



**UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE  
UFR ENVIRONNEMENT**

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail  
-----

Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique

ANNEE : 2021 - 2022

N° D'ORDRE :  
.....

CANDIDAT

Nom : BOKO

Prénoms : Brou Bernard

# THESE

**Pour l'obtention du grade de Docteur de  
l'Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Mention : Ecologie, Biodiversité et Evolution  
Spécialité : Ecologie Végétale**

**Implication du système agroforestier à  
cacaoyers pour la conservation de la  
diversité des ligneux et le stockage de  
carbone (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire) dans  
le département de Daloa**

## JURY

Président : M. KOUADIO Yatty Justin, Professeur Titulaire,  
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Co-Directeurs : M. POREMBSKI Stefan, Professeur Titulaire,  
Université de ROSTOCK

Mme KOULIBALY Annick Victoire, Maître de Conférences,  
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : M. BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Professeur Titulaire,  
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineur : M. BAKAYOKO Adama, Professeur Titulaire,  
Université NANGUI ABROGOUA

Examineur : M. KOUAME Djaha, Maître de Conférences,  
Université Jean LOROUGNON GUEDE

**Soutenu publiquement  
le : 25/03/2022**

<b>TABLE DES MATIERES</b>	<b>Page</b>
DEDICACES .....	viii
AVANT-PROPOS .....	ix
REMERCIEMENTS .....	x
LISTE DES SIGLES, ABREVIATIONS ET ACRONYMES .....	xii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiv
LISTE DES FIGURES.....	xvii
LISTE DES ANNEXES.....	xxi
INTRODUCTION.....	1
Première partie : GENERALITES .....	6
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE CACAOYER .....	7
1.1. Origine et systématique .....	7
1.2. Ecologie du cacaoyer.....	7
1.3. Importance du cacaoyer dans le monde.....	9
CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES SYSTEMES AGROFORESTIERS A CACAOYERS.....	11
2.1. Définition.....	11
2.2. Organisation structurale des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	11
2.2.1. Structure verticale .....	11
2.2.2. Structure horizontale.....	11
2.3. Domaines d'utilisation de la phytodiversité des systèmes agroforestiers à cacaoyers..	12
2.3.1. Importance de la phytodiversité au niveau écologique.....	12
2.3.2. Importance de la phytodiversité pour l'homme .....	12
2.3.3. Apport économique des espèces ligneuses des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	13
CHAPITRE 3 : GENERALITES SUR LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE.....	15
3.1. Définition de la biodiversité .....	15

	Page
3.2. Systèmes agroforestiers à cacaoyers et conservation de la biodiversité.....	15
CHAPITRE 4 : GENERALITES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE.....	18
4.1. Définition.....	18
4.2. Contexte des changements globaux.....	18
4.3. Définition, cadre conceptuel et valeur du stock de carbone .....	19
4.3.1. Changement climatique .....	19
4.3.2. Adaptation au changement climatique.....	20
4.3.3. Atténuation des émissions dues au changement climatique .....	20
4.3.4. Emission de gaz à effet de serre.....	20
4.3.5. Séquestration du carbone .....	20
4.3.5.1. Puits et flux de carbone .....	21
4.3.5.2. Cycle de carbone .....	21
4.4. Relation biomasse ligneuse et stock de carbone.....	22
4.5. Activités liées au stockage de carbone .....	22
4.5.1. Services environnementaux et systèmes agroforestiers dans la lutte contre les changements climatiques .....	22
4.5.2. Paiement pour les Services Environnementaux .....	23
4.6. Différents pools de séquestration du carbone.....	24
4.7. Potentiel de stockage du carbone dans les systèmes agroforestiers .....	25
CHAPITRE 5 : GENERALITES SUR LE MILIEU D'ETUDE .....	27
5.1. Présentation et historique du département de Daloa.....	27
5.2. Caractéristiques biophysiques.....	28
5.2.1. Climat.....	28
5.2.2. Relief et hydrographie.....	29
5.2.3. Sols.....	29
5.2.4. Végétation et flore.....	30
5.2.5. Faune .....	30
5.3. Populations et activités socio-économiques.....	31
Deuxième partie : MATERIEL ET METHODES .....	33

	Page
CHAPITRE 6 : MATERIEL ET METHODES .....	34
6.1. Matériel.....	34
6.1.1. Matériel biologique .....	34
6.1.2. Matériel technique .....	34
6.2. Méthodes .....	35
6.2.1. Choix des sites .....	35
6.2.2. Collecte des données.....	35
6.2.2.1. Etude des caractéristiques floristiques .....	35
6.2.2.1.1. Inventaire de surface.....	35
6.2.2.1.2. Identification floristique .....	36
6.2.2.2. Etude des caractéristiques structurales .....	37
6.2.2.2.1. Mesures dendrométriques.....	37
6.2.2.2.2. Estimation du stock de carbone .....	37
6.2.2.3. Enquêtes ethnobotaniques .....	39
6.2.2.3.1. Aspects socio-démographiques .....	39
6.2.2.3.2. Utilisations des plantes .....	39
6.2.3. Analyses des données .....	40
6.2.3.1. Richesse et diversité floristique des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	40
6.2.3.1.1. Richesse floristique des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	40
6.2.3.1.2. Diversité floristique des systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	40
6.2.3.2. Paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	41
6.2.3.2.1. Structure verticale.....	41
6.2.3.2.2. Structure horizontale.....	41
6.2.3.3. Importance de la flore ligneuse associée.....	42
6.2.3.3.1. Evaluation de la répartition des espèces par domaine d'utilisation.....	42
6.2.3.3.2. Code de détermination du statut de conservation local des espèces ligneuses associées aux cacaoyers .....	42
6.2.3.3.2.1. Valeur d'usage ethnobotanique.....	42
6.2.3.3.2.2. Raréfaction des espèces associées .....	44
6.2.3.3.2.3. Codification du statut de conservation local des espèces ligneuses associées.....	44
6.2.3.4. Evaluation du stock de carbone des espèces ligneuses .....	45

	Page
6.2.3.4.1. Estimation de la biomasse aérienne.....	45
6.2.3.4.2. Estimation de la biomasse souterraine.....	46
6.2.3.4.3. Estimation de la biomasse totale .....	46
6.2.3.4.4. Estimation de la quantité de carbone stocké.....	46
6.2.3.4.5. Estimation du dioxyde de carbone séquestré.....	46
6.2.4. Analyses statistiques .....	47
6.2.4.1. Comparaison des moyennes des paramètres étudiés.....	47
6.2.4.2. Regroupement des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	47
6.2.4.3. Détermination de l'impact de la préservation paysanne sur la phytodiversité. 47	
6.2.4.4. Détection de paramètres structuraux performants.....	48
Troisième partie : RESULTATS ET DISCUSSION .....	49
CHAPITRE 7 : RESULTATS.....	50
7.1. Caractéristiques floristiques et structurales des zones cacaoyères de Daloa.....	50
7.1.1. Site de Doboua.....	50
7.1.1.1. Composition floristique.....	50
7.1.1.2. Diversité floristique.....	52
7.1.1.3. Répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	52
7.1.1.4. Caractéristiques des groupes végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	55
7.1.1.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	56
7.1.1.5.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur .....	56
7.1.1.5.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre .....	57
7.1. 2. Site de Bantikro.....	58
7.1.2.1. Composition floristique.....	58
7.1.2.2. Diversité floristique.....	60
7.1.2.3. Répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	60
7.1.2.4. Caractéristiques des groupes végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	63
7.1.2.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	64
7.1.2.5.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur .....	64
7.1.2.5.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre .....	64
7.1.3. Site de Zepreguhé .....	65

	Page
7.1.3.1. Composition floristique.....	65
7.1.3.2. Diversité floristique.....	67
7.1.3.3. Répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	67
7.1.3.4. Caractéristiques des groupes végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	71
7.1.3.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	71
7.1.3.5.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur .....	71
7.1.3.5.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre .....	72
7.1.4. Site de Bowaly .....	73
7.1.4.1. Composition floristique.....	73
7.1.4.2. Diversité floristique.....	75
7.1.4.3. Répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	75
7.1.4.4. Caractéristiques des groupes végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	78
7.1.4.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	78
7.1.4.5.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur .....	78
7.1.4.5.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre .....	79
7.2. Importance de la flore ligneuse associée dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers et services écosystémiques .....	80
7.2.1. Profil des producteurs de cacao du département de Daloa .....	80
7.2.1.1. Origine ethnique des producteurs.....	80
7.2.1.2. Classes d'âge des producteurs de cacao .....	80
7.2.1.3. Niveau d'étude des producteurs .....	81
7.2.1.4. Mode d'acquisition des plantations.....	81
7.2.2. Importance de la flore ligneuse dans la vie des producteurs .....	82
7.2.3. Variabilité floristique et services écosystémiques des zones cacaoyères .....	83
7.2.3.1. Site de Doboua .....	83
7.2.3.2. Site de Bantikro.....	84
7.2.3.3. Site de Zepreguhé.....	86
7.2.3.4. Site de Bowaly .....	87
7.2.4. Statut de conservation local des espèces ligneuses associées.....	88

	Page
7.3. Estimation du stock de carbone enregistré dans des systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	94
7.3.1. Site de Doboua.....	94
7.3.1.1. Biomasse totale et taux de carbone .....	94
7.3.1.2. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer .....	94
7.3.1.3. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement associé.....	95
7.3.1.4. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer .....	96
7.3.1.5. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement associé.....	97
7.3.1.6. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce .....	98
7.3.1.7. Paramètres structuraux influençant le stock de carbone .....	100
7.3.2. Site de Bantikro.....	103
7.3.2.1. Biomasse totale et taux de carbone .....	103
7.3.2.2. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer .....	103
7.3.2.3. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement associé.....	104
7.3.2.4. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer .....	105
7.3.2.5. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement associé.....	106
7.3.2.6. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce .....	107
7.3.2.7. Paramètres structuraux influençant le stock de carbone .....	109
7.3.3. Site de Zepreguhé .....	112
7.3.3.1. Biomasse totale et taux de carbone .....	112
7.3.3.2. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer .....	112
7.3.3.3. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement associé.....	113

	Page
7.3.3.4. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer .....	114
7.3.3.5. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement associé.....	115
7.3.3.6. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce .....	116
7.3.3.7. Paramètres structuraux influençant le stock de carbone .....	119
7.3.4. Site de Bowaly .....	121
7.3.4.1. Biomasse totale et taux de carbone .....	121
7.3.4.2. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer .....	121
7.3.4.3. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement associé.....	122
7.3.4.4. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer .....	123
7.3.4.5. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement associé.....	124
7.3.4.6. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce .....	125
7.3.4.7. Paramètres structuraux influençant le stock de carbone .....	127
<b>CHAPITRE 8 : DISCUSSION.....</b>	<b>128</b>
8.1. Flore diversifiée dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa .....	128
8.2. Conservation de la phytodiversité dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers .....	131
8.3. Cacaoculture et changement climatique .....	136
<b>CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>139</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>143</b>
<b>ANNEXES</b>	
<b>INDEX ALPHABETIQUE DES TAXONS CITES</b>	
<b>PUBLICATIONS</b>	



**DEDICACES**

A feu monsieur KOUADIO Boko mon père et mademoiselle ASSO Yah Adèle ma grande sœur ;

A ma mère, AKOUA Fiénin Agnès, pour son soutien sans cesse renouvelé ;

A mon cher enfant, BOKO Jean Chris Peniel, ma source de joie quotidienne ;

A mes chers marraines et parrains, DION Claire Emmar, KOUA Justin, pour votre soutien sans faille.

## **AVANT-PROPOS**

La biodiversité ou diversité biologique représente la diversité au sein des espèces, entre les espèces et entre les écosystèmes. De ce point de vue, les régions tropicales sont les aires biologiques les plus diverses au monde. En Afrique, la diversité biologique est présente au sein d'une multitude de paysages et de milieux diversifiés. Elle constitue une importante ressource naturelle dans la vie quotidienne des populations, fournissant de la nourriture, des médicaments, de l'énergie, du bois de construction et divers autres produits. Aujourd'hui, la perte de cette biodiversité est accrue à cause de la destruction des forêts au profit d'activités anthropiques notamment l'exploitation forestière et l'agriculture. Le phénomène de la perte de la biodiversité a pour conséquence le réchauffement climatique. En Côte d'Ivoire, en particulier, la cacaoculture constitue l'une des principales causes de la déforestation et par conséquent, de la perte de la biodiversité. Il nous est paru opportun de savoir si ces systèmes agroforestiers à cacaoyers peuvent contribuer à la conservation de la biodiversité et à la séquestration du carbone. C'est dans cette optique, que nous avons effectué sous la Direction du Docteur KOULIBALY Annick Victoire de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE, et la codirection du Professeur POREMBSKI Stefan de l'Université de Rostock, un travail de recherche au Laboratoire de Biologie et Ecologie Tropicale (UFR Environnement) de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE intitulé : «Implication du système agroforestier à cacaoyers pour la conservation de la diversité des ligneux et le stockage de carbone (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire) dans le département de Daloa». Ce travail est une contribution à une meilleure connaissance de la flore ligneuse associée aux cacaoyers, mais permet surtout d'apprécier la contribution des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers à la conservation de la biodiversité et au stockage de carbone.

## **REMERCIEMENTS**

Comme tout travail de recherche, depuis le choix du sujet jusqu'à la rédaction finale, nous avons bénéficié du soutien et des conseils de nombreuses personnes. Il nous plaît, ici, d'exprimer notre sincère reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Nous tenons à remercier, solennellement, au terme de ce travail, la Présidente de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE et le Directeur de l'UFR Environnement pour avoir autorisé notre inscription en Thèse. Il s'agit respectivement de Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse Koné et de Professeur KOUASSI Kouakou Lazare.

Nos remerciements sincères s'adressent au Docteur KOULIBALY Annick Victoire, Maître de Conférences, notre Directeur Scientifique, pour la confiance qu'elle a placée en nous depuis notre année de Licence jusqu'à cette Thèse, en permettant de profiter de sa longue expérience en matière de recherche. Elle a accepté de suivre cette Thèse, et nous avons eu plaisir à travailler avec elle pour la réalisation du présent manuscrit. Qu'elle trouve, ici, toute notre reconnaissance pour ses conseils enrichissants, sa rigueur scientifique et ses remarques pertinentes. Nous pensons au Professeur POREMBSKI Stefan, notre Co-directeur, de l'Université de Rostock, à qui nous ne cesserons de dire merci pour sa rigueur scientifique, son enseignement et son soutien permanent dans la réalisation de cette Thèse.

Nous remercions les instructeurs de cette thèse pour leurs observations et suggestions, et pour avoir autorisé à ce que ce travail soit présenté publiquement. Nous remercions également les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail et ont permis, par leurs observations et suggestions, l'amélioration qualitative de cette Thèse. Qu'ils trouvent, ici, toute notre gratitude. Il s'agit respectivement du Professeur KOUADIO Yatty Justin, le président du Jury ; du Professeur POREMBSKI Stefan, notre Co-directeur ; du Docteur KOULIBALY Annick Victoire, Maître de Conférences, notre Co-Directeur ; du Professeur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, le rapporteur, du Professeur BAKAYOKO Adama, l'examineur et du Docteur KOUAME Djaha, Maître de Conférences, l'examineur.

Au Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, nous tenons à remercier le Directeur KOFFI Béné Jean-Claude, Professeur Titulaire, et tous ses collaborateurs pour leur contribution à notre formation et pour leur rigueur scientifique dans la réalisation de cette Thèse.

## Remerciements

Nous n'oublions pas tous les enseignants de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour leurs contributions significatives et positives à notre formation. Qu'ils en soient très remerciés.

Nous disons merci particulièrement aux enseignants du Groupe de Recherche pour l'Optimisation des Systèmes AgroForestiers (GREGO-SAF), pour leurs conseils constants. Des remerciements chaleureux vont à tous nos amis de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE. En particulier, à nos amis Doctorants DRAMANE Koffi Bakari, DIOMANDE Valouthy Paul-Alex et KOUADIO N'dah Kouamé Cyriac pour qui nous exprimons nos chaleureux remerciements pour leur contribution à la rédaction de ce document.

Nous remercions tous les producteurs de cacao avec qui nous avons travaillé et en particulier Messieurs BROU Kouakou Nestor, BAILLY Hilaire, LOGROAN Blé Klebert dit Olivier, KOUASSI Brou Barthelemy, KOUADIO Kouassi Felix et N'GUESSAN Yao Jean-Baptiste, pour leur aide qui nous a permis de réaliser les travaux de terrain.

Nos remerciements vont également à notre partenaire, le Cabinet *AgroPlus*, pour la contribution matérielle et financière à la réalisation de cette Thèse.

Nous ne pourrions terminer cette adresse sans exprimer notre gratitude à tous nos proches et à toute la famille BOKO qui a fait preuve de patience, de compréhension et de soutien durant toutes ces années de travail.

Nous tenons, enfin, à remercier tous ceux restés dans l'anonymat et qui, de près ou de loin, nous ont apporté leurs contributions et leurs conseils pour la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent, ici, l'expression de notre sincère reconnaissance.

## **LISTE DES SIGLES, ABREVIATIONS ET ACRONYMES**

### **Phytogéographie**

GC : Taxon de la région guinéo-congolaise (forêt dense humide)

GCi : Taxon endémique à la Côte d'Ivoire

GC-SZ : Taxon de la zone de transition entre la région guinéo-congolaise et la région soudano-zambézienne

SZ : Taxon de la région soudano-zambézienne (savanes, forêts claires ou steppes)

GCW : Taxon endémique du bloc forestier à l'Ouest du Togo, comprenant le Ghana, la Côte d'Ivoire, le Libéria, la Sierra Leone, la Guinée, la Guinée Bissau, la Gambie et le Sénégal

i : Taxon introduit ou cultivé

### **Types biologiques**

mp : Microphanérophyte (2 à 8 m de hauteur)

mP : Mésophanérophyte (8 à 30 m de hauteur)

MP : Mégaphanérophyte (>30 m de hauteur)

np : Nanophanérophyte (0,25 à 1,5 m ou 2 m de hauteur)

### **Autres**

ANOVA : Analyse de Variance

APG : Angiosperms Phylogeny Group (Classification phylogénétique des Angiospermes)

BCEF : Biomass Conversion and Expansion Factor (facteur de conversion de la biomasse)

C : Carbone

CNRS : Centre National de Recherche Scientifique

CNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CNUCED : Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement

Liste des sigles, abréviations et acronymes

d.b.h : Diamètre à hauteur de poitrine

DC : Diamètre des individus par classe

FAO : Food and Agriculture Organization of United Nations (Fond mondial pour l'alimentation)

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GPS : Global Positioning System (Système de Positionnement Géographique)

HC : Hauteur des individus par classe

I.N.S : Institut National de Statistique

MDP : Mécanisme pour un Développement Propre

Mg : Mégagramme

NTFPs : Non-timber Forest Products (Produit forestier non ligneux)

p : niveau de signifiante

p.c. : Pourcentage

PR : Pourcentage de Régénération

PSE : Paiement des Services Environnementaux

SAF : Système agroforestier traditionnel à cacaoyers

SE : Service Environnemental

SODEXAM : Société d'exploitation de développement aéroportuaire, aéronautique et météorologique

Types biol.: Types biologiques

UFR : Unité de formation et de recherche

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I	: Réervoirs et provenance du carbone dans les systèmes écologiques .....	24
Tableau II	: Codification du statut de conservation local des espèces ligneuses associées .....	45
Tableau III	: Indices de diversité et d'Equitabilité des parcelles de relevés du site de Doboua .....	52
Tableau IV	: Résumé de l'AFC des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua .....	54
Tableau V	: Codification des espèces ligneuses dans les groupes végétaux ...	55
Tableau VI	: Caractéristiques floristiques des groupes d'espèces discriminés du site de Doboua .....	56
Tableau VII	: Indices de diversité et d'Equitabilité des parcelles de relevés du site de Bantikro .....	60
Tableau VIII	: Résumé de l'AFC des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro .....	62
Tableau IX	: Codification des espèces ligneuses dans les groupes végétaux ...	63
Tableau X	: Caractéristiques floristiques des groupes d'espèces fréquentes discriminés du site de Bantikro .....	63
Tableau XI	: Indices de diversité et d'Equitabilité des parcelles de relevés du site de Zepreguhé .....	67
Tableau XII	: Résumé de l'AFC des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé .....	69
Tableau XIII	: Codification des espèces ligneuses dans les groupes végétaux ...	70
Tableau XIV	: Caractéristiques floristiques des groupes d'espèces fréquentes discriminés du site de Zepreguhé .....	71
Tableau XV	: Indices de diversité et d'Equitabilité des parcelles de relevés du site de Bowaly .....	75
Tableau XVI	: Résumé de l'AFC des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly .....	76
Tableau XVII	: Codification des espèces ligneuses dans les groupes végétaux ...	77
Tableau XVIII	: Caractéristiques floristiques des groupes d'espèces fréquentes	

Liste des tableaux

	discriminés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly .....	78
Tableau XIX	: Statut de conservation local des espèces ligneuses associées aux cacaoyers .....	89
Tableau XX	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua .....	94
Tableau XXI	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer .....	95
Tableau XXII	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement associé .....	96
Tableau XXIII	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer .....	97
Tableau XXIV	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement associé .....	98
Tableau XXV	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua .....	99
Tableau XXVI	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro .....	103
Tableau XXVII	: Biomasse et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer .....	104
Tableau XXVIII	: Biomasse et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement associé .....	105
Tableau XXIX	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par strate du peuplement cacaoyer .....	106
Tableau XXX	: Biomasse et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement associé .....	107
Tableau XXXI	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro .....	108
Tableau XXXII	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé .....	112
Tableau XXXIII	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer .....	113
Tableau XXXIV	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de	



Liste des tableaux

	diamètre du peuplement associé .....	114
Tableau XXXV	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer .....	115
Tableau XXXVI	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement associé .....	116
Tableau XXXVII	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé .....	117
Tableau XXXVIII	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly .....	121
Tableau XXXIX	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer .....	122
Tableau XL	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement associé .....	123
Tableau XLI	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer .....	124
Tableau XLII	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement associé .....	125
Tableau XLIII	: Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly .....	126

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1	: Cabosses non mures d'un plant de cacaoyer .....	8
Figure 2	: Localisation du département de Daloa en Côte d'Ivoire (A) et des sites de relevés (B) .....	28
Figure 3	: Diagramme ombrothermique de Daloa de 1991 à 2020 .....	29
Figure 4	: Carte de la végétation de Côte d'Ivoire .....	31
Figure 5	: Dispositif de relevés de surface .....	36
Figure 6	: Dispositif de relevés de surface .....	38
Figure 7	: Spectre des familles dominantes des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Doboua .....	51
Figure 8	: Spectre des types biologiques des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Doboua .....	51
Figure 9	: Spectre chorologique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Doboua .....	51
Figure 10	: Représentation graphique des espèces selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances du site de Doboua .....	53
Figure 11	: Espèces indicatrices des groupes de niveau de fréquence de la classification ascendante hiérarchique des individus d'espèces ligneuses associées du site de Doboua .....	54
Figure 12	: Distribution des individus dans les classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua .....	57
Figure 13	: Distribution des individus dans les classes de diamètre .....	58
Figure 14	: Spectre des familles dominantes des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bantikro .....	59
Figure 15	: Spectre biologique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bantikro .....	59
Figure 16	: Spectre phytogéographique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bantikro .....	60
Figure 17	: Représentation graphique des espèces selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances du site de Bantikro .....	61
Figure 18	: Espèces indicatrices de chaque groupe de niveau de fréquence de la classification ascendante hiérarchique des individus d'espèces ligneuses associées du site de Bantikro .....	62

Liste des figures

Figure 19	: Distribution des individus dans les classes de hauteur .....	64
Figure 20	: Distribution des individus dans les classes de diamètre .....	65
Figure 21	: Spectre des familles dominantes des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Zepreguhé .....	66
Figure 22	: Spectre biologique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Zepreguhé .....	66
Figure 23	: Spectre phytogéographique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Zepreguhé .....	67
Figure 24	: Représentation graphique des espèces selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances selon la fréquence des espèces du site de Zepreguhé .....	69
Figure 25	: Espèces indicatrices des groupes de niveau de fréquence de la classification ascendante hiérarchique des individus d'espèces ligneuses associées du site de Zepreguhé .....	70
Figure 26	: Distribution des individus dans les classes de hauteur .....	72
Figure 27	: Distribution des individus dans les classes de diamètre .....	73
Figure 28	: Spectre des familles dominantes des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bowaly .....	74
Figure 29	: Spectre biologique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bowaly .....	74
Figure 30	: Spectre phytogéographique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bowaly .....	74
Figure 31	: Représentation graphique des espèces selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances du site de Bowaly .....	76
Figure 32	: Espèces indicatrices des groupes de niveau de fréquence de la classification ascendante hiérarchique des individus d'espèces ligneuses associées du site de Bowaly .....	77
Figure 33	: Distribution des individus dans les classes de hauteur .....	79
Figure 34	: Distribution des individus dans les classes de diamètre .....	79
Figure 35	: Origine ethnique des producteurs du département de Daloa .....	80
Figure 36	: Répartition des producteurs en classes d'âge dans le département de Daloa .....	80
Figure 37	: Répartition des producteurs selon leur niveau d'étude .....	81

Liste des figures

Figure 38	: Répartition des producteurs selon le mode d'acquisition de leur plantation	81
Figure 39	: Cacaoyers cultivés sous l'ombrage de <i>Terminalia superba</i> dans la zone de Daloa .....	82
Figure 40	: Domaines d'utilisation des espèces ligneuses associées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers .....	83
Figure 41	: Représentation graphique des espèces, des niveaux de fréquence de rencontre et des services écosystémiques selon l'Analyse Factorielle Multiple du site de Doboua .....	84
Figure 42	: Représentation graphique des espèces, des niveaux de fréquence de rencontre et des services écosystémiques selon l'Analyse Factorielle Multiple du site de Bantikro .....	85
Figure 43	: Représentation graphique des espèces, des niveaux de fréquence de rencontre et des services écosystémiques selon l'Analyse Factorielle Multiple du site de Zepreguhé .....	87
Figure 44	: Représentation graphique des espèces, des niveaux de fréquence de rencontre et des services écosystémiques selon l'Analyse Factorielle Multiple du site de Bowaly .....	89
Figure 45	: Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de diamètre du peuplement associé .....	96
Figure 46	: Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de hauteur du peuplement associé .....	98
Figure 47	: Corrélation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua .....	102
Figure 48	: Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de diamètre du peuplement associé .....	105
Figure 49	: Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de hauteur du peuplement associé .....	107
Figure 50	: Corrélation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro .....	111
Figure 51	: Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de diamètre du peuplement associé .....	114
Figure 52	: Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de hauteur du peuplement associé .....	116

Liste des figures

Figure 53	: Corrélation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé .....	120
Figure 54	: Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de diamètre du peuplement associé .....	123
Figure 55	: Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de hauteur du peuplement associé .....	125

**LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Fiche de relevés ..... 169

Annexe 2 : Fiche d'enquêtes ..... 170

Annexe 3 : Flore ligneuse associée aux cacaoyers du département de Daloa..... 173

Annexe 4 : Résumé de la méthode IndVal du site de Doboua ..... 178

Annexe 5 : Résumé de la méthode IndVal du site de Bantikro..... 180

Annexe 6 : Résumé de la méthode IndVal du site de Zepreguhé ..... 181

Annexe 7 : Résumé de la méthode IndVal du site de Bowaly ..... 183

Annexe 8 : Synthèse des caractéristiques floristiques des zones cacaoyères du département de Daloa ..... 184

Annexe 9 : Tableaux récapitulatifs de la séquestration du carbone des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa ..... 185



# **INTRODUCTION**

L'agriculture se définit comme un ensemble d'activités développées par l'Homme, dans un milieu biologique et socio-économique donné et permet d'obtenir les produits végétaux et animaux qui lui sont utiles, en particulier ceux destinés à son alimentation (Le Roux *et al.*, 2008). L'objectif assigné à l'agriculture après les années 1945, était l'augmentation de la productivité pour atteindre l'autosuffisance alimentaire et dégager des surplus commercialisables (Griffon, 1999). Cette situation a entraîné, dans les pays occidentaux, l'intensification importante des modes de conduite des différentes cultures, par le recours à une forte mécanisation, une utilisation massive d'intrants, notamment d'engrais et de produits phytosanitaires de synthèse. Elle a provoqué également une simplification des systèmes de culture où la plupart des espèces sont conduites en culture pure. Ces nouvelles pratiques agricoles ont permis d'augmenter significativement la production agricole, mais elles ont aussi eu des impacts environnementaux négatifs considérables (Jagoret, 2011).

Aujourd'hui, la production agricole mondiale doit faire face à de nouveaux enjeux : d'une part, atteindre une production toujours plus élevée pour satisfaire les besoins d'une population en constante augmentation et d'autre part, réduire les impacts sur l'environnement, afin d'assurer la disponibilité des ressources naturelles pour les générations futures (Jagoret, 2011). Les impacts négatifs les plus alarmants tels que la perte de la biodiversité et l'émission importante de gaz à effet de serre, sont attribués en grande partie à l'intensification des pratiques agricoles (Tilman *et al.*, 2002). Le défi d'une agriculture durable, en termes économiques et environnementaux, nécessite de faire des choix de systèmes de culture écologiquement performants. Dans ce contexte, l'agroforesterie qui se définit comme l'introduction, ou la rétention délibérée d'arbres dans des plantations par des arrangements spatiaux et temporels (Atangana *et al.*, 2014), apparaît comme une option d'utilisation des terres pouvant contribuer à résoudre certaines menaces pesant sur l'environnement.

L'agroforesterie existe depuis plusieurs centaines, voire milliers d'années, en tant que système traditionnel d'utilisation des terres par de nombreuses populations à travers le monde (Beer *et al.*, 2003) et, en particulier, dans les pays tropicaux (Ngono *et al.*, 2015). Les systèmes agroforestiers à cacaoyers sont prisés en Afrique, notamment en Afrique Occidentale et Centrale (Sonwa *et al.*, 2003 ; Koulibaly *et al.*, 2010a) puisqu'ils permettent de réduire la déforestation à laquelle la culture du cacaoyer s'apparente dans les tropiques (Dixon *et al.*, 2001). En effet, le cacaoyer est associé à de nombreuses espèces pérennes, forestières et fruitières, aux usages multiples, qui fournissent aux agriculteurs différents produits qu'ils consomment ou qu'ils vendent pour augmenter leur revenu. Ceci leur permet, aussi, de limiter les risques face à la volatilité des cours mondiaux du cacao (Sonwa *et al.*, 2002). Ces



systèmes agricoles se rencontrent au Nigéria (Degrande *et al.*, 2006 ; Oke & Odebiyi, 2007), au Ghana (Asare & Tetteh, 2010), au Cameroun (Bidzanga, 2005 ; Laird *et al.*, 2007 ; Sonwa *et al.*, 2007) et en Côte d'Ivoire (Koulibaly, 2008 ; Assiri *et al.*, 2009 ; Tano, 2012 ; Kpangui *et al.*, 2015a ; Koulibaly *et al.*, 2016 ; Assiri *et al.*, 2016 ; Cissé *et al.*, 2016 ; Koulibaly *et al.*, 2017).

En Côte d'Ivoire, la culture du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) occupe une place importante dans l'économie. En effet, la Côte d'Ivoire demeure le premier producteur mondial de fèves de cacao depuis 1978 (Tano, 2012), avec plus de 2 100 000 tonnes de cacao marchand en 2020 (Ruf *et al.*, 2020), soit près de 47 p.c. de l'offre mondiale (ICCO, 2020). Ce secteur contribue, à hauteur de 15 p.c., au Produit Intérieur Brut et représente plus de 50 p.c. des recettes d'exportation (BAD, 2020). La cacaoculture mobilise plus d'un million de planteurs et 2 500 Groupements à Vocation Coopérative (Juvé & Milly, 1990 ; Assiri *et al.*, 2012 ; ICCO, 2015 ). Cependant, l'expansion des plantations de cacaoyers s'est traduite par une réduction importante des surfaces forestières (Chatelain *et al.*, 1996a ; Koulibaly, 2008 ; Goetze *et al.*, 2010 ; Banque mondiale, 2019). De 16 millions d'hectares de forêt en 1960 (Aké-Assi & Dian, 1990 ; FAO, 2005), les superficies ont rapidement chuté au point de représenter, aujourd'hui, 2,97 millions d'hectares (FAO, 2009 ; Chatelain, 2014 ; Kassoum, 2018 ; IFFN, 2021). Le paysage actuel de la Côte d'Ivoire indique que plus de 30 p.c. de la surface territoriale est occupée par des plantations de cacaoyers (FAO, 2009 ; Anonyme, 2018 ; Stratégie Nationale REDD+, 2018).

La perte conséquente des espèces végétales, voire leur disparition sous l'influence de la cacaoculture, a été observée à travers des études botaniques dans les zones cacaoyères de Côte d'Ivoire à savoir Est, Sud-Est, Centre-Ouest, Sud-Ouest et Ouest (Koulibaly, 2008 ; Assiri, 2010 ; Kouadio *et al.*, 2016 ; Koulibaly, 2019 ; Boko *et al.*, 2020 ; Plas, 2020). L'étude détaillée de l'impact de la cacaoculture sur les formations forestières voisines aux plantations de cacaoyers a montré que la richesse spécifique des îlots forestiers au Centre de la Côte d'Ivoire, a déjà été fortement réduite par l'exploitation forestière passée (Koulibaly, 2008 ; Goetze *et al.*, 2010). La régénération des espèces de ces forêts est compromise au regard de l'absence révélée de plantes adultes ou juvéniles (Koulibaly *et al.*, 2016). Concernant les caractéristiques floristiques des plantations de cacaoyers, les travaux montrent que la richesse floristique est la plus élevée dans les premières années de plantation, que ce soit dans les forêts classées (Adou Yao & N'Guessan, 2006) ou dans les aires utilisées voisines des forêts (Koulibaly *et al.*, 2010a ; Konan *et al.*, 2011). Avec l'âge, la plantation de cacaoyers traverse trois phases principales de modification profonde de sa composition floristique avec une

période critique, qui se situerait entre 6 et 20 ans (Koulibaly *et al.*, 2016). Cette situation conduit à une réduction sévère de la flore de ces systèmes agroforestiers à cacaoyers, pourtant importante dans la vie quotidienne des populations locales (Piba *et al.*, 2011 ; Koulibaly *et al.*, 2017). La diversité des plantes natives associées aux cacaoyers varie en fonction de plusieurs facteurs tels que la variété des cacaoyers cultivés, l'invasion des infestations, l'origine culturelle, l'âge et les besoins du producteur (Adja *et al.*, 2005 ; Piba *et al.*, 2011 ; Kpangui *et al.*, 2015b ; Koulibaly *et al.*, 2017 ; Koulibaly, 2019). Dans le contexte actuel du changement climatique, certains travaux informent que la préservation de la flore ligneuse dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers permettrait de les percevoir comme durables (Jagoret, 2011) et donc éligibles au mécanisme de réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts (Atangana *et al.*, 2014). Ces systèmes agroforestiers fourniraient, également, des services écologiques par la régulation du climat grâce à la séquestration de carbone (Njomgang *et al.*, 2011 ; Norgrove & Hauser, 2013). Cependant, tous ces travaux n'abordent que succinctement la diversité de structure, l'influence des services écosystémiques fournis sur la phytodiversité préservée et l'évaluation du stockage de carbone de la végétation associée aux cacaoyers dans les systèmes agroforestiers (Crist *et al.*, 2003 ; Temgoua *et al.*, 2018). L'étude des déterminants de la diversité et du stockage de carbone n'a pas été abordée à notre connaissance. Cette information permettrait, pourtant, d'appréhender le potentiel de conservation de ces systèmes agroforestiers (Deheuvels *et al.*, 2007 ; Veech *et al.*, 2002).

Notre approche se base sur un ensemble d'hypothèses qui permettent d'apprécier la contribution des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers à la conservation de la biodiversité et au stockage de carbone.

