODEFOR), Direction projet et financement, 01 BP 3770 Abidjan 01.

*Auteur correspondant : email : aegoba3@yahoo.fr.

RESUME

La surexploitation de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae), une espèce ligneuse de savane, endémique d'Afrique occidentale, impacte négativement ses peuplements en Côte d'Ivoire. La présente étude a pour objectif principal d'analyser les caractéristiques phénotypiques et structurales des groupes de *P. erinaceus* présents en Côte d'Ivoire, en vue d'une gestion durable de l'espèce. Dix variables morphologiques et six dendrométriques ont permis l'évaluation de la variabilité phénotypique et structurale sur 957 arbres de *P. erinaceus* dans six sites. Les différents modes de régénération de l'espèce ont été aussi déterminés. Les résultats révèlent l'existence de trois groupes morphologiques du vene en Côte d'Ivoire. Trois variables quantitatives (longueur de la feuille, nombre de folioles par feuille et le poids du fruit) ont permis la distinction totale des groupes. Il résulte des analyses comparatives que les arbres du groupe I présentent les caractéristiques phénotypiques de modalités plus élevées. L'étude de la structure diamétrique des différents groupes identifiés a montré une distribution asymétrique gauche caractéristique de peuplements juvéniles. La régénération de l'espèce est assurée dans la zone d'étude à travers les semis naturel, rejets de souches et drageons. La connaissance de la variabilité morphologique et structurale constitue un maillon essentiel de la sélection variétale et de la mise en place de stratégies de conservation.

Mots clés : phénotype, structure, *Pterocarpus erinaceus*, régénération, amélioration.

ABSTRAT

PHENOTYPIC AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF AFRICAN ROSEWOOD (*Pterocarpus erinaceus* Poir., Fabaceae), FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF ITS POPULATIONS IN THE SAVANAS OF CÔTE D'IVOIRE

Overexploitation of *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae), a woody savannah species endemic to West Africa, negatively impacts its populations in Côte d'Ivoire. The main objective of the present study is to analyze the phenotypic and structural characteristics of the groups of *P. erinaceus* present in Côte d'Ivoire, with a view to sustainable management of the species. Ten morphological and six dendrometric variables were used to assess phenotypic and structural variability in 957 *P. erinaceus* trees at six sites. The different modes of regeneration of the species have also been determined. The results reveal the existence of three morphological groups of African rosewood in Côte d'Ivoire. Three quantitative variables (leaf length, number of leaflets per leaf and fruit weight) allowed the total distinction of the groups. It results from the comparative analyzes that the trees of group I show the phenotypic characteristics of higher modalities. The study of the diametric structure of the different groups identified showed an asymmetric left distribution characteristic of juvenile populations. Regeneration of the species is ensured in the study area through natural sowing, stump suckers and suckers. Knowledge of morphological and structural variability is an essential link in varietal selection and the implementation of conservation strategies.

Keywords: phenotype, structure, *Pterocarpus erinaceus*, regeneration, improvement

INTRODUCTION

La mise en place d'une stratégie de gestion durable et de conservation des ressources génétiques forestières ne peut se faire sans une meilleure connaissance de ces espèces sur les plans écologiques et génétiques (Houëtchégnon, 2016). D'une part, la connaissance approfondie des paramètres structuraux des écosystèmes est indispensable à leur gestion. La densité, la structure en diamètre et en hauteur d'un peuplement sont des paramètres structuraux importants pour caractériser la démographie d'un peuplement forestier (Herrero-Jáuregui *et al.*, 2012). D'autre part, les études de diversité génétique par le biais des marqueurs morphologiques sont nécessaires pour l'ensemble des activités d'amélioration génétique et de sélection variétale des espèces végétales. Cependant, la croissance démographique galopante avec pour corollaire les activités anthropiques entraînent la perte des ressources génétiques forestières. En Côte d'Ivoire, la situation est encore plus alarmante ces dernières décennies car la pression s'est accentuée sur les rares espèces ligneuses des savanes à fort potentiel socio-économique (BNETD, 2015) dont *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae), une espèce peu étudiée.

Pterocarpus erinaceus, communément appelé bois de vène, palissandre du Sénégal, teck africain ou bois rouge, est une espèce endémique à multi-usages des zones guinéo-soudaniennes et soudano-sahéliennes (Arbonnier, 2004). Le vène fournit un excellent bois d'œuvre très prisé pour l'exportation. Ce bois est utilisé en ébénisterie, en construction et en armement. Le bois de vène constitue donc le bois tropical le plus vendu au monde (Dumenu, 2019). Le vène est aussi recherché par les artisans en Afrique de l'ouest pour la confection de divers instruments de musique (balafons, n'goni et djembés). De plus, *P. erinaceus* est l'une des espèces ligneuses du nord de la Côte d'Ivoire la

plus utilisée dans l'alimentation des bovins (Silué *et al.*, 2014). Enfin, l'écorce, les feuilles et les racines sont utilisées en pharmacopée pour guérir plusieurs maux dont l'anémie, la toux, la dysenterie, le paludisme et la fièvre infantile (Dedehou *et al.*, 2016 ; Ouédraogo *et al.*, 2017). Pour tous ces usages, l'espèce est constamment mutilée et coupée dans sa zone de répartition (CITES, 2015 ; Adjonou *et al.*, 2019). La forte pression exercée sur les peuplements de *P. erinaceus* en fait l'une des espèces ligneuses les plus menacées des savanes de la Côte d'Ivoire. Il s'avère donc important de trouver des mécanismes de gestion durable des peuplements de *P. erinaceus* basés sur les aspects écologiques et génétiques qui constituent un préalable à toutes décisions d'aménagement forestier. Le présent travail a pour objectif principal d'analyser les caractéristiques phénotypiques et structurales des groupes de *P. erinaceus* présents en Côte d'Ivoire, en vue d'une gestion durable de l'espèce. Spécifiquement, il s'agit (i) d'identifier les différents morphotypes (groupes) de *P. erinaceus* en se basant sur les caractères morphologiques et (ii) d'analyser les caractéristiques dendrométriques et structurales de chaque groupe morphologique de *P. erinaceus* présents en Côte d'Ivoire.

MATERIEL ET METHODES

MILIEU D'ETUDE

L'étude a été réalisée dans les savanes de Côte d'Ivoire (partie nord du pays), aire naturelle de distribution de *P. erinaceus*. En fonction des variations des facteurs climatiques et de la végétation se distinguent la savane soudanienne, la savane subsoudanienne et la savane guinéenne (FAO, 2002). Dans chacune de ces zones, des sites ont été choisis afin de caractériser la variabilité morphologique des peuplements naturels de *P. erinaceus* (Figure 1).