Hypothèse 1 : la présence de la végétation ligneuse dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers est le résultat de l'influence du producteur, dans le temps et dans l'espace. Les caractéristiques de cette végétation en sont, par conséquent, fortement marquées. Le choix des espèces à épargner ou introduire dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, ainsi que les raisons qui guident ce choix, devraient être maîtrisés. En effet, plus une espèce est appréciée par le paysan, plus cette espèce est rencontrée dans le milieu et sera mieux représentée dans les catégories floristiques et structurales. Plusieurs paramètres peuvent rendre compte de cette préférence tels que la fréquence des espèces, le nombre de taxons, le nombre d'individus dans les taxons, la répartition des individus de ces espèces préférées dans les strates ou les classes de diamètres. Ces informations permettront de caractériser la préservation paysanne de la

phytodiversité en cacaoculture. Notre hypothèse est qu'il existerait une préservation paysanne du peuplement ligneux associé.

Hypothèse 2 : la préservation paysanne des espèces est visible à travers une phytodiversité préférée certes, mais qui renferme des espèces utiles dans la vie quotidienne du producteur. En effet, les espèces qui font l'objet de la préservation paysanne fournissent différentes formes de services écosystémiques. L'identification de ces formes de services et leur mise en relation avec les caractéristiques de la phytodiversité préservée permettront d'apprécier l'impact de la préservation paysanne, et donc la contribution à la conservation de cette phytodiversité. Notre hypothèse est que la préservation paysanne des espèces ligneuses associées varierait en fonction des services écosystémiques fournis.

Hypothèse 3 : le contexte actuel de changement climatique impose que la conservation de la phytodiversité participe à l'atténuation des effets de ce changement. Pour garantir des recommandations applicables, il est paru judicieux d'évaluer le stock de carbone des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers et de déterminer les paramètres qui favorisent un meilleur stockage de carbone. Notre hypothèse est que, le peuplement ligneux associé stockerait le plus de carbone.

Au vu de ces hypothèses, notre étude s'est fixée pour objectif général d'étudier les déterminants de la diversité et du stockage de carbone, pour contribuer à la mise en place de systèmes agroforestiers performants.

De façon spécifique, il s'est agi de : (1) décrire les caractéristiques du peuplement ligneux associé aux cacaoyers, (2) déterminer le statut de conservation local des espèces ligneuses associées aux cacaoyers et (3) évaluer le stock de carbone des systèmes agroforestiers à cacaoyers.

La présente étude s'est déroulée dans le Haut-Sassandra, deuxième zone de production de fèves de cacao en Côte d'Ivoire (Esso, 2009), précisément dans le département de Daloa.

Outre l'introduction, le présent document est subdivisé en trois parties. La première partie présente les généralités sur le thème et sur le département de Daloa. La deuxième partie traite du matériel et de la méthodologie adoptée. La troisième partie présente les résultats et leur discussion. Les conclusions suivies des recommandations et des perspectives mettent fin à ce document.



**Première partie :**

**GENERALITES**

## CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE CACAOYER

### 1.1. Origine et systématique

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une plante cultivée dans de nombreux pays de la ceinture intertropicale. Il est originaire d'Amérique du sud et son centre d'origine se situe dans le bassin amazonien (Motamayor et al., 2002). La culture a été importée pour la première fois de Sao Tomé (Guinée Equatoriale) dans les années 1820 puis au Ghana en 1880 (Oro, 2011). Les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre, où il a été introduit au tout début du XIX<sup>ème</sup> siècle, produisent aujourd'hui plus des deux-tiers du cacao mondial (ICCO, 2020). Selon la classification phylogénétique de Cronquist (1981), la position systématique du cacaoyer est la suivante :

Règne	: Planteae
Embranchement	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Ordre	: Malvales
Famille	: Malvaceae
Genre	: Theobroma
Espèce binomiale	: <i>Theobroma cacao</i> L.

### 1.2. Ecologie du cacaoyer

Le cacaoyer est un arbuste de sous-bois qui occupe, dans son habitat naturel, les étages inférieurs des forêts humides d'Amérique tropicale, entre le 18° de latitude Nord et le 15° de latitude Sud. Il préfère des altitudes allant du niveau de la mer à des hauteurs de 1 250 m (Mossu, 1992 ; Braudeau, 1969). C'est une plante dont l'optimum de température se situe à une moyenne de 25°C et qui peut être trouvée jusque dans des milieux où la température moyenne quotidienne minimale est de 15°C (Jumelle, 1900 ; Braudeau, 1969 ; Mossu, 1992). Une pluviosité de 1 250 à 3 000 mm d'eau par an, idéalement située entre 1 500 et 2 000 mm d'eau et qui ne descend pas en dessous d'une moyenne de 100 mm d'eau par mois, est la plus favorable (Wood & Lass, 1985 ; Mossu, 1990, 1992 ; Koko, 2008). Selon Braudeau (1969), le cacaoyer demande une humidité relative moyenne annuelle comprise entre 70 et 100 p.c. ainsi qu'un couvert végétal le protégeant de l'insolation directe et de l'évaporation, ce qui n'en fait

cependant pas pour autant une plante d'ombrage (Jagoret, 2011). A l'état sauvage, l'arbre peut atteindre 10 à 15 m de haut. Ses fruits, appelés cabosses (Figure 1), ne tombent pas à maturité et certains auteurs y voient une adaptation à un mode de dissémination zoochore (Young, 1994).

Le cacaoyer développe un système racinaire pivotant orthotrope allant jusqu'à 2 m de profondeur et un chevelu de racines traçantes et de radicelles superficielles plagiotropes, situées dans l'horizon 0-20 cm. Ces dernières peuvent s'étendre sur un rayon de 5 à 6 m autour du pied de l'arbre mature (Braudeau, 1969).



Figure 1 : Cabosses non mures d'un plant de cacaoyer

La croissance en hauteur de la tige se fait par poussées successives jusqu'à l'âge de 18 mois, avec la formation à environ 1,5 m de hauteur d'un verticille de 5 rameaux plagiotropes qui constitueront la couronne de l'arbre.

La période d'activité photosynthétique optimale de la feuille, qui va jusqu'à 5 mois après le flush, décroît ensuite jusqu'à sa chute à un an d'âge (Alvim, 1965). De ce fait, le cacaoyer porte toujours des feuilles d'âge différent, issues des 4 ou 5 flushes annuels.

Les fleurs hermaphrodites sont groupées en inflorescences issues de la croissance des bourgeons axillaires après la chute des feuilles et de leur différenciation définitive sous forme de boursouflures de l'écorce, baptisées « coussinets floraux ».

La floraison peut survenir toute l'année (Braudeau, 1969). Elle est synchrone pour les cacaoyers d'une même région et a lieu par périodes successives d'amplitude variable selon les

individus. On a ainsi des pics de floraison, plus ou moins marqués selon les variétés, correspondant à une floraison maximale pour tous les individus d'une même région. L'apparition de ces pics est favorisée par des températures moyennes élevées et des pluies abondantes (Braudeau, 1969 ; Wood & Lass, 2001 ; Jagoret *et al.*, 2017). Les entre-pics correspondent à la disparition des fleurs, qu'elle soit partielle (variété *Amelonado* nommée cacao français) ou totale (variété haut-amazonienne nommée cacao Ghana ou *Forastero*).

La pollinisation est entomophile. Seuls 2 p.c. des fleurs seront pollinisées durant leurs 48 heures de vie par un nombre de grains de pollen suffisant pour féconder l'ensemble des 30 à 60 ovules présents dans l'ovaire (Deheuvels, 2011). Le fruit du cacaoyer est appelé « chérelle » pendant les 5 à 6 mois de sa croissance, puis « cabosse » lorsqu'il atteint sa taille récoltable. Le nombre de chérelles produites est en moyenne de  $31,3 \pm 4,9$  et ne varie statistiquement pas quel que soit le système considéré (Kouadio *et al.*, 2018). Cependant, le nombre moyen de chérelles viables (ayant plus de 10 cm de long) est de  $14 \pm 2,5$ . Il est plus important dans les agrosystèmes cacaoyers simples. Il est également influencé par l'ombrage, avec une valeur moyenne de 16 chérelles pour les cacaoyers sans ombrage contre 10 pour les cacaoyers sous ombrage (Kouadio *et al.*, 2018). Les graines, couramment appelées fèves, sont entourées d'une pulpe mucilagineuse et imbriquées dans une seule cavité (Braudeau, 1969). Le nombre de fèves par cabosse varie de 11 à 83 (Kouadio *et al.*, 2018). Le nombre moyen de fèves par cabosse est de  $39,6 \pm 9,9$  (Kouadio *et al.*, 2018). Selon ces auteurs, le nombre moyen de fèves par cabosse ne varie pas significativement selon le système considéré ni d'une variété à une autre.

### **1.3. Importance du cacaoyer dans le monde**

Le cacaoyer est une espèce cultivée à des fins commerciales et en particulier pour ses fèves servant à la fabrication du chocolat et à l'extraction d'une graisse végétale : le beurre de cacao selon la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement (CNUCED, 2008). Le cacaoyer fait l'objet d'une demande internationale croissante (Rice & Greenberg, 2000 ; Dahlquist *et al.*, 2007). Cette culture est la principale source de revenus de 5 à 6 millions de petits producteurs à travers le monde (Franzen & Borgerhoff, 2007). Le cacao constitue, selon l'Agence Belge de Développement « Trade for Development Centre », le troisième marché alimentaire mondial, avec un montant annuel des échanges estimé à environ 10 milliards de dollars. Les produits dérivés de la fève (liqueur, pâte, beurre, tourteaux et poudre) sont la matière première de l'industrie chocolatière dont le produit final le plus connu est le chocolat. Il existe d'autres produits confectionnés à partir de ces

principaux dérivés intermédiaires, notamment le beurre et la poudre. Cette dernière est utilisée pour aromatiser les biscuits, les crèmes glacées, les produits laitiers, les boissons lactées, etc. Le beurre de cacao est également prisé pour la fabrication de tabac, de savon et de produits cosmétiques. Selon la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement (CNUCED, 2008), la médecine traditionnelle utilise le beurre de cacao pour soigner les brûlures, refroidissements, lèvres sèches, fièvres, rhumatismes, morsures de serpents et autres blessures.



## **CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES SYSTEMES AGROFORESTIERS A CACAOYERS**

### **2.1. Définition**

Un système agroforestier désigne les techniques et les modes de mise en valeur des terres dans lesquelles des végétaux ligneux (arbres, arbustes, etc) sont volontairement associés dans une même parcelle à des cultures d'intérêt ou à l'élevage simultanément ou de manière séquentielle (Baumer, 1987 ; Cissé *et al.*, 2016 ; Temgoua *et al.*, 2019).

### **2.2. Organisation structurale des systèmes agroforestiers à cacaoyers**

Les paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers sont caractérisés à deux niveaux. Il s'agit de la structure horizontale et de la structure verticale.

#### **2.2.1. Structure verticale**

Les études dans les principaux pays producteurs ont révélé en détail, la structure des systèmes agroforestiers à cacaoyers. Mekembom (2005) a effectué une étude dans les provinces du Centre et du Sud du Cameroun (Okola, Mbalmayo, Ebolowa) pour déterminer le potentiel en produits forestiers non ligneux des systèmes agroforestiers à cacaoyers de la zone. Il ressort des observations que les systèmes agroforestiers à cacaoyers de cette zone sont stratifiés ou étagés. On y trouve la strate inférieure très dense constituée d'herbes et d'espèces rampantes ; la strate moyenne composée de cacaoyers et d'arbustes, et la strate supérieure constituée d'arbres. Kouadio (2018) a effectué une étude dans la localité de Djêkro au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire pour évaluer la capacité de régénération des espèces préservées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Il a montré que les individus de hauteur  $\geq 2$  m sont présents à tous les stades de développement de la plantation et leur nombre augmente avec l'âge de la plantation. Aussi, les individus de 4 à 8 m de hauteur sont les plus représentés dans toutes les classes.

#### **2.2.2. Structure horizontale**

La structure horizontale est décrite soit par la distribution des individus ligneux par classe de diamètre ou soit à travers la densité des arbres. Koulibaly *et al.* (2010b) ont montré que la classe de diamètre supérieur à 10 cm d.b.h a renfermé le plus grand nombre d'individus durant les quatre premières années de plantation en cacaoculture, dans la région de la réserve de Lamto au Centre de la Côte d'Ivoire. Selon Kouadio (2018), les individus de diamètre  $> 20$  cm sont bien représentés dans toutes les plantations cacaoyères étudiées dans la localité de Djêkro.

Selon Mekembom (2005), les densités d'arbres à l'hectare observées, respectivement, à Okola, Ebolowa et Mbalmayo sont de 119, 151 et 196 tiges. Ce qui est fortement supérieur aux densités habituellement recommandées dans les principaux pays africains producteurs de cacao. Dans la zone humide au Cameroun, Sonwa (2004) a observé, à l'hectare, une densité moyenne de 321 arbres associés aux cacaoyers, dont le nombre de pieds de cacaoyers était représenté par 1 168 plants à l'hectare. Au Ghana, la recherche agronomique recommande une association cacaoyers-arbres fruitiers où les arbres sont plantés à une densité moyenne de 10 à 15 tiges à l'hectare, et le cacaoyer avec une densité de 1 730 tiges/ha (Padi & Owusu, 2003). En Côte d'Ivoire, les densités recommandées des arbres associés au cacaoyer sont comprises entre 17 et 56 tiges/ha avec une densité de cacaoyers de 1 333 arbres/ha (Herzog, 1994 ; Assiri *et al.*, 2009).

### **2.3. Domaines d'utilisation de la phytodiversité des systèmes agroforestiers à cacaoyers**

La phytodiversité des systèmes agroforestiers à cacaoyers est utile dans la vie quotidienne des populations et permet de répondre aux problèmes écologiques.

#### **2.3.1. Importance de la phytodiversité au niveau écologique**

D'après Dupriez & De Leener (1993), l'utilité des espèces ligneuses présentes dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, se présentent sous deux plans au niveau écologique pour les économistes agraires :

- la production des services écologiques par la limitation de l'érosion hydrique et éolienne, effet brise-vent, et réduction de la température du sol ;
- la production fertilisante dont dans certains cas, les feuilles, les branches, les fruits et parfois les racines sont, en effet, responsables de la production de la matière organique pour la fertilisation du sol.

La phytodiversité présente dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers offre une gamme de services notamment la régulation du climat à travers la séquestration de carbone (Duguma *et al.*, 1998 ; Jagoret, 2011 ; Atangana *et al.*, 2014 ; Temgoua *et al.*, 2018).

#### **2.3.2. Importance de la phytodiversité pour l'homme**

D'abord, les espèces ligneuses présentes dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers permettent la production des biens consommables par l'homme ou par les animaux : fruits, légumes, graines, fourrages, bois, fibres et médicaments (Dupriez & De Leener, 1993).

Pour exemple, les feuilles d'*Azadirachta indica* et *Eucalyptus sp.* rencontrées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers sont appréciées pour soigner le paludisme et les maux de ventre au Burkina-Faso (Nouvellet, 1992). Le même auteur souligne que le noyau de *Canarium schweinfurthii* (l'ailélé) posséderait des propriétés pharmacologiques, notamment contre la dysenterie, l'angine et les rougeurs fessières du nourrisson. Selon Mandjo (1993), la forêt dans laquelle nous vivons est une pharmacie de surcroît et reste notre seul hôpital.

Ensuite, viennent les produits destinés à la consommation locale (condiments, épices, excitants et les liants). Ceux destinés à l'exportation arrivent en 3<sup>ème</sup> position et ceux sollicités par l'industrie sont, quantitativement, les plus exploités du point de vue du volume. Quant à la diversité, les produits destinés à l'industrie ne sont pas variés (Ndoye *et al.*, 1999). Ce sont, entre autres, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis*, qui sont des espèces laissées volontairement sur la parcelle pendant la mise en place de la plantation (Duguma *et al.*, 1998). Du point de vue de la disponibilité, Koppert *et al.* (1993) rapportent que les espèces ligneuses sont les plus disponibles pour toutes les couches de la société, et à la portée de toutes les bourses, aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain. Le bois d'œuvre provenant des cacaoyères contribue aussi à la construction.

### **2.3.3. Apport économique des espèces ligneuses des systèmes agroforestiers à cacaoyers**

Iqbal (1995) souligne que toutes les espèces ligneuses associées aux cacaoyers qui entrent dans l'alimentation, l'artisanat, la construction, la médecine traditionnelle et la pharmacopée ont joué un rôle déterminant dans la gestion de la crise économique au Cameroun. Selon cet auteur, dans les communautés rurales où les prix des matières premières et des cultures de rente ont drastiquement baissé, l'apport en protéines animales et végétales est assuré, dans sa totalité, par les espèces ligneuses. Plusieurs auteurs (Piba *et al.*, 2015 ; Kouamé *et al.*, 2015) ont également trouvé que de nombreuses familles, en zone rurale, vivent exclusivement de la vente des produits de l'artisanat. D'autres vivent de la récolte des fruitiers sauvages et de celle de différentes écorces pouvant leur rapporter de l'argent. Les prix des produits pharmaceutiques devenant de plus en plus élevés, les populations en milieu rural n'utilisent ces produits que dans des cas d'extrême gravité et au cas où on aurait un parent en ville pour la prise en charge. Dans le cas contraire, pour de petites infections quotidiennes, ils utilisent les recettes de la médecine traditionnelle (Koulibaly *et al.*, 2017).

Selon Koppert *et al.* (1993), Iqbal (1995) et Ndoye *et al.* (1999), dans les zones urbaines, la situation est presque identique. Bien que la majorité des espèces ligneuses qui

rentrent dans l'alimentation n'apparaissent que saisonnièrement, grâce à leurs prix relativement bas, ces derniers aident beaucoup de ménages, en milieu urbain, à assurer leurs repas quotidiens. Dans ce milieu, des producteurs entretiennent des familles entières, grâce à la revente quotidienne par exemples du vin de palme, des fruits et des feuilles des espèces telles que *Elaeis guineensis*, *Mangifera indica*, *Citrus sinensis*, *Persea americana*, *Ricinodendron heudelotii* et *Ceiba pentandra* se trouvant dans leurs plantations de cacaoyers.

Une bonne gestion des plantes associées au cacaoyer permettrait d'améliorer le revenu des producteurs (Obiang, 1998). L'étude réalisée par Hietet (2005) a montré que *Dacryodes edulis*, *Citrus reticulata*, *Persea americana*, *Ricinodendron heudelotti* et *Citrus limon* sont les espèces les plus rentables dans la Lékié au Cameroun. Par ailleurs, Kossonou (2020) a montré que *Persea americana*, *Citrus sinensis*, *Elaeis guineensis*, *Ricinodendron heudelotii*, *Irvingia gabonensis*, *Garcinia kola* sont les espèces ligneuses associées au cacaoyer qui rapportent le plus de bénéfices aux femmes dans le département de Toumodi, au Centre de la Côte d'Ivoire. Lorsque les productions des arbres fruitiers associés au cacaoyer ne sont pas commercialisées, elles sont destinées à l'autoconsommation. Le bois d'œuvre provenant des plantations de cacaoyers contribue à alimenter le commerce local en bois d'œuvre (Vandijk, 2000). Vroh *et al.* (2019) ont mentionné que le choix des espèces à préserver dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers selon les producteurs tient compte des espèces pouvant jouer un rôle économique ou alimentaire. Elles participent ainsi à la diversification des produits ou des sources de revenu du producteur. Pour Tano (2012), cette diversification des revenus, est une stratégie d'adaptation à la crise cacaoyère des années 1980. Aussi, les producteurs reconnaissent le plus souvent, les espèces arborescentes telles que *Elaeis guineensis*, *Cocos nucifera*, *Cola nitida*, *Spondias mombin*, *Psidium guajava*, *Mangifera indica*, *Bombax buonopozense*, *Dacryodes klaineana*, *Garcinia kola*, *Persea americana*, *Citrus sinensis*, *Citrus limon* et *Irvingia gabonensis* comme pouvant constituer une source financière importante. Dans le département d'Oumé (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) par exemple, les producteurs peuvent tirer profit de la vente de certains produits tels que le vin de palme, vendu à 100 Francs CFA (0,15 €) le litre, la poignée de main des amandes de *Irvingia gabonensis* et de *Ricinodendron heudelotii* vendues à 25 Francs CFA (0,04 €) et la noix de *Cola nitida* vendue à 25 Francs CFA (0,04 €) l'unité (Piba, 2009).

## **CHAPITRE 3 : GENERALITES SUR LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE**

### **3.1. Définition de la biodiversité**

La biodiversité est définie comme la variabilité des organismes vivants, de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie. Cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes (Convention sur la Diversité Biologique, 2010). Les régions de cacaoculture à l'échelle mondiale sont toutes au contact ou à l'intérieur des zones de haute valeur de conservation pour la biodiversité (Jagoret, 2011). La modification d'habitats constitue la principale cause de perte de biodiversité et de réduction des services écosystémiques (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). La disparition de la forêt tropicale se produit à un rythme de plusieurs millions d'hectares chaque année (Marcoux, 2000 ; Deheuvels, 2011). L'exploitation forestière industrielle, la conversion par l'agriculture et les feux de forêt sont responsables de l'essentiel de la déforestation.

### **3.2. Systèmes agroforestiers à cacaoyers et conservation de la biodiversité**

En écologie, il existe 3 types de diversités qui sont les diversités alpha, gamma et bêta (Jamoneau, 2010). Les variations de diversité entre les espaces d'étude rendent compte de la diversité à différentes échelles :

- la diversité alpha ( $\alpha$ ) est définie comme le nombre d'espèces présent au niveau local. Autrement dit, la diversité  $\alpha$ , également appelée diversité stationnelle, fait état de la répartition des abondances de chaque espèce au niveau de chaque site ou biotope ;
- la diversité gamma ( $\gamma$ ) est définie comme le nombre total d'espèces au niveau régional ;
- la diversité bêta ( $\beta$ ) désigne la différence entre la diversité gamma et alpha ( $\beta = \gamma - \alpha$ ). La diversité  $\beta$  est utilisée pour évaluer la diversité de paires d'échantillons ou le long d'un gradient (Condit *et al.*, 2002). Elle a pour but de caractériser, objectivement et quantitativement, le degré de ressemblance de deux relevés ou biotopes.

Dans la présente étude, la diversité alpha ( $\alpha$ ) est abordée.

La biodiversité des systèmes agroforestiers à cacaoyers a tout d'abord fait l'objet de nombreuses recherches dans le domaine de la connaissance de la diversité des bio-agresseurs du cacaoyer (insectes et champignons essentiellement) et des mécanismes expliquant leur impact sur la production cacaoyère (Mossu, 1992). Le taux d'infestation par les bio-agresseurs des cacaoyers cultivés est nettement supérieur à celui des cacaoyers sauvages trouvés en forêt (Mossu, 1992). Par ailleurs, le stress subi par les cacaoyers sous l'attaque de

bio-agresseurs est plus marqué en situation d'ombrage léger ou de plein soleil (Young, 1994). La « rente forêt », décrite par Ruf (1995) et qui garantit à la fois la fertilité du sol et la faible probabilité de présence des ennemis du cacaoyer (*Phytophthora palmivora* et *P. megacarya* en Afrique ; ravageurs comme les mirides) constitue un autre facteur important en faveur du précédent Forêt. Koulibaly *et al.* (2018) ont effectué des travaux de recherche dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa. Ces travaux ont porté sur les ennemis du cacaoyer. Ces auteurs ont révélé une forte présence de diversités animales telles que les parasites, les foreurs de tige, les fourmis tisserands, les mousses et les animaux rongeurs. Adja *et al.* (2005) ont récolté 891 spécimens de Miridae prédateurs du cacao dans les plantations de cacaoyers du département de Duékoué.

Les systèmes agroforestiers tropicaux ont été, dès la fin des années 1990, mis en avant comme une stratégie de gestion des ressources naturelles qui pourrait ajouter aux objectifs agricoles classiques, un service de conservation de la biodiversité sauvage (Schroth *et al.*, 2004). Il semble que le défi majeur de l'agroforesterie tropicale consiste, aujourd'hui, à adapter ou à transformer les concepts d'une agronomie construite sur des systèmes simplifiés et tempérés (Malézieux *et al.*, 2009), qui assurent 90 p.c. de la production dans des systèmes, allant de la culture sous ombrage ligneux mono-spécifique aux systèmes agroforestiers complexes. Dans ces systèmes agroforestiers complexes, on y trouve, en majorité, des espèces d'arbres fruitiers et de légumineuses fixatrices d'azote qui sont, encore, couramment associées aux cacaoyers. Young (1994) mentionne de petits jardins préhistoriques qui auraient été formés d'un mélange de plusieurs variétés de cacaoyers et de cultures intercalaires de Manioc (*Manihot esculenta*), sous ombrage de *Theobroma cacao* et de *Gliricidia sepium*. Plusieurs travaux ont mentionné une diversité végétale importante dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. En effet, à l'Est du Camérout, Temgoua *et al.* (2018) ont recensé 71 espèces ligneuses dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Au Ghana, Evans *et al.* (2016) ont relevé 109 espèces ligneuses réparties en 33 familles dans les plantations de cacaoyers. En Côte d'Ivoire, Adou Yao & N'Guessan (2006) ont enregistré 156 espèces végétales réparties en 43 familles dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers dans la forêt classée de Monogaga. Selon les travaux de Vroh *et al.* (2015), effectués dans la localité de Lakota, pour les plantations prises dans leur ensemble, les espèces les plus représentatives en individus sont *Cola nitida* (137 individus) ; *Spondias mombin* (96 individus) ; *Ficus exasperata* (87 individus) ; *Persea americana* (72 individus) et *Ricinodendron heudelotii* (53 individus). Dans ces plantations, les Fabaceae dominent avec 14 espèces. Kouadio *et al.*

(2016) ont recensé dix (10) espèces majeures associées aux cacaoyers dans les localités de Soubré et Méagui. Ces espèces constituent 83,25 p.c. de l'ensemble des arbres associés aux cacaoyers. Parmi ces espèces, *Persea americana* (l'avocatier), *Citrus sinensis* (l'oranger), *Mangifera indica* (le manguier) et *Elaeis guinensis* (le palmier à huile) sont apparus chacun, dans 85,26 à 53,68 p.c. des cacaoyères prospectées. En termes d'effectif, *Elaeis guinensis* (le palmier à huile), *Cola nitida* (le colatier) et *Citrus sinensis* (l'oranger) sont les plus représentés, avec 14,00 à 18,41 p.c. du nombre total des arbres associés aux cacaoyers. Ces trois espèces totalisent une proportion relative de près de 60 p.c. d'individus des espèces majeures associées aux cacaoyers. Ensuite, Koulibaly *et al.* (2018) ont montré que la végétation des plantations renferme le *Theobroma cacao* (Malvaceae), les cultures autres que le cacaoyer dont *Colocasia esculenta* (Araceae), *Musa paradisiaca* (Musaceae) et *Dioscorea sp.* (Dioscoreaceae), et des espèces non cultivées (introduites ou conservées) telles que *Ficus exasperata* (Moraceae), *Vitellaria paradoxa* (Sapotaceae) et *Anthonota macrophylla* (Rubiaceae). Diomandé (2018) a inventorié 70 espèces réparties en 66 genres et 42 familles dans les plantations de cacaoyers dans la localité de Djêkro. Plas (2020) a inventorié dans les cacaoyères agroforestières de la région de Man 791 arbres sur 18 hectares répartis sur 28 parcelles différentes : 184 (23,3 p.c.) d'entre eux ont été plantés, 427 (53,9 p.c.) sont rémanents, 67 (8,5 p.c.) de recrû spontané et 113 (14,3 p.c.) n'ont pas pu être classifiés. Les parcelles visitées hébergeaient en moyenne dix (10) espèces d'arbres associés différentes (de quatre à vingt-sept) et 75 espèces différentes ont été rencontrées. Seuls 10,5 p.c. des arbres répertoriés étaient exotiques (83 arbres dont 78 étaient des fruitiers). Cet auteur a obtenu cinq familles botaniques dominantes en termes de nombre d'individus à savoir les Malvaceae (25,2 p.c. des individus et 6 espèces identifiées), les Arecaceae (13,3 p.c., 2 espèces), les Moraceae (12,3 p.c., 8 espèces ou plus), les Lauraceae (5,4 p.c., 2 espèces) et les Anacardiaceae (4,9 p.c., 6 espèces ou plus). Cet auteur a recensé également cinq genres regroupant le plus d'individus qui sont *Cola* (18,2 p.c., 1 espèce), *Elaeis* (13,2 p.c., 1 espèce), *Ficus* (5,2 p.c., 4 espèces ou plus), *Persea* (4,8 p.c., 1 espèce) et *Antiaris* (4,2 p.c., 1 espèce). Boko *et al.* (2020) ont recensé 59 espèces ligneuses réparties en 51 genres et 25 familles dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers de la zone de Doboua dans le département de Daloa.

## CHAPITRE 4 : GENERALITES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE

### 4.1. Définition

Le stockage de carbone est un processus qui consiste à capturer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et à l'emmagasiner dans des réservoirs pour une longue durée de vie (Jiménez & Lal, 2006 ; CCNUCC, 2007 ; Shibu, 2009). Selon la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, le stock de carbone se définit comme la quantité totale de carbone contenue à l'intérieur d'un système doté de la capacité d'accumuler ou de libérer du carbone.

### 4.2. Contexte des changements globaux

Depuis la révolution industrielle du XVIII<sup>e</sup> siècle, les conditions climatiques et les activités anthropiques ne cessent de provoquer d'importants changements dans les écosystèmes terrestres et aquatiques à travers le monde (GIEC, 2000 ; Villeneuve & Richard 2001 ; Van Bellen *et al.*, 2010). Les activités humaines ont largement contribué à la perturbation du cycle naturel du carbone. En effet, l'utilisation des combustibles fossiles, les modifications de l'utilisation des terres, telle que la conversion d'aires boisées en terres agricoles, ont fortement contribué aux émissions de gaz à effet de serre (Papaud & Poisson, 1985 ; GIEC, 2000 ; Foley *et al.*, 2005 ; GIEC, 2007 ; Van Bellen *et al.*, 2010 et Houghton, 2013). Les combustibles fossiles et les changements d'utilisation des terres contribuent, à hauteur de 70 p.c., des émissions globales de gaz à effet de serre (GIEC, 2007). La déforestation et la dégradation des terres contribuent, à elles seules, à 30 p.c. des émissions globales (Robinson *et al.*, 2013). Depuis 1750, le taux d'accroissement des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère ne cesse d'augmenter (Papaud & Poisson, 1985) et pourrait conduire à un réchauffement global à un niveau jamais atteint jusqu'ici, ce qui pourrait avoir de graves conséquences pour l'agriculture, les pêches, la foresterie et le développement humain (Brown & Crawford, 2009). Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, les températures moyennes annuelles ont progressé de 0,5 °C en Afrique et pourraient s'accroître de 2 à 6 °C d'ici 2100 (Hulme *et al.*, 2001 ; GIEC, 2007 ; Brown & Crawford, 2009). Les projections scientifiques estiment qu'à cause des effets du réchauffement climatique, des millions de personnes seront confrontées à l'insécurité alimentaire et des pénuries d'eau, à une exposition accrue aux maladies, à la perte de leurs foyers, de leurs biens et modes de subsistance et aux migrations forcées (Boka *et al.*, 2007). L'Afrique serait le continent le plus touché par les changements climatiques avec des vagues de sécheresses plus ardues, ce qui accroîtrait la famine (Ali *et al.*, 2005 ; Couldrey & Herson, 2008 ; Allen *et al.*, 2010). Devant le phénomène des changements climatiques qui ne cesse d'inquiéter la communauté internationale, des solutions s'imposent.



C'est ainsi que des groupes de réflexion et d'action ont été constitués, et des rencontres internationales organisées afin de proposer des stratégies d'atténuation et d'adaptation aux effets liés aux changements climatiques.

Depuis la conférence sur l'environnement du 16 juin 1972 à Stockholm, la communauté internationale ne cesse de s'intéresser au réchauffement climatique. Cela s'est traduit par l'élaboration de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en mai 1992, et la tenue du sommet de la Terre à Rio de Janeiro au Brésil en juin 1992. La CCNUCC, ratifiée par 170 États et entrée en vigueur le 21 mars 1994, avait pour objectif, selon le GIEC (2007), de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Afin de donner plus de pouvoir à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, la communauté internationale a mis sur pied le Protocole de Kyoto, qui a été ratifié par plusieurs pays et mis en œuvre le 16 février 2005 (CCNUCC, 2005). Pour contribuer significativement à la diminution de la concentration de GES dans l'atmosphère, le protocole a été doté de trois mécanismes particuliers de flexibilité, dont un concerne les pays en voie de développement. Ce dernier recommande de promouvoir le développement durable dans les pays en voie de développement en encourageant les investisseurs publics comme privés à y favoriser le transfert de technologies respectueuses de l'environnement. Ces mécanismes ont été appuyés par trois options principales : la première prévoyait l'utilisation d'énergie pauvre en carbone, la seconde, la réduction de la consommation d'énergie domestique, et la troisième, le stockage et la séquestration de carbone dans les écosystèmes terrestres et aquatiques (CCNUCC, 2005). Évaluer le stockage et/ou la séquestration de carbone dans un écosystème implique toutefois une meilleure connaissance de ses puits et flux. Depuis quelques années, des travaux de recherche se sont focalisés de plus en plus sur le stockage du carbone dans les systèmes agroforestiers. En effet, certains systèmes agroforestiers ressemblent, en termes de structures, à de véritables forêts. Ce qui leur confère un fort potentiel de séquestration de carbone tout comme certaines forêts.

### **4.3. Définition, cadre conceptuel et valeur du stock de carbone**

#### **4.3.1. Changement climatique**

Le changement climatique se définit comme un changement de climat qui est attribué directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère

mondiale et qui vient s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables (CCNUCC, 2005).

#### **4.3.2. Adaptation au changement climatique**

Selon GIEC (2007), l'adaptation est un ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse aux stimuli ou aux effets du climat actuel ou prévu, dans le but d'atténuer les dommages ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. L'adaptation peut être anticipée ou réactive, publique ou privée, autonome ou planifiée et vise à réduire notre vulnérabilité aux conséquences du changement climatique (GIEC, 2007).

#### **4.3.3. Atténuation des émissions dues au changement climatique**

L'atténuation est une modification et une substitution des techniques employées dans le but de réduire les ressources engagées et les émissions par unité de production (GIEC, 2007). Bien que certaines politiques sociales, économiques et technologiques puissent contribuer à réduire les émissions, du point de vue du changement climatique, l'atténuation signifie la mise en œuvre de politiques destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à renforcer les puits (GIEC, 2007).

#### **4.3.4. Emission de gaz à effet de serre**

Dans le contexte du changement climatique, l'émission désigne une libération de gaz à effet de serre ou de précurseurs de tels gaz dans l'atmosphère au dessus d'une zone et au cours d'une période donnée (WRI, 2009). Selon cet auteur, les émissions résultent, principalement, de l'usage des énergies fossiles (61 p.c.), de la réaffectation des terres (19 p.c.), des pratiques agricoles (14 p.c.), des déchets (3 p.c.) et de certains procédés industriels (3 p.c.).

#### **4.3.5. Séquestration du carbone**

Selon la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, la séquestration de carbone se définit comme un captage et un stockage du carbone de l'atmosphère dans des puits de carbone (comme les océans, les forêts et les sols) par le biais de processus physiques et biologiques tels que la photosynthèse à un moment spécifié (FAO, 1997). On peut décliner sa compréhension à plusieurs niveaux : puits de carbone, source de carbone, flux de carbone et cycle de carbone.

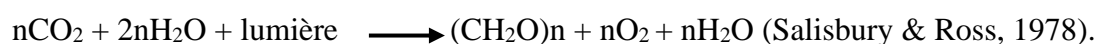
#### 4.3.5.1. Puits et flux de carbone

En 2000, le GIEC a défini le puits de carbone comme « tout processus ou mécanisme qui absorbe un gaz à effet de serre, tels le CO<sub>2</sub> et le CH<sub>4</sub> présent dans l'atmosphère ». Le concept de puits de carbone s'est diffusé avec le Protocole de Kyoto créé dans le but de réduire les concentrations croissantes de CO<sub>2</sub> atmosphériques et de lutter, ainsi, contre le réchauffement climatique. L'écosystème forestier séquestre et emmagasine plus de carbone que tout autre écosystème terrestre (Gibbs *et al.*, 2007). Il accumule d'énormes quantités de carbone dans le bois, les racines, le sol et l'écosystème via la photosynthèse (Pignard *et al.*, 2004). Un puits a pour contraire une source qui consiste en une émission du CO<sub>2</sub> ou GES dans l'atmosphère et la variation entre ces deux entités constitue le flux. Cependant les réservoirs ou pools de carbone désignent les unités physiques capables de stocker du carbone (C), suite à une action de puits (par exemple la séquestration par les arbres) ou de captage (par exemple dans une formation géologique).

#### 4.3.5.2. Cycle de carbone

Le cycle du carbone est un cycle biogéochimique qui correspond à l'ensemble des échanges de carbone sur la planète. Les processus biochimiques qui interviennent, généralement, dans le cycle du carbone sont notamment la photosynthèse et la respiration. En effet, dans les écosystèmes forestiers, les flux de carbone les plus importants sont causés par la photosynthèse (fixation de carbone) et la respiration (émission de carbone) selon Giasson (2005). Les plantes assimilent le CO<sub>2</sub> atmosphérique et le transforment en sucres. La majorité de la photosynthèse se fait dans le feuillage mais aussi (très peu) dans les tiges, les branches, l'écorce, les cotylédons, les bourgeons et les fruits (Waring & Running, 1998).

L'équation chimique qui décrit la photosynthèse est la suivante :



En général, plus de 35 à 60 p.c. du carbone fixé est réémis sous forme de CO<sub>2</sub> par la respiration liée à la croissance et à l'entretien des tissus des végétaux, la moyenne étant d'environ 50 p.c. (Gifford & Roderick, 2003). La respiration est le processus métabolique qui permet à l'arbre de libérer de l'énergie emmagasinée dans les glucides synthétisés durant la photosynthèse.

L'équation de la respiration est la suivante:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{énergie}$  (Salisbury & Ross, 1978). La différence entre la quantité de carbone fixée en photosynthèse et celle émise par la respiration des plantes constitue la production primaire nette (PPN), c'est-à-

dire la quantité de carbone contenue dans les branches, feuilles, racines et réserves énergétiques produites (Waring & Running, 1998). La matière organique morte produite par les plantes sert quant à elle à alimenter une multitude d'animaux et de microorganismes, entraînant une émission de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (Waring & Running, 1998).

#### **4.4. Relation biomasse ligneuse et stock de carbone**

La biomasse ligneuse permet d'estimer la quantité potentielle de carbone pouvant être libérée dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub> en cas de destruction de la surface forestière et la quantité de carbone pouvant être captée à travers les plantations ou la reforestation (Brown, 1997). Le calcul de la biomasse des arbres peut se faire par méthode destructive ou non destructive nécessitant alors l'utilisation des équations allométriques.

En écologie, la biomasse désigne la quantité ou la masse totale de matière vivante de toutes les espèces présentes dans un milieu donné. En foresterie, la biomasse végétale se présente sous deux formes : biomasse épigée et biomasse hypogée. La biomasse épigée est la masse de parties aériennes (feuilles, branches et tronc) des végétaux vivants ou morts alors que la biomasse hypogée est la masse végétale de la partie souterraine constituée des racines.

#### **4.5. Activités liées au stockage de carbone**

##### **4.5.1. Services environnementaux et systèmes agroforestiers dans la lutte contre les changements climatiques**

Les services environnementaux, parfois dénommés « services écosystémiques » ou « services écologiques », sont les services fournis par la nature. Parmi ces services, on peut citer la purification de l'eau telle que l'eau douce, la construction à travers le bois d'oeuvre, la régulation du climat, la protection contre les risques naturels, le contrôle de l'érosion et les activités de loisirs etc. (Hanson *et al.*, 2009). Ce sont tous les biens et services qu'un écosystème peut offrir aux êtres vivants. Il s'agit des bénéfices que la biodiversité rend à la société et qui ont bien été décrits par l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire qui les catégorise en quatre principaux services (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Les systèmes agroforestiers présentent différents atouts comparativement aux monocultures dont les impacts environnementaux et sanitaires ainsi que la vulnérabilité socio-économique risquent de fortement limiter les progrès futurs. De façon générale, les systèmes agricoles sont sources de services écosystémiques, mais aussi de « disservices » (perte de biodiversité, pollution agrochimique, érosion des sols, émissions de GES) selon Power (2010). Comparativement aux monocultures, les systèmes agroforestiers déplacent l'équilibre entre la

fourniture de services écosystémiques et de « disservices ». Moins consommateurs d'intrants et d'énergie, ils combinent des services écologiques et des productions diversifiées tout en procurant une sécurité foncière. Power (2010) met en évidence les services rendus par les systèmes agroforestiers. D'une part, les systèmes agroforestiers fournissent des biens et services diversifiés en plus du rendement de la culture principale. Ils participent à la stratégie d'adaptation contre les changements climatiques. Les systèmes agroforestiers contribuent aux services de régulation, en particulier par le contrôle du cycle et de la qualité de l'eau, la régulation du climat à travers le contrôle des émissions de GES et du stockage de C. Ils participent aux stratégies d'adaptation et d'atténuation. D'autre part, selon leur composition, leur structure et leur gestion, les systèmes agroforestiers peuvent contribuer de façon importante aux services de support qui soutiennent les autres services. Parmi ces services l'on peut citer : la productivité primaire, le contrôle des bio-agresseurs, la conservation des sols, la régulation du cycle des nutriments et de l'eau, la préservation de la biodiversité. Ils procurent également des services culturels au bénéfice de la communauté, ils sont de type loisirs récréatifs, éducatifs, emplois, valeurs spirituelles ou plaisir esthétique tirés des écosystèmes qui participent à la stratégie d'adaptation dans la lutte contre les changements climatiques (Power, 2010).

#### **4.5.2. Paiement pour les Services Environnementaux (PSE)**

Le Paiement des Services Environnementaux (PSE) peut être défini comme une transaction volontaire dans laquelle un service environnemental (SE) bien défini, ou une forme d'utilisation des terres qui pourrait sécuriser le dit service, est acheté par au moins un acquérant chez un « fournisseur » de SE si et seulement si le « fournisseur » continue de fournir ce service (Sven, 2005). C'est un mécanisme relativement nouveau qui vise à favoriser des externalités environnementales positives grâce au transfert de ressources financières entre les bénéficiaires de certains services écologiques et les fournisseurs des services ou les gestionnaires des ressources environnementales (Mayrand & Paquin, 2004). Le principe fondamental du PSE est le suivant : les utilisateurs de ressources et les collectivités qui sont en mesure de fournir des services écologiques doivent recevoir une compensation, et ceux qui bénéficient de ces services doivent les payer. L'approche du PSE s'apparente au principe du Pollueur-Payeur en créant des mesures incitatives pour promouvoir la protection et la conservation de l'environnement. Ainsi, ces avantages sont internalisés. Dans

le cadre de cette étude, on considérera comme externalité positive la capacité de stockage de carbone.

#### 4.6. Différents pools de séquestration du carbone

A l'intérieur d'un système, le carbone (C) est séquestré dans trois principaux réservoirs (biomasse vivante, matière organique morte et le sol) dont les sources de provenance de carbone se répartissent dans deux différents pools (GIEC, 2007) : le pool de carbone aérien et le pool de carbone souterrain. Le tableau I présente les différents types de réservoirs de carbone et leur provenance avec des exemples.

Tableau I : Réservoirs et provenance du carbone dans les systèmes écologiques

Types de réservoirs	Provenance du carbone	Exemple
Biomasse vivante	Biomasse aérienne	Tiges d'arbres et d'arbustes
		Branches et feuilles d'arbres et arbustes
	Biomasse souterraine	Feuilles et tiges des herbacées Racines des arbres
Matière organique morte	Biomasse aérienne	Troncs d'arbre morts Tiges et branches d'arbre mort
	Sols	Biomasse souterraine
Petites racines ou radicelles		

Source : GIEC (2007) modifié

Le pool de C aérien inclus le C séquestré dans les réservoirs constitués par les ligneux sur pied, les herbacées, les arbres morts et la litière. Les techniques d'estimation des stocks de carbone dans ces différents réservoirs varient en fonction du réservoir évalué. En effet, les techniques allométriques (équations de biomasse) permettent d'estimer la biomasse des arbres à partir de leur circonférence ou de leur diamètre à 1,30 m au-dessus du sol (d.b.h). Dans certains cas, l'estimation se fait à partir de la circonférence et de la hauteur des arbres. Les équations élaborées peuvent être spécifiques aux espèces ou communes aux groupes d'espèces. Le site original de l'équation devrait être considéré avant son utilisation parce que les arbres dans un groupe qui fonctionne de manière similaire montrent de grandes différences

de croissance suivant les zones géographiques (Brown & Pearson, 2005). En effet, il existe plusieurs équations allométriques permettant d'estimer la quantité de C stockée à partir de sa biomasse totale (biomasse aérienne et biomasse souterraine). Ces équations se servent des paramètres mesurables tel que la hauteur d'une part et le diamètre d'autre part, qui est calculé à partir de la circonférence du tronc du ligneux. En outre, l'équation allométrique de Chave *et al.* (2005) a été reconnue comme la plus précise par rapport aux autres équations allométriques existantes à savoir celle du GIEC (2006) et celle établie par Djomo *et al.* (2010). D'ailleurs, l'équation allométrique du GIEC utilise un facteur de conversion de la biomasse / Biomass Conversion and Expansion Factor (BCEF) qui considère des données par défaut et sont par conséquent peu précises. De plus, cette méthode ne prend pas en compte le facteur densité du bois (Mugnier *et al.*, 2009). Selon Djomo *et al.* (2010), l'équation allométrique de Chave *et al.* (2005) qui est applicable dans les zones tropicales humides pour l'estimation de la biomasse totale au-dessus du sol dans les sites différents, présente une erreur moyenne de 20,3 p.c. nettement plus précise que la sienne qui aurait une erreur de 29,5 p.c. Cette équation prédit la meilleure estimation possible de la biomasse aérienne des arbres dans différents continents. Cependant, son domaine d'application n'est limité qu'aux diamètres allant de 5 à 156 cm.

#### **4.7. Potentiel de stockage du carbone dans les systèmes agroforestiers**

En plus de leur capacité à augmenter le taux de matière organique du sol, d'améliorer la qualité et la fertilité du sol (Nair, 1993 ; Rocheleau *et al.*, 1994 ; Dixon, 1995 ; Dupraz & Liagre, 2008 ; Schoeneberger, 2009), les systèmes agroforestiers ont le double avantage de stocker et de séquestrer du carbone tout en permettant de produire des cultures annuelles et perennes sous le couvert des arbres (Montagnini & Nair, 2004). Des études d'estimation du stock de carbone dans les systèmes agroforestiers ont été menées dans plusieurs pays sous des climats et des sols variés. Albrecht & Kandji (2003) ont estimé le potentiel de stock de carbone des systèmes agroforestiers à cacaoyers entre 12 et 228 Mg C ha<sup>-1</sup>. Dixon (1995) a estimé qu'en considérant la biomasse aérienne et le sol, un système agroforestier intercalaire pourrait stocker annuellement, sur 50 ans, entre 1,1 et 2,2 Mg C à Washington.

Au Nord de l'Amérique, les résultats d'Udawatta & Jose (2013) ont montré que le carbone stocké dans la biomasse aérienne des bandes riveraines, des systèmes agroforestiers intercalaires, des sylvopâturages et des brise-vent était respectivement de 269, 96,5, 12,2 et 105 Mg C ha<sup>-1</sup>. Au Costa Rica, Oelbermann *et al.* (2004) ont montré que la quantité de carbone stockée dans les arbres de cultures en couloirs augmente avec l'âge des plantes. Ces

auteurs ont également trouvé que dans les cultures en couloirs composées d'*Erythrina poeppigiana* âgées de 4, 10 et 19 ans, la quantité de carbone stockée dans les premiers 40 cm du sol était respectivement de 117, 117 et 160 Mg C ha<sup>-1</sup>. En Afrique de l'Ouest, dans une plantation de caféiers ombragés au Togo, Dossa *et al.* (2008) ont trouvé 97,27 Mg C ha<sup>-1</sup> stockés sur 0 - 40 cm. Dans des parcs à *Faidherbia albida* au Mali, Takimoto *et al.* (2008) ont trouvé un stock de carbone total (biomasse + 0 - 100 cm sol) de 87,3 Mg C ha<sup>-1</sup>. Au Sénégal, dans le Bassin arachidier, Tschakert *et al.* (2004) ont trouvé, dans un parc arboré, 11 Mg C ha<sup>-1</sup> stocké à 0 - 20 cm de profondeur, contre 6 Mg C ha<sup>-1</sup> dans la biomasse aérienne. A Saré Yorobana, dans le Sud-ouest du Sénégal, Kairé (1999) a montré que la quantité de carbone stocké augmente avec l'âge des jachères avec 5 Mg C ha<sup>-1</sup> dans les jachères de 5 ans, 11 Mg C ha<sup>-1</sup> dans les jachères de 10 ans, 15 Mg C ha<sup>-1</sup> dans les jachères de 15 ans et 18 Mg C ha<sup>-1</sup> dans les jachères de 20 ans. En Côte d'Ivoire, Vroh *et al.* (2015) ont trouvé dans les plantations de cacaoyers dont l'âge varie de 0 à plus de 15 ans, une biomasse végétale aérienne de 418,1 t/ha dans la localité de Lakota. Ces auteurs ont trouvé également dans les forêts anciennes et secondaires voisines de ces plantations de cacaoyers, une biomasse végétale aérienne de 371,4 t/ha. Par ailleurs, dans la sous-préfecture de Kokoumbo (Centre de la Côte d'Ivoire), Kpangui (2015) a trouvé un taux de carbone de 140,38 tC/ha dans les plantations de cacaoyers dont 11,23 tC/ha pour les cacaoyers.



## CHAPITRE 5 : GENERALITES SUR LE MILIEU D'ETUDE

### 5.1. Présentation et historique du département de Daloa

Le Département de Daloa se situe dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire entre les latitudes Nord 6°40' et 7°20' et les longitudes Ouest 6°40' et 6°00'. La ville de Daloa, chef-lieu de la région administrative du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire, a été créée en 1873 par l'ancêtre dénommé Dalo d'où son nom Daloa qui signifie « les descendants de Dalo » (Zébri, 1949). Elle est située à environ 400 km de la capitale économique Abidjan et à 140 km de Yamoussoukro, la capitale politique et administrative. La population de la ville de Daloa est estimée à 319 427 habitants (INS, 2014) et la superficie totale de ladite localité est de 80 200 hectares (Anonyme, 2015). Elle s'étend à cause de la végétation naturelle qui lui est favorable, puisque Daloa est entièrement située dans la zone forestière sempervirente, et porte ainsi le nom de « cité verte » (Zoukou, 1941). Elle présente une forte diversité de ressources floristique, faunique et agricole (Allouin, 1947). Forte de sa riche végétation et de son potentiel agricole, la ville de Daloa est devenue un creuset d'accueil de populations immigrantes.

Daloa s'est agrandie avec une population de plus en plus cosmopolite, de nouveaux quartiers sont nés, de nouveaux lotissements voient le jour et l'activité économique s'accroît. Aujourd'hui, Daloa compte 30 quartiers, une dense zone rurale proche de 109 villages et 17 tribus (Anonyme, 2015).

La région du Haut-Sassandra est limitée au Sud par les régions du Gôh et de la Nawa, à l'Ouest par les régions du Guémon et du Tonkpi, au Nord par les régions du Worodougou et du Béré et à l'Est par la région de la Marahoué (Koffi-bikpo & Kra, 2013). Sa superficie est de 17 761 km<sup>2</sup> (Koffi-bikpo & Kra, 2013) pour une population estimée à 1 430 960 habitants (INS, 2014). Cette région compte six (06) départements. Il s'agit du département de Daloa qui est limité, au Nord, par celui de Vavoua, au Sud par le département d'Issia, à l'Est par le département de Zuénoula et celui de Bouaflé et à l'Ouest, par le département de Duékoué (Figure 2). La région du Haut-Sassandra constitue la deuxième principale région de production de fèves de cacao en Côte d'Ivoire, avec plus de 12 p.c. de la production nationale chaque année (N'Guessan *et al.*, 2014).

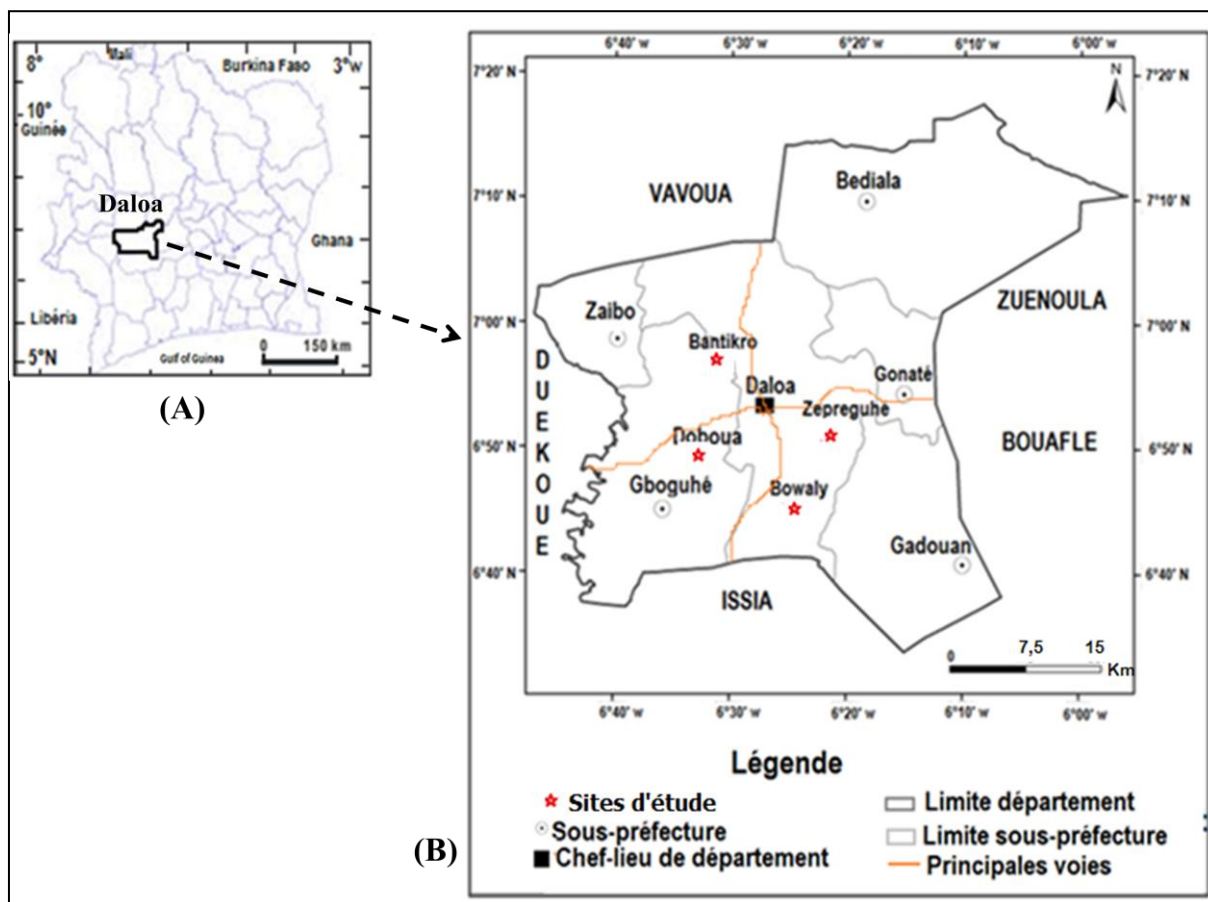


Figure 2 : Localisation du département de Daloa en Côte d'Ivoire (A) et des sites de relevés (B)

## 5.2. Caractéristiques biophysiques

### 5.2.1. Climat

Le climat de la région du Haut-Sassandra présente un régime pluviométrique subéquatorial (Eldin, 1971 ; Declert, 1990). La précipitation totale annuelle était de 930,62 mm en 2020 (Anonyme, 2020). La figure 3 montre l'évolution de la température et de la précipitation moyenne mensuelle pendant les trente dernières années. Les températures les plus élevées ont été obtenues entre novembre et avril. Elles varient entre 24,58 et 28,16 °C avec une moyenne de 26,47 °C. La précipitation est maximale entre mars et octobre. Par contre, elle est faible entre novembre et février. Elle révèle l'existence de deux saisons : une saison sèche et une grande saison pluvieuse. La saison sèche dure quatre (04) mois, elle débute en novembre et prend fin en février. Alors que, la saison des pluies dure huit (08) mois, de mars à octobre. En janvier, la précipitation moyenne est très faible. Elle croit progressivement pour atteindre son maximum en avril avec 105,39 mm de pluie en moyenne.

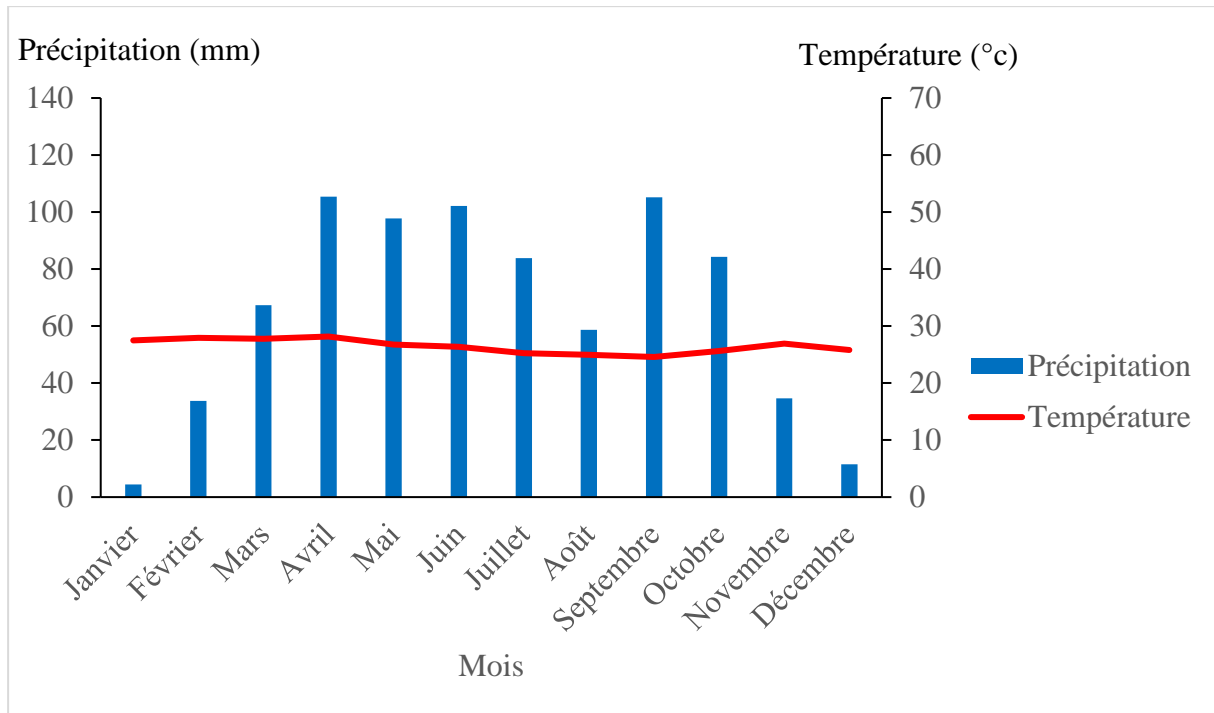


Figure 3 : Diagramme ombrothermique de Daloa de 1991 à 2020 (Source des données : SODEXAM, 2020).

### 5.2.2. Relief et hydrographie

Le modelé de la région du Haut-Sassandra est monotone et le paysage est constitué de pénéplaines qui sont de vastes surfaces faiblement ondulées. Ces pénéplaines sont constituées d'interfluves dont les modelés élémentaires varient entre deux grands pôles. De cette surface émergent, de temps en temps, des reliefs résiduels constitués d'inselbergs isolés (Koffi-bikpo & Kra, 2013). Le relief est constitué en grande partie de plateau comportant de nombreuses vallées. Au plan hydrographique, la région est sous l'influence du fleuve Sassandra et de ses affluents (le Lobo et le Davo) et du lac du barrage de Buyo (Koffi-bikpo & Kra, 2013).

### 5.2.3. Sols

Le sol de la région du Haut-Sassandra est issu de l'altération du vieux socle précambrien (Ligban *et al.*, 2009). La faiblesse de l'érosion du sol justifie la présence continue du couvert végétal et rend le sol très profond en général avec le dépôt actif de l'humus organique (Koffi-bikpo & Kra, 2013). Il s'agit des sols ferralitiques d'origine granitique moyennement à faiblement dénaturés (Perraud, 1971 ; Lecomte, 1990). A côté des sols ferralitiques, les classes de sols les plus représentées sont les sols peu évolués (d'apport alluvial, et/ou colluvial) et les sols hydromorphes. Les sols de composition ferralitique présentent de bonnes aptitudes agricoles et se prêtent à tous les types de cultures.

#### 5.2.4. Végétation et flore

La région du Haut-Sassandra se caractérise par une flore très variée et présente deux types de végétations bien distinctes :

- la zone forestière qui occupe la majeure partie de la région. Elle se caractérise par une forêt dense semi-décidue à *Celtis sp.* et *Triplochiton scleroxylon* du secteur mésophile au sein du domaine guinéen (Guillaumet & Adjanooun, 1971). Dans ce secteur, une grande partie, allant jusqu'à la moitié des espèces du couvert forestier, perd ses feuilles pendant la saison sèche (Konaté & Kampmann, 2010). Selon Kouamé (1998), dans la partie forestière de la forêt classée du Haut-Sassandra, sur les pentes et les sommets des plateaux, dans les plaines, certaines espèces se repartissent selon le degré de dégradation de la forêt. Ainsi dans les zones très dégradées, se rencontrent *Acacia kamerunensis*, *Chromolaena odorata*, *Mezoneuron benthamianum*, *Combretum sp.* Dans les zones de forêt moyennement dégradées, se trouvent *Musanga cecropioides*, *Myrianthus arboreus* et *Trema guineensis*. Dans les zones de forêt moins dégradées, se rencontrent *Acroceras gabunense*, *Geophila obvallata*, *Streptogyna crinita*, *Celtis sp.*, *Nesogordonia papaverifera*, *Terminalia superba*, *Triplochiton scleroxylon* ;

- la zone des savanes se trouve au Nord de la ville de Vavoua. La composition de ces savanes diffère en fonction de la nature du sol ou de l'action de l'homme. Ainsi, on trouve des savanes à rôniers sur les sols hydromorphes, des savanes herbeuses post-culturelles ou des savanes alluviales sur les bordures du fleuve Sassandra et enfin des savanes arbustives (Koffi-bikpo & Kra, 2013). La strate arbustive des savanes incluses comprend, essentiellement, *Bridelia ferruginea*, *Annona senegalensis*, *Piliostigma thonningii*. Les espèces dominantes de la strate arborée sont *Lophira lanceolata*, *Terminalia schimperiana*, *Vitex doniana*, *Borassus aethiopum* (Kouamé, 1998).

Les activités agricoles et les feux de brousse dans cette région, ont profondément modifié la végétation naturelle (Figure 4). La forêt dense semi-décidue a fait place à des zones de cultures pérennes, vivrières et des jachères (Koffi-bikpo & Kra, 2013) que l'on retrouve sur une vaste surface même dans la forêt classée de la région, la forêt classée du Haut-Sassandra (Barima *et al.*, 2016 ; Bamba *et al.*, 2019).

#### 5.2.5. Faune

A l'instar des autres zones forestières de la Côte d'Ivoire, le département de Daloa avait autrefois une richesse faunique avec la présence de divers animaux sauvages dont les antilopes d'où provient le nom de la « cité des antilopes ».

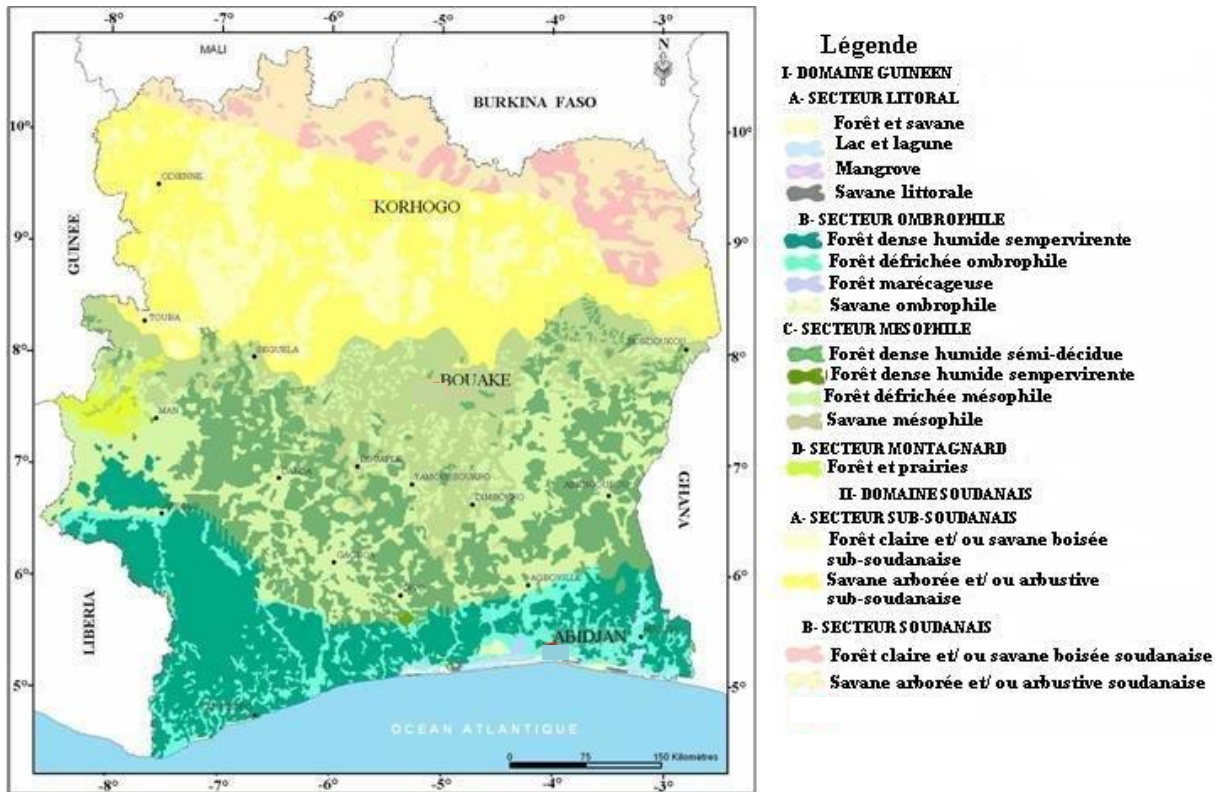


Figure 4 : Carte de la végétation de Côte d'Ivoire (BNETD, 2008)

Aujourd'hui, du fait de la pression humaine sur les ressources forestières et animales, la présence de ces animaux a été considérablement réduite. On trouve dans la zone quelques espèces sauvages, notamment de petits rongeurs et reptiles. Kouakou *et al.* (2018) ont mentionné également la présence de certains primates tels que *Cercopithecus petaurista*, *Cercopithecus lowei*, *Pan troglodytes verus*, *Galagoïdes thomasi* et *Perodictitus potto* dans la localité de Gbetitapea.

### 5.3. Populations et activités socio-économiques

Selon les résultats de l'Institut National de la Statistique (2014), la population du département de Daloa s'élève à 591 633 habitants dont 319 427 habitants pour la Sous-préfecture de Daloa. Les Bété, les Niamboua, les Gouro et une partie de Niédéboua, des allochtones et allogènes constituent l'essentiel de cette population. Cette population est caractérisée également par une forte croissance (INS, 2014). Les activités économiques sont assez diversifiées. Cependant, l'agriculture reste la principale activité génératrice de revenu. La dynamique agricole dans les zones rurales est basée essentiellement sur les cultures de rentes pérennes et particulièrement sur le cacao. En effet, la région du Haut-Sassandra, située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, s'affirme depuis longtemps comme l'une des grandes

régions productrices de fèves de cacao (Adja *et al.*, 2005). Cette région est aujourd'hui la deuxième zone productrice de cacao en Côte d'Ivoire (Esso, 2009 ; N'Guessan *et al.*, 2014).



**Deuxième partie :**

**MATERIEL ET METHODES**

## **CHAPITRE 6 : MATERIEL ET METHODES**

### **6.1. Matériel**

Deux types de matériel ont été utilisés pour conduire les travaux. Il s'agit d'un matériel technique et d'un matériel biologique.

#### **6.1.1. Matériel biologique**

Il était constitué des pieds de cacaoyer, des espèces ligneuses relevées sur le terrain et des échantillons de plantes en herbier.

#### **6.1.2. Matériel technique**

Il comprenait le matériel d'inventaire floristique et le matériel de traitement des données.

Le matériel d'inventaire était composé essentiellement :

- d'un récepteur GPS (*Global Positioning System*) Garmin 12 XL Etrex, pour relever les coordonnées géographiques des sites de relevé ;
- d'un ruban gradué de 50 m pour délimiter les surfaces de relevé ;
- d'un ruban gradué de 5 m pour la mesure des circonférences des arbres ;
- de trois jalons de 2 m, emboîtables, pour l'estimation de la hauteur des arbres ;
- d'une boussole pour l'orientation dans les parcelles ;
- d'un sécateur pour la récolte de spécimens de plantes ;
- d'un grand sac plastique pour la collecte des échantillons de plantes ;
- de papiers journaux et de presses pour la confection d'herbier ;
- d'un four pour le séchage des échantillons de plantes ;
- de documents de Lebrun & Stork (1991, 1992, 1995 et 1997) et d'Aké-Assi (2001) pour la nomenclature de spécimens ;
- de fiches de relevés (Annexe 1) ;
- de fiches d'enquêtes (Annexe 2).

Le matériel de traitement des données est constitué, d'un ordinateur et de logiciels de saisie, de traitements de données et d'analyses statistiques.

Les logiciels de saisie et de traitement de données qui ont été utilisés sont :

- Tableur Microsoft Office à travers Excel 2007 ;
- Microsoft Office à travers Word 2007.

Les logiciels d'analyses statistiques qui ont été utilisés sont :



- SPSS 2.2 et R 4.0.3 pour le traitement des données floristiques et structurales ;
- Sphinx plus 2.5 et SPSS 2.2 pour le traitement des données d'enquête.

## **6.2. Méthodes**

### **6.2.1. Choix des sites**

Il ressort qu'en Côte d'Ivoire, les recommandations agricoles pour la cacaoculture s'appliquent à l'ensemble de la zone cacaoyère sans tenir compte des réalités locales. Pourtant, les réalités de ces localités pourraient limiter l'application de ces recommandations. C'est pourquoi dans la localité de Daloa, nous avons choisi de réaliser des relevés intensifs le long de chaque axe d'approvisionnement en fèves de cacao afin de détecter des différences potentielles pour une application adaptée des recommandations agricoles. Ainsi, 4 sites aux alentours de la ville de Daloa, dans lesquels on retrouve des systèmes agroforestiers à cacaoyers ont été retenus. Il s'agit du site de Doboua en direction de Man, du site de Bantikro en direction de Vavoua, du site de Zepreguhé en direction d'Abidjan et du site de Bowaly en direction d'Issia (Figure 5). Les sites de collecte retenus sont ceux appartenant à des producteurs qui appartiennent à une coopérative. Les âges moyens des plantations obtenus, respectivement, à Doboua, Bantikro, Zepreguhé et Bowaly sont de 13, 15, 19 et 18 ans.

Au total, 60 parcelles de 2400 m<sup>2</sup> chacune ont été installées. Ces parcelles ont été subdivisées en 360 sous-parcelles de 400 m<sup>2</sup> chacune.