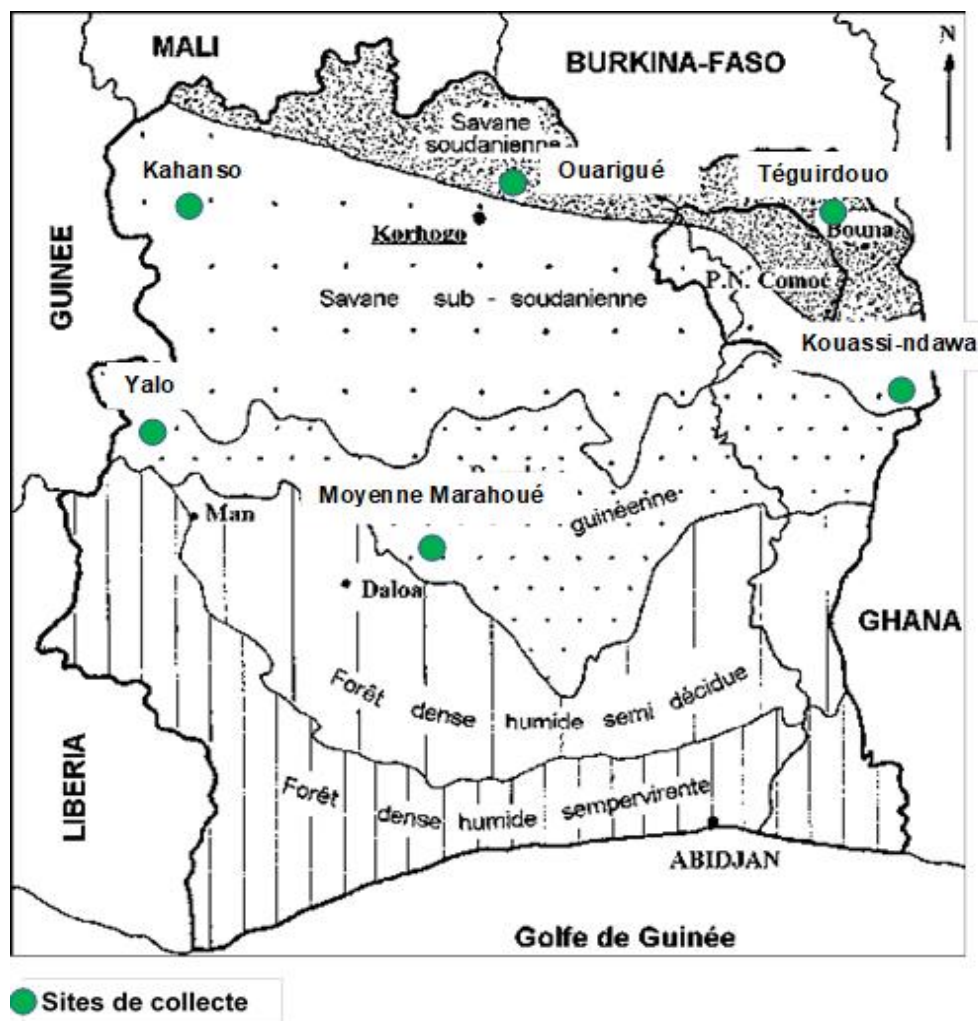


Figure 1 : Sites de collecte de données morphologiques sur *Pterocarpus erinaceus* indiqués par une étoile dans les savanes de Côte d'Ivoire (Guillaumet et Adjanooun, 1971 ; carte modifiée) .

Morphological data collection sites on Pterocarpus erinaceus indicated by a star in the savannas of Côte d'Ivoire.

Dans la savane soudanaïenne, l'aire protégée d'Ouarigué (58 000 ha) située entre 9°61' et 9°65' de latitude Nord et entre 4°89' et 4°96' de longitude Ouest et le site de Téguidou (village à 5 km de Bouna) situé entre 9°25' et 9°28' de latitude Nord et entre 2°92' et 2°95' de longitude Ouest. Ces sites sont marqués par la présence de pâturages et d'exploitations agricoles. Le climat de la zone de type soudanais est marqué par une longue saison sèche (d'octobre à juin) et une courte saison des pluies (de juillet à septembre). La zone est caractérisée par une pluviométrie annuelle comprise entre 700 et 1200 mm (Soro, 2011) avec la présence intermittente de l'harmattan (vent frais et sec), entre les mois de décembre et février. Les températures varient entre 28 et 32° C (FAO, 2002). La végétation est constituée de savanes arbustives et herbeuses avec des galeries

forestières le long des cours d'eau (FAO, 2002). Les sols sont de types ferralitique et ferrugineux tropicaux (Roose, 1980).

Dans la savane subsoudanaïenne, l'aire protégée de Kahanso (7 400 ha) située sur la latitude 9°17' Nord et la longitude 7°37' Ouest, et celle de Kouassi-Ndawa située sur la latitude 8°13' Nord et la longitude 2°90' Ouest (300 ha), constituent nos sites d'étude. Le site de Kahanso, peu conservé, est marqué par la présence de pâturages. Par contre, Kouassi-Ndawa est un site bien conservé. Cette zone appartient au secteur sub-soudanien caractérisé par des forêts claires et des savanes arborées qui s'étendent sur des sols ferralitiques (Roose, 1980). Le climat est de type soudano-guinéen, placé sous l'influence de l'harmattan, avec deux saisons, une pluvieuse et une sèche (7 à 8 mois). Les précipitations annuelles fluctuent entre 1200 et

1600 mm (Soro, 2011) et surviennent en majeure partie pendant les mois de juillet, août et septembre. La température varie entre 16 °C et 36 °C avec une moyenne de 27 °C (Ouattara et al., 2016).

Dans la savane guinéenne, l'aire protégée de Yalo dans le département de Biankouman (7°80' - 8°10' de latitude Nord et 7°70' - 8°12' de longitude Ouest) de 26 800 ha de superficie et l'aire protégée de Moyenne Marahoué dans le département de Zuenoula (7°52' - 7°80' de latitude Nord et 6°12' - 6°30' de longitude Ouest) de 38 800 ha de superficie ont été investiguées. L'aire protégée de Yalo est une forêt claire anthropisée (reboisement de Teck (*Tectona grandis*) et pâturages). Le site de Moyenne Marahoué est marqué quant à lui par la présence d'exploitations agricoles et de pâturages. La savane guinéenne est la zone du secteur pré forestier composée de forêts mésophiles (ou semi-décidues) et de savanes. Le climat est équatorial à régime bimodal, avec deux saisons de pluies espacées par deux saisons sèches (FAO, 2002). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1200 mm avec une température moyenne annuelle de 27 °C (Yao et al., 2015). Les sols sont de type ferrallitique (Perraud, 1971).