### **6.2.2. Collecte des données**

#### **6.2.2.1. Etude des caractéristiques floristiques**

##### **6.2.2.1.1. Inventaire floristique de surface**

Au total, 60 parcelles de 2400 m<sup>2</sup> chacune ont été installées (Figure 5). Le choix de ces parcelles se justifie par le fait qu'elles ont servi également pour évaluer le stock de carbone qui nécessite une grande surface pour estimer le stock de carbone représentatif des systèmes agroforestiers. Ces parcelles ont été subdivisées en 360 sous-parcelles de 400 m<sup>2</sup> chacune. Pour contribuer à une meilleure connaissance de la flore des systèmes agroforestiers à cacaoyers, un inventaire floristique de surface a été réalisé dans ces différentes sous-parcelles de relevés. Une méthode similaire a été utilisée par plusieurs auteurs tels que Koulibaly (2008) et Adou Yao *et al.* (2016) dans la zone cacaoyère de Côte d'Ivoire. Elle a été adaptée

dans cette étude pour fournir une liste enrichie de la flore ligneuse des systèmes agroforestiers à cacaoyers de chaque site et par conséquent de la zone d'étude. Elle consiste à parcourir la surface limitée dans toutes les directions, en notant toutes les espèces de plantes ligneuses rencontrées.

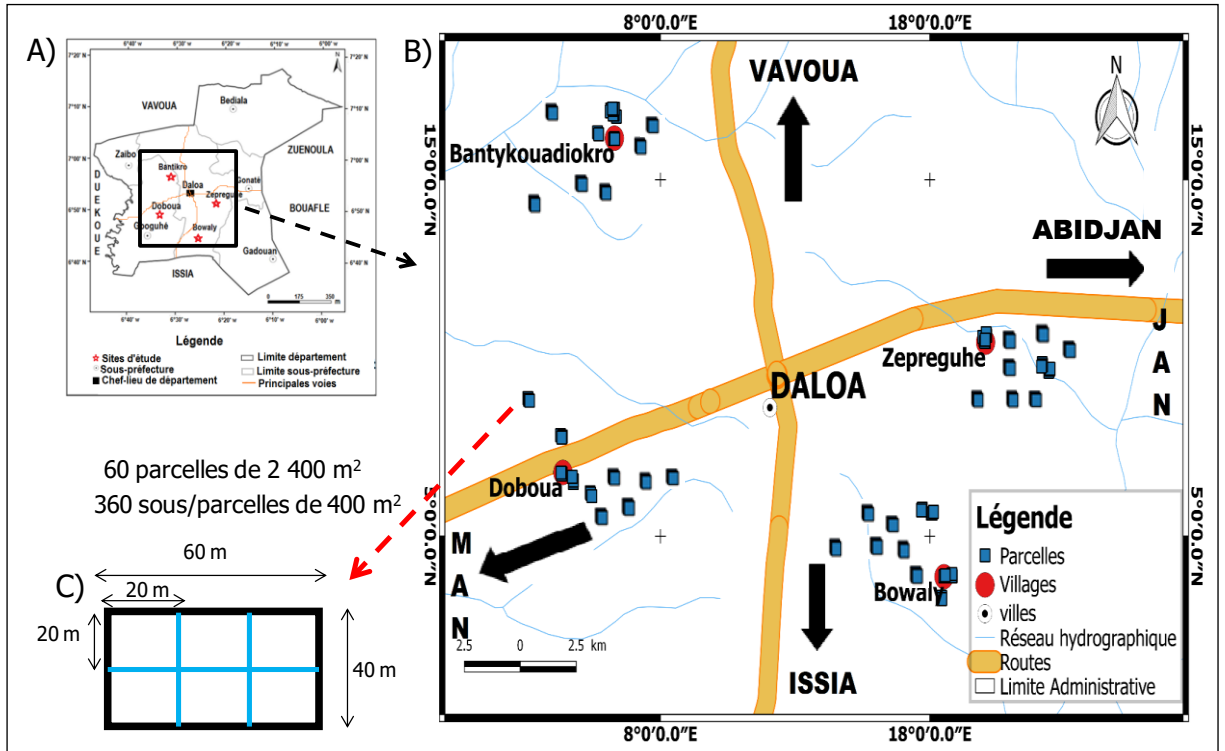


Figure 5 : Dispositif de relevés de surface

### 6.2.2.1.2. Identification floristique

Les espèces végétales ont été identifiées soit sur le terrain, soit à partir d'échantillons récoltés et mis en herbar. Certains échantillons récoltés, ont été comparés morphologiquement aux spécimens de l'herbier national de Côte d'Ivoire (Centre National de Floristique de l'Université Félix Houphouët-Boigny). Les noms d'autres échantillons de plantes récoltées ont été corrigés au laboratoire à l'aide des documents de Lebrun & Stork (1991, 1992, 1995 et 1997) et ceux de Aké-Assi (2001, 2002). La liste des espèces ligneuses a été dressée selon la nomenclature de APG IV (2016). Les types biologiques sont assignés à Raunkiaer (1934) et les affinités phytogéographiques se référant à Lebrun (1981) et Aké-Assi (1984, 2001, 2002) ont été appliquées pour chacune des espèces identifiées.

## **6.2.2.2. Etude des caractéristiques structurales**

### **6.2.2.2.1. Mesures dendrométriques**

L'étude de la structure des systèmes agroforestiers à cacaoyers a été faite en référence aux travaux de Koulibaly (2008) et Konan *et al.* (2011) afin d'apprécier l'organisation structurale du peuplement ligneux des systèmes agroforestiers à cacaoyers. Dans chaque sous-parcelle de 400 m<sup>2</sup>, la hauteur totale (distance verticale séparant le niveau du sol, du sommet de l'arbre) et le diamètre à hauteur de poitrine à 1,30 m au-dessus du sol (dbh) ont été mesurés sur tous les individus ligneux associés de hauteur supérieure ou égale à 2 m, à l'exception des individus dont le tronc présente des particularités (contreforts, bosses, nœuds, renflement, fourches, courbures). Dans ces cas, la mesure a été effectuée au dessus ou en dessous de la particularité.

### **6.2.2.2.2. Estimation du stock de carbone**

Le stock de carbone dans les espèces ligneuses des systèmes agroforestiers à cacaoyers constitue la quantité potentielle de carbone qui devait être libérée dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub> en cas de destruction de la surface forestière, mais qui est captée à travers les espèces ligneuses de ces systèmes agroforestiers (Brown, 1997). Ceci contribue à la régulation du climat. Dans le but d'évaluer le stock de carbone, le dispositif de relevé de Temgoua *et al.* (2018) a été adopté d'abord parce que ce dispositif est adapté pour les types de formations agroforestières et ensuite, il nécessite une surface maximale pour estimer le stock de carbone représentatif dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Ces conditions étaient possibles dans notre zone d'étude.

Dans chaque système agroforestier à cacaoyer, la mise en place des parcelles de relevé a été faite en adaptant la méthode décrite par Hairiah *et al.* (2011) avec l'installation de deux (02) types de parcelles (Figure 6a ; 6b) :

- des parcelles principales de forme rectangulaire de 2 400 m<sup>2</sup> (40 m × 60 m), pour des mesures sur les ligneux associés aux cacaoyers ayant une hauteur supérieure ou égale à 2 m ;
- des sous-parcelles de 800 m<sup>2</sup> (20 m × 40 m) pour des mesures sur les pieds de cacaoyers.

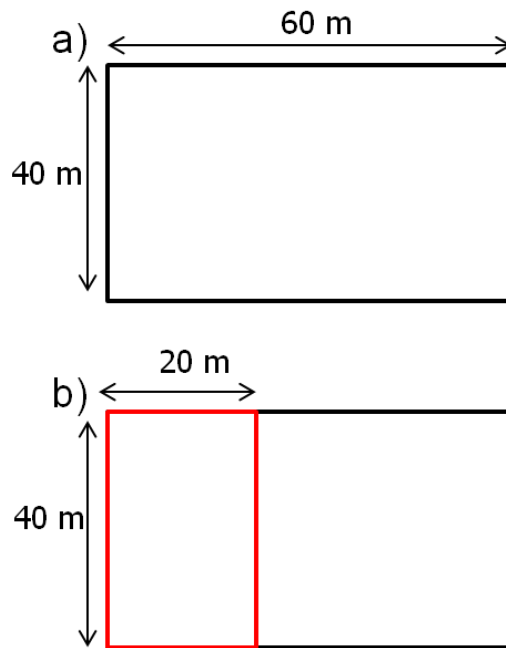


Figure 6 : Dispositif de relevés de surface

Les parcelles principales et les sous-parcelles ont été installées au sein des plantations de cacaoyers dans les endroits les plus homogènes (Temgoua *et al.*, 2018). La méthode de terrain a consisté à faire des mesures dendrométriques sur le peuplement ligneux associé dans les parcelles de 2400 m<sup>2</sup> chacune et sur le peuplement cacaoyer dans les sous-parcelles de 800 m<sup>2</sup> chacune (Evans *et al.*, 2016). Les mesures dendrométriques ont pris en compte la mesure de la hauteur totale de chaque individu ligneux (cacaoyer et espèce ligneuse associée) et de la circonférence à 1,30 m au-dessus du sol.

L'estimation du taux de séquestration du carbone a été faite via le calcul de la biomasse végétale. Il existe deux méthodes d'estimation de la biomasse : la méthode directe (destructrice) et la méthode allométrique (non destructrice) selon GIEC (2006).

La méthode directe, consiste à abattre le végétal qui va être séché pour servir au calcul de la biomasse sèche. Quant à la méthode indirecte, elle permet d'estimer la biomasse à partir de modèles allométriques. C'est cette méthode indirecte qui a été utilisée dans la présente étude. Quel que soit le modèle adopté, l'estimation du taux de carbone stocké s'effectue en quatre étapes : l'estimation de la biomasse aérienne, de la biomasse souterraine, de la biomasse totale et la déduction du taux de carbone stocké (Temgoua *et al.*, 2018).

### **6.2.2.3. Enquêtes ethnobotaniques**

#### **6.2.2.3.1. Aspects socio-démographiques**

Une enquête socio-démographique a été réalisée auprès de 180 producteurs issus des villages des sites d'étude. Les producteurs enquêtés sont ceux qui ont au moins 25 ans, appartiennent à une coopérative et qui possèdent un système agroforestier à cacaoyer. Cette enquête a consisté à interviewer les producteurs individuellement en s'appuyant sur un questionnaire structuré. Ce questionnaire a porté sur les caractéristiques des producteurs telles que : l'origine, l'âge, le niveau d'étude et le mode d'acquisition des terres (Annexe 2).

#### **6.2.2.3.2. Utilisations des plantes**

Une enquête ethnobotanique auprès des producteurs de cacao a permis de déterminer les domaines d'utilisations et l'importance des espèces associées aux cacaoyers. Neuf (09) formes de services écosystémiques ont été retenues dans le but d'apprécier la valeur d'usage ethnobotanique. Ainsi, les enquêtes ont porté sur les services écosystémiques pour la cacao-culture (ombrage, fertilité du sol, délimitation des plantations) et pour l'homme (alimentation, médecine traditionnelle, bois d'œuvre, commerce, bois de chauffe et divers autres services). A la fin de chaque entretien, un score d'importance est attribué à chacune des espèces par le producteur sur la base de son usage en vue de définir sa valeur d'usage ethnobotanique. La grille d'appréciation du niveau de demande utilisée dans la présente étude est celle adaptée de Dossou *et al.* (2012) qui se présente comme suit :

1 : espèce faiblement recherchée ;

2 : espèce moyennement recherchée ;

3 : espèce très recherchée.

Cette méthode est dite d'allocation subjective. Dans cette approche, le chercheur fournit des scores pour distinguer par exemple l'acuité de l'usage, les efforts de conservation et d'autres notions liées à la perception de la plante par la population enquêtée. L'application des méthodes ethnobotaniques utilisant des scores peut permettre de cerner les valeurs des espèces pour les populations locales (Martin, 1995).

### 6.2.3. Analyses des données

#### 6.2.3.1. Richesse et diversité floristique des systèmes agroforestiers à cacaoyers

##### 6.2.3.1.1. Richesse floristique des systèmes agroforestiers à cacaoyers

La composition floristique fait référence aux espèces inventoriées, à leur répartition par familles, par genres, par types biologiques et chorologiques (Bakayoko, 2005). Elle a été obtenue à partir de la synthèse des listes floristiques issues des relevés floristiques dans les différents systèmes agroforestiers. La valeur des systèmes agroforestiers à cacaoyers pour la conservation de la biodiversité a été présentée à travers la détermination des espèces dites à statut particulier. Il s'agit des espèces endémiques, rares et/ou menacées de disparition de la flore ivoirienne. Pour l'endémisme, la distinction a été faite pour les endémiques à la flore ivoirienne (GCi) et des endémiques aux blocs forestiers à l'Ouest du Togo, comprenant le Ghana, la Côte d'Ivoire, le Libéria, la Sierra Leone, la Guinée, la Guinée-Bissau, la Gambie et le Sénégal (GCW). Les ouvrages de Aké-Assi (2001 ; 2002) et celui de Poorter *et al.* (2004) ont permis de caractériser ces espèces. Les espèces menacées de la flore ivoirienne ont été listées par la confrontation des listes floristiques à celles de Aké-Assi (1998 ; 2001 ; 2002) et de la liste rouge de l'UICN (2019).

##### 6.2.3.1.2. Diversité floristique des systèmes agroforestiers à cacaoyers

La diversité des différents sites d'étude a été évaluée à l'aide des indices de diversité de Shannon (H) et d'Équitabilité de Pielou (E). Ces indices ont déjà été utilisés par plusieurs auteurs pour déterminer la diversité floristique des systèmes agroforestiers à cacaoyers (Sonwa *et al.*, 2007 ; Manfo *et al.*, 2015 ; Vroh *et al.*, 2015 et Temgoua *et al.*, 2018 ; 2019).

L'indice de Shannon (Shannon, 1949) prend en compte non seulement le nombre d'espèces mais également la distribution des individus au sein de ces espèces. La formule de calcul de l'indice de Shannon (H) est la suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i * \log_2(P_i) \quad (\text{Equation 1})$$

$P_i = n_i/N$  ; où  $n_i$  est l'abondance (nombre ou densité de pieds) de l'espèce  $i$  et  $N$  l'abondance totale dans l'unité considérée. Cet indice varie en fonction du nombre d'espèces présentes. Il est élevé lorsqu'un nombre élevé d'espèces participe à l'occupation du sol.

L'indice d'Equitabilité de Piélou (Piélou, 1966) renseigne sur la répartition des individus entre les différentes espèces présentes dans les sites d'étude et permet de mesurer le degré de diversité atteint par un peuplement (Zounon *et al.*, 2019). Cet indice d'Equitabilité de Piélou (E) est calculé à l'aide de la formule mathématique suivante :

$$E = \frac{H}{\log_2(S)} \quad (\text{Equation 2})$$

- **S** : nombre total d'espèces dans l'unité de surface considérée ;
- **H** : Indice de Shannon.

La valeur de l'indice varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 lorsque la quasi-totalité des individus correspond à une seule espèce dans le milieu donné. Il évolue vers 1 lorsque toutes les espèces ont tendance à être représentées chacune par le même nombre d'individus.

### **6.2.3.2. Paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers**

L'analyse de la structure a été appréciée à travers la répartition des individus ligneux associés dans les classes de hauteur et de diamètre.

#### **6.2.3.2.1. Structure verticale**

Pour les hauteurs, trois (03) classes ont été retenues : HC1 : [2 – 4 m[ ; HC2 : [4 – 8 m[ et HC3 :  $\geq 8$  m. Elles ont été retenues selon les travaux de Koulibaly (2008). Cet auteur a choisi la répartition des individus ligneux associés dans les classes de hauteur pour comparer la densité des individus dans les strates des systèmes agroforestiers afin de détecter les changements dans ces systèmes.

#### **6.2.3.2.2. Structure horizontale**

Pour les diamètres, cinq (05) classes ont été retenues : DC1 :  $< 10$  cm ; DC2 : [10 – 20 cm[ ; DC3 : [20 – 30 cm[ ; DC4 : [30 – 40 cm[ et DC5 :  $\geq 40$  cm. Les classes de diamètre ont été retenues selon les travaux effectués par Farichon *et al.* (1998), Yaméogo (2009) modifiés et Temgoua *et al.* (2019) pour les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Ces auteurs ont utilisé la structure diamétrique pour apprécier plus ou moins la stabilité des systèmes agroforestiers malgré les activités anthropiques dans ces systèmes.

### 6.2.3.3. Importance de la flore ligneuse associée

#### 6.2.3.3.1. Evaluation de la répartition des espèces par domaine d'utilisation

La fréquence de citation (FC) traduit la régularité dans la distribution d'une espèce au sein de la communauté des producteurs. Elle est exprimée par le pourcentage de citations d'une espèce par rapport au nombre total de personnes enquêtées. Dans la présente étude, la fréquence de citation a permis d'évaluer la répartition des espèces par domaine d'utilisation et a été calculée par la formule utilisée par Maregesi *et al.* (2007), Gbekley *et al.* (2015), Ladoh-Yemeda *et al.* (2016), Orsot (2016), Gnagne *et al.* (2017) et Diomandé (2018) :

$$FC = \frac{\text{Nombre de personnes ayant cité l'espèce}}{\text{Nombre total de personnes interrogées}} \times 100 \quad (\text{Equation 3})$$

#### 6.2.3.3.2. Code de détermination du statut de conservation local des espèces ligneuses associées aux cacaoyers

La détermination du statut de conservation des espèces est un aspect important pour l'aménagement et la gestion durable de la végétation. La gestion forestière nécessite de pouvoir prédire l'évolution des différentes parcelles (Stoyan & Penttinen, 2000). Dans la présente étude, pour aboutir au code de détermination du statut de conservation local des espèces, nous avons calculé la valeur d'usage de chaque espèce (VU), l'indice de raréfaction (Ri) et établi une codification du statut de conservation local selon Piba *et al.* (2015) modifié.

##### 6.2.3.3.2.1. Valeur d'usage ethnobotanique

Lorsqu'il s'agit de situer l'importance d'une espèce donnée par rapport aux autres, le simple inventaire des diverses utilisations reste insuffisant (Belem, 2009). La Valeur d'Usage ethnobotanique (VU) est un indice qui permet de déterminer, de façon significative, la valeur d'utilisation d'une espèce dans un milieu donné (Hoffman & Gallaher, 2007). Elle permet à l'enquêté de donner à chaque espèce une valeur réelle de l'espèce en fonction de son importance écologique, sociale et économique. Cette Valeur d'Usage est utilisée dans cette étude pour hiérarchiser les espèces associées par catégorie d'usage (fertilité du sol, ombrage, délimitation des plantations, alimentation, bois de chauffage, bois d'œuvre, commerce, médecine traditionnelle et divers autres services). La valeur d'usage d'une espèce donnée (k), au sein d'une catégorie d'usage donnée, est définie par son score moyen d'utilisation au sein de cette catégorie d'usage. Elle a été calculée selon la formule de Prance *et al.* (1987) :



$$\boxed{VU_{(k)} = \frac{\sum_i^n Si}{n}} \quad (\text{Equation 4})$$

Avec :

- $VU_{(k)}$  : valeur d'usage ethnobotanique de l'espèce k au sein d'une catégorie d'usage donnée ;
- $Si$  : score d'utilisation attribué par le répondant i ;
- $n$  : nombre de répondants pour la catégorie d'usage donnée.

Elle varie de 0 à 3.

$0 \leq VU_{(k)} < 1$  : espèce faiblement importante

$1 \leq VU_{(k)} < 2$  : espèce moyennement importante

$2 \leq VU_{(k)} \leq 3$  : espèce très importante

### Valeur d'usage totale

La valeur d'usage totale ( $VU_{(T)}$ ) est la somme des valeurs d'usage dans les différentes catégories d'usage.

Elle est calculée en utilisant la formule suivante :

$$\boxed{VU_{(T)} = \sum_1^P VU} \quad (\text{Equation 5})$$

Dans cette formule :

- $VU_{(T)}$  représente la valeur d'usage totale de l'espèce ;
- $VU$  est la valeur d'usage de l'espèce pour une catégorie d'usage donnée ;
- $P$  est le nombre de catégories d'usage.

La valeur d'usage totale ( $VU_T$ ) est obtenue en multipliant la valeur d'usage par le nombre total de services écosystémiques. Dans notre cas, nous avons retenu neuf (09) services écosystémiques (fertilité du sol, ombrage créé, délimitation des plantations, alimentation, bois de chauffe, bois d'œuvre, commerce, médecine traditionnelle et divers autres services). Pour une espèce donnée, la valeur d'usage ethnobotanique totale pour les neuf services écosystémiques considérés, varie donc de 0 (minimum) à 27 (maximum) :

$0 \leq VU_{(T)} < 9$  : faible demande ( $VU_1$ );

$9 \leq VU_{(T)} < 18$  : demande moyenne ( $VU_2$ );

$18 \leq VU_{(T)} \leq 27$  : forte demande ( $VU_3$ ).

### 6.2.3.3.2.2. Raréfaction des espèces associées

L'indice de raréfaction ( $R_i$ ) permet de déterminer l'abondance et la rareté d'une espèce végétale. Il a été utilisé pour déterminer le statut des espèces associées aux cacaoyers dans les différents systèmes de cacaoculture au Togo (Kokou *et al.*, 2005) et en Côte d'Ivoire (Dro *et al.*, 2013 ; Vroh *et al.*, 2014 ; Piba *et al.*, 2015). Il est calculé à partir de l'équation de Géhu & Géhu (1980) selon la formule suivante :

$$R_i = \left(1 - \frac{n_i}{N}\right) \times 100 \quad (\text{Equation 6})$$

**Ri** : indice de raréfaction de l'espèce  $i$  ;

-**ni** : nombre de sous-parcelles où l'espèce  $i$  est retrouvée ;

-**N** : nombre total de sous-parcelles posées dans le milieu.

Les espèces présentant un indice de raréfaction supérieur à 80 p.c. sont considérées comme rares dans le milieu. Celles dont l'indice de raréfaction est compris entre 50 et 80 p.c. sont dites préférentielles et abondantes dans le milieu. Un indice de raréfaction inférieur ou égal à 50 p.c. est caractéristique d'une espèce très fréquente et très abondante dans le milieu (espèces très préférentielles). Un indice de raréfaction de 100 p.c. signifie que l'espèce n'a été observée nulle part dans le milieu étudié, que cette dernière est très rare dans le milieu.

Il s'apprécie selon l'échelle suivante :

- $0 \text{ p.c.} \leq R_i \leq 50 \text{ p.c.}$  : Très préférentielle, très abondante ( $R_{i1}$ ) ;
- $50 \text{ p.c.} > R_i < 80 \text{ p.c.}$  : Préférentielle, abondante ( $R_{i2}$ ) ;
- $80 \text{ p.c.} \leq R_i \leq 100 \text{ p.c.}$  : Rare ( $R_{i3}$ ).

### 6.2.3.3.2.3. Codification du statut de conservation local des espèces ligneuses associées

La codification du statut de conservation local de chaque espèce ligneuse associée est basée sur la combinaison de l'indice de raréfaction et la valeur d'usage totale (Tableau II).

Le Tableau II indique le statut pour chaque espèce suite à la combinaison des deux paramètres. Trois types de statut ont été retenus : espèce Faiblement Conservée (FC), espèce Moyennement Conservée (MC) et Conservée (C) en fonction des valeurs de l'indice de raréfaction et la valeur d'usage totale. En résumé, une espèce rare dans le milieu ( $R_{i3}$ ) et très recherchée par les populations ( $VU_3$ ) serait une espèce faiblement conservée. L'accès à une ressource limitée pour laquelle la demande est forte mène finalement à sa disparition (Hardin, 1968). À l'opposé, une espèce très abondante dans le milieu ( $R_{i1}$ ) et faiblement recherchée par les populations ( $VU_1$ ) pourrait être qualifiée de conservée.

Tableau II : Codification du statut de conservation local des espèces ligneuses associées

Signification	Faiblement Conservée (FC)	Moyennement Conservée (MC)	Conservée (C)
Statut de conservation (Code)	Ri <sub>3</sub> + VU <sub>3</sub> Ri <sub>3</sub> + VU <sub>2</sub> Ri <sub>3</sub> + VU <sub>1</sub>	Ri <sub>2</sub> + VU <sub>3</sub> Ri <sub>2</sub> + VU <sub>2</sub> Ri <sub>2</sub> + VU <sub>1</sub> Ri <sub>1</sub> + VU <sub>3</sub> Ri <sub>1</sub> + VU <sub>2</sub>	Ri <sub>1</sub> + VU <sub>1</sub>

#### 6.2.3.4. Evaluation du stock de carbone des espèces ligneuses

##### 6.2.3.4.1. Estimation de la biomasse aérienne

La biomasse aérienne (AGB : Above Ground Biomass) du cacaoyer et des arbres associés a été calculée en utilisant l'équation allométrique de Chave *et al.* (2014) pour les forêts denses humides semi-décidues. Cette formule a été utilisée par Temgoua *et al.* (2018) au Cameroun pour l'estimation de la biomasse aérienne des arbres associés au cacaoyer. Nous retiendrons également cette formule pour l'évaluation de la biomasse aérienne des systèmes agroforestiers à cacaoyers dans notre zone d'étude, située en zone semi-décidue.

$$AGB = 0,0673 \times (\rho D^2 H)^{0,976} \quad (\text{Equation 7})$$

où **AGB** est la biomasse aérienne de l'arbre, partie au-dessus du sol (en kg) ; **D** est le diamètre du tronc de l'arbre à 1,30 m au-dessus du sol (en cm) ; **H** la hauteur totale de l'arbre (en m) ; **ρ** la densité spécifique de l'arbre en (g/cm<sup>3</sup>).

La densité spécifique des arbres a été obtenue à partir de la densité des espèces de la base de données du World Agroforestry Centre (Zanne *et al.*, 2009). Pour les espèces dont la densité spécifique est inconnue dans cette base de données, la valeur par défaut pour les forêts tropicales d'Afrique a été utilisée. Cette valeur de densité standard est de 0,58 g/cm<sup>3</sup> (Brown, 1997 ; Reyes *et al.* 1992 ; GIEC, 2006).

#### 6.2.3.4.2. Estimation de la biomasse souterraine

La biomasse souterraine ou racinaire (BGB : Below Ground Biomass) a été prédite à partir de l'estimation de la biomasse aérienne conformément aux lignes directrices établies par GIEC (2006). En effet, selon ces dernières, l'équivalence en biomasse racinaire des ligneux sur pied est trouvée en multipliant la valeur de la biomasse aérienne (AGB) par un coefficient R dont la valeur est estimée à 0,24.

$$\boxed{BGB = AGB \times R} \quad (\text{Equation 8})$$

avec **BGB** désignant la biomasse souterraine (en Kg), **AGB**, la biomasse aérienne (en Kg) et **R**, la fraction racinaire.

#### 6.2.3.4.3. Estimation de la biomasse totale

La biomasse totale (BT) a été obtenue en faisant la somme de la biomasse aérienne (AGB) et de la biomasse racinaire (BGB). Cette biomasse totale a été convertie en tonne (t).

$$\boxed{BT = AGB + BGB} \quad (\text{Equation 9})$$

#### 6.2.3.4.4. Estimation de la quantité de carbone stocké

La biomasse totale ainsi estimée a été convertie en stock de carbone emmagasiné correspondant, en la multipliant par 0,5, facteur de conversion général (GIEC, 2006).

$$\boxed{\text{Stock de Carbone (t C/ha)} = BT \times 0,5} \quad (\text{Equation 10})$$

#### 6.2.3.4.5. Estimation du dioxyde de carbone séquestré

Le taux de CO<sub>2</sub> correspondant au stock de carbone calculé a été obtenu en faisant intervenir le rapport des masses molaires du CO<sub>2</sub> et du carbone. La masse de CO<sub>2</sub> a été calculée par la formule suivante :

$$\boxed{\text{Masse de CO}_2(\text{t}) = \frac{\text{Stock de Carbone total} \times 44}{12}} \quad (\text{Equation 11})$$

où 44 représente la masse molaire du CO<sub>2</sub> et 12 est la masse molaire du carbone.

## **6.2.4. Analyses statistiques**

### **6.2.4.1. Comparaison des moyennes des paramètres étudiés**

Pour montrer les différences de diversité entre les groupements végétaux, du nombre d'individus entre les classes de hauteur et de diamètre et pour apprécier la variation du stock de carbone dans les classes de hauteur et de diamètre, nous avons eu recours à un test statistique qui est l'Analyse de Variance à un facteur (ANOVA). Ce test a été utilisé parce que nos échantillons étudiés sont indépendants et il s'agissait souvent de comparer des moyennes de variables testées sur plus de deux groupes. Cette analyse de variance a permis de comparer les moyennes des échantillons étudiés. Le test de comparaison multiple de Tukey au seuil de probabilité de 5 p.c. a été utilisé pour identifier les différences.

### **6.2.4.2. Regroupement des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers**

Pour détecter les préférences du producteur en termes de diversité d'espèces, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) basée sur la fréquence de rencontre des espèces ligneuses associées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers a été réalisée. Cette analyse a été utilisée parce que le critère de type d'informations (tableau de contingence) était respecté. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a permis d'obtenir une répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Dans le cadre de cette étude, l'AFC a été couplée à la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) basée sur la distance euclidienne et la méthode de Ward afin de classer les groupements végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers. Pour chaque groupement végétal, les espèces indicatrices ont été identifiées à partir de la méthode IndVal (Dufrêne & Legendre, 1997) qui tient compte de l'abondance, la spécificité et la fidélité des espèces dans les différents relevés. Chaque groupe végétal a été nommé par l'espèce indicatrice présentant la plus forte Valeur Indicatrice (VI).

### **6.2.4.3. Détermination de l'impact de la préservation paysanne sur la phytodiversité**

Dans le cadre de la présente étude, afin d'apprécier l'influence des services écosystémiques sur la diversité floristique, au regard des préférences du producteur, nous avons réalisé une Analyse Factorielle Multiple (AFM) qui a pris en compte les variables suivantes : les espèces, la fréquence de citation et la fréquence de rencontre dans les sites d'étude. Cette analyse a été utilisée parce que les données collectées sont de natures différentes et organisées en différents blocs. L'Analyse Factorielle Multiple a permis de

montrer la variabilité floristique en fonction des services écosystémiques en relation avec les niveaux de fréquence des espèces préférées.

#### **6.2.4.4. Détection de paramètres structuraux performants**

Pour déterminer le(s) paramètre(s) structural (aux) influençant le plus le stock de carbone, un test de corrélation a été effectué entre le stock de carbone et les paramètres structuraux à savoir la hauteur, le diamètre et le nombre d'individus. Le coefficient de corrélation ( $r$ ) vise à quantifier l'importance des relations entre une variable  $X$  et une variable  $Y$  observée chez un même sujet.

La corrélation varie entre -1 et 1 (négative de -1 à 0 ; positive de 0 à 1).

$r < 0,5$  ou 50 p.c. : corrélation faible

$r > 0,5$  ou 50 p.c. : corrélation forte

$r = 1$  : les deux classements sont identiques

$r = 0$  : les deux classements sont indépendants

$r = -1$  : les deux classements sont inverses.

Le coefficient de corrélation ( $r$ ) a été calculé à partir du test de corrélation de Pearson. Ensuite la significativité de la corrélation obtenue a été testée statistiquement à travers le calcul de la P-value au seuil de probabilité de 5 p.c.

Les espèces qui seront retenues pour le test de corrélation sont celles qui auront obtenu chacune à la fois un taux de carbone  $\geq 10$  p.c. et un nombre d'individus  $\geq 5$ .



**Troisième partie :**

**RESULTATS ET DISCUSSION**

## CHAPITRE 7 : RESULTATS

### 7.1. Caractéristiques floristiques et structurales des zones cacaoyères de Daloa

Les programmes actuels de mise en place de bonnes pratiques agricoles s'adressent aux producteurs sans tenir compte de leurs localités. Pourtant les réalités de ces localités pourraient limiter l'application de ces recommandations. C'est pourquoi nous avons choisi de réaliser des relevés intensifs le long de chaque axe d'approvisionnement en fèves de cacao, mais de présenter les résultats de chaque site séparément afin de détecter des différences potentielles pour une application adaptée des recommandations agricoles.

#### 7.1.1. Site de Doboua

##### 7.1.1.1. Composition floristique

La liste des espèces relevées dans les 90 parcelles, au sein des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua, renferme 59 espèces réparties entre 51 genres et 24 familles. Dans l'ensemble de ces agrosystèmes, 6 familles ont été dominantes en termes de nombre d'espèces. Ce sont les Fabaceae et les Malvaceae, renfermant chacune 13 p.c. d'espèces, suivies des Moraceae et des Euphorbiaceae avec 10 p.c. et 8 p.c. d'espèces respectivement. Les Anacardiaceae et les Rutaceae ont renfermé 7 p.c. d'espèces chacune (Figure 7). Les espèces se sont présentées sous 4 types biologiques dominés par les microphanérophytes à 83,68 p.c. (Figure 8). En ce qui concerne la distribution phytogéographique, 61,98 p.c. des espèces appartiennent à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien (GC-SZ), et 16,24 p.c. sont des espèces introduites (Figure 9). Concernant le statut de préservation des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, on note la présence de cinq (05) espèces classées vulnérables que sont *Entandrophragma angolense*, *Garcinia kola*, *Nesogordonia papaverifera*, *Nauclea diderrichii* et *Terminalia ivorensis* et d'une espèce de la flore ivoirienne menacée d'extinction *Milicia excelsa*. Les agrosystèmes cacaoyers présentent une flore ligneuse riche qui renferme de nombreux arbustes composés d'espèces de forêt dense humide semi-décidue.



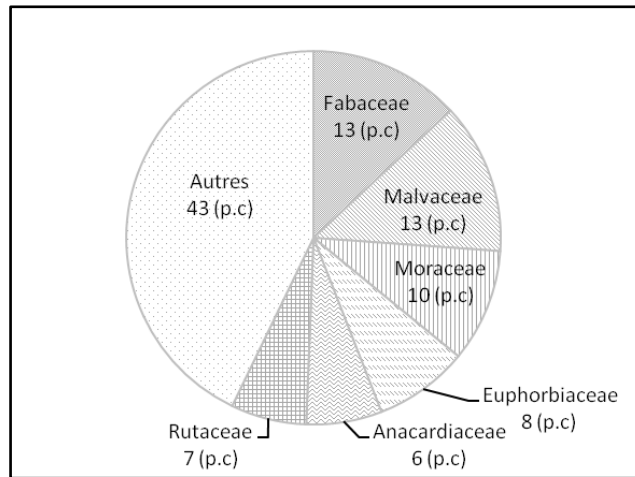


Figure 7 : Spectre des familles dominantes des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Doboua

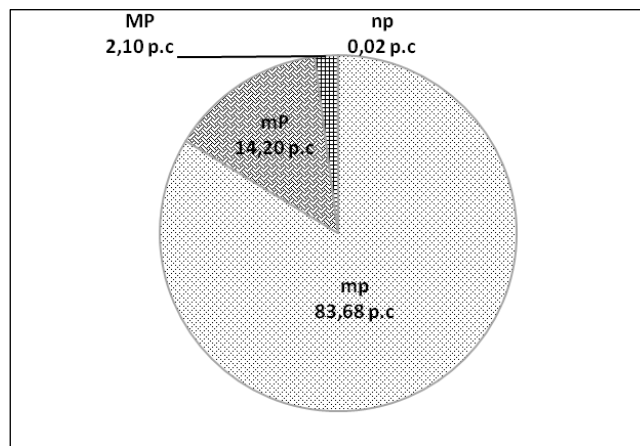


Figure 8 : Spectre des types biologiques des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Doboua

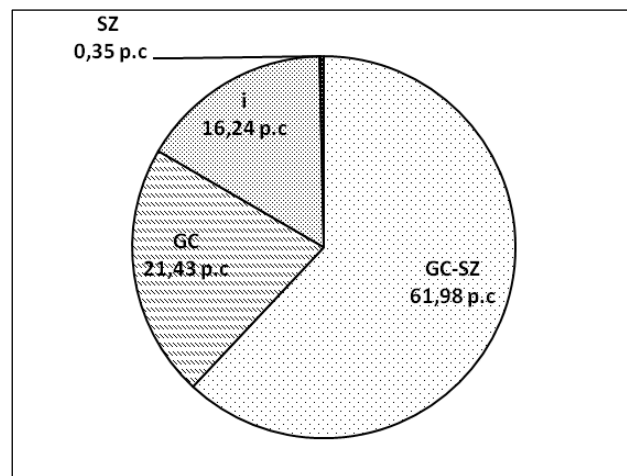


Figure 9 : Spectre chorologique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Doboua

### 7.1.1.2. Diversité floristique

L'indice de diversité de Shannon des différentes parcelles de relevés du site de Doboua est en moyenne de  $1,67 \pm 0,38$ , tandis que la moyenne de l'indice d'Équitabilité de Piélou est de  $0,86 \pm 0,08$  (Tableau III). Ces résultats montrent que la flore est diversifiée et les individus sont équitablement répartis entre les espèces.

Tableau III : Indices de diversité et d'Équitabilité des parcelles de relevés du site de Doboua

Indices	Parcelles de relevés
Shannon	$1,67 \pm 0,38$
Équitabilité de Piélou	$0,86 \pm 0,08$

### 7.1.1.3. Répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'analyse factorielle des correspondances (Figure 10) a montré que les deux premiers axes représentent 74,27 p.c. de la variabilité de la base de données analysée (Tableau IV). Suivant l'axe 1, les espèces ont été regroupées en fonction de leur fréquence dans les parcelles de relevés des systèmes agroforestiers à cacaoyers. L'analyse a permis de mettre en évidence trois groupes d'espèces. Les groupes végétaux sont caractérisés chacun par une espèce indicatrice révélée à l'aide de la méthode Indval. On distingue trois groupes qui sont : le groupe (G1) à *Annona muricata*, le groupe (G2) à *Ficus vogelii* et le groupe (G3) à *Psidium guajava* (Figure 11).

Le groupe (G1) à *Annona muricata* contient des espèces les moins fréquentes qui étaient surtout des espèces fruitières et forestières spontanées comme *Spondias mombin*, *Annona muricata*, *Lannea acida*, *Blighia welwitschii*, *Newbouldia laevis*, *Daniellia ogea*, *Sterculia tragacantha*, *Ficus exasperata* et *Myrianthus arboreus*. Ce groupe contient également de grands arbres tels que *Ceiba pentandra*, *Cola cordifolia*, *Antiaris toxicaria* et *Entandrophragma angolense* (Tableau V).

Dans le groupe (G2) à *Ficus vogelii*, on trouve des espèces modérément fréquentes, notamment des espèces arborescentes cultivées comme *Anacardium occidentale*, *Hevea brasiliensis* et *Gmelina arborea*, et des espèces forestières préservées telles que *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba*, *Ficus vogelii*, *Mallotus oppositifolius*, *Morinda lucida*, *Bombax costatum*, *Nauclea diderrichii* et *Milicia excelsa*.

Le groupe (G3) à *Psidium guajava* comprend les espèces les plus fréquentes. Il s'agit principalement d'espèces fruitières cultivées comme *Psidium guajava*, *Citrus sinensis*, *Citrus maxima*, *Coffea canephora*, *Citrus limon*, *Jatropha curcas*, *Persea americana*, *Castanea sativa*, *Garcinia kola* et *Tamarindus indica*. Il y avait également des espèces d'arbustes caractéristiques que l'on trouve généralement dans des formations secondaires, comme *Albizia adianthifolia*, *Albizia zygia*, et des espèces forestières de gros diamètres et de grandes tailles telles que *Pycnanthus angolensis*, *Funtumia africana*, *Ricinodendron heudelotii*, *Alstonia boonei* et *Nesogordonia papaverifera*.

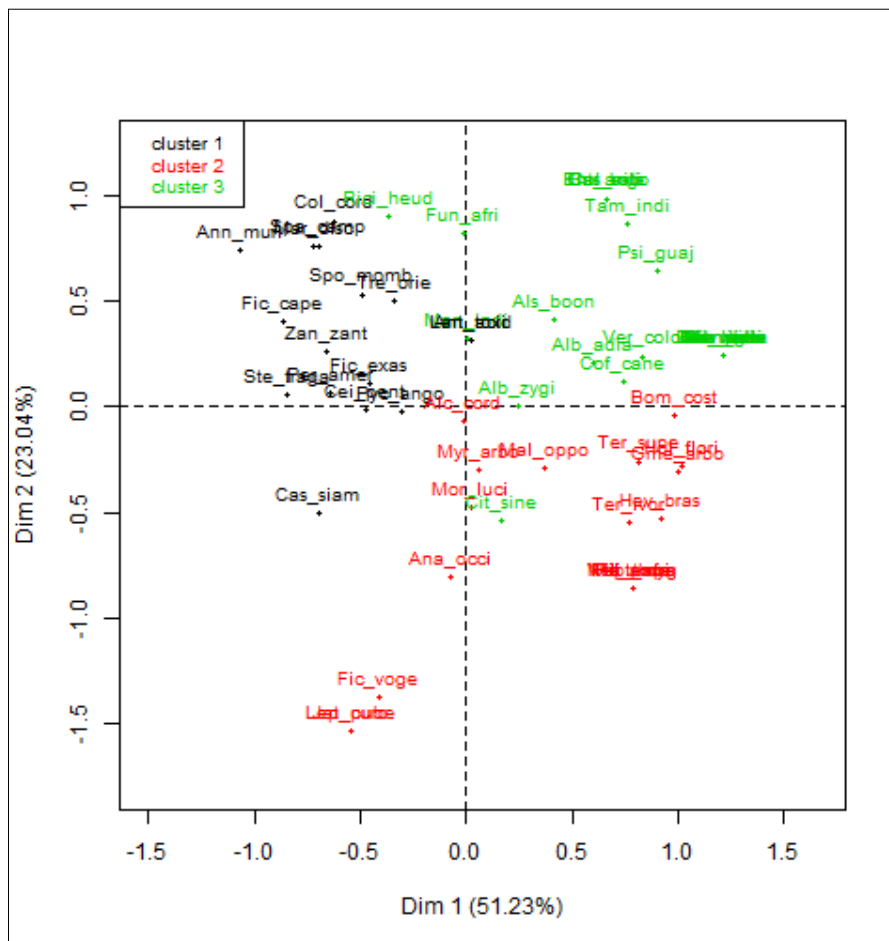


Figure 10 : Représentation graphique des espèces selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances du site de Doboua

Tableau IV : Résumé de l'AFC des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua

Axes	Dim.1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Totale inertie
Variance	0,307	0,138	0,099	0,055	
Variabilité floristique (p.c.)	51,231	23,040	16,558	9,172	0,599
Valeurs cumulatives de la variabilité floristique (p.c.)	51,231	74,270	90,828	100	

Dim.1-Dim.4: axes de l'AFC

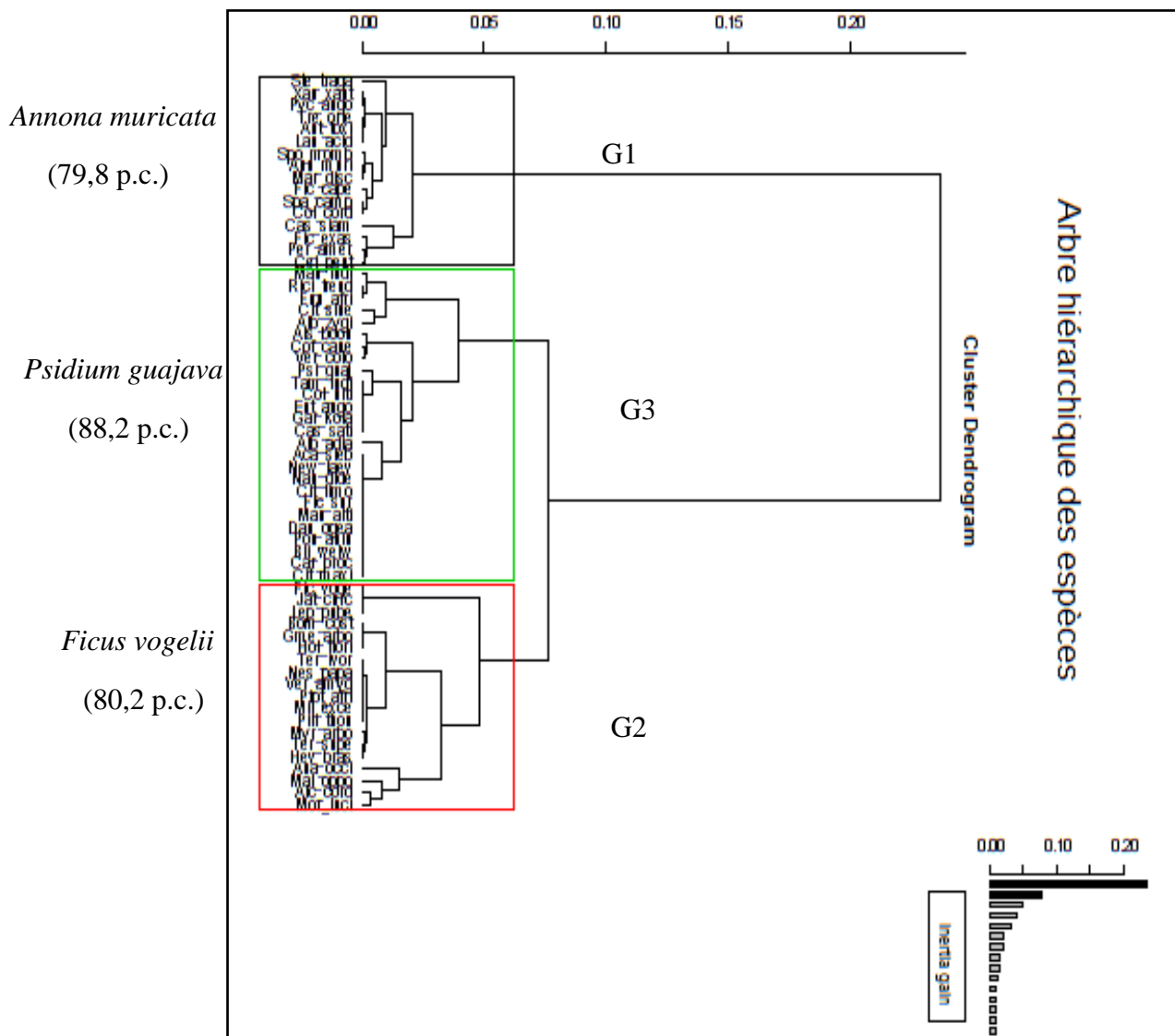


Figure 11 : Espèces indicatrices des groupes de niveau de fréquence de la classification ascendante hiérarchique des individus d'espèces ligneuses associées du site de Doboua.

Tableau V : Codification des espèces ligneuses dans les groupes végétaux

Code_Spc	Espèces	Cluster	Code_Spc	Espèces	Cluster
Bli_welw	<i>Blighia welwitschii</i>	G1	Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	G2
New_laev	<i>Newbouldia laevis</i>	G1	Alc_cord	<i>Alchornea cordifolia</i>	G2
Ent_ango	<i>Entandrophragma angolense</i>	G1	Lep_pube	<i>Leptonychia pubescens</i>	G2
Dan_ogea	<i>Daniellia ogea</i>	G1	Fic_voge	<i>Ficus vogelii</i>	G2
Pil_thon	<i>Piliostigma thonningii</i>	G1	Spa_camp	<i>Spathodea campanulata</i>	G3
Man_indi	<i>Mangifera indica</i>	G1	Cof_cane	<i>Coffea canephora</i>	G3
Cei_pent	<i>Ceiba pentandra</i>	G1	Cit_sine	<i>Citrus sinensis</i>	G3
Ann_muri	<i>Annona muricata</i>	G1	Per_amer	<i>Persea americana</i>	G3
Fic_cape	<i>Ficus capensis</i>	G1	Pyc_ango	<i>Pycnanthus angolensis</i>	G3
Ste_trag	<i>Sterculia tragacantha</i>	G1	Fun_afri	<i>Funtumia africana</i>	G3
Car_proc	<i>Carapa procera</i>	G1	Alb_zygi	<i>Albizia zygia</i>	G3
Spo_momb	<i>Spondias mombin</i>	G1	Alb_adia	<i>Albizia adianthifolia</i>	G3
Zan_zant	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	G1	Als_boon	<i>Alstonia boonei</i>	G3
Fic_exas	<i>Ficus exasperata</i>	G1	Vern_colo	<i>Vernonia colorata</i>	G3
Lan_acid	<i>Lannea acida</i>	G1	Jat_curc	<i>Jatropha curcas</i>	G3
Tre_orie	<i>Trema orientalis</i>	G1	Neso_papa	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	G3
Cas_siam	<i>Cassia siamea</i>	G1	Vern_amyg	<i>Vernonia amygdalina</i>	G3
Col_cord	<i>Cola cordifolia</i>	G1	Cit_limo	<i>Citrus limon</i>	G3
Myr_arbo	<i>Myrianthus arboreus</i>	G1	Aca_sieb	<i>Acacia sieberiana</i>	G3
Ant_toxi	<i>Antiaris toxicaria</i>	G1	Cit_maxi	<i>Citrus maxima</i>	G3
Mil_exce	<i>Milicia excelsa</i>	G2	Psi_guaj	<i>Psidium guajava</i>	G3
Bom_cost	<i>Bombax costatum</i>	G2	Tam_indi	<i>Tamarindus indica</i>	G3
Mor_luci	<i>Morinda lucida</i>	G2	Gar_kola	<i>Garcinia kola</i>	G3
Pip_afri	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	G2	Cas_sati	<i>Castanea sativa</i>	G3
Pou_anin	<i>Pouteria aningeri</i>	G2	Col_niti	<i>Cola nitida</i>	G3
Term_ivor	<i>Terminalia ivorensis</i>	G2	Mar_disc	<i>Margaritaria discoidea</i>	G3
Term_supe	<i>Terminalia superba</i>	G2	Ric_heud	<i>Ricnodendron heudelotii</i>	G3
Hol_flor	<i>Holarrhena floribunda</i>	G2			
Gme_arbo	<i>Gmelina arborea</i>	G2			
Hev_bras	<i>Hevea brasiliensis</i>	G2			
Nau_dide	<i>Nauclea diderrichii</i>	G2			
Mal_oppo	<i>Mallotus oppositifolius</i>	G2			

#### 7.1.1.4. Caractéristiques des groupes végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers

Le groupe G3 à *Psidium guajava* contient le plus grand nombre d'espèces (55,14 p.c.). En ce qui concerne l'indice de diversité de Shannon, les groupes G1, G2 et G3 semblent peu diversifiés, avec des valeurs respectives de  $H = 1,71 \pm 0,32$ ;  $H = 1,57 \pm 0,3$  et  $H = 1,69 \pm 0,33$ , et ne présentent aucune différence significative entre eux (test ANOVA,  $F = 0,976$  ;  $P = 0,381$  ; Tableau VI). L'indice d'Équitabilité de Piérou est relativement élevé dans tous les groupes, allant de  $E = 0,84$  à  $E = 0,88$ , et n'exprime aucune différence significative entre les groupes (test ANOVA,  $F = 1,705$  ;  $P = 0,188$ ).

Tableau VI : Caractéristiques floristiques des groupes d'espèces discriminés du site de Doboua

Groupements végétaux	Nombre d'espèces	$H$ (moyen/ parcelle)	$E$ (moyen/ parcelle)	Espèces caractéristiques
G1	29	1,71±0,32	0,86±0,074	<i>Annona muricata</i> (79,8 p.c.)
G2	19	1,57±0,3	0,88±0,083	<i>Ficus vogelii</i> (80,2 p.c.)
G3	59	1,69±0,35	0,84±0,079	<i>Psidium guajava</i> (88,2 p.c.)
Tests ANOVA		$F = 0,976$ ; $P = 0,381$	$F = 1,705$ ; $P = 0,188$	

$\alpha = 0,05$  ;  $H$  : indice de Shannon ;  $E$  : Equitabilité de Piélou ; les chiffres entre parenthèses correspondent à la valeur indicatrice (IV) des espèces

### 7.1.1.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers

#### 7.1.1.5.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur

Les individus de la petite classe de hauteur HC1 (2 à 4 m) sont les plus nombreux. Par ailleurs, l'analyse des résultats montre que 48,75 p.c. de l'ensemble des individus du site d'étude se trouvent dans la classe basse de 2 à 4 m avec des espèces telles que *Coffea canephora*, *Psidium guajava*, *Anacardium occidentale* et *Mallotus oppositifolius*. La différence du nombre d'individus entre les classes de hauteur n'est pas significative (test ANOVA,  $F = 0,221$  ;  $P = 0,121$  ; Figure 12). Les classes HC2 et HC3 ont renfermé chacune un nombre d'individus sensiblement identique. Dans la classe, la plus haute ( $\geq 8$  m), se rencontrent des espèces telles que *Terminalia superba*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia ivorensis*, *Milicia excelsa*, *Ricinodendron heudelotii*, *Newbouldia laevis* et *Entandrophragma angolense*. Ces résultats montrent que les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua renferment un potentiel de semenciers.

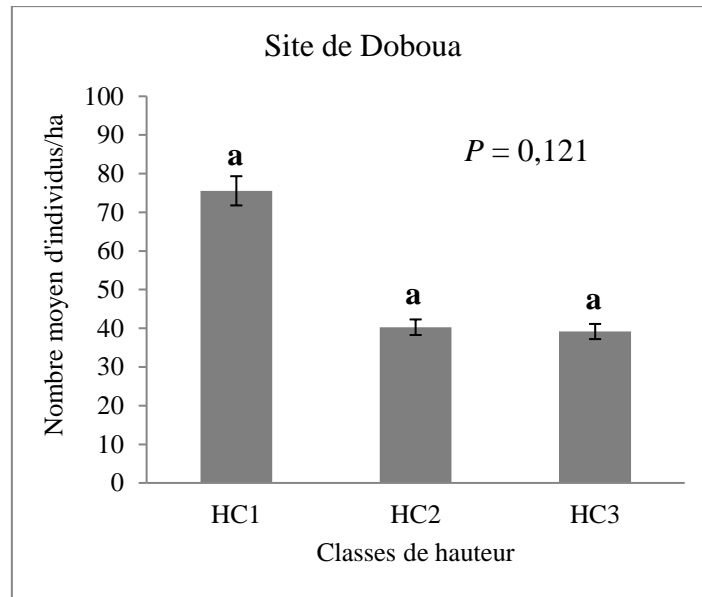


Figure 12 : Distribution des individus dans les classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua

(HC1 : [2 – 4 m[ ; HC2 : [4 – 8 m[ et HC3 :  $\geq$  8 m)

#### 7.1.1.5.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre

Concernant les classes de diamètre, le plus grand nombre d'individus est enregistré dans les classes de diamètre inférieur à 20 cm. Le plus faible nombre d'individus est noté dans la classe DC5 ( $>$  40 cm). Il existe une différence significative entre les classes (test ANOVA,  $F = 96,89$  ;  $P = 0,001$  ; Figure 13). La structure diamétrique est en forme de « J inversé ». Les classes de diamètre DC3 (20 à 30 cm) et DC4 (30 à 40 cm) renferment des nombres d'individus proches. La classe des individus de plus gros diamètre ( $\geq$  40 cm) se distingue nettement des autres classes. Cette classe renferme généralement des espèces telles que *Ceiba pentandra*, *Terminalia ivorensis*, *Milicia excelsa*, *Ricinodendron heudelotii*, *Newbouldia laevis*, *Entandrophragma angolense*, *Myrianthus arboreus*, *Bombax costatum*, *Albizia adianthifolia*, *Morinda lucida*, *Albizia zygia*, *Cola cordifolia* et *Persea americana*. Ces résultats révèlent qu'il existe certaines essences forestières exploitables dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.

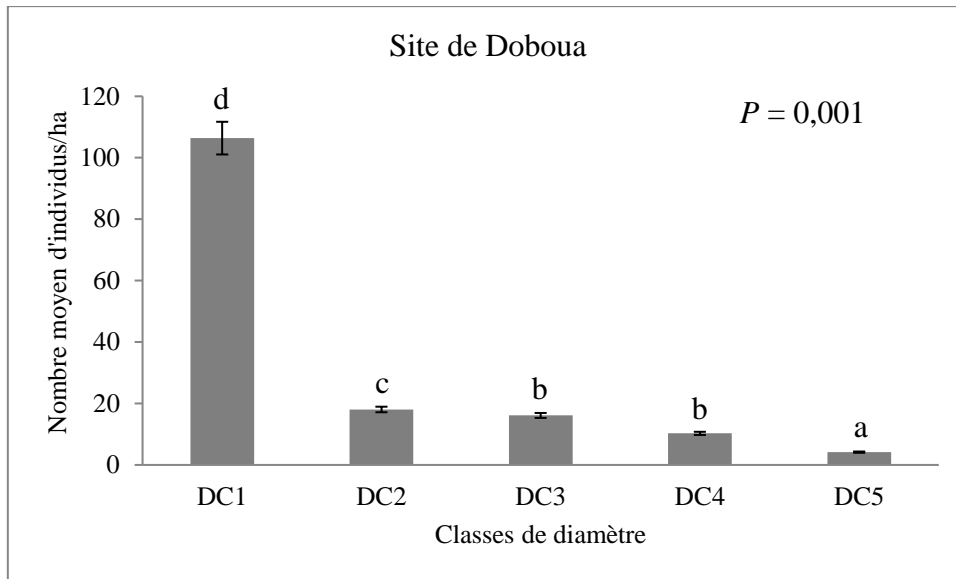


Figure 13 : Distribution des individus dans les classes de diamètre

(DC1 : < 10 cm ; DC2 : [10 – 20 cm[ ; DC3 : [20 – 30 cm[ ; DC4 : [30 – 40 cm[ et DC5 : ≥ 40 cm)

## 7.1. 2. Site de Bantikro

### 7.1.2.1. Composition floristique

La liste des espèces relevées, au sein des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers du site de Bantikro, renferme 57 espèces réparties entre 48 genres et 22 familles. Dans l'ensemble de ces systèmes agroforestiers, 5 familles ont été dominantes en termes de représentativité des espèces. Ce sont les Malvaceae avec 14 p.c. des espèces, les Moraceae avec 12 p.c. des espèces, les Fabaceae et les Rutaceae, renfermant respectivement chacune 11 p.c. et 9 p.c. d'espèces, suivies des Apocynaceae renfermant 7 p.c. d'espèces (Figure 14). Les espèces se sont présentées sous 3 types biologiques dominés par les microphanérophytes à 69,09 p.c. (Figure 15). Au niveau phytogéographique, 82,35 p.c. de toutes les espèces appartiennent à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien (GC-SZ), et 9,01 p.c. sont des espèces introduites (Figure 16). Au niveau du statut de préservation des espèces dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers, on note la présence de trois (03) espèces dites vulnérables qui sont *Entandrophragma angolense*, *Garcinia kola* et *Nesogordonia papaverifera* et d'une espèce de la flore ivoirienne menacée d'extinction *Milicia excelsa*. Les systèmes agroforestiers à cacaoyers présentent une flore ligneuse riche qui renferme de nombreux arbustes composés d'espèces de forêt dense humide semi-décidue.



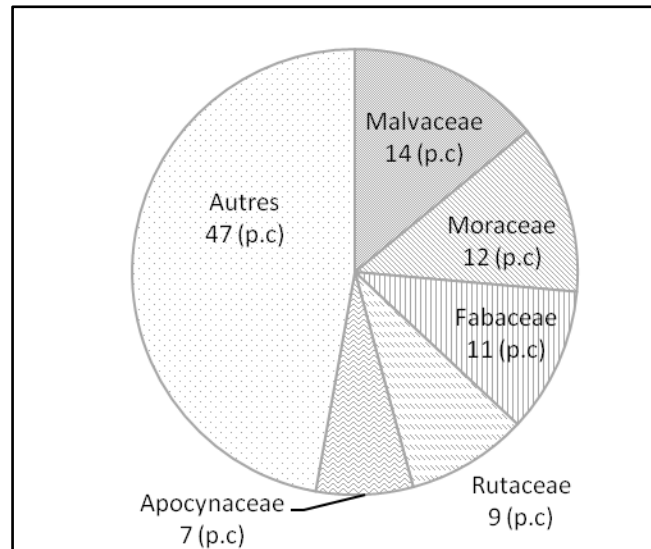


Figure 14 : Spectre des familles dominantes des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bantikro

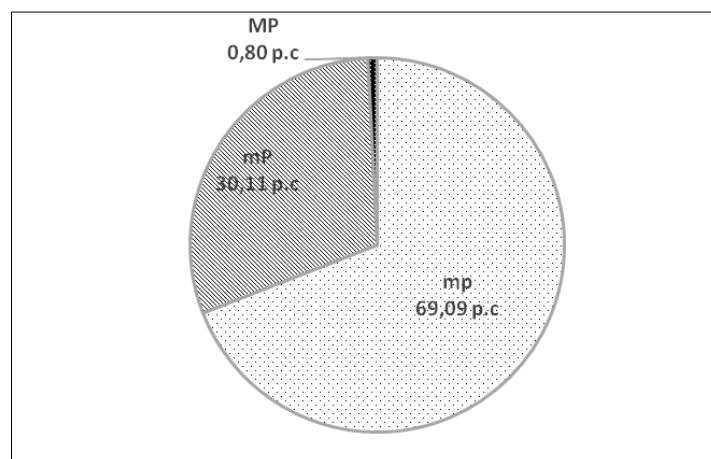


Figure 15 : Spectre biologique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bantikro

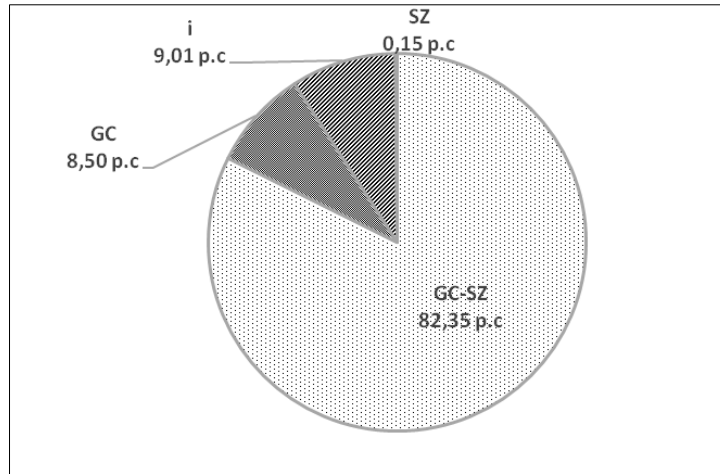


Figure 16 : Spectre phytogéographique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bantikro

### 7.1.2.2. Diversité floristique

Le tableau VII présente les moyennes des indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Piélu du site de Bantikro avec des valeurs respectives de  $1,65 \pm 0,37$  et de  $0,83 \pm 0,08$ . Ces résultats révèlent que la flore est diversifiée et les individus sont repartis de façon équitable entre les espèces.

Tableau VII : Indices de diversité et d'Équitabilité des parcelles de relevés du site de Bantikro

Indices	Parcelles de relevés
Shannon	$1,65 \pm 0,37$
Équitabilité de Piélu	$0,83 \pm 0,08$

### 7.1.2.3. Répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'analyse factorielle des correspondances (Figure 17) a montré que les deux premiers axes représentent 63,78 p.c. de la variabilité de la base de données analysée (Tableau VIII). Suivant l'axe 1, les espèces ont été associées en trois (3) groupes en fonction de leur fréquence dans les parcelles de relevés des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers. Ces groupes végétaux sont caractérisés chacun par une espèce indicatrice obtenue à l'aide de la méthode Indval comme suit : le groupe (G1) à *Zanthoxylum zanthoxyloides*, le groupe (G2) à *Albizia adianthifolia* et le groupe (G3) à *Holarrhena floribunda* (Figure 18).

Le groupe (G1) à *Zanthoxylum zanthoxyloides* renferme les espèces les moins fréquentes dont des espèces forestières préservées telles que *Mallotus oppositifolius*, *Funtumia africana*,

*Rauvolfia vomitoria* et *Trema orientalis* avec certaines de gros diamètres et de grandes tailles comme *Entandrophragma angolense*, *Kigelia africana* et *Antiaris toxicaria*. Ce groupe renferme également des espèces fruitières cultivées que sont *Mangifera indica* et *Persea americana* (Tableau IX).

Dans le groupe (G2) à *Albizia adianthifolia*, on trouve des espèces modérément fréquentes, notamment des espèces spontanées comme *Ficus capensis*, *Ficus exasperata*, *Ficus vogelii*, *Fagara leprieurii* et *Morinda lucida*, et des espèces forestières préservées comme *Ricinodendron heudelotii*, *Bombax costatum*, *Newbouldia laevis* et *Ceiba pentandra*.

Le groupe (G3) à *Holarrhena floribunda* comprend les espèces les plus fréquentes. Il s'agit principalement des arbustes caractéristiques que l'on trouve généralement dans des formations secondaires, comme *Holarrhena floribunda*, *Sterculia tragacantha*, *Alchornea cordifolia*. Il y avait également des espèces forestières de gros diamètres et de grandes tailles comme *Celtis zenkeri* et *Milicia excelsa*.

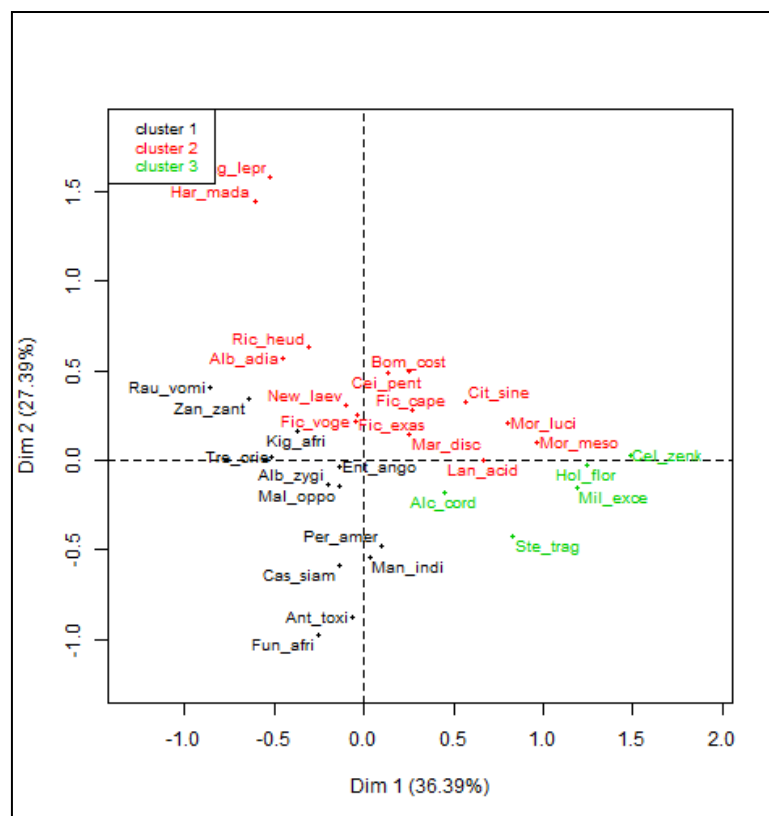


Figure 17 : Représentation graphique des espèces selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances du site de Bantikro

Tableau VIII : Résumé de l'AFC des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro

Axes	Dim.1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Totale inertie
Variance	0,115	0,087	0,078	0,037	
Variabilité floristique (p.c.)	36,393	27,391	24,670	11,546	0,317
Valeurs cumulatives de la variabilité floristique (p.c.)	36,393	63,784	88,454	100	

Dim.1-Dim.4: axes de l'AFC

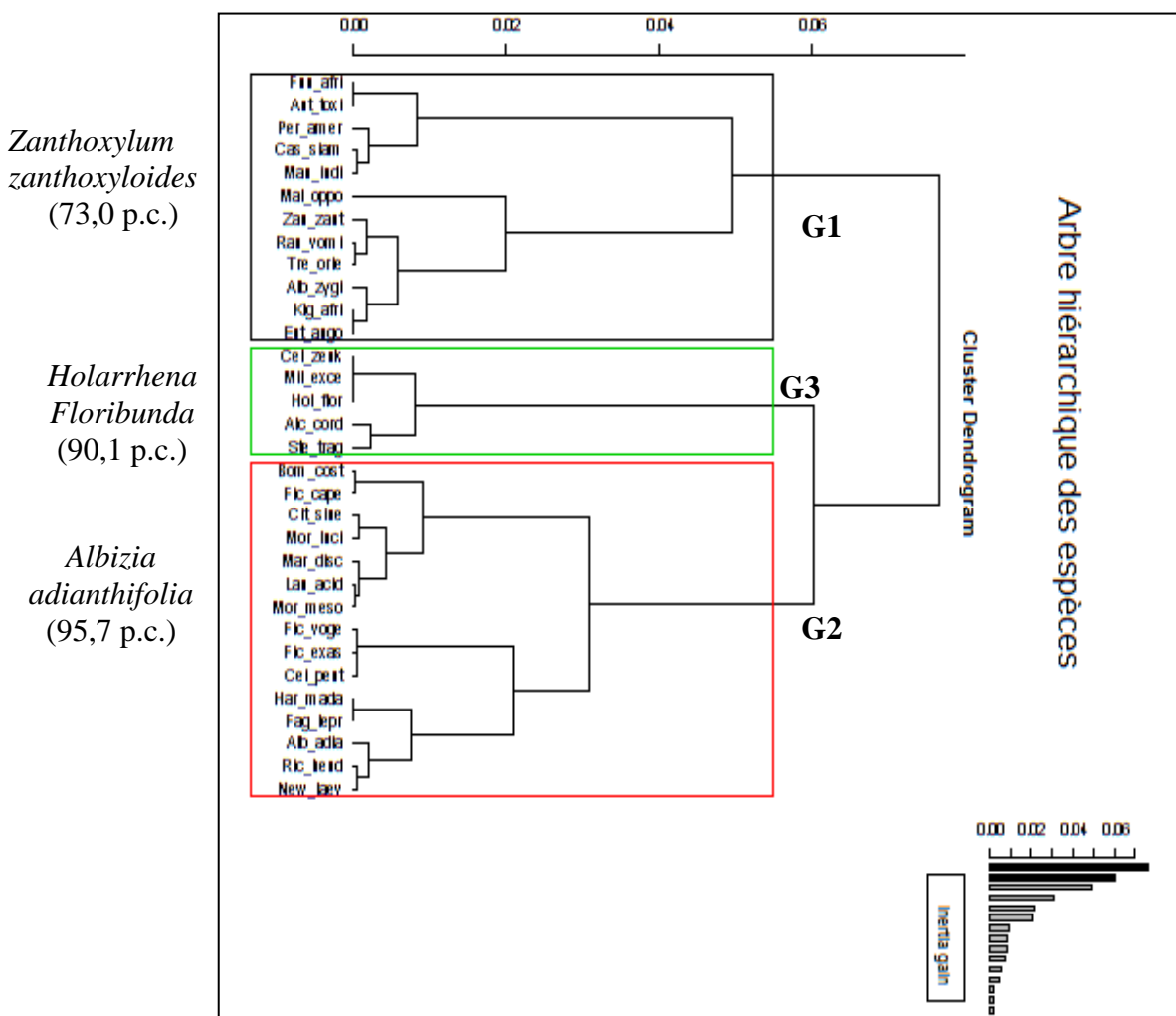


Figure 18 : Espèces indicatrices de chaque groupe de niveau de fréquence de la classification ascendante hiérarchique des individus d'espèces ligneuses associées du site de Bantikro.