METHODE D'ECHANTILLONNAGE

La méthode de collecte des données a consisté en un inventaire itinérant (échantillonnage selon des transects) (Rabiou et al., 2015 ; Ouattara et al., 2016) à l'intérieur de bandes linéaires de 200 m de largeur et de longueurs variables. Cette méthode a été utilisée compte tenu de la faible densité apparente de *P. erinaceus* dans les formations naturelles étudiées. Les distances parcourues ont été estimées à l'aide d'un GPS. Dans chaque transect, les mesures ont

concerné tous les arbres de *P. erinaceus* géo-référencés de diamètre égal ou supérieur à 5 cm à hauteur de 1,30 m du sol (dbh > 5 cm) pour la caractérisation structurale. Pour la caractérisation morphologique, les mesures ont concerné les arbres de *P. erinaceus* matures et distants d'au moins 100 m à l'intérieur des transects. Au total, 40 transects ont été inventoriés dans l'ensemble du milieu d'étude. Neuf cent cinquante-sept (957) arbres de *P. erinaceus* issus des six sites suivant le gradient climatique ont été échantillonnés dans cette étude.

METHODE UTILISEE POUR L'IDENTIFICATION DES GROUPES DE *PTEROCARPUS ERINACEUS*

L'organisation de la variabilité morphologique de *P. erinaceus* a été effectuée à partir d'arbres des six (06) sites répartis dans les trois types de savanes de Côte d'Ivoire. Au niveau de chaque transect, les arbres distants d'au moins 100 m les uns des autres et à maturité ont été sélectionnés pour la collecte des organes. Dix variables quantitatives (Tableau 1) ont été mesurées sur les feuilles, les fruits et les graines (Figure 2) (Houëtchégnon, 2016 et Sourou, 2017). Les mesures sur les feuilles ont concerné dix feuilles par arbre. Sur chaque feuille, la foliole terminale a été prélevée pour les mesures. Les mesures sur les feuilles et les folioles ont été faites à l'aide d'une règle graduée et d'un pied à coulisse électronique d'une précision de 0,01 cm. La caractérisation des fruits a été réalisée sur 150 fruits par arbre. Un pied à coulisse électronique d'une précision de 0,01 cm a été utilisé pour les mesures sur les fruits et les graines. Les fruits et les graines ont été pesés avec une balance électronique.

Tableau 1 : Liste des descripteurs morphologiques utilisés pour la caractérisation des groupes de *Pterocarpus erinaceus*.

List of morphological descriptors used for the characterization of groups of Pterocarpus erinaceus.

Variables	Codes	Méthode de mesure
Longueur de la feuille	LFe	Distance entre le point d'insertion de la feuille sur la tige jusqu'à la pointe de l'apex de la foliole terminale
Largeur de la feuille	IFe	Distance latérale de la feuille
Nombre de folioles	NFo	Nombre total de folioles observées sur une feuille
Longueur de la foliole	LFo	Distance entre le point d'attache de la pétiole sur la nervure principale jusqu'à l'extrémité de la foliole
Largeur de la foliole	IFo	Distance latérale de la foliole
Poids du fruit	PFr	Poids des fruits matures
Hauteur du fruit	HFr	Distance entre le point d'insertion du fruit sur le pédicelle et l'extrémité du fruit
Poids de la graine	PGr	Poids total des graines issues des fruits matures
Longueur de la graine	LGr	Distance entre les deux extrémités de la graine
Epaisseur de la graine	EGr	Ecart entre les deux surfaces parallèles de la graine



Figure 2 : Deux feuilles composées, fruit et trois graines de *Pterocarpus erinaceus* (Goba, 2019).

Two compound leaves, fruit and three seeds of Pterocarpus erinaceus (Goba, 2019).

Les données codifiées ont été analysées à l'aide du logiciel XLSTAT Ecology version 2018.5. La matrice de corrélation a permis de conduire la classification ascendante hiérarchique (CAH) en supprimant auparavant les paramètres corrélés. Les variables sont corrélés au seuil de $r = 0,70$. La détermination des coefficients de corrélations a été effectuée pour identifier les paramètres les plus corrélés. La classification ascendante hiérarchique (CAH) a permis de déterminer le niveau de similitude entre les arbres de *P. erinaceus* des différents sites et de répartir ceux-ci en groupes sur la base des variables mesurées. Un dendrogramme issu de la CAH a été construit selon la méthode Unweighted Pair-Group Method with arithmetic Average (UPGMA). Les variables ont été centrées et réduites avant la construction du dendrogramme. Dans cette étude, l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) a servi à clarifier la structuration de la variabilité morphologique de *P. erinaceus* selon la provenance des arbres et la divergence morphologique de ceux-ci dans chaque site. Cette méthode a permis de révéler les caractères principaux, les plus typiques permettant de retrouver les groupes.

Par ailleurs, l'analyse multiple de variance (MANOVA) a été réalisée pour la comparaison de l'ensemble des paramètres morphologiques pour tous les groupes. Les analyses de variance à un facteur (ANOVA 1) ont été, ensuite, effectuées à partir des moyennes des variables afin de comparer les différents groupes constitués. Les tests d'ANOVA significatifs ont été suivis du test Fisher de comparaison multiple par paires (LSD) au seuil de significativité de 5 %.

METHODOLOGIE POUR LA CARACTERISATION DENDROMETRIQUE DES GROUPES CONSTITUES

Les caractéristiques dendrométriques des groupes ont été prises sur tous les individus de diamètre à 1,30 m du sol, supérieur à 5 cm. Les données ont été collectées dans les transects utilisés pour l'identification et la caractérisation les groupes. Ce sont la circonférence à hauteur de poitrine (1,30 m du sol), la hauteur totale et la hauteur fût. La circonférence des arbres a été mesurée avec un mètre-ruban et leurs hauteurs (totale et du fût) à l'aide d'une perche graduée. Les jeunes plants de diamètre inférieur à 5 cm et de hauteur inférieur ou égale à 1 m ($dbh < 5$ cm et hauteur ≤ 1 m) ont été considérés comme faisant partie de la régénération (Mahamane et Saadou, 2008 ; Sourou, 2017). Ainsi, les rejets de souches (arbres régénérés à la suite de la coupe d'une tige), les jeunes plants régénérés par semis ($dbh < 5$ cm et de hauteur ≤ 1 m), les marcottes (arbres régénérés à partir de la branche cassée d'une plante mère) et les drageons (arbres régénérés à partir de la racine d'une plante mère) ont été notés.

Pour analyser les caractéristiques dendrométriques des groupes constitués, le diamètre (Dia), la densité (N), la densité de régénération (N_r) et la surface terrière (G) ont été calculés par transect à partir des données collectées.

Le diamètre (Dia) est le rapport de la circonférence (cir) sur π (3,14).

$$Dia = \frac{Cir}{\pi}$$

La densité N (arbres/ha) est le nombre d'arbres par unité de surface (transect) :

$$N = \frac{n}{s}$$

avec n , le nombre d'arbres du transect et s , la surface couverte par le transect exprimée en hectare (ha).

La surface terrière G (m²/ha) correspond, pour chaque transect, à la somme de la surface terrière (m²/ha) des arbres de *Pterocarpus erinaceus* de diamètre égal ou supérieur à 5 cm à hauteur de poitrine. Elle a été déterminée par la formule :

$$G = \frac{\pi}{4s} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

avec s , la surface du transect, d_i , le diamètre de l'arbre i exprimé en centimètre (cm) et n , le nombre d'arbres du transect.

La densité de régénération naturelle (rejets de souche, drageons, semis naturels et marcottes) a été estimée. L'importance relative de chaque mode de régénération naturelle a été calculée pour les différents groupes. Les densités de régénération sont calculées par placette puis extrapolées à l'hectare. La densité de régénération N_r (jeunes plants/ha) est le nombre total de jeunes plants (rejets de souche, drageons, semis naturels ou marcottes) par unité de surface (placettes) :

$$N_r = \frac{n_r}{s}$$

avec n_r , le nombre de jeunes plants (dbh < 5 cm ; hauteur ≤ 1 m) de la placette et s , la superficie de la placette en hectare (ha).

Les données calculées ont été analysées à l'aide du logiciel XLSTAT Ecology version 2018.5, en fonction des trois groupes formés. L'analyse multiple de variance (MANOVA) a été réalisée pour la comparaison de l'ensemble des paramètres dendrométriques. Les analyses de

variance à un facteur (ANOVA 1) ont servi à comparer les moyennes des différents paramètres dendrométriques de *P. erinaceus* des différents groupes. Les tests d'ANOVA significatifs ont été suivis du test Fisher de comparaison multiple par paires (LSD) au seuil de significativité de 5 %. Enfin, les arbres de *P. erinaceus* appartenant à chaque groupe ont été répartis par classes de diamètre d'amplitude 5 cm. Des histogrammes traduisant la répartition par classe de diamètre des arbres de *P. erinaceus* de chaque groupe ont été tracés. Ces différents histogrammes ont été ajustés à la distribution théorique de Weibull à trois paramètres (Rondeux, 1999).

RESULTATS

STRUCTURATION DE LA VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DE *PTEROCARPUS ERINACEUS*

Analyse des corrélations entre les variables

La matrice de corrélations des différentes variables analysées est rapportée dans le tableau 2. La présence d'un lien entre les variables a permis de retenir celles qui ont été prises en compte dans la classification ascendante hiérarchique et l'analyse factorielle discriminante. Les coefficients de corrélation ont été pour la plupart inférieurs à 0,70. Cependant, les couples de variables LFe - IFe ($r = 0,762$), IFe - LFo ($r = 0,747$), LFo - Ifo ($r = 0,809$) et PFr - PGr ($r = 0,772$) ont montré des valeurs positives et significatives ($r > 0,70$). La variable poids du fruit (PFr) a été corrélé positivement à deux variables à savoir poids de la graine ($r = 0,863$) et longueur de la graine ($r = 0,728$). Pour éviter les redondances, le nombre de variables a été réduit. Trois variables (LFe, Ifo et PFr) ont été retenues parmi les couples de variables corrélées pour la suite des analyses.

Tableau 2 : Matrice de corrélation entre les variables morphologiques utilisées pour la caractérisation chez *Pterocarpus erinaceus*.

Correlation matrix between morphological variables used for characterization in *Pterocarpus erinaceus*.

Variabes	LFé	IFé	NFo	LFo	IFo	PFr	HFr	PGr	LGr	EGr
LFé	1									
IFé	0,762*	1								
NFo	0,472	0,368	1							
LFo	0,603	0,747*	0,267	1						
IFo	0,555	0,637	0,251	0,809*	1					
PFr	0,298	0,302	0,176	0,418	0,376	1				
HFr	0,286	0,196	0,344	0,312	0,326	0,562	1			
PGr	0,157	0,116	0,029	0,262	0,197	0,863*	0,447	1		
LGr	0,163	0,119	0,099	0,301	0,139	0,728*	0,427	0,772*	1	
EGr	0,102	0,022	0,050	0,232	0,195	0,423	0,385	0,372	0,438	1

* : corrélations significatives

LFé : longueur de la feuille, IFé : largeur de la feuille ; NFo : nombre de folioles par feuille ; LFo : longueur de la foliole ; IFo : largeur de la foliole ; PFr : poids du fruit ; HFr : hauteur du fruit ; PGr : poids de la graine ; LGr : longueur de la graine ; EGr : épaisseur de la graine

Identification des groupes de *Pterocarpus erinaceus*

La classification ascendante hiérarchique a été utilisée pour regrouper les arbres des différents sites en trois groupes relativement homogènes sur la base de leurs ressemblances. Le dendrogramme réalisé a mis en exergue trois groupes morphologiques (morphotypes) (Figure 3). Les groupes sont distingués à partir du point de troncature de 105 unités de distance euclidienne. Le groupe I comprend les arbres de Kouassi-Ndawa seul. Le groupe II est constitué exclusivement des arbres de Moyenne Marahoué. Le groupe III rassemble les arbres

des sites de Téguidou, Ouarigué, Kahanso et Yalo. L'analyse factorielle discriminante (AFD) a été réalisée à partir des six variables morphologiques présentant une variance en prenant les peuplements de *P. erinaceus* comme critère de classification. Les axes 1 et 2 de l'AFD ont représenté la plus grande partie de la variance totale, soit 97,30 %. L'axe 1 a présenté la grande magnitude (21,57) et cumulé 85,59 % de la variabilité totale. Elle a discriminé fortement le poids du fruit (PFr). Le second axe n'a cumulé que 11,71 % de la diversité totale (Tableau 3) avec les variables longueur de la feuille (LFé) et nombre de folioles par feuille (NFo).

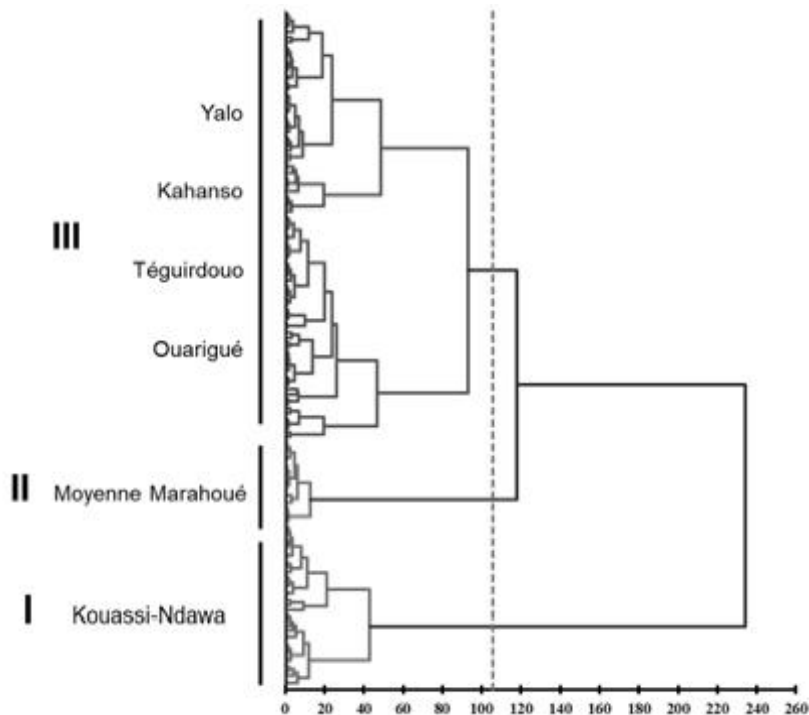


Figure 3 : Dendrogramme (UPGMA) des arbres des six sites de *Pterocarpus erinaceus* basé sur les distances euclidiennes et effectué à partir de l'étude des caractères morphologiques [I : groupe 1 ; II : groupe 2 et III : groupe 3].