Tableau IX : Codification des espèces ligneuses dans les groupes végétaux

Code_Spc	Espèces	Cluster	Code_Spc	Espèces	Cluster
Rau_vomi	<i>Rauvolfia vomitoria</i>	G1	New_laev	<i>Newbouldia laevis</i>	G2
Fun_afri	<i>Funtumia africana</i>	G1	Alb_adia	<i>Albizia adianthifolia</i>	G2
Man_indi	<i>Mangifera indica</i>	G1	Ric_heud	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	G2
Ant_toxi	<i>Antiaris toxicaria</i>	G1	Mor_meso	<i>Morus mesozygia</i>	G2
Zan_zant	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	G1	Mor_luci	<i>Morinda lucida</i>	G2
Mal_oppo	<i>Mallotus oppositifolius</i>	G1	Cei_pent	<i>Ceiba pentandra</i>	G2
Alb_zygi	<i>Albizia zygia</i>	G1	Mar_disc	<i>Margaritaria discoidea</i>	G2
Per_amer	<i>Persea americana</i>	G1	Lan_acid	<i>Lansea acida</i>	G2
Cas_siam	<i>Cassia siamea</i>	G1	Bom_cost	<i>Bombax costatum</i>	G2
Ent_ango	<i>Entandrophragma angolense</i>	G1	Fag_lepr	<i>Fagara leprieurii</i>	G2
Tre_orie	<i>Trema orientalis</i>	G1	Cit_sine	<i>Citrus sinensis</i>	G2
Kig_afri	<i>Kigelia africana</i>	G1	Alc_cord	<i>Alchornea cordifolia</i>	G3
Har_mada	<i>Harungana madagascariensis</i>	G1	Ste_trag	<i>Sterculia tragacantha</i>	G3
Fic_cape	<i>Ficus capensis</i>	G2	Cel_zenk	<i>Celtis zenkeri</i>	G3
Fic_voge	<i>Ficus vogelii</i>	G2	Hol_flor	<i>Holarrhena floribunda</i>	G3
Fic_exas	<i>Ficus exasperata</i>	G2	Mil_exce	<i>Milicia excelsa</i>	G3

#### 7.1.2.4. Caractéristiques des groupes végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers

Le groupe (G2) à *Albizia adianthifolia* contient le plus grand nombre d'espèces (40,19 p.c.). Concernant l'indice de diversité de Shannon, les groupes G1, G2 et G3 sont diversifiés, avec des valeurs respectives de  $H = 1,56 \pm 0,27$ ;  $H = 1,66 \pm 0,46$  et  $H = 1,79 \pm 0,30$ . Il n'y a pas de différence significative entre les groupes au niveau de l'indice de Shannon (test ANOVA,  $F = 2,63$  ;  $P = 0,0778$  ; Tableau X). L'indice d'Equitabilité de Piélou est relativement élevé dans tous les groupes, allant de  $E = 0,81$  à  $E = 0,88$ , et exprime une différence significative entre les groupes (test ANOVA,  $F = 5,174$  ;  $P = 0,00753$ ).

Tableau X : Caractéristiques floristiques des groupes d'espèces fréquentes discriminés du site de Bantikro

Groupements végétaux	Nombre d'espèces	H (moyen/ parcelle)	E (moyen/ parcelle)	Espèces caractéristiques
G1	35	1,56±0,27	0,81±0,09 <sup>a</sup>	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (73,0 p.c.)
G2	43	1,66±0,46	0,83±0,09 <sup>ab</sup>	<i>Albizia adianthifolia</i> (95,7 p.c.)
G3	29	1,79±0,30	0,88±0,05 <sup>b</sup>	<i>Holarrhena floribunda</i> (90,1 p.c.)
Tests ANOVA		$F = 2,63$ ; $P = 0,0778$	$F = 5,174$ ; $P = 0,00753$	

$\alpha = 0,05$  ;  $H$  : indice de Shannon ;  $E$  : Equitabilité de Piélou ; les chiffres entre parenthèses correspondent à la valeur indicatrice (IV) des espèces

### 7.1.2.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers

#### 7.1.2.5.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur

La classe de hauteur qui renferme le plus d'individus est la classe de plus de 8 m de hauteur (HC3). On y rencontre des espèces telles que *Lannea acida*, *Newbouldia laevis*, *Antiaris africana*, *Ceiba pentandra*, *Ricinodendron heudelotii*, *Persea americana*, *Harungana madagascariensis*, *Terminalia superba*, *Antiaris toxicaria*, *Bombax costatum* et *Piliostigma thonningii*. Le plus faible nombre d'individus est enregistré dans la classe HC2 : [4 - 8m[. L'analyse de la structure verticale révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre les classes de hauteur dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers (test ANOVA,  $F = 2,692$  ;  $P = 0,0794$  ; Figure 19). L'analyse des résultats montre que 80,23 p.c. des individus appartiennent aux classes de 2 à 4 m et de plus de 8 m de hauteur. En effet, la classe des individus de 2 à 4 m de hauteur est constituée par des espèces ligneuses telles que *Ficus exasperata*, *Alchornea cordifolia*, *Mangifera indica*, *Cassia siamea*, *Sterculia tragacantha*, *Ficus capensis*, *Citrus sinensis*, *Psidium guajava*, *Morinda lucida* et *Ficus vogelii*. La densité d'arbres que renferme la classe des individus de plus de 8 m de hauteur indique que les systèmes agroforestiers à cacaoyers renferment un potentiel de semenciers.

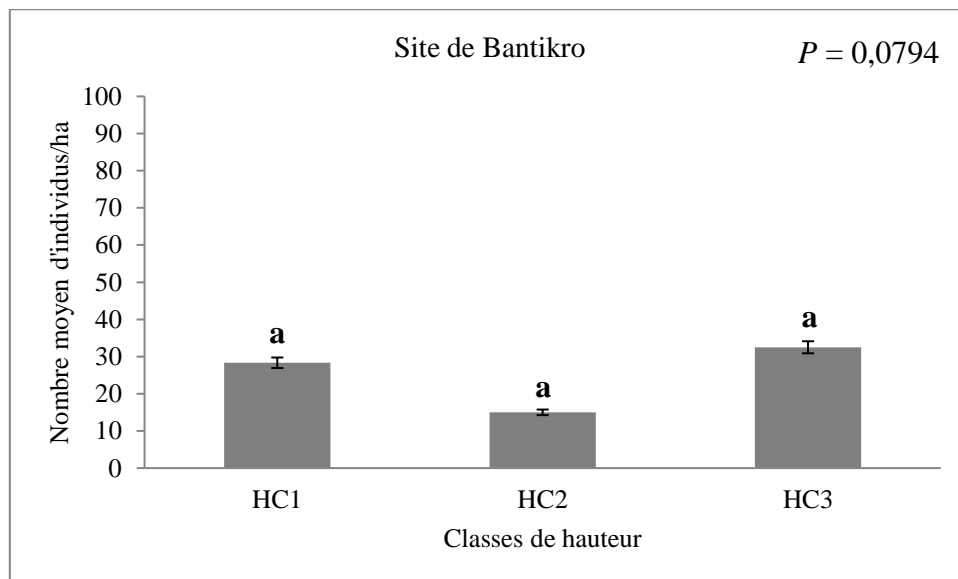


Figure 19 : Distribution des individus dans les classes de hauteur

(HC1 : [2 – 4 m[ ; HC2 : [4 – 8 m[ et HC3 :  $\geq 8$  m)

#### 7.1.2.5.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre

Concernant les classes de diamètre, le nombre d'individus est notablement plus élevé pour la plus petite classe de diamètre DC1 : < 10 cm. Il y a eu une différence significative

entre le nombre d'individus de la petite classe de diamètre et celui de toutes les autres classes de diamètre (test ANOVA,  $F = 96,89$  ;  $P = 0,001$  ; Figure 20). Cette classe renferme des espèces comme *Citrus sinensis*, *Albizia zygia*, *Ficus exasperata*, *Alchornea cordifolia*, *Mangifera indica*, *Citrus reticulata* et *Sterculia tragacantha*. La classe des individus de plus de 40 cm sont représentées par les espèces telles que *Ceiba pentandra*, *Ricinodendron heudelotii*, *Bombax buenopozense*, *Nesogordonia papaverifera* et *Bombax costatum*. La structure diamétrique est en forme de « J inversé ». Ces résultats montrent qu'il existe des arbres exploitables dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.

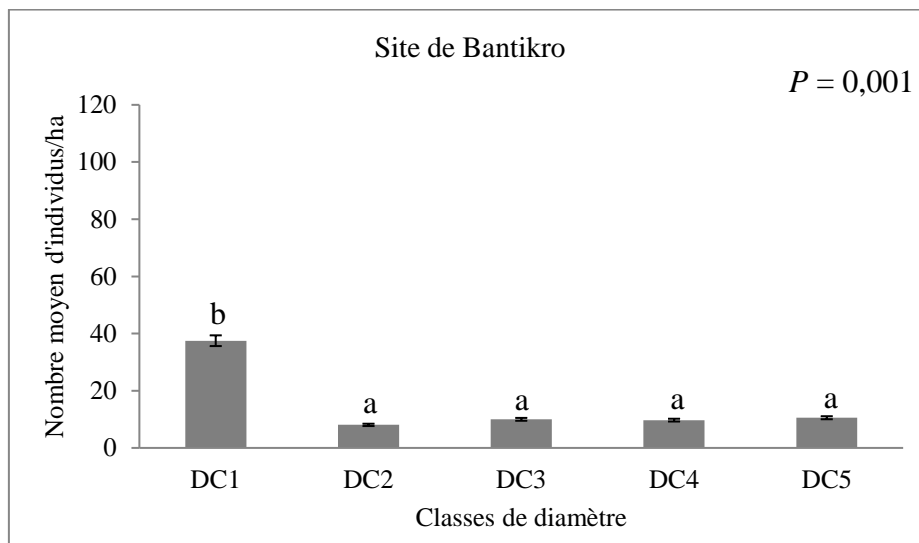


Figure 20 : Distribution des individus dans les classes de diamètre

(DC1 : < 10 cm ; DC2 : [10 – 20 cm[ ; DC3 : [20 – 30 cm[ ; DC4 : [30 – 40 cm[ et DC5 : ≥ 40 cm)

### 7.1.3. Site de Zepreguhé

#### 7.1.3.1. Composition floristique

La liste des espèces recensées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé, renferme 59 espèces réparties entre 49 genres et 25 familles. Dans l'ensemble de ces systèmes agroforestiers, 5 familles ont été dominantes en termes de représentativité des espèces. Ce sont les Fabaceae avec 14 p.c. des espèces, les Malvaceae et les Moraceae renfermant, chacune 13 p.c. d'espèces, suivies des Euphorbiaceae et des Rutaceae, renfermant chacune, 7 p.c. d'espèces (Figure 21). Les espèces se sont présentées sous 4 types biologiques dominés par les microphanérophytes à 74,68 p.c. (Figure 22). Concernant la distribution chorologique, 70,98 p.c. de toutes les espèces appartiennent à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien (GC-SZ), et 9,57 p.c. sont des

espèces introduites (Figure 23). Concernant le statut de préservation des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, on note la présence de trois (03) espèces classées vulnérables qui sont *Entandrophragma angolense*, *Khaya ivorensis* et *Nesogordonia papaverifera*, de deux (02) espèces menacées d’extinction à la flore ivoirienne (*Milicia excelsa* et *Baphia bancoensis*), d’une espèce endémique aux blocs forestiers ouest-africains (*Millettia rhodantha*) et de deux (02) espèces rares et/ou menacées d’extinction (*Irvingia gabonensis* et *Triplochiton scleroxylon*). Les systèmes agroforestiers à cacaoyers présentent une flore ligneuse riche qui renferme de nombreux arbustes composés d’espèces de forêt dense humide semi-décidue.

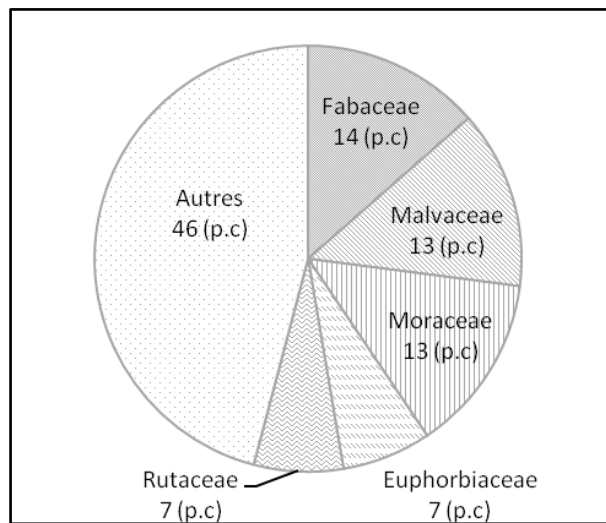


Figure 21 : Spectre des familles dominantes des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Zepreguhé

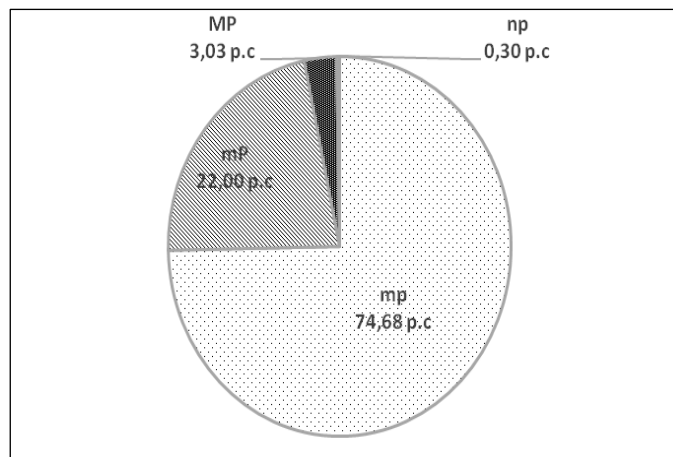


Figure 22 : Spectre biologique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Zepreguhé



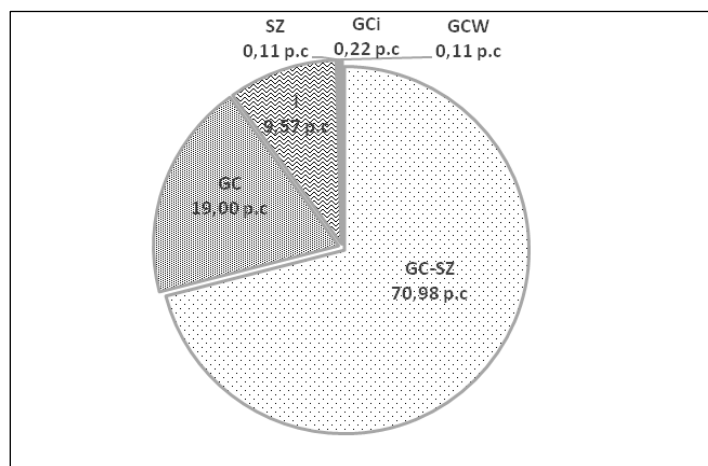


Figure 23 : Spectre phytogéographique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Zepreguhé

### 7.1.3.2. Diversité floristique

La moyenne de l'indice de diversité de Shannon des différentes parcelles de relevés du site de Zepreguhé est de  $1,62 \pm 0,45$ , tandis que l'indice d'Équitabilité de Piélou est de  $0,86 \pm 0,09$  (Tableau XI). Ces résultats indiquent que la flore est diversifiée et les individus sont repartis de manière équitable entre les espèces.

Tableau XI : Indices de diversité et d'Équitabilité des parcelles de relevés du site de Zepreguhé

Indices	Parcelles de relevés
Shannon	$1,62 \pm 0,45$
Équitabilité de Piélou	$0,86 \pm 0,09$

### 7.1.3.3. Répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'analyse factorielle des correspondances (Figure 24) a révélé que les deux premiers axes représentent 78,29 p.c. de la variabilité de la base de données analysée (Tableau XII). Suivant l'axe 1, les espèces ont été regroupées en fonction de leur fréquence dans les parcelles de relevés des systèmes agroforestiers à cacaoyers. L'analyse a permis de mettre en évidence trois groupes d'espèces. Ces groupes végétaux sont caractérisés chacun par une espèce indicatrice à l'aide de la méthode Indval comme suit : le groupe (G1) à *Coffea canephora*, le groupe (G2) à *Entandrophragma angolense* et le groupe (G3) à *Vernonia amygdalina* (Figure 25).

Le groupe (G1) à *Coffea canephora* renfermait des espèces les plus fréquentes qui étaient surtout des espèces forestières spontanées épargnées comme *Spondias mombin*, *Coffea canephora*, *Mallotus oppositifolius*, *Albizia adianthifolia*, *Albizia zygia*, *Morinda lucida* et des arborescentes cultivées comme *Gmelina arborea*, *Gliricidia sepium*, *Anacardium occidentale* et *Acacia mangium*. Ce groupe renfermait aussi des espèces fruitières cultivées comme *Psidium guajava*, *Mangifera indica*, *Annona muricata* et *Citrus maxima* (Tableau XIII).

Dans le groupe (G2) à *Entandrophragma angolense*, on trouve des espèces modérément fréquentes, notamment des espèces forestières de grandes dimensions préservées comme *Ricinodendron heudelotii*, *Amphimas pterocarpoides*, *Bombax buenopozense*, *Antiaris africana*, *Baphia bancoensis*, *Triplochiton scleroxylon*, *Nesogordonia papaverifera*, *Entandrophragma angolense* et *Milicia excelsa*, et des espèces fruitières cultivées comme *Persea americana* et *Citrus sinensis*.

Le groupe (G3) à *Vernonia amygdalina* comprend les espèces moins fréquentes. Il s'agit principalement d'espèces d'arbustes caractéristiques que l'on trouve généralement dans des formations secondaires, comme *Blighia sapida*, *Vernonia amygdalina*, *Moringa oleifera*, *Chassalia kolly*.

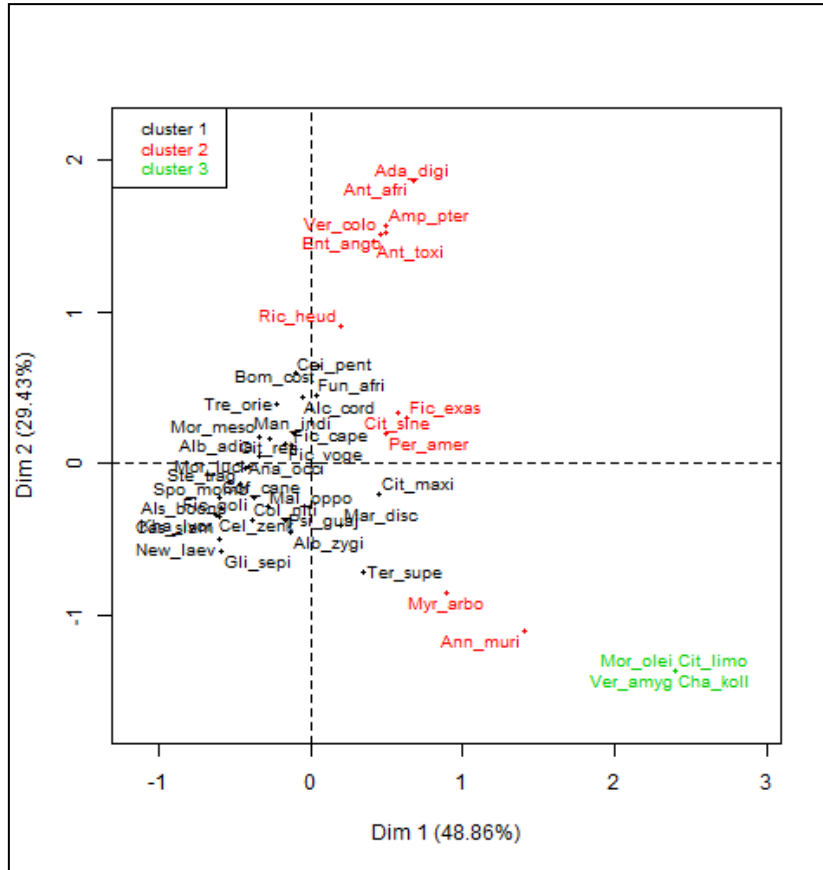


Figure 24 : Représentation graphique des espèces selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances du site de Zepregué

Tableau XII : Résumé de l'AFC des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepregué

Axes	Dim.1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Totale inertie
Variance	0,311	0,187	0,083	0,056	
Variabilité floristique (p.c.)	48,863	29,427	12,987	8,724	0,636
Valeurs cumulatives de la variabilité floristique (p.c.)	48,863	78,289	91,276	100	

Dim.1-Dim.4: axes de l'AFC

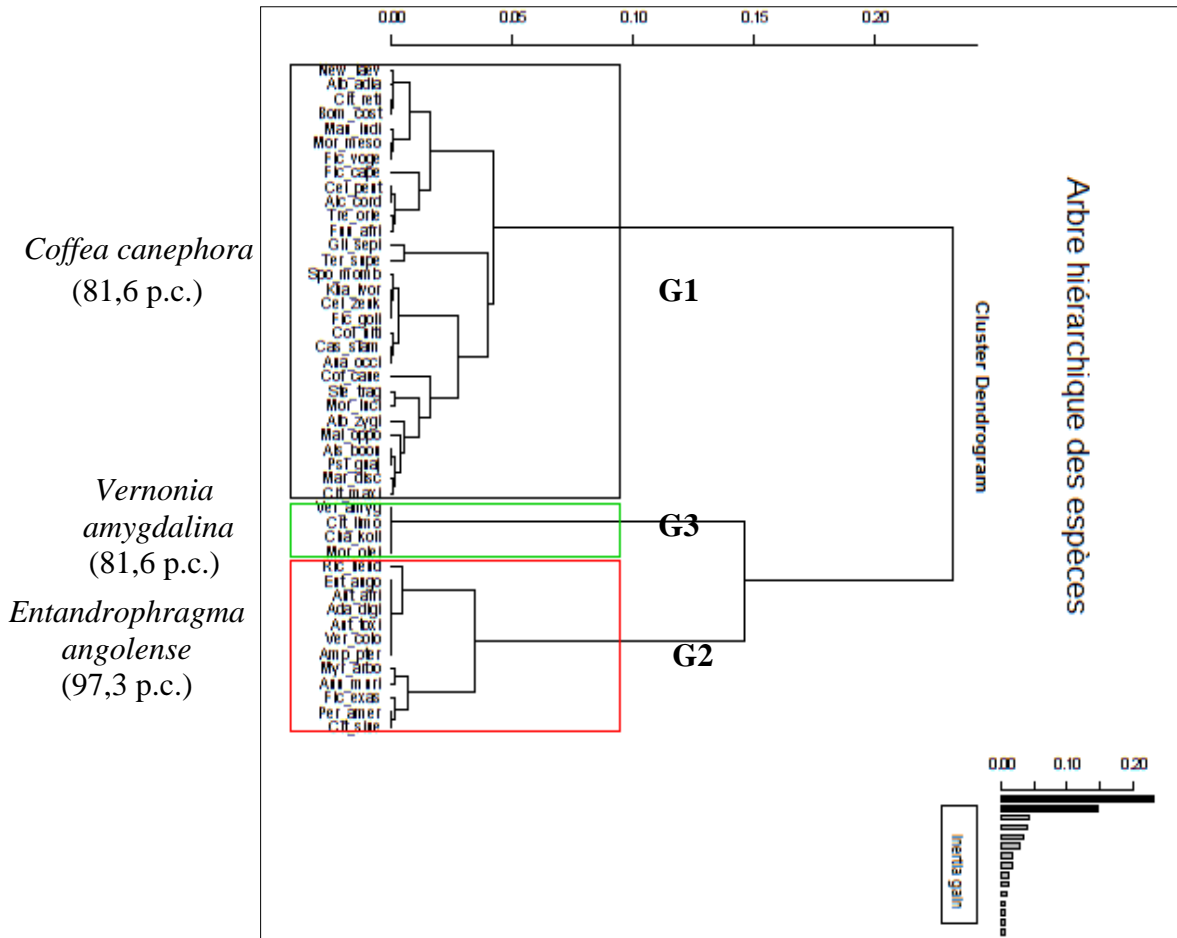


Figure 25 : Espèces indicatrices des groupes de niveau de fréquence de la classification ascendante hiérarchique des individus d'espèces ligneuses associées du site de Zepregué.

Tableau XIII : Codification des espèces ligneuses dans les groupes végétaux

Code_Spc	Espèces	Cluster	Code_Spc	Espèces	Cluster
Man_indi	<i>Mangifera indica</i>	G1	Alb_adia	<i>Albizia adianthifolia</i>	G1
Mar_disc	<i>Margaritaria discoidea</i>	G1	Alb_zygi	<i>Albizia zygia</i>	G1
Cei_pent	<i>Ceiba pentandra</i>	G1	Myr_arbo	<i>Myrianthus arboreus</i>	G1
Ter_supe	<i>Terminalia superba</i>	G1	Tri_scle	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	G2
Aca_mang	<i>Acacia mangium</i>	G1	Bom_buen	<i>Bombax buenopozense</i>	G2
New_laev	<i>Newbouldia laevis</i>	G1	Ant_afri	<i>Antiaris africana</i>	G2
Cel_zenk	<i>Celtis zenkeri</i>	G1	Nes_papa	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	G2
Psi_guaj	<i>Psidium guajava</i>	G1	Ent_ango	<i>Entandrophragma angolense</i>	G2
Mor_luci	<i>Morinda lucida</i>	G1	Ant_toxi	<i>Antiaris toxicaria</i>	G2
Cof_cane	<i>Coffea canephora</i>	G1	Per_amer	<i>Persea americana</i>	G2
Bom_cost	<i>Bombax costatum</i>	G1	Bap_banc	<i>Baphia bancoensis</i>	G2
Mal_oppo	<i>Mallotus oppositifolius</i>	G1	Mil_exce	<i>Milicia excelsa</i>	G2
Hol_flor	<i>Holarrhena floribunda</i>	G1	Amp_pter	<i>Amphimys pterocarpoides</i>	G2
Als_boon	<i>Alstonia boonei</i>	G1	Ric_heud	<i>Riciodendron heudelotii</i>	G2
Ann_muri	<i>Annona muricata</i>	G1	Cit_sine	<i>Citrus sinensis</i>	G2
Spo_momb	<i>Spondias mombin</i>	G1	Bli_sapi	<i>Blighia sapida</i>	G3
Cit_maxi	<i>Citrus maxima</i>	G1	Ver_amyg	<i>Vernonia amygdalina</i>	G3
Gli_sepi	<i>Gliciridia sepium</i>	G1	Mor_olei	<i>Moringa oleifera</i>	G3
Gme_arbo	<i>Gmelina arborea</i>	G1	Cha_koll	<i>Chassalia kolly</i>	G3
Ana_occi	<i>Anacardium occidentale</i>	G1	Cit_limo	<i>Citrus limon</i>	G3

#### 7.1.3.4. Caractéristiques des groupes végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers

Le groupe (G1) à *Coffea canephora* contient le plus grand nombre d'espèces (42,59 p.c.). Concernant l'indice de diversité de Shannon, les groupes G1, G2 et G3 semblent peu diversifiés, avec des valeurs respectives de  $H = 1,75 \pm 0,29$ ;  $H = 1,09 \pm 0,48$  et  $H = 1,75 \pm 0,36$  et présentent une différence significative entre eux (test ANOVA,  $F = 21,9$  ;  $P = 0,001$  ; Tableau XIV). L'indice d'Équitabilité de Piélou est relativement élevé dans tous les groupes, allant de  $E = 0,77$  à  $E = 0,88$ , et exprime une différence significative entre les groupes (test ANOVA,  $F = 5,676$  ;  $P = 0,00482$ ).

Tableau XIV : Caractéristiques floristiques des groupes d'espèces fréquentes discriminés du site de Zepreguhé

Groupements végétaux	Nombre d'espèces	H (moyen/ parcelle)	E (moyen/ parcelle)	Espèces caractéristiques
G1	46	$1,75 \pm 0,36^b$	$0,88 \pm 0,06^b$	<i>Coffea canephora</i> (81,6 p.c.)
G2	36	$1,75 \pm 0,29^b$	$0,84 \pm 0,07^{ab}$	<i>Entandrophragma angolense</i> (97,3 p.c.)
G3	26	$1,09 \pm 0,48^a$	$0,77 \pm 0,23^a$	<i>Vernonia amygdalina</i> (81,6 p.c.)
Tests ANOVA		$F = 21,9$ ; $P = 0,001$	$F = 5,676$ ; $P = 0,00482$	

$\alpha = 0,05$  ; H : indice de Shannon ; E : Équitabilité de Piélou ; les chiffres entre parenthèses correspondent à la valeur indicatrice (IV) des espèces

#### 7.1.3.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers

##### 7.1.3.5.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur

Le nombre le plus élevé d'individus est enregistré dans la classe HC3 :  $\geq 8$  m et le plus faible dans la classe HC1 :  $[2 - 4$  m[, cependant, il n'y a pas de différence significative du nombre d'individus entre les différentes classes (test ANOVA,  $F = 2,469$  ;  $P = 0,0969$  ; Figure 26). L'analyse des résultats montre que 77,17 p.c. des individus occupent les classes de 2 à 4 m et de plus de 8 m. La strate haute (plus de 8 m) est représentée par les arbres tels que *Terminalia superba*, *Ceiba pentandra*, *Milicia excelsa*, *Khaya ivorensis*, *Ricinodendron heudelotii*, *Morinda lucida*, *Nesogordonia papaverifera*, *Amphimas pterocarpoides*, *Newbouldia laevis*, *Antiaris toxicaria*, *Bombax buenopozense*, *Entandrophragma angolense*, *Triplochiton scleroxylon*, *Cola nitida*, *Persea americana* et *Baphia bancoensis*. Ces résultats révèlent que les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé renferment un potentiel de semenciers.

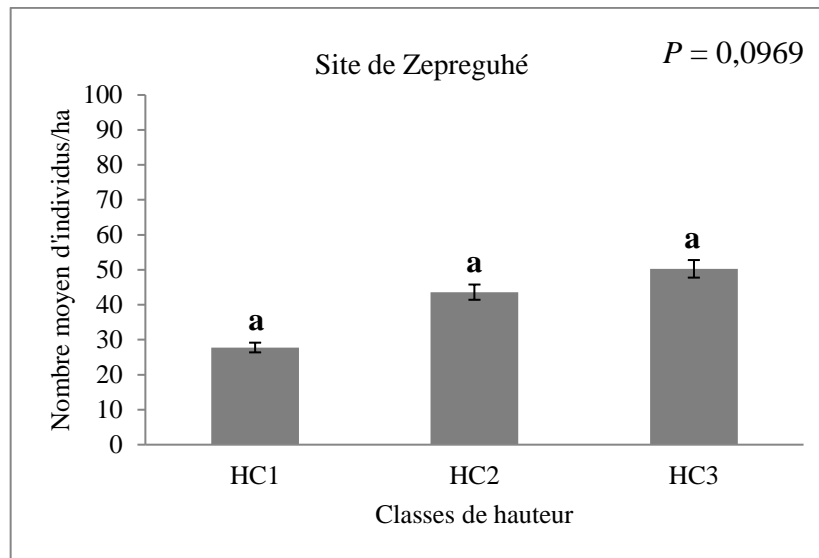


Figure 26 : Distribution des individus dans les classes de hauteur

(HC1: [2 – 4 m[ ; HC2 : [4 – 8 m[ et HC3 :  $\geq 8$ m)

#### 7.1.3.5.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre

Au niveau des classes de diamètre, le nombre d'individus est plus élevé dans la classe DC1 (< 10 cm) suivie de la classe DC2 de 10 à 20 cm. Les résultats révèlent qu'il y a eu une différence significative du nombre d'individus entre les classes, séparées en 3 groupes statistiques distincts (test ANOVA,  $F = 7,427$  ;  $P = 0,001$  ; Figure 27). Un groupe pour la classe DC1, un groupe pour la classe DC2 et les 3 classes renfermant les individus de grandes dimensions se distinguent en un 3<sup>ème</sup> groupe statistique. Cette dernière classe renferme des espèces telles que *Ceiba pentandra*, *Milicia excelsa*, *Ricinodendron heudelotii*, *Bombax buenopozense*, *Entandrophragma angolense*, *Nesogordonia papaverifera*, *Bombax costatum*, *Amphimas pterocarpoides* et *Triplochiton scleroxylon*. La structure diamétrique est en forme de « J inversé ». Ces résultats indiquent que les systèmes agroforestiers à cacaoyers regorgent des essences forestières exploitables.

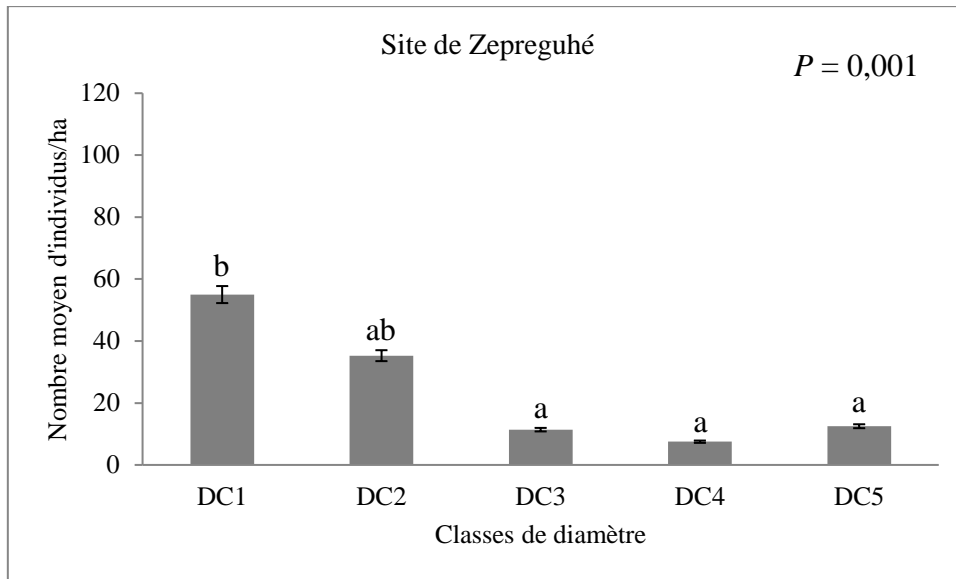


Figure 27 : Distribution des individus dans les classes de diamètre

(DC1 : < 10 cm ; DC2 : [10 – 20 cm[ ; DC3 : [20 – 30 cm[ ; DC4 : [30 – 40 cm[ et DC5 : ≥ 40 cm)

#### 7.1.4. Site de Bowaly

##### 7.1.4.1. Composition floristique

La liste des espèces relevées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly, renferme 50 espèces réparties entre 42 genres et 23 familles. Dans l'ensemble de ces agrosystèmes, 5 familles ont été dominantes en termes de représentativité des espèces. Ce sont les Malvaceae avec 12 p.c. des espèces, les Fabaceae, les Moraceae et les Rutaceae, renfermant chacune 10 p.c. d'espèces, suivies des Anacardiaceae renfermant, 8 p.c. d'espèces (Figure 28). Les espèces se sont présentées sous 3 types biologiques dominés par les microphanérophytes à 65,47 p.c. (Figure 29). Au niveau phytogéographique, 70,43 p.c. de toutes les espèces appartiennent à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien (GC-SZ), et 15,13 p.c. sont des espèces introduites (Figure 30). Concernant le statut de préservation des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, on note la présence d'une (01) espèce classée vulnérable qui est *Terminalia ivorensis*. Les systèmes agroforestiers à cacaoyers présentent une flore ligneuse riche qui renferme de nombreux arbustes composés essentiellement d'espèces de forêt dense humide semi-décidue.

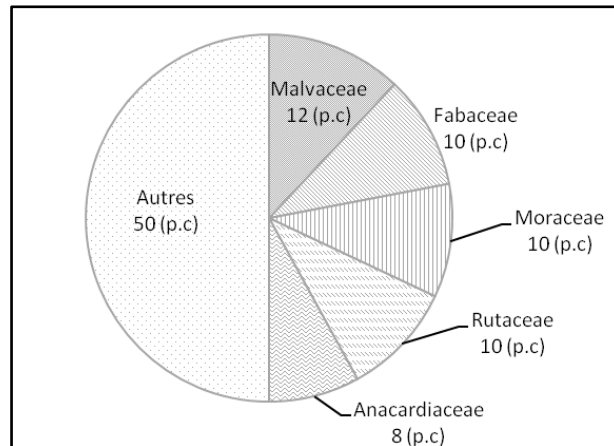


Figure 28 : Spectre des familles dominantes des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bowaly

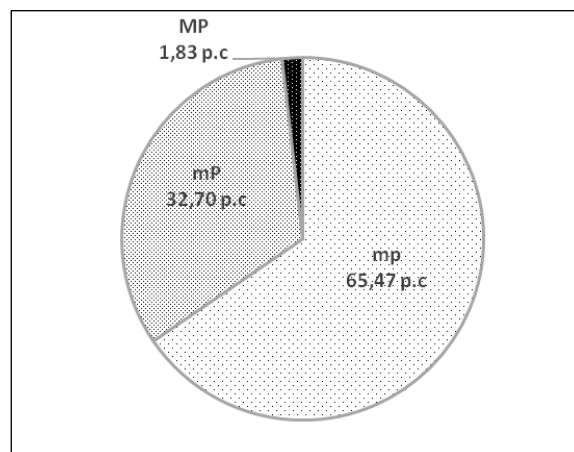


Figure 29 : Spectre biologique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bowaly

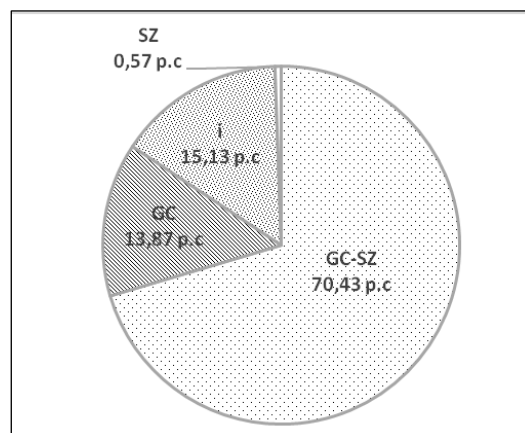


Figure 30 : Spectre phytogéographique des espèces végétales associées aux cacaoyers du site de Bowaly



#### 7.1.4.2. Diversité floristique

Le tableau XV présente les moyennes des indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Pielou des différentes parcelles de relevés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly avec des valeurs respectives de  $1,53 \pm 0,42$  et de  $0,87 \pm 0,13$ . Ces résultats montrent que la flore est diversifiée et les individus sont repartis de façon équitable entre les espèces.