Dendrogram (UPGMA) of trees from six Pterocarpus erinaceus sites based on Euclidean distances and carry out from the study of morphological characters [I : group 1 ; II : group 2 et III : group 3].

Tableau 3 : Valeurs propres et pourcentage de variation exprimés par les deux premiers axes de l'AFD à partir de six variables analysées chez *Pterocarpus erinaceus*.

Eigenvalues and percentage of variation expressed by the first two axes of the AFD from six variables analyzed in Pterocarpus erinaceus.

Axes	1	2
Valeurs propres	21,57	2,95
Variance totale (%)	85,59	11,71
Cumul de variance (%)	85,59	97,30
LFe	0,236	0,781
NFo	0,187	0,741
LFo	0,356	0,424
PFr	0,997*	-0,062
HFr	0,629	0,594
EGr	0,422	0,103

* Valeurs significatives : paramètres qui contribuent le plus à la formation des axes

LFe : longueur de la feuille ; LFo : longueur de la foliole ; NFo : nombre de folioles par feuille ; PFr : poids du fruit ; HFr : hauteur du fruit ; EGr : épaisseur de la graine

Caractérisation des groupes identifiés

Caractérisation phénotypique

L'analyse multi-variée de la variance (MANOVA) a montré une différence très hautement significative ($F = 1,610$; $p < 0,001$) entre les trois groupes de *Pterocarpus erinaceus* identifiés. Les analyses ont montré que cette

différence est due à l'ensemble des variables analysées. Les valeurs moyennes des dix variables examinées et le résultat des tests statistiques sont résumés dans le tableau 4. Les arbres de *P. erinaceus* du groupe I (Kouassi-Ndawa) ont enregistré les plus grandes valeurs moyennes pour toutes les variables morphologiques étudiées. Les arbres de ce

groupe ont eu de grandes feuilles avec un nombre élevé de folioles par feuille, les plus longues et larges folioles, de grands fruits et de grosses graines. Les arbres de Moyenne Marahoué (groupe II) ont eu de petites feuilles à petites folioles en nombre réduit, de gros fruits à longues

et grosses graines. Les arbres du groupe III (Yalo, Kahanso, Téguidou et Ouarigué) ont présenté des valeurs moyennes intermédiaires pour les variables liées aux feuilles et les plus petites valeurs moyennes pour les variables liées aux fruits et graines.

Tableau 4 : Valeurs moyennes (\pm écart – types) des dix variables morphologiques analysées par groupes et résultats des tests de statistiques.

Mean values (\pm standard deviation) of the ten morphological variables analyzed by groups and results of statistical tests.

Variables	Groupes			Tests statistiques	
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	F	P
LFe (cm)	33,47 \pm 4,70 ^c	24,14 \pm 1,60 ^a	27,67 \pm 3,69 ^b	44,195	< 0,001
IFe (cm)	19,61 \pm 2,14 ^c	14,87 \pm 1,32 ^a	16,44 \pm 2,23 ^b	38,857	< 0,001
NFo	10,48 \pm 0,90 ^c	8,89 \pm 0,94 ^a	9,69 \pm 1,25 ^b	12,608	< 0,001
LFo (cm)	9,51 \pm 0,83 ^b	7,27 \pm 0,69 ^a	7,66 \pm 0,96 ^a	61,553	< 0,001
IFo (cm)	5,07 \pm 0,52 ^b	3,80 \pm 0,44 ^a	4,06 \pm 0,65 ^a	42,692	< 0,001
PFr (g)	0,65 \pm 0,04 ^b	0,65 \pm 0,07 ^b	0,27 \pm 0,04 ^a	1059,185	< 0,001
HFr (mm)	69,48 \pm 2,82 ^b	68,44 \pm 2,68 ^b	64,64 \pm 4,29 ^a	23,541	< 0,001
PGr (g)	0,07 \pm 0,02 ^b	0,09 \pm 0,01 ^c	0,04 \pm 0,01 ^a	239,863	< 0,001
LGr (mm)	9,91 \pm 0,22 ^b	10,09 \pm 0,20 ^b	7,89 \pm 1,26 ^a	70,120	< 0,001
EGr (mm)	2,31 \pm 0,22 ^b	2,25 \pm 0,15 ^b	2,09 \pm 0,25 ^a	12,812	< 0,001

Sur les lignes, les valeurs moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de la plus petite différence significative). LFe : longueur de la feuille, IFe : largeur de la feuille ; NFo : nombre de folioles par feuille ; LFo : longueur de la foliole ; IFo : largeur de la foliole ; PFr : poids du fruit ; HFr : hauteur du fruit ; PGr : poids de la graine ; LGr : longueur de la graine ; EGr : épaisseur de la graine.

Caractérisation dendrométrique

L'analyse multiple de variance (MANOVA) réalisée pour l'ensemble des variables dendrométriques a montré une différence hautement significative ($F = 2,254$; $p < 0,001$) pour toutes les variables au niveau de tous les groupes. Les tests statistiques ont indiqué que les valeurs moyennes de diamètre sont significativement différentes ($p < 0,001$) d'un groupe à l'autre. Les plus petites valeurs de diamètre ont été enregistrées avec le groupe I (25,74 \pm 11,3 cm) et les plus grandes valeurs dans le groupe III (28,28 \pm 12,8 cm). La hauteur moyenne du fût des arbres a été de 4,09 \pm 1,59 m, de 3,08 \pm 1,44 m et de 3,89 \pm 1,73 m respectivement dans les groupes I, II et III. Ces hauteurs de fûts sont statistiquement identiques pour le groupe I et III ($p = 0,087$). Les plus grandes valeurs de hauteur moyenne des arbres ont été enregistrées au sein du groupe I (11,07 \pm 2,74 m) et les plus petites valeurs au sein du

groupe II (9,07 \pm 1,90 m). Cette différence de valeurs de hauteur a été très hautement significative entre les groupes de vène ($p < 0,001$). Le groupe I a présenté une valeur plus grande de densité d'arbres (13,43 \pm 7,39 arbres/ha). Cette densité a été significativement plus élevée ($p = 0,022$) que celles des groupes II et III. La densité de la régénération de *Pterocarpus erinaceus* varie d'un groupe à l'autre ($p = 0,043$; $F = 8,483$). La plus importante densité de régénération a été enregistrée au sein du groupe II (34,62 \pm 18,9 plantules/ha) et les plus faibles au sein du groupe III (19,51 \pm 12,5 plantules/ha). La plus grande surface terrière a été observée au niveau du groupe I (1,09 \pm 0,10 m²/ha) en savane sub-soudanienne. Les plus faibles valeurs de surface terrière, statistiquement identiques ($p = 0,223$), ont été observées au sein des groupes II et III. Le tableau 5 présente les résultats de l'analyse de variance obtenus pour les cinq variables dendrométriques en fonction des groupes morphologiques identifiés.

Tableau 5 : Valeurs moyennes (\pm écarts types) des paramètres dendrométriques évalués par groupe et résultats des tests statistiques.

Mean values (\pm standard deviations) of dendrometric parameters evaluated by group and results of statistical tests.

Variables	Groupes			Tests statistiques	
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	P	F
Dia (cm)	25,74 \pm 11,3 ^a	28,04 \pm 11,7 ^{ab}	28,28 \pm 12,8 ^b	0,012	4,456
Hft (m)	4,09 \pm 1,59 ^b	3,08 \pm 1,44 ^a	3,89 \pm 1,73 ^b	< 0,001	13,896
HtA (m)	11,07 \pm 2,74 ^c	9,07 \pm 1,90 ^a	10,52 \pm 2,71 ^b	< 0,001	21,320
N (arbres/ha)	13,43 \pm 7,39 ^b	8,27 \pm 1,72 ^{ab}	7,75 \pm 6,47 ^a	0,022	5,807
N _r (plantules/ha)	24,24 \pm 8,91 ^{ab}	34,62 \pm 18,9 ^b	19,51 \pm 12,5 ^a	0,043	8,483
G (m ² /ha)	1,09 \pm 0,10 ^b	0,34 \pm 0,08 ^a	0,47 \pm 0,34 ^a	< 0,001	23,626

Sur les lignes, les valeurs moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de la plus petite différence significative). N : densité des arbres ; N_r : densité de régénération ; Dia : diamètre des arbres ; HtA : hauteur totale des arbres ; Hft : hauteur du fût des arbres et G : surface terrière.

CARACTERISATION STRUCTURALE DES GROUPES IDENTIFIES

La figure 4 représente la répartition par classes de diamètre des arbres de *P. erinaceus* des trois groupes identifiés. L'analyse de la figure 4 révèle que les groupes ont présenté une distribution asymétrique positive ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'arbres de petits diamètres avec la valeur du paramètre de forme « c » de la distribution de Weibull comprise entre

1 et 3,6. Les structures montrent une faible densité des pieds de vène dans les classes de diamètre supérieures à 40 cm.

Dans le groupe I, la structure a été caractérisée par une prédominance d'arbres de classes de diamètre compris entre 5 et 30 cm. Les arbres de diamètre compris entre 15 cm et 40 cm ont été les plus représentés à l'hectare dans le groupe II de *P. erinaceus* de la savane guinéenne. La structure en diamètre du groupe III a été caractérisée par une prédominance des arbres de diamètre compris entre 5 et 40 cm.

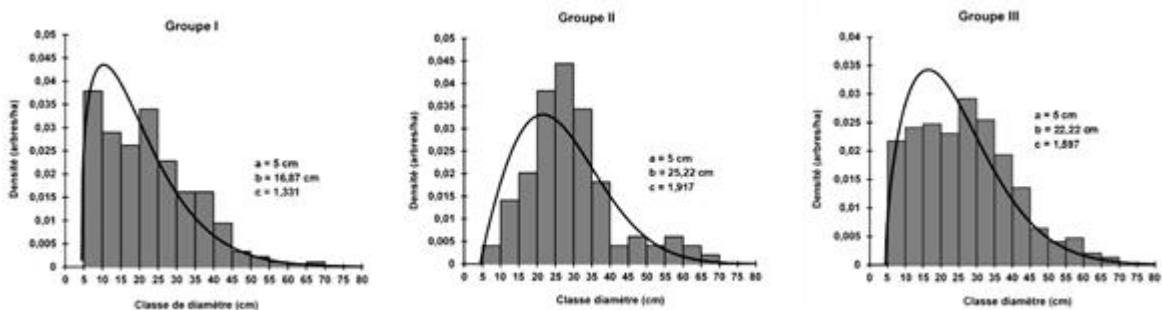


Figure 4 : Structure en diamètre des groupes de *Pterocarpus erinaceus* identifiés.

Diameter structure of identified *Pterocarpus erinaceus* groups.

DISCUSSION

ORGANISATION DE LA VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DE *PTEROCARPUS ERINACEUS*

La classification ascendante hiérarchique a permis d'obtenir trois groupes de *P. erinaceus* en Côte d'Ivoire à partir des six peuplements étudiés. Le groupe I comprend les arbres de Kouassi-Ndawa. Le groupe II est constitué

exclusivement des arbres de Moyenne Marahoué. Le groupe III est composé des arbres des peuplements de Téguidouo, Ouargué, Kahanso et Yalo. Les résultats de l'analyse factorielle discriminante ont permis d'identifier trois variables discriminantes. C'est le poids du fruit qui définit la première composante. La longueur de la feuille et le nombre de folioles par feuille ont contribué à la formation du deuxième axe. Ces descripteurs morphologiques montrent que ces trois groupes de *Pterocarpus erinaceus* ne sont donc pas phénotypiquement

proches les uns des autres. Cela suggérerait une forte diversité morphologique de l'espèce due probablement à l'effet des facteurs environnementaux. En effet, les arbres de *P. erinaceus* produisent un meilleur feuillage dans les bonnes conditions environnementales comme c'est le cas pour les arbres de Kouassi-Ndawa (site intégralement protégé). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Kouyaté *et al.* (2011) chez *Adansonia digitata* (baobab). Hormis l'effet probable des facteurs écologiques sur le développement végétatif différentiel des peuplements analysés, la structuration spatiale de la diversité morphologique pourrait être accentuée par l'impact des pressions humaines (exploitations agricoles et carbonisation) et animales (pâturage) (Sourou, 2017).

CARACTERISATION DES GROUPES DE *PTEROCARPUS ERINACEUS* IDENTIFIES

La présente étude a permis de faire une étude des variables morphologiques de *P. erinaceus* liées aux feuilles et aux fruits. En effet, les caractères morphologiques sont très importants et leur étude revêt un intérêt capital. L'analyse des variables morphologiques permet de caractériser des groupes de diversité et de préciser leur constitution. C'est ainsi que les groupes de vène identifiés ont été caractérisés dans de la zone étude.