Tableau XV : Indices de diversité et d'Équitabilité des parcelles de relevés du site de Bowaly

Indices	Parcelles de relevés
Shannon	$1,53 \pm 0,42$
Équitabilité de Pielou	$0,87 \pm 0,13$

#### 7.1.4.3. Répartition des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'analyse factorielle des correspondances (Figure 31) a révélé que les deux premiers axes représentent 67,80 p.c. de la variabilité de la base de données analysée (Tableau XVI). Suivant l'axe 1, les espèces ont été regroupées en fonction de leur fréquence dans les parcelles de relevés des systèmes agroforestiers à cacaoyers. L'analyse a permis de mettre en évidence trois groupes d'espèces. Ce résultat montre les niveaux d'organisation des espèces conservées par les producteurs, dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Les groupes végétaux sont caractérisés chacun par une espèce indicatrice à l'aide de la méthode Indval. On distingue trois groupes qui sont : le groupe (G1) à *Mallotus oppositifolius*, le groupe (G2) à *Terminalia superba* et le groupe (G3) à *Anacardium occidentale* (Figure 32).

Le groupe (G1) à *Mallotus oppositifolius* contient les espèces les plus fréquentes qui étaient surtout des espèces forestières spontanées comme, *Spondias mombin*, *Coffea canephora*, *Morus mesozygia*, *Mallotus oppositifolius*, *Fagara leprieurii*, *Albizia adianthifolia* et *Albizia zygia* et des espèces fruitières cultivées telles que *Citrus limon* et *Citrus reticulata* (Tableau XVII).

Dans le groupe (G2) à *Terminalia superba*, on trouve des espèces modérément fréquentes, notamment des espèces forestières de grandes dimensions préservées comme *Newbouldia laevis*, *Sterculia tragacantha*, *Celtis zenkeri*, *Pycnanthus angolensis*, *Terminalia superba*, *Ricinodendron heudelotii*, *Trema orientalis* et *Ceiba pentandra*, et des espèces fruitières cultivées comme *Psidium guajava* et *Mangifera indica*.

Le groupe (G3) à *Anacardium occidentale* comprend les espèces moins fréquentes. Il s'agit principalement d'espèces arborescentes cultivées comme *Anacardium occidentale*, *Gliricidia sepium*, *Persea americana*, et quelques espèces forestières comme *Bombax costatum*, *Alstonia boonei*, *Carapa procera*, *Lanea acida* et *Terminalia ivorensis*.

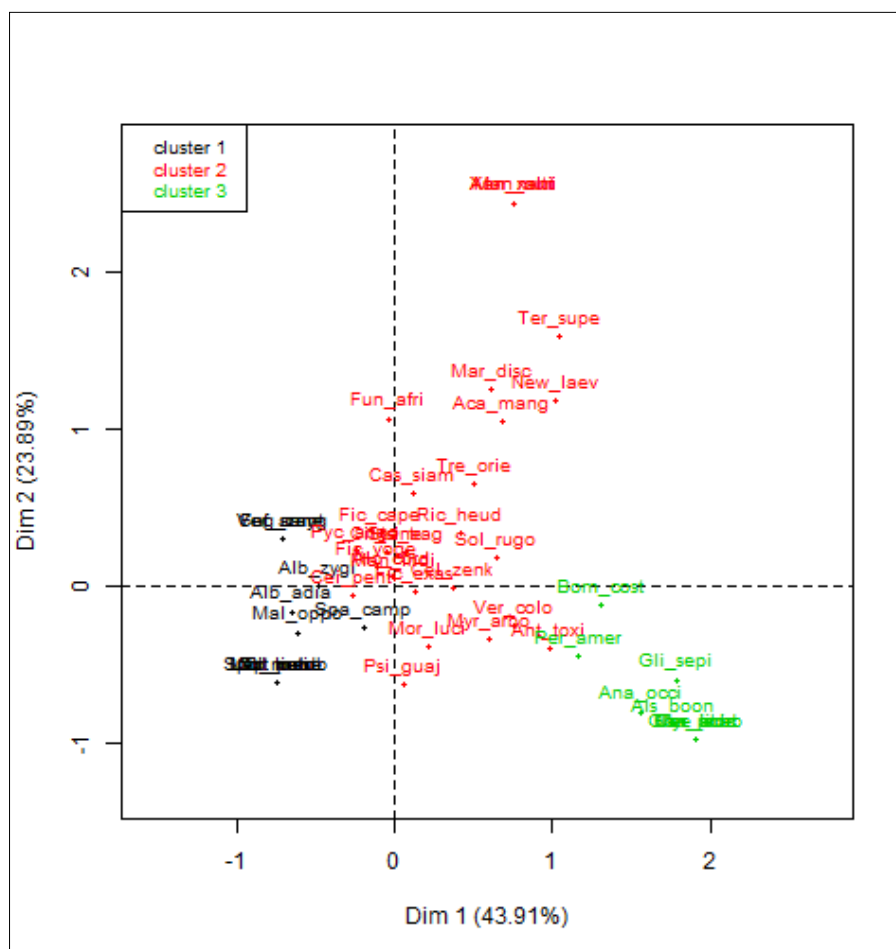


Figure 31 : Représentation graphique des espèces selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances du site de Bowaly

Tableau XVI : Résumé de l'AFC des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly

Axes	Dim.1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Totale inertie
Variance	0,275	0,150	0,105	0,097	
Variabilité floristique (p.c.)	43,915	23,893	16,758	15,434	0,627
Valeurs cumulatives de la variabilité floristique (p.c.)	43,915	67,808	84,566	100	

Dim.1-Dim.4: axes de l'AFC

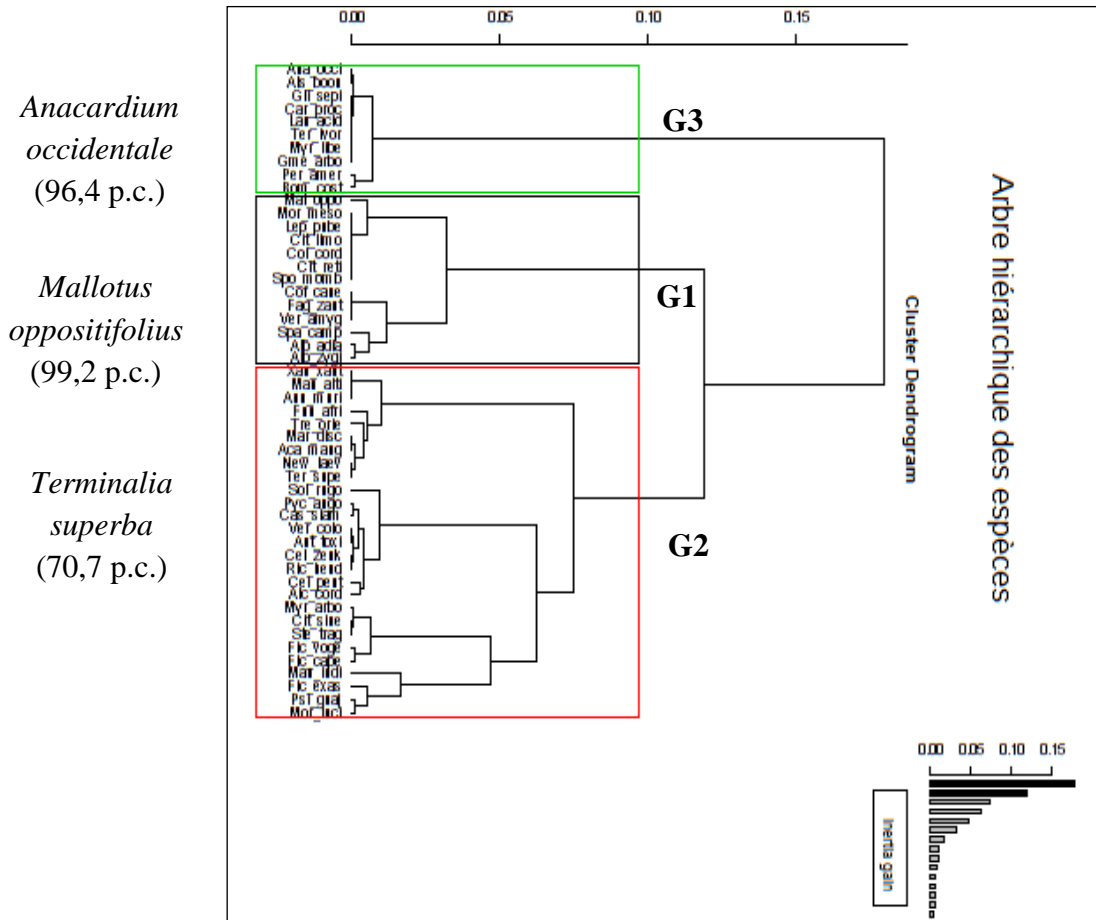


Figure 32 : Espèces indicatrices des groupes de niveau de fréquence de la classification ascendante hiérarchique des individus d'espèces ligneuses associées du site de Bowaly

Tableau XVII : Codification des espèces ligneuses dans les groupes végétaux

Code_Spc	Espèces	Cluster	Code_Spc	Espèces	Cluster
Fag_lepr	<i>Fagara lepreurii</i>	G1	Aca_mang	<i>Acacia mangium</i>	G2
Cit_limo	<i>Citrus limon</i>	G1	New_laev	<i>Newbouldia laevis</i>	G2
Cit_reti	<i>Citrus reticulata</i>	G1	Ric_heud	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	G2
Col_cord	<i>Cola cordifolia</i>	G1	Cel_zenk	<i>Celtis zenkeri</i>	G2
Spo_momb	<i>Spondias mombin</i>	G1	Pyc_ango	<i>Pycnanthus angolensis</i>	G2
Cof_cane	<i>Coffea canephora</i>	G1	Ant_toxi	<i>Antiaris toxicaria</i>	G2
Alb_adia	<i>Albizia adianthifolia</i>	G1	Ver_colo	<i>Vernonia colorata</i>	G2
Alb_zygi	<i>Albizia zygia</i>	G1	Psi_guaj	<i>Psidium guajava</i>	G2
Mal_oppo	<i>Mallotus oppositifolius</i>	G1	Ver_amyg	<i>Vernonia amygdalina</i>	G2
Mor_meso	<i>Morus mesozygia</i>	G1	Fic_exas	<i>Ficus exasperata</i>	G2
Spa_camp	<i>Spathodea campanulata</i>	G1	Mor_luci	<i>Morinda lucida</i>	G2
Cas_siam	<i>Cassia siamea</i>	G2	Tre_orie	<i>Trema orientalis</i>	G2
Fic_cape	<i>Ficus capensis</i>	G2	Ana_occi	<i>Anacardium occidentale</i>	G3
Fic_voge	<i>Ficus vogelii</i>	G2	Per_amer	<i>Persea americana</i>	G3
Fun_afri	<i>Funtumia africana</i>	G2	Bom_cost	<i>Bombax costatum</i>	G3
Man_indi	<i>Mangifera indica</i>	G2	Gli_sepi	<i>Gliciridia sepium</i>	G3
Mar_disc	<i>Margaritaria discoidea</i>	G2	Als_boon	<i>Alstonia boonei</i>	G3
Alc_cord	<i>Alchornea cordifolia</i>	G2	Car_proc	<i>Carapa procera</i>	G3
Cei_pent	<i>Ceiba pentandra</i>	G2	Lan_acid	<i>Lanea acidia</i>	G3
Sol_rugo	<i>Solanum rugosum</i>	G2	Myr_libe	<i>Myrianthus libericus</i>	G3
Ste_trag	<i>Sterculia tragacantha</i>	G2	Ter_ivor	<i>Terminalia ivorensis</i>	G3
Ter_supe	<i>Terminalia superba</i>	G2			

#### 7.1.4.4. Caractéristiques des groupes végétaux des systèmes agroforestiers à cacaoyers

Le groupe (G2) à *Terminalia superba* contient le plus grand nombre d'espèces (40 p.c.). En ce qui concerne l'indice de diversité de Shannon, les groupes G1, G2 et G3 semblent peu diversifiés, avec des valeurs respectives de  $H = 1,21 \pm 0,31$ ;  $H = 1,59 \pm 0,43$  et  $H = 1,64 \pm 0,35$  et présentent une différence significative entre eux (test ANOVA,  $F = 7,071$  ;  $P = 0,00143$  ; Tableau XVIII). L'indice d'Équitabilité de Piélou est relativement élevé dans tous les groupes, allant de  $E = 0,83$  à  $E = 0,89$ , et n'exprime aucune différence significative entre les groupes (test ANOVA,  $F = 0,96$  ;  $P = 0,387$ ).

Tableau XVIII : Caractéristiques floristiques des groupes d'espèces fréquentes discriminés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly

Groupements végétaux	Nombre d'espèces	H (moyen/ parcelle)	E (moyen/ parcelle)	Espèces caractéristiques
G1	25	1,21±0,31 <sup>a</sup>	0,89±0,14	<i>Mallotus oppositifolius</i> (99,2 p.c.)
G2	40	1,59±0,43 <sup>b</sup>	0,86±0,14	<i>Terminalia superba</i> (70,7 p.c.)
G3	35	1,64±0,35 <sup>b</sup>	0,83±0,08	<i>Anacardium occidentale</i> (96,4 p.c.)
Tests ANOVA		$F = 7,071$ ; $P = 0,0014$	$F = 0,96$ ; $P = 0,387$	

$\alpha = 0,05$  ; H : indice de Shannon ; E : Équitabilité de Piélou ; les chiffres entre parenthèses correspondent à la valeur indicatrice (IV) des espèces

#### 7.1.4.5. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers

##### 7.1.4.5.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur

Le nombre d'individus le plus élevé est enregistré dans la classe de hauteur HC3 :  $\geq 8$  m. Le plus faible nombre d'individus se retrouve dans la classe basse (2 à 4 m). L'analyse de la structure verticale montre qu'il y a eu une différence significative du nombre d'individus entre les classes de hauteur (test ANOVA,  $F = 6,857$  ;  $P = 0,00265$  ; Figure 33). L'analyse des résultats révèle que 62,3 p.c. d'individus ont plus de 8 m de hauteur. Cette classe, la plus haute qui se distingue statistiquement des autres classes, en un groupe (b), est représentée par les arbres tels que *Terminalia superba*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia ivorensis*, *Bombax costatum*, *Cola cordifolia*, *Ricinodendron heudelotii*, *Newbouldia laevis* et *Celtis zenkeri*. Ces résultats montrent que les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly renferment un potentiel de semenciers.

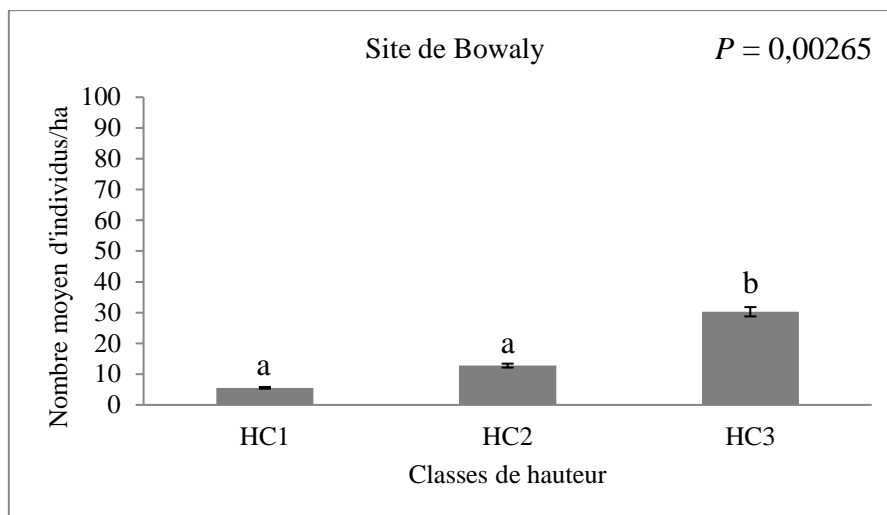


Figure 33 : Distribution des individus dans les classes de hauteur

(HC1 : [2 – 4 m[ ; HC2 : [4 – 8 m[ et HC3 :  $\geq$  8m)

#### 7.1.4.5.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre

Concernant les classes de diamètre, bien que le nombre d'individus soit le plus élevé en DC1 (< 10 cm) et le plus faible en DC5 ( $\geq$  40 cm), il n'y a pas eu de différence significative entre les classes de diamètre (Test ANOVA,  $F = 3,8784$  ;  $P = 0,4227$  ; Figure 34). La classe de diamètre DC5 ( $\geq$  40 cm) est représentée par les espèces telles que *Ricinodendron heudelotii*, *Antiaris toxicaria*, *Terminalia ivorensis*, *Celtis zenkeri*, *Bombax costatum*, *Lannea acida*, *Terminalia superba*. Ces résultats révèlent qu'il existe des essences forestières exploitables dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly.

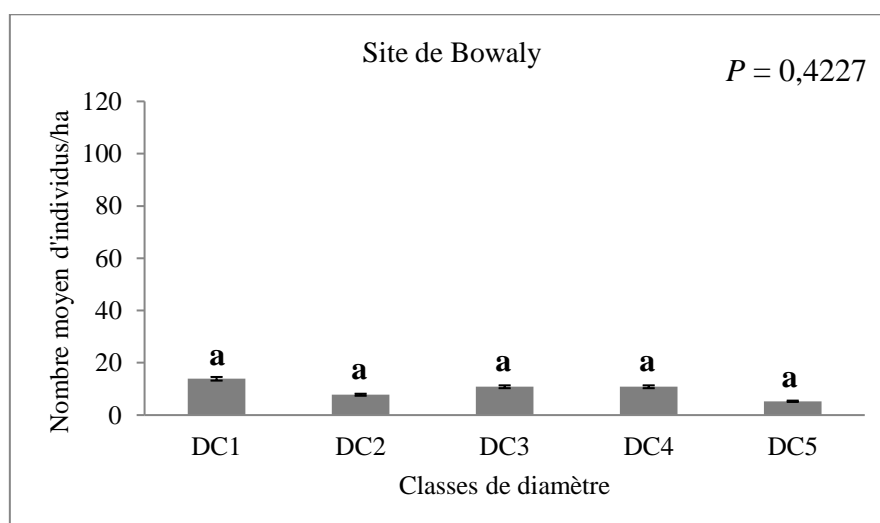


Figure 34 : Distribution des individus dans les classes de diamètre

(DC1 : < 10 cm ; DC2 : [10 – 20 cm[ ; DC3 : [20 – 30 cm[ ; DC4 : [30 – 40 cm[ et DC5 :  $\geq$  40 cm)

## 7.2. Importance de la flore ligneuse associée dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers et services écosystémiques

### 7.2.1. Profil des producteurs de cacao du département de Daloa

#### 7.2.1.1. Origine ethnique des producteurs

Le dépouillement des enquêtes révèle que 82,22 p.c. des producteurs interrogés étaient des autochtones Baoulés venant généralement du Centre de la Côte d'Ivoire. Dans la zone d'étude, les autochtones Bétés (considérés comme les propriétaires terriens) représentent 12,22 p.c. et les allogènes Burkinabés constituent 2,22 p.c. de l'ensemble des producteurs interrogés (Figure 35).

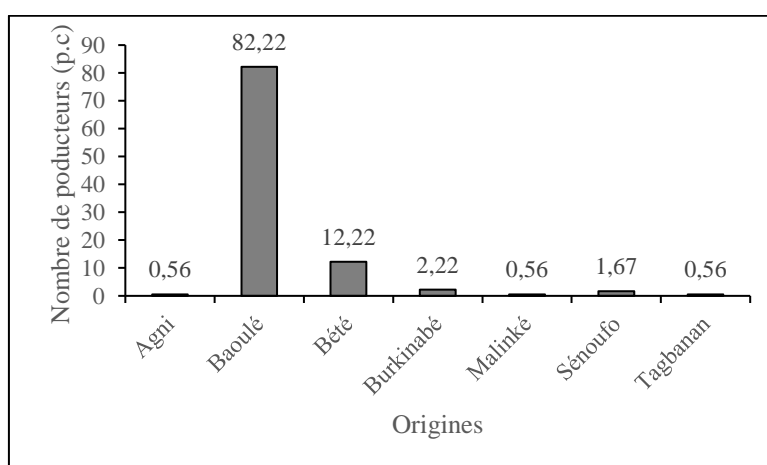


Figure 35 : Origine ethnique des producteurs de cacao du département de Daloa

#### 7.2.1.2. Classes d'âge des producteurs de cacao

L'âge des producteurs de cacao du département de Daloa se situe entre 24 et 90 ans avec une moyenne de l'ordre de 47,94 ans ( $\pm 13$ ). Les classes de [35 - 50[ ans et de [50 - 65[ ans sont les plus dominantes. La classe de plus de 80 ans est faiblement représentée (Figure 36).

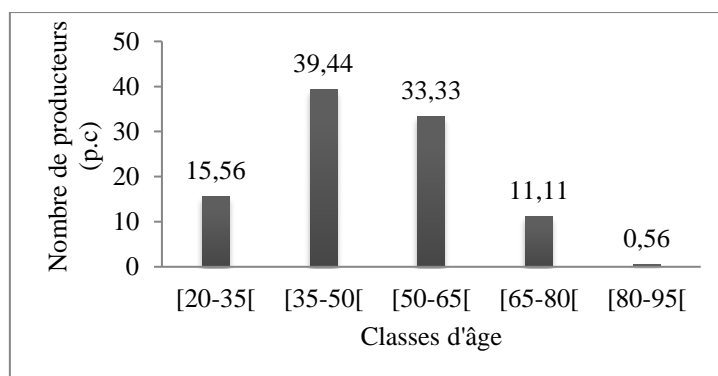


Figure 36 : Répartition des producteurs de cacao en classes d'âge dans le département de Daloa

### 7.2.1.3. Niveau d'étude des producteurs

Pour l'ensemble des personnes interrogées, la population alphabète est la plus représentée avec 53,89 p.c. contre 46,11 p.c. pour la population analphabète. Dans la catégorie de la population alphabète, le nombre de producteurs ayant seulement fait le cycle primaire est le plus dominant avec 31,11 p.c. (Figure 37).

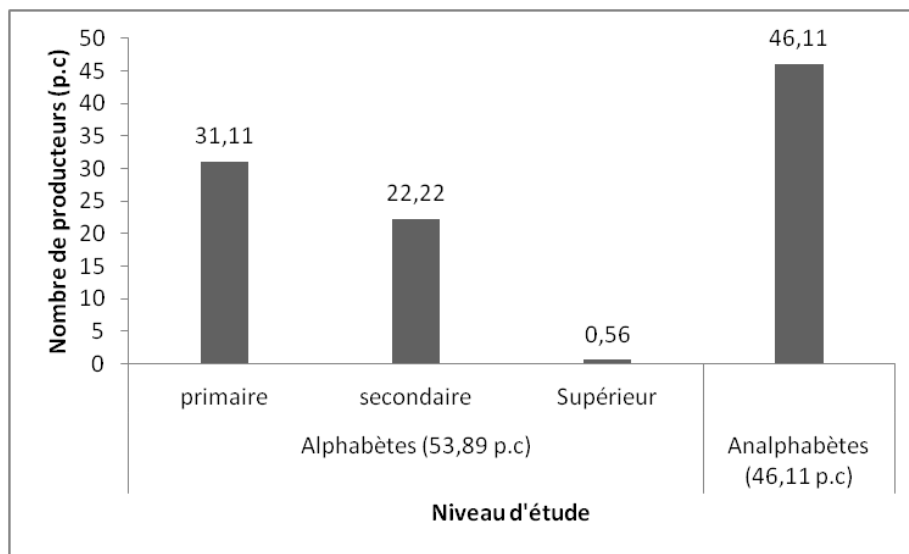


Figure 37 : Répartition des producteurs de cacao selon leur niveau d'étude

### 7.2.1.4. Mode d'acquisition des plantations

L'acquisition des plantations dans la région de Daloa se fait selon trois modalités : l'acquisition par achat de forêt ou de plantation, l'acquisition par héritage et la création par le planteur lui-même. Le mode d'acquisition le plus répandu est le mode par création par le producteur lui-même (85 p.c.) et le mode d'acquisition le moins répandu est l'achat qui n'a concerné que 1,11 p.c. des producteurs enquêtés (Figure 38).

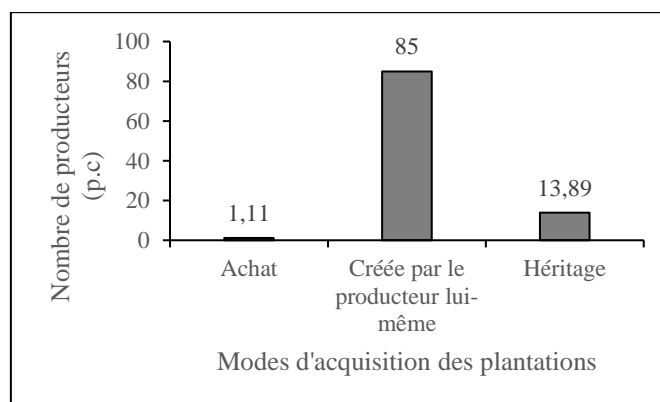


Figure 38 : Répartition des producteurs de cacao selon le mode d'acquisition de leur plantation

### 7.2.2. Importance de la flore ligneuse dans la vie des producteurs

Les enquêtes ont confirmé que les espèces maintenues dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers sont utiles dans 9 domaines de la vie quotidienne des producteurs (Figures 39 et 40). Ces domaines, par ordre d'importance sont l'ombrage, l'alimentation, la médecine traditionnelle, le commerce, le bois d'œuvre, le bois de chauffe, la délimitation des plantations, la fertilisation du sol et divers autres services. Les espèces utilisées pour produire de l'ombrage aux jeunes cacaoyers (28,6 p.c.) sont entre autres *Terminalia superba*, *Pycnanthus angolensis*, *Milicia excelsa*, *Terminalia ivorensis*, *Nauclea diderrichii*, *Entandrophragma angolense*, *Bombax costatum*, *Triplochiton scleroxylon*, *Baphia bancoensis*, *Ricinodendron heudelotii*, *Piptadeniastrum africanum* et *Nesogordonia papaverifera*. Celles utilisées en alimentation (23,5 p.c.) sont *Ricinodendron heudelotii*, *Persea americana*, *Citrus sinensis*, *Mangifera indica*, *Psidium guajava*, *Citrus reticulata*, *Annona muricata*, *Tamarindus indica*, *Citrus maxima*, *Parkia biglobosa*, *Irvingia gabonensis* et *Myrianthus arboreus*. Les espèces utilisées en médecine traditionnelle (15,5 p.c.) sont représentées par *Alstonia boonei*, *Solanum rugosum*, *Moringa oleifera*, *Morinda lucida*, *Alchornea cordifolia*, *Vernonia colorata*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Newbouldia laevis*, *Garcinia kola*, *Azadirachta indica*, *Tectona grandis* et *Pentadesma butyracea*. Celles utilisées pour la fertilisation du sol (5,8 p.c.) et pour divers autres services (1,5 p.c.) sont *Spondias mombin*, *Gmelina arborea*, *Ficus capensis*, *Gliricidia sepium*, *Acacia mangium*, *Albizia zygia*, *Albizia adianthifolia*, *Treculia africana* et *Citrus limon*.



Figure 39 : Cacaoyers cultivés sous l'ombrage de *Terminalia superba* dans la zone de Daloa  
(Photo : Boko, 2019)



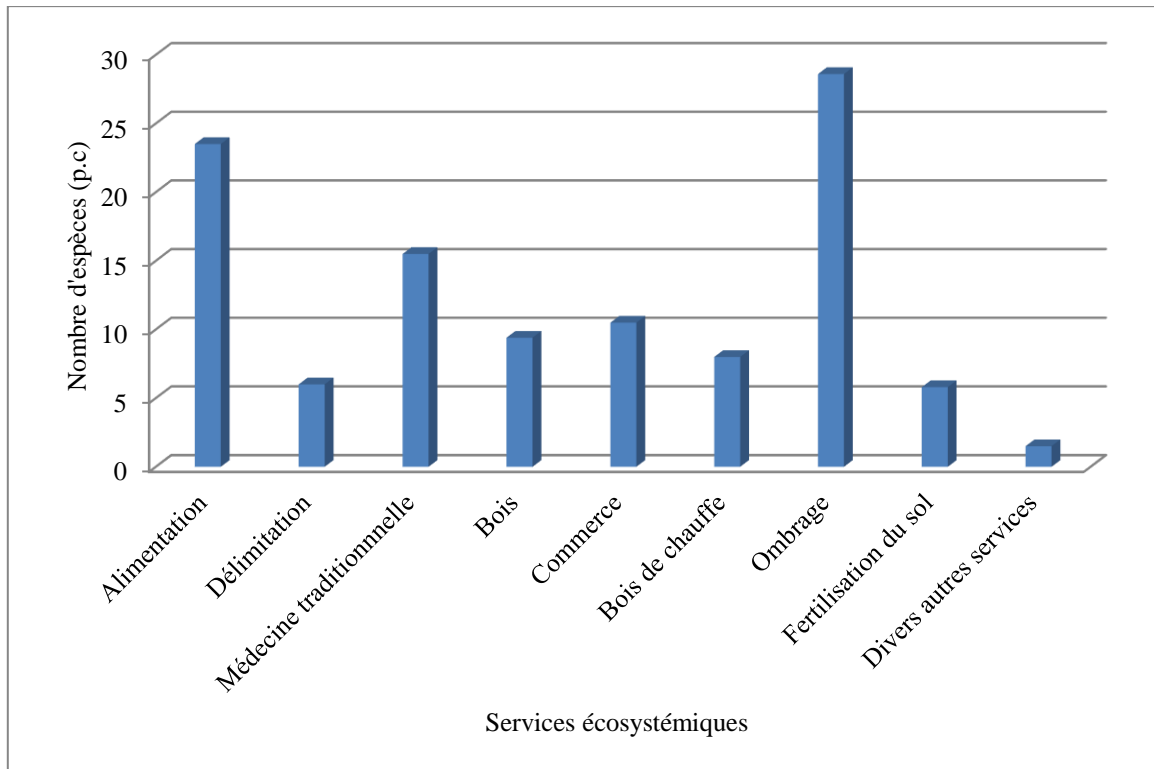


Figure 40 : Domaines d'utilisation des espèces ligneuses associées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

### 7.2.3. Variabilité floristique et services écosystémiques des zones cacaoyères

#### 7.2.3.1. Site de Doboua

L'analyse factorielle multiple (Figure 41) a montré que les espèces et les services écosystémiques sont superposés. Les espèces sont distribuées dans chaque secteur du graphe montrant la variabilité floristique entre les services écosystémiques, pour chaque niveau de fréquence de conservation. Dans chaque secteur du graphe, on voit également l'association entre la fréquence et les différents services écosystémiques. Les espèces les plus fréquentes étaient utilisées par exemple dans les domaines du commerce, de l'alimentation et de la médecine traditionnelle. Le commerce correspond à la vente de nombreux fruits d'espèces comme *Coffea canephora*, *Ricinodendron heudelotii*, *Cola nitida*, *Persea americana*, *Citrus sp.* et *Psidium guajava*. Les espèces les plus fréquentes étaient utilisées aussi pour l'approvisionnement en nourriture avec les espèces telles que *Castanea sativa* et *Tamarindus indica*, et en médicaments avec les espèces telles que *Vernonia sp.*, *Pycnanthus angolensis* et *Alstonia boonei*. Les espèces utilisées dans le domaine d'ombrage constituaient également

une source importante d’approvisionnement en bois d’œuvre. Il s’agissait de *Milicia excelsa*, *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba* et *Piptadeniastrum africanum*. Ces espèces étaient modérément fréquentes dans les systèmes agroforestiers car elles sont forestières de gros diamètres et de grandes tailles, habituellement conservées après la coupe de la forêt. Certaines espèces moins fréquentes servent de bois de chauffe. Il s’agissait de *Mallotus oppositifolius* et *Holarrhena floribunda*. D’autres sont utilisées dans d’autres services écosystémiques tels que la fertilisation du sol avec *Gmelina arborea* et la délimitation des exploitations avec *Hevea brasiliensis*.

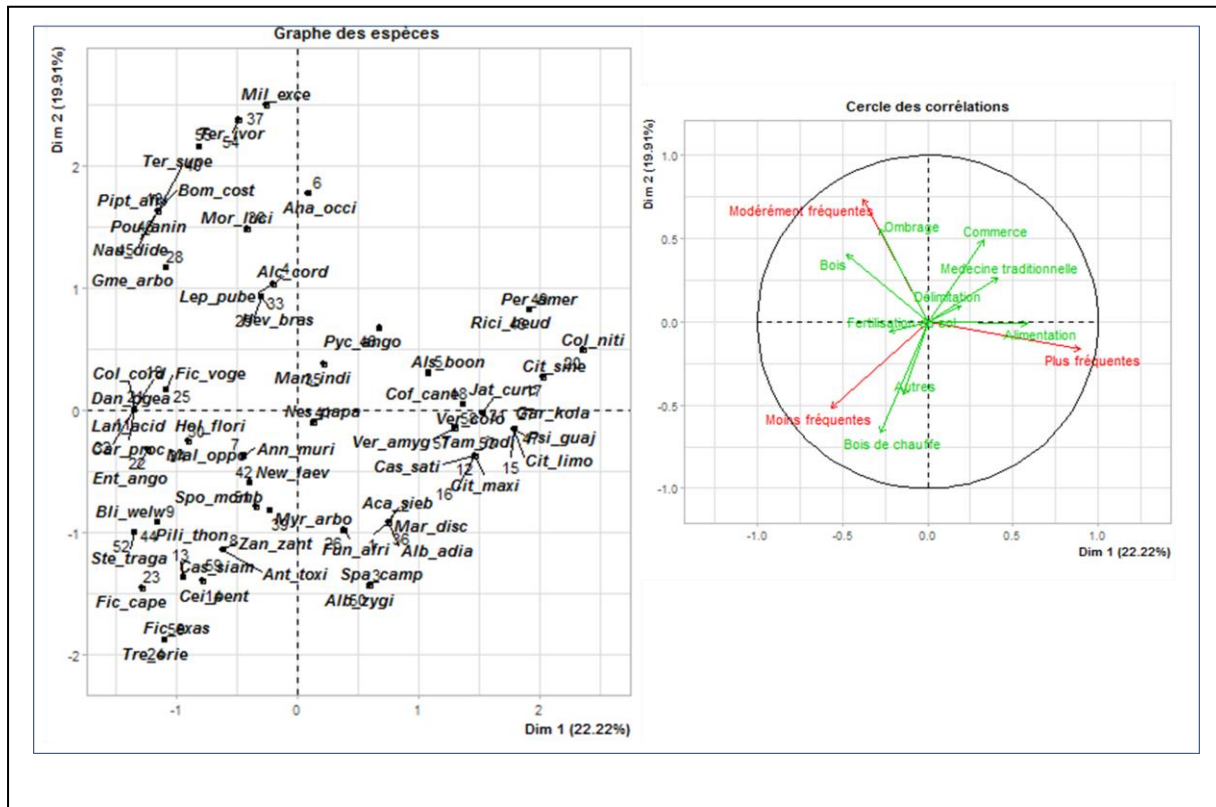


Figure 41 : Représentation graphique des espèces, des niveaux de fréquence de rencontre et des services écosystémiques selon l’Analyse Factorielle Multiple du site de Doboua

### 7.2.3.2. Site de Bantikro

La figure 42 présente le résultat de l’analyse factorielle multiple montrant une superposition des espèces et des services écosystémiques. Chaque secteur du graphe présente la variabilité des espèces pour chaque service écosystémique. On peut également voir que la répartition des services écosystémiques est associée nettement dans chaque secteur du graphe, avec la fréquence des espèces. Certaines espèces les plus fréquentes étaient utilisées pour

l'ombrage et l'approvisionnement en bois. Ces plantes étaient par exemple *Celtis zenkeri*, *Nesogordonia papaverifera* et *Milicia excelsa*. D'autres espèces les plus fréquentes sont utilisées également dans le domaine du commerce, de l'alimentation comme *Citrus limon*, *Psidium guajava* et *Citrus sinensis*, et enfin pour la délimitation des exploitations. Certaines espèces modérément fréquentes étaient utilisées en médecine traditionnelle. Il s'agissait de *Morinda lucida*, *Newbouldia laevis*, *Vernonia colorata* et *Garcinia kola*. D'autres sont utilisées pour la fertilisation du sol. Certaines espèces les moins fréquentes servent de bois de chauffe. Il s'agissait de *Mallotus oppositifolius*, *Albizia zygia* et *Funtumia africana*. D'autres espèces les moins fréquentes sont utilisées dans d'autres services écosystémiques comme le fourrage pour le bétail. Il s'agissait des espèces telles que *Ficus exasperata* et *Antiaris toxicaria*.