L'analyse des paramètres morphologiques a permis une différenciation des groupes de *P. erinaceus* identifiés. Il résulte de ces analyses comparatives que les arbres du groupe I (Kouassi-Ndawa) en savane sub-soudanienne présentent les caractéristiques phénotypiques avec des modalités plus élevées. Les arbres de ce groupe ont de grandes feuilles et de gros fruits. Ce site ne subit aucune pression humaine car intégralement protégé. Les arbres expriment ainsi mieux leurs potentialités végétatives. Par contre, les arbres du site de Moyenne Marahoué (groupe II) situés aux mêmes latitudes que ceux de Yalo présentent un développement végétatif moindre avec de gros fruits et de petites feuilles. Sur ce site, les arbres sont constamment mutilés (écorçage intensif et coupe) pour les usages quotidiens des populations. Les arbres de vène du groupe III issus des quatre peuplements que sont Yalo, Kahanso, Ouarigué et Téguirdou, présentent des valeurs intermédiaires de caractères morphologiques étudiés. Les différentes pressions auxquelles sont soumis les

arbres de *Pterocarpus erinaceus* des groupes II et III affectent leurs caractéristiques phénotypiques. Ces observations pourraient s'expliquer, d'une part, par la différence de l'action anthropique (exploitations agricoles et carbonisation) et animale (pâturage) et le statut de protection des peuplements d'arbres mais dans une moindre mesure aux conditions climatiques. D'autre part, ce constat suppose qu'en dehors des actions anthropiques la forme des feuilles et des fruits serait liée aux génomes des arbres de *P. erinaceus* de certains peuplements. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Sourou (2017) et Agbogun *et al.* (2015) qui ont montré que les peuplements de *Haematostaphis barteri* (prune rouge) qui présentaient les meilleures caractéristiques phénotypiques subissaient un faible impact de l'emprise humaine.

La caractérisation dendrométrique des arbres de *P. erinaceus* effectuée en Côte d'Ivoire révèle une variabilité au niveau des paramètres étudiés en fonction des groupes identifiés. L'analyse des variables dendrométriques des arbres des trois groupes montre que les plus grandes valeurs de densité, de surface terrière, de hauteur des arbres et de hauteurs de fût des arbres s'observent dans le groupe I. Les plus faibles valeurs pour ces mêmes paramètres ont été enregistrées au niveau des groupes II et III. En effet, le statut de protection du site de Kouassi-Ndawa (groupe I) pourrait avoir un effet positif sur la représentativité et la distribution de l'espèce dans cette zone de la Côte d'Ivoire. La faible densité d'arbres dans les peuplements des groupes II et III (2 à 3 arbres/ha) est accentuée par la forte pression exercée sur l'espèce qui est liée aux feux de végétation et aux pressions agricoles et pastorales. Cette différence serait imputable à la forte pression anthropique qui se traduit par les coupes, les mutilations et l'émondage exercés par les populations locales ivoiriennes sur les arbres de *P. erinaceus*. De tels résultats ont été également observés par Houèchégnon (2016) sur *Prosopis africana* qui ont montré que les pressions anthropiques ont un effet négatif sur les paramètres dendrométriques tels le diamètre des arbres, la densité de régénération et la densité des arbres. L'analyse des potentialités de régénération de *P. erinaceus* entreprise dans cette étude révèle que l'espèce utilise trois stratégies de régénération pour se maintenir dans son habitat. Le vène se régénère par semis naturel, rejets de souche et drageons. Ces résultats attestent

que l'espèce est un bon candidat au reboisement des aires protégées dégradées. Notre étude montre que l'espèce est exploitée en Côte d'Ivoire. Le renforcement de la surveillance des aires protégées est nécessaire afin de réduire les pressions anthropiques qui menacent la survie de l'espèce dans ces espaces dédiés à la protection de la biodiversité.

L'aménagement des peuplements forestiers nécessite la maîtrise de la structure en diamètre et en hauteur des arbres. Ces structures sont révélatrices des événements liés à la vie des peuplements (Rondeux, 1999). L'analyse des structures démographiques des trois groupes de *P. erinaceus* étudiés montre une distribution diamétrique avec une asymétrie gauche ($1 < c < 3,6$) pour les trois groupes. Cette distribution est caractéristique de peuplements à prédominance d'arbres de faible diamètre (Husch *et al.*, 2003). Les structures en diamètre, établies sur la base de la répartition des arbres en classes de diamètre, sont caractérisées par un grand nombre d'arbres de petit diamètre et une réduction régulière du nombre d'arbres d'une classe à la suivante. Ces différentes structures montrent un renouvellement des peuplements de *Pterocarpus erinaceus* dans ces savanes (Feeley *et al.*, 2007). Cela traduirait une bonne capacité d'adaptation de l'espèce aux contraintes du milieu telles que les feux de brousse et les fluctuations des saisons de pluies de ces dernières décennies. De telles distributions ont été observées par Segla *et al.* (2015) au Togo sur *P. erinaceus*. Cependant, ces structures témoigneraient aussi des perturbations subies par ses peuplements de *P. erinaceus* dues au prélèvement sélectif des arbres de plus gros diamètre pour les exportations pendant les exploitations forestières illégales de l'espèce en Côte d'Ivoire. Ces perturbations sont soutenues par l'abondance relative des rejets de souches observées dans les peuplements de Moyenne Marahoué, Yalo et Akabo. Par ailleurs, la faible fréquence d'arbres matures ou de semenciers (diamètre supérieur à 35 cm) posera un problème de régénération sur le long terme dans ces peuplements (Yehouenou *et al.*, 2012).

CONCLUSION

Pterocarpus erinaceus Poir. (Fabaceae) est un arbre des forêts claires et des savanes arborées d'Afrique, très prisé pour son bois, son fourrage

et ses vertus thérapeutiques, cause de sa surexploitation en Côte d'Ivoire. L'étude des caractéristiques phénotypiques et structurales de six peuplements de vène a permis d'obtenir trois groupes morphologiques de l'espèce. Le morphotype I, constitué des arbres du peuplement de Kouassi-Ndawa, a présenté les meilleures modalités des caractères étudiés. Les caractères morphologiques liés aux feuilles (longueur de la feuille et nombre de folioles par feuille) et aux fruits (poids du fruit) sont les plus discriminants. L'étude des structures diamétriques des arbres de vène des différents groupes montre que la régénération naturelle de l'espèce est assurée dans la zone d'étude. Les résultats de nos travaux montrent que l'espèce *P. erinaceus* mérite d'être prise en compte dans les programmes de domestication et de reboisement en Côte d'Ivoire.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'un doctorat de thèse unique. Les auteurs remercient la Société de Développement des Forêts (SODEFOR) pour les permis d'accès aux sites. Goba Koudougnon Alice remercie particulièrement le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) pour le financement de ses travaux de thèse et tous les gestionnaires et acteurs de la SODEFOR des sites prospectés.

REFERENCES

- Adjonou K., T. Houetcheignon, H. Rabiou, K.N. Segla, K.E. Abotsi, B.N. Johnson, P. Alaba, C.A.I.N. Ouinsavi, A.M.L. Quashie, A.D Kokutse, A. Mahamane and K. Kokou. 2019. Challenges of conservation and sustainable management of african rosewood (*Pterocarpus erinaceus*) in West Africa. Nat. Res. Manag. and Biol. Sci. Consulté le 20/10/2019.
- Agbogon A., K. Tozo, K. Wala, R. Bellefontaine, M. Dourma, S. Akpavi, Y.A Woegan, K. Dimobe and K. Akpagana. 2015. Structure des populations de *Sclerocarya birrea*, *Lannea microcarpa* et *Haematostaphis barteri* au nord du Togo. J. of An. and Plant Sci. 25 (2) : 3871-3886.
- Arbonnier M. 2004. Trees, shrubs and lianas of West African dry zones. Cirad, Margraf, MNHN, 574 p.

- Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD). 2015. Gestion durable des ressources forestières. Rapport pour les Etats généraux de la forêt, de la faune et des ressources en eau de Côte d'Ivoire 89 p.
- Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore menacées d'extinction (CITES). 2015. Analyse du commerce international de *Pterocarpus erinaceus* et ses conséquences en Afrique de l'ouest. Document d'information, Vingtième réunion du comité des plantes à Tbilissi (Géorgie), 19-23 octobre 2015. 35 p.
- Dedehou V.F.G.N., P.A. Olounladé, G.G. Alowanou, E.V.B. Azando and S. Hounzangbé-Adoté. 2016. A review on medicinal plants of *Parkia biglobosa* (Mimosaceae-Fabaceae) and *Pterocarpus erinaceus* (Leguminosae-Papilionoidea). J. of Mech. and Phy. Solids. 4 (6) : 132-137.
- Dumenu W.K. 2019. Assessing the impact of felling/export ban and CITES designation on exploitation of African rosewood (*Pterocarpus erinaceus*). Biol. Cons. 236 (2019) : 124-133.
- FAO. 2002. Note thématique sur les Ressources Génétiques Forestières. Situation des ressources génétiques forestières de Côte d'Ivoire (zone de savanes). 47 p.
- Feeley K. J., J. S. Davies, N. S. Noor, K. A. Rahman and S. Tan. 2007. Do current stem size distributions predict future populations changes ? An empirical test of intraspecific patterns in tropical trees at two spatial scales. J. of Trop. Ecol. 23: 191-198.
- Guillaumet J. L. and E. Adjanohoun. 1971. La végétation de la Côte d'Ivoire. In : J-M. Avenard, M. Eldin, G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf de Lussigny, J-L. Guillaumet and E. Adjanohoun (Eds). *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. France, IRD, Travaux et Documents de l'ORSTOM, n°50, Paris (France), pp. 156-263. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/Mem_cm/16368.pdf.
- Herrero-Jáuregui C., C. García-Fernández, P.L. Sist and M.A. Casado. 2012. Recruitment dynamics of two low-density neotropical multiple-use tree species. Plant Ecol. 212 (9) : 1501-1512.
- Houëtchégnon O.T. 2016. Etudes ethnobotaniques, écologiques et morphologiques de *Prosopis africana* (guill, perrott. et rich.) taubert au Bénin et impacts des changements climatiques sur l'espèce. Thèse de Doctorat Unique. Ecole Doctorale Sciences Agronomique et de l'Eau, Université de Parakou, Bénin. 159p.
- Husch B., T. Beers and J. Kershaw. 2003. Forest Mensuration, Ronald Press Company, London. Wiley-Blackwell : 4th Edition. 456 p.
- Kouyaté A.M., E. Decalluwé, F. Guindo, H. Diawara, I. Diarra, I. N'diaye and Van Damme. 2011. Variabilité morphologique du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Mali. Fruits, 66 : 247-255.
- Mahamane A. and M. Saadou. 2008. Méthode d'étude de la flore et de la végétation tropicale. Project SUN-EU. *Actes de l'Atelier sur l'Harmonisation des Méthodes*, p.83.
- Ouattara D., D. Kouamé, M. S. Tiebre, Y. J. C. Kouadio and K. E N'guessan. 2016. Biodiversité végétale et valeur d'usage en zone soudanienne de la Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. and Chem. Sci. 10 (3): 1122-1138.
- Ouédraogo N., A.E. Hay, J.C.W. Ouédraogo, W.R. Sawadogo, A. Tibiri, M. Lompo, J.B. Nikiema, J. Koudou, M.G. Dijoux-Franca and I.P. Guissou. 2017. Biological and phytochemical investigations of extracts from *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) root barks. Afr. J. of Trad., Complem. and Alt. Med. 14 (1) : 187-195.
- Perraud A. 1971. Les sols. In : -M. Avenard, M. Eldin, G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf de Lussigny, J-L. Guillaumet and E. Adjanohoun (Eds). *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Travaux et Documents de l'ORSTOM, n°50, Paris (France), pp. 269-391.
- Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD), 2016. Plan d'Investissement Forestier de Côte d'Ivoire - DRAFT FINAL, 85 p.
- Rabiou H., A. Diouf, B. A Bationo, K. N. Segla, K. Adjonou, A.D. Kokutse, R. Radji, K. Kokou, A. Mahamane and M. Saadou. 2015. Structure des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. dans le domaine soudanien, au Niger et au Burkina Faso. Bois et For. des Trop. N° 325 (3) : 71 - 83.
- Rondeux J. 1999. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Belgique, Presses agronomiques de Gembloux, 522 p.
- Roose E. 1980. Dynamique actuelle d'un sol ferrallitique gravillonnaire issu de granité sous culture et sous savane arbustive soudanienne du nord de la Côte d'Ivoire:

- Korhogo, ORSTROM, 1967-1975.
- Segla K. N., K. Adjonou, H. Rabiou, A. R. Radji, A. D. Kokutse, B. A. Bationo, A. Mahamane, N. Sokpon and K. Kokou. 2015. Spatial distribution of *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) natural stands in the sudanian and sudano-guinean zones of west Africa : gradient distribution and productivity variation across the five ecological zones of Togo. *Ann. Res. & Rev. in Bio.* 6 (2) : 89-102.
- Silue N., J. I. Fofana, S. Silue, N. Diarrassouba, A. F. Kouassi and K. Kouakou. 2014. Identification des espèces ligneuses utilisées dans l'alimentation des bovins dans la région du Poro (nord de la Côte d'Ivoire). *Agro. Afr.* 26 (3) : 217-229.
- Soro G. E. 2011. Modélisation statistique des pluies extrêmes en côte d'ivoire. Thèse unique. Abidjan (Côte d'Ivoire): Université Nangui Abrogoua; 173 p.
- Sourou K.B.N. 2017. Importance socio-économique et caractérisation structurale, morphologique et génétique moléculaire de *Haematostaphis barteri* Hook F. (prune rouge) au Bénin. Thèse de Doctorat Université de Parakou, Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau, Bénin, 147 p.
- Yao K. A.G., K.K. Koffi, S.A. Ondo-Azi, J-P. Baudoin and B. I. A. Zoro. 2015. Seed yield component identification and analysis for exploiting recombinative heterosis in bottle gourd. *Int. J. of Veg. Sci.* (21) : 441-453.
- Yehouenou T., G. Akouenou and J.C. Ganglo. 2012. Caractéristiques structurales et écologiques des populations d'*Antiaris toxicaria* (Pers.) Lesch et de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn dans les forêts reliques du Sud-Benin. *Int. J. Biol. and Chem. Sc.* 6 (6): 5056-5067.