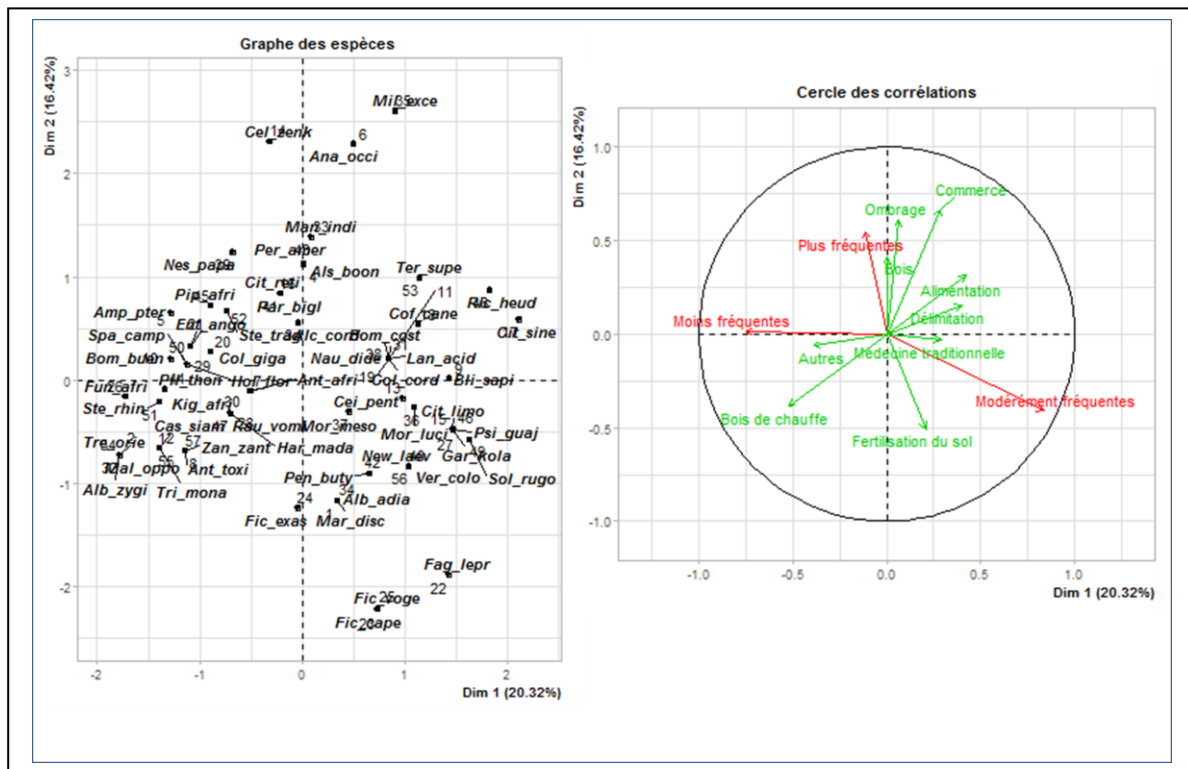


Figure 42 : Représentation graphique des espèces, des niveaux de fréquence de rencontre et des services écosystémiques selon l'Analyse Factorielle Multiple du site de Bantikro

### 7.2.3.3. Site de Zepreguhé

L'analyse factorielle multiple (Figure 43) a montré que les espèces et les services écosystémiques se sont superposés et ils sont répartis sur les secteurs du graphe montrant la variabilité floristique entre les services écosystémiques pour chaque niveau de fréquence de conservation. Chaque secteur a également indiqué l'association de la fréquence avec les différents services écosystémiques. Les espèces les plus fréquentes étaient utilisées principalement dans le domaine de la fertilisation du sol. Il s'agissait des espèces comme *Acacia mangium*, *Gliricidia sepium* et *Gmelina arborea*. Certaines espèces les plus fréquentes étaient associées à l'approvisionnement en bois de chauffe. Il s'agissait des espèces telles que *Margaritaria discoidea*, *Mallotus oppositifolius*, *Holarrhena floribunda*, *Albizia zygia* et *Ficus vogelii*. D'autres espèces sont utilisées dans d'autres services comme le rituel. Les espèces modérément fréquentes étaient utilisées pour la fourniture en bois et l'ombrage. Ces plantes étaient *Nesogordonia papaverifera*, *Milicia excelsa*, *Entandrophragma angolense*, *Baphia bancoensis*, *Bombax buonopozense* et *Antiaris africana*. Ces espèces étaient modérément fréquentes dans les agrosystèmes car elles étaient les plus grandes espèces forestières habituellement conservées après la coupe de la forêt. Les espèces moins fréquentes étaient utilisées dans le domaine du commerce. Il s'agissait de la vente de fruits de *Ricinodendron heudelotii* et *Irvingia gabonensis*. Les espèces utilisées en alimentation étaient notamment *Mangifera indica*, celles utilisées dans la médecine traditionnelle étaient entre autres *Moringa oleifera* et celles qui servaient à la délimitation des exploitations étaient notamment *Hevea brasiliensis*.

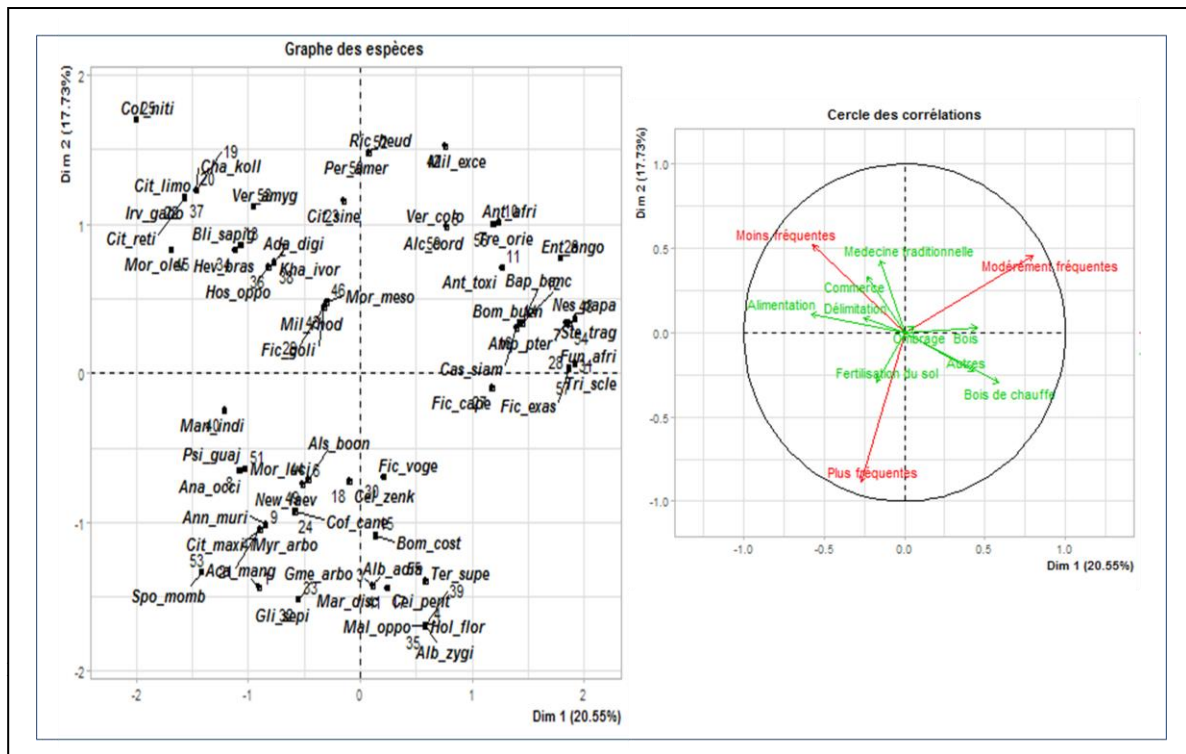


Figure 43 : Représentation graphique des espèces, des niveaux de fréquence de rencontre et des services écosystémiques selon l'Analyse Factorielle Multiple du site de Zepreguhé

#### 7.2.3.4. Site de Bowaly

L'analyse factorielle multiple (Figure 44) a révélé que les espèces et les services écosystémiques se sont superposés. Chaque secteur du graphe présente la variabilité des espèces pour chaque service écosystémique. On peut également voir que la répartition des services écosystémiques est associée nettement dans chaque secteur du quadrant, avec la fréquence des espèces. Certaines espèces les plus fréquentes servent principalement de bois de chauffe. Il s'agissait de *Mallotus oppositifolius*, *Albizia adianthifolia*, *Albizia zygia*, *Spathodea campanulata* et *Morus mesozygia*. D'autres espèces les plus fréquentes étaient utilisées dans d'autres services tels que la fertilisation du sol avec *Spondias mombin*, le fourrage pour le bétail avec *Myrianthus libericus* et le rituel avec *Fagara sp.* Les espèces modérément fréquentes étaient utilisées dans les domaines du commerce, de la médecine traditionnelle et de la délimitation des exploitations. Pour le commerce, il s'agissait de la vente de fruits de *Ricinodendron heudelotii*, *Mangifera indica*, *Psidium guajava* et *Citrus sinensis*. Pour l'approvisionnement en médicaments, il s'agissait de *Vernonia sp.*, *Morinda*

*lucida* et *Newbouldia laevis*. Concernant la délimitation des exploitations, il s'agissait d'*Acacia mangium*. Les espèces les moins fréquentes servent d'ombrage au jeune cacaoyer. Nous avons pour exemples *Bombax costatum*, *Lannea acida* et *Mansonia altissima*. Ces arbres d'ombrage constituaient aussi une source d'approvisionnement en bois d'œuvre. Ces espèces moins fréquentes servent également de nourriture. Il s'agissait des feuilles de *Myrianthus arboreus* et des fruits de *Persea americana* et *Annona muricata*.

#### **7.2.4. Statut de conservation local des espèces ligneuses associées**

Le statut de conservation des espèces ligneuses associées aux cacaoyers au niveau du département de Daloa est consigné dans le tableau XIX. Il y a 91 espèces ligneuses inventoriées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa (Annexe 3). L'analyse du tableau XIX révèle que 50 espèces ligneuses sont Faiblement Conservées (FC) en cacaoculture, dans le département de Daloa. Ce sont notamment des espèces comme *Terminalia ivorensis*, *Triplochiton scleroxylon*, *Milicia excelsa*, *Entandrophragma angolense*, *Piptadeniastrum africanum*, *Nesogordonia papaverifera*, *Lannea acida*, *Nauclea diderrichii*, *Myrianthus arboreus*, *Moringa oleifera*, *Blighia sapida*, *Morus mesozygia*, *Celtis zenkeri* et *Garcinia kola*. Vingt-neuf (29) espèces ligneuses sont Moyennement Conservées (MC). Ces espèces sont entre autres *Ricinodendron heudelotii*, *Antiaris toxicaria*, *Terminalia superba*, *Millettia rhodantha*, *Persea americana*, *Newbouldia laevis*, *Fagara leprieurii*, *Bombax costatum*, *Alstonia boonei*, *Albizia zygia* et *Ceiba pentandra*. Par contre, 12 espèces ligneuses sont Conservées (C). Ce sont principalement *Albizia adianthifolia*, *Mallotus oppositifolius*, *Cassia siamea*, *Trichilia monadelpha* et *Trema orientalis*.

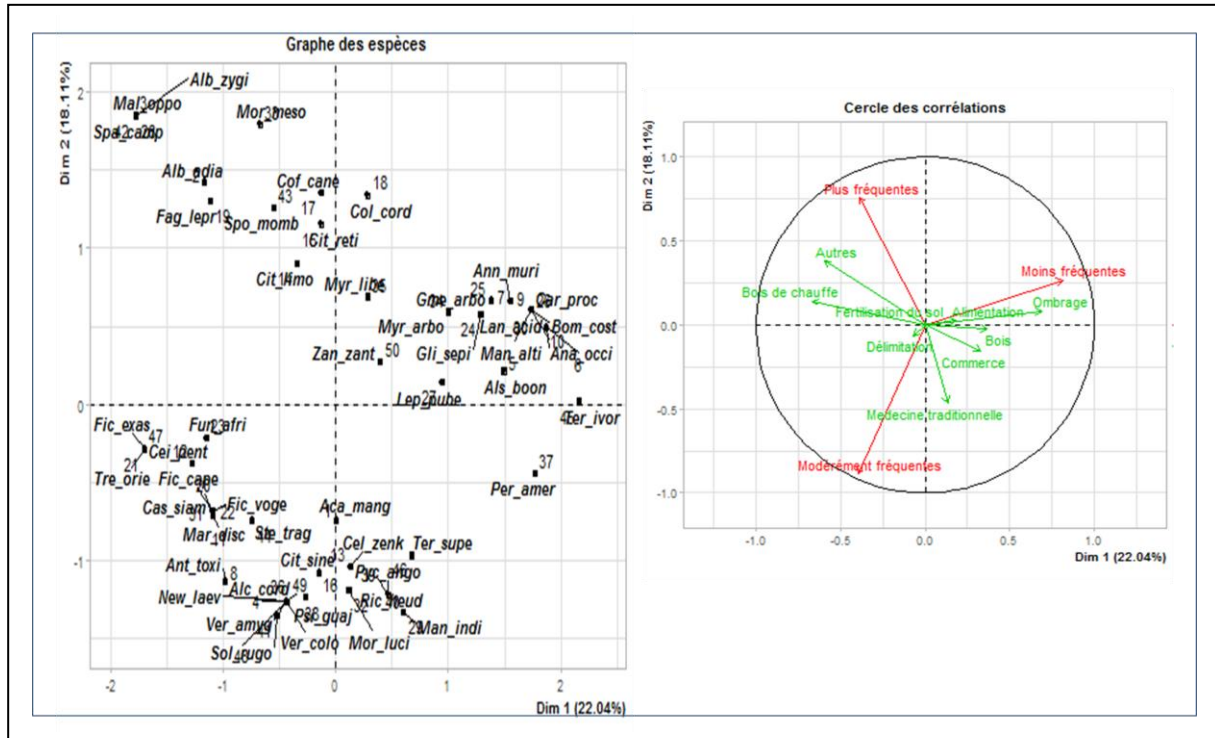


Figure 44 : Représentation graphique des espèces, des niveaux de fréquence de rencontre et des services écosystémiques selon l'Analyse Factorielle Multiple du site de Bowaly

Tableau XIX : Statut de conservation local des espèces ligneuses associées aux cacaoyers

Espèces citées et inventoriées	Valeur usage total	Code Vu	Indice de raréfaction	Code Ri	Somme des codes	Statut de l'espèce
<i>Terminalia ivorensis</i>	20,16	Vu3	95	Ri3	Ri3 + Vu3	FC
<i>Moringa oleifera</i>	19,98	Vu3	98,33	Ri3	Ri3 + Vu3	FC
<i>Entandrophragma angolense</i>	18,99	Vu3	85	Ri3	Ri3 + Vu3	FC
<i>Milicia excelsa</i>	18,99	Vu3	91,67	Ri3	Ri3 + Vu3	FC
<i>Cola nitida</i>	17,64	Vu2	86,67	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Nesogordonia papaverifera</i>	16,38	Vu2	93,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Acacia sieberiana</i>	16,02	Vu2	98,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC

Tableau XIX (Suite)

<i>Spondias mombin</i>	15,75	Vu2	85	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Citrus limon</i>	15,66	Vu2	91,67	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Irvingia gabonensis</i>	15,57	Vu2	98,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Myrianthus libericus</i>	15,48	Vu2	98,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Blighia sapida</i>	15,21	Vu2	96,67	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Citrus reticulata</i>	15,21	Vu2	90	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Citrus maxima</i>	13,59	Vu2	93,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Mansonia altissima</i>	12,96	Vu2	96,67	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Pycnanthus angolensis</i>	12,96	Vu2	93,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Gmelina arborea</i>	12,33	Vu2	85	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Carapa procera</i>	11,97	Vu2	96,67	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Parkia biglobosa</i>	11,97	Vu2	98,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	11,34	Vu2	90	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Gliricidia sepium</i>	11,34	Vu2	88,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Tamarindus indica</i>	10,71	Vu2	95	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Antiaris africana</i>	10,17	Vu2	93,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Celtis zenkeri</i>	10,17	Vu2	93,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Solanum rugosum</i>	9,99	Vu2	85	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Acacia mangium</i>	9,99	Vu2	93,33	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Myrianthus arboreus</i>	9,27	Vu2	86,67	Ri3	Ri3 + Vu2	FC
<i>Hevea brasiliensis</i>	8,46	Vu1	93,33	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Jatropha curcas</i>	7,02	Vu1	98,33	Ri3	Ri3 + Vu1	FC



Tableau XIX (Suite)

<i>Baphia</i> <i>bancoensis</i>	6,03	Vu1	96,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Nauclea</i> <i>diderrichii</i>	6,03	Vu1	96,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Bombax</i> <i>buenopozense</i>	5,04	Vu1	96,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Pouteria aningeri</i>	4,68	Vu1	98,33	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Annona muricata</i>	3,96	Vu1	90	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Hoslundia</i> <i>opposita</i>	3,96	Vu1	98,33	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Kigelia africana</i>	3,96	Vu1	91,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Leptonychia</i> <i>pubescens</i>	3,96	Vu1	96,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Amphimas</i> <i>pterocarpoides</i>	2,97	Vu1	91,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Piptadeniastrum</i> <i>africanum</i>	2,97	Vu1	96,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Triplochiton</i> <i>scleroxylon</i>	2,97	Vu1	98,33	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Sterculia</i> <i>rhinopetala</i>	1,98	Vu1	98,33	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Garcinia kola</i>	0	Vu1	96,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Khaya ivorensis</i>	0	Vu1	98,33	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Morus mesozygia</i>	0	Vu1	86,67	Ri3	Ri3 + Vu1	FC
<i>Ricinodendron</i> <i>heudelotii</i>	25,29	Vu3	66,67	Ri2	Ri2 + Vu3	MC
<i>Alstonia boonei</i>	23,85	Vu3	76,67	Ri2	Ri2 + Vu3	MC
<i>Terminalia</i> <i>superba</i>	22,77	Vu3	76,67	Ri2	Ri2 + Vu3	MC
<i>Persea americana</i>	21,78	Vu3	25	Ri1	Ri1 + Vu3	MC

Tableau XIX (Suite)

<i>Mangifera indica</i>	21,06	Vu3	26,67	Ri1	Ri1 +Vu3	MC
<i>Entandrophragma utile</i>	19,71	Vu3	0	Ri1	Ri1 +Vu3	MC
<i>Newbouldia laevis</i>	19,62	Vu3	78,33	Ri2	Ri2 + Vu3	MC
<i>Citrus sinensis</i>	19,53	Vu3	43,33	Ri1	Ri1 +Vu3	MC
<i>Vernonia colorata</i>	19,17	Vu3	75	Ri2	Ri2 + Vu3	MC
<i>Morinda lucida</i>	18,81	Vu3	20	Ri1	Ri1 +Vu3	MC
<i>Psidium guajava</i>	16,02	Vu2	66,67	Ri2	Ri2 + Vu2	MC
<i>Margaritaria discoidea</i>	15,03	Vu2	60	Ri2	Ri2 + Vu2	MC
<i>Alchornea cordifolia</i>	15,03	Vu2	36,67	Ri1	Ri1 + Vu2	MC
<i>Ceiba pentandra</i>	14,94	Vu2	61,67	Ri2	Ri2 + Vu2	MC
<i>Ficus exasperata</i>	13,14	Vu2	5	Ri1	Ri1 + Vu2	MC
<i>Funtumia africana</i>	13,05	Vu2	55	Ri2	Ri2 + Vu2	MC
<i>Ficus capensis</i>	11,79	Vu2	11,67	Ri1	Ri1 + Vu2	MC
<i>Spathodea campanulata</i>	10,98	Vu2	78,33	Ri2	Ri2 + Vu2	MC
<i>Tectona grandis</i>	10,44	Vu2	0	Ri1	Ri1 + Vu2	MC
<i>Sterculia tragacantha</i>	10,08	Vu2	18,33	Ri1	Ri1 + Vu2	MC
<i>Delonix regia</i>	9,99	Vu2	0	Ri1	Ri1 + Vu2	MC
<i>Albizia zygia</i>	9,36	Vu2	6,67	Ri1	Ri1 + Vu2	MC
<i>Holarrhena floribunda</i>	7,02	Vu1	78,33	Ri2	Ri2 + Vu1	MC
<i>Bombax costatum</i>	6,3	Vu1	75	Ri2	Ri2 + Vu1	MC
<i>Anacardium occidentale</i>	6,03	Vu1	56,67	Ri2	Ri2 + Vu1	MC

Tableau XIX (Suite et fin)

<i>Ficus vogelii</i>	9	Vu1	31,67	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Azadirachta indica</i>	8,01	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Cassia sieberiana</i>	8,01	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Lindackeria dentata</i>	8,01	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Treculia africana</i>	8,01	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Albizia adianthifolia</i>	7,02	Vu1	28,33	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Acacia auriculiformis</i>	6,03	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Olax subscorpioidea</i>	6,03	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Turraea heterophylla</i>	6,03	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Khaya grandifolia</i>	3,96	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Trema orientalis</i>	3,96	Vu1	40	Ri1	Ri1 + Vu1	C
<i>Distemonanthus bentamianus</i>	0,99	Vu1	0	Ri1	Ri1 + Vu1	C

Vu : Valeur d'usage total ; Ri =  $(1-n_i/N)*100$  : Indice de rarefaction

### 7.3. Estimation du stock de carbone enregistré dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

#### 7.3.1. Site de Doboua

##### 7.3.1.1. Biomasse totale et taux de carbone

La biomasse totale du peuplement cacaoyer a été estimée à 76,99 t (Tableau XX). Cela correspond à un stock de carbone de 38,5 t/ha. Par contre, la biomasse totale du peuplement ligneux associé est de 271,68 t. Cette valeur correspond à un stock de carbone de 135,83 t/ha. Les résultats révèlent que la biomasse totale des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua est de 348,67 t et correspond à un stock de carbone total de 174,33 t/ha. La biomasse du peuplement cacaoyer est inférieure à celle du peuplement ligneux associé. Les résultats montrent que la biomasse totale des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua est élevée. Il en est de même pour le stock de carbone.

Tableau XX : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua

Site de Doboua	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
Peuplement cacaoyer	2323	76,99	38,5	141,16
Peuplement ligneux associé	558	271,68	135,83	498,08
Total général	2881	348,67	174,33	639,24

##### 7.3.1.2. Biomasse totale et taux de carbone par classe de diamètre du peuplement cacaoyer

Au niveau des classes de diamètre, la biomasse totale la plus élevée se retrouve au sein de la classe DC2 (10 à 20 cm) avec 45,93 t (Tableau XXI). Cela correspond à un stock de carbone de 22,97 t/ha. La biomasse la plus faible s'observe au niveau de la classe DC3 (20 à 30 cm) avec 0,08 t. Cette valeur correspond à un stock de carbone de 0,04 t/ha. Il n'existe pas de cacaoyers de diamètre supérieur à 30 cm. Le peuplement cacaoyer stocke plus de carbone pour des classes de diamètre inférieur à 20 cm.

Tableau XXI : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer

Classes de diamètre	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
DC1 : < 10 cm	1614	30,98	15,49	56,80
DC2 : [10 - 20 cm[	708	45,93	22,97	84,21
DC3 : [20 - 30 cm[	1	0,08	0,04	0,15
DC4 : [30 - 40 cm[	0	0,00	0,00	0,00
DC5 : ≥ 40 cm	0	0,00	0,00	0,00
Total général	2323	77,00	38,50	141,16

### 7.3.1.3. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement ligneux associé

Concernant les classes de diamètre des individus ligneux associés aux cacaoyers, la biomasse totale la plus élevée se retrouve au sein de la classe DC5 ( $\geq 40$  cm) avec 129,57 t (Tableau XXII). Cette valeur correspond à un stock de carbone de 64,78 t/ha. La biomasse totale la plus faible s'observe au niveau de la classe des individus de diamètre inférieur à 10 cm avec un taux de 4,8 t. Les valeurs moyennes du stock de carbone sont plus élevées au sein de la classe DC5 ( $\geq 40$  cm) avec 12,96 t/ha (Figure 45). La valeur moyenne, la plus faible est observée dans la classe DC1 (< 10 cm) avec un stock de carbone de 0,48 t/ha. Entre ces deux valeurs moyennes extrêmes, on observe des valeurs intermédiaires au sein des autres classes. D'une classe de diamètre à une autre, la différence entre les valeurs moyennes du stock de carbone est significative (test ANOVA,  $F = 3,236$  ;  $P = 0,0335$ ). En effet, ces deux classes extrêmes se sont distinguées différemment au niveau des groupes statistiques (a et b). Les résultats ont révélé que le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone pour des classes de diamètre supérieur à 30 cm.

Tableau XXII : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement ligneux associé

Classes de diamètre	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
DC1 : < 10 cm	387	4,80	2,40	8,81
DC2 : [10 - 20 cm[	61	13,55	6,77	24,84
DC3 : [20 - 30 cm[	58	49,89	24,95	91,47
DC4 : [30 - 40 cm[	37	73,87	36,93	135,42
DC5 : ≥ 40 cm	15	129,57	64,78	237,54
Total général	558	271,68	135,84	498,08

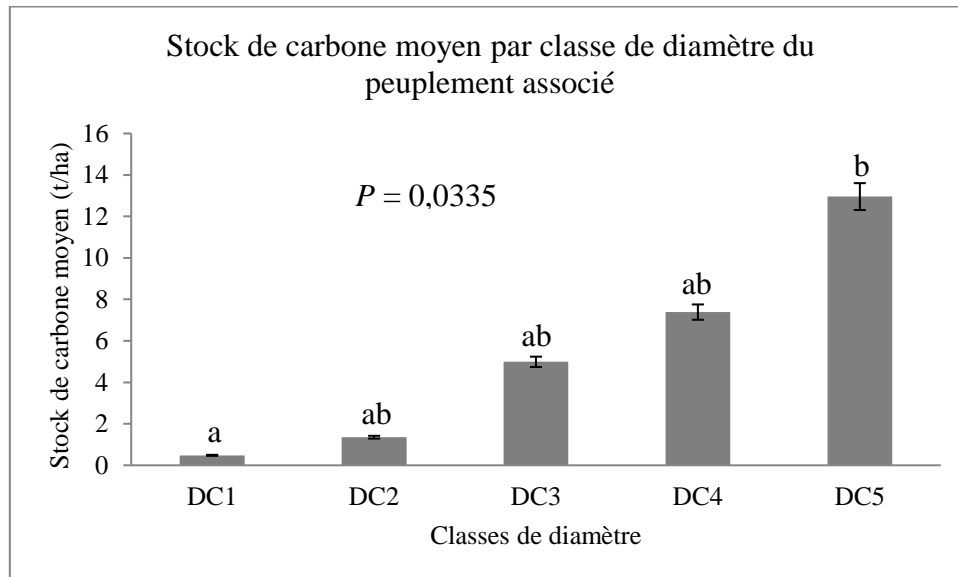


Figure 45 : Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de diamètre du peuplement ligneux associé

#### 7.3.1.4. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer

Concernant les classes de hauteur, la biomasse totale la plus élevée se retrouve au sein de la classe HC2 (4 à 8 m) avec 51,81 t (Tableau XXIII). Cela correspond à un stock de carbone de 25,91 t/ha. Par contre, la biomasse totale la plus faible est enregistrée dans la classe HC1 (2 à 4 m) avec 25,19 t. Cette valeur correspond à un stock de carbone de 12,59 t/ha. Les cacaoyers n'existent pas dans la classe HC3 (≥ 8 m).

Tableau XXIII : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer

Classes de hauteur	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
HC1 : [2 - 4 m[	1318	25,19	12,59	46,17
HC2 : [4 - 8 m[	1005	51,81	25,91	94,99
HC3 : ≥ 8 m	0	0,00	0,00	0,00
Total général	2323	77,00	38,50	141,16

### 7.3.1.5. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement ligneux associé

Concernant les classes de hauteur des individus ligneux associés aux cacaoyers, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe des espèces de grandes tailles avec 260,74 t (Tableau XXIV). Cela correspond à un stock de carbone de 130,37 t/ha. La biomasse la plus faible s'observe au niveau de la classe basse de 2 à 4 m avec un taux de 2,82 t. Les valeurs moyennes du stock de carbone sont plus élevées au niveau de la classe haute  $\geq 8$  m avec 26,07 t/ha (Figure 46). La valeur moyenne, la plus faible est observée dans la classe basse de 2 à 4 m avec un taux de carbone de 0,28 t/ha. Entre ces deux valeurs moyennes extrêmes, on observe la valeur intermédiaire au sein de la classe HC2 de 4 à 8 m. D'une classe de hauteur à une autre, la différence entre les valeurs moyennes du stock de carbone est significative (test ANOVA,  $F = 12,14$  ;  $P = 0,00131$ ). En effet, la classe des individus ligneux de grandes tailles se distingue nettement des autres classes au niveau du groupe statistique (b). Les résultats révèlent que le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone pour des classes de plus de 8 m de hauteur.

Tableau XXIV : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement ligneux associé

Classes de hauteur	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO2 (t)
HC1 : [2 - 4 m[	272	2,82	1,41	5,17
HC2 : [4 - 8 m[	145	8,12	4,06	14,88
HC3 : $\geq$ 8 m	141	260,74	130,37	478,02
Total général	558	271,68	135,84	498,08

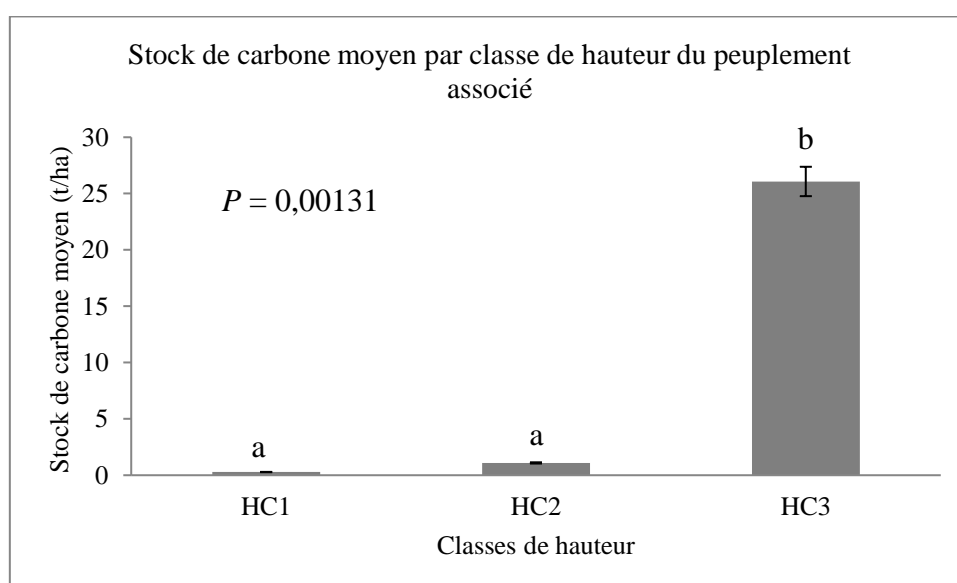


Figure 46 : Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de hauteur du peuplement ligneux associé

### 7.3.1.6. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce

Le tableau XXV présente la biomasse totale, le stock de carbone et le taux de CO<sub>2</sub> séquestrés par chaque espèce ligneuse autre que le cacaoyer ayant une hauteur supérieure ou égale à 2 m. Il ressort de ce tableau que sept (07) espèces ont enregistré plus de 82 p.c. de carbone. Ce sont : *Terminalia superba*, *Ricinodendron heudelotii*, *Albizia adianthifolia*, *Morinda lucida*, *Persea americana*, *Lanea acida* et *Mangifera indica*. Il convient de signaler que les espèces forestières telles que *Terminalia superba*, *Ricinodendron heudelotii* et *Lanea acida* ont obtenu des valeurs élevées malgré le faible nombre d'individus au sein de chaque espèce en comparaison avec les espèces spontanées (*Albizia adianthifolia*), introduites ou



cultivées telles que, *Persea americana* et *Mangifera indica* qui ont un nombre d'individus élevé. L'analyse de ce tableau montre que 31 espèces ont stocké moins de 18 p.c. de carbone. Les résultats montrent que la quantité de biomasse d'une espèce ne dépend pas essentiellement du nombre d'individus.

Tableau XXV : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Doboua

N°	Noms des espèces	Nombre d'individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (tC/ha)	p.c. de stock de carbone	CO <sub>2</sub> (t)
1	<i>Mangifera indica</i>	26	62,68	31,34	23,07	114,91
2	<i>Lannea acida</i>	1	53,21	26,60	19,58	97,55
3	<i>Persea americana</i>	36	34,66	17,33	12,76	63,54
4	<i>Morinda lucida</i>	13	29,46	14,73	10,84	54,01
5	<i>Albizia adianthifolia</i>	28	16,75	8,38	6,17	30,71
6	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	2	14,20	7,10	5,23	26,04
7	<i>Terminalia superba</i>	4	10,64	5,32	3,92	19,50
8	<i>Gmelina arborea</i>	8	5,91	2,95	2,17	10,83
9	<i>Newbouldia laevis</i>	2	4,56	2,28	1,68	8,36
10	<i>Albizia zygia</i>	10	4,29	2,14	1,58	7,86
11	<i>Tamarindus indica</i>	2	3,87	1,93	1,42	7,09
12	<i>Anacardium occidentale</i>	46	3,27	1,63	1,20	5,99
13	<i>Cola nitida</i>	4	3,22	1,61	1,19	5,91
14	<i>Coffea canephora</i>	281	3,20	1,60	1,18	5,86
15	<i>Ficus vogelii</i>	1	3,08	1,54	1,13	5,65
16	<i>Psidium guajava</i>	23	2,92	1,46	1,07	5,36
17	<i>Myrianthus arboreus</i>	9	2,77	1,38	1,02	5,08
18	<i>Castanea sativa</i>	1	2,58	1,29	0,95	4,74
19	<i>Citrus sinensis</i>	12	2,19	1,09	0,80	4,01
20	<i>Piliostigma thonningii</i>	1	2,16	1,08	0,80	3,96
21	<i>Acacia sieberiana</i>	1	1,58	0,79	0,58	2,89
22	<i>Holarrhena floribunda</i>	4	1,02	0,51	0,38	1,88

Tableau XXV (Suite et fin)

23	<i>Carapa procera</i>	1	0,92	0,46	0,34	1,68
24	<i>Pouteria aningeri</i>	1	0,79	0,39	0,29	1,45
25	<i>Entandrophragma angolense</i>	1	0,34	0,17	0,13	0,62
26	<i>Sterculia tragacantha</i>	3	0,28	0,14	0,10	0,51
27	<i>Margaritaria discoidea</i>	1	0,22	0,11	0,08	0,41
28	<i>Annona muricata</i>	2	0,19	0,10	0,07	0,35
29	<i>Spondias mombin</i>	1	0,18	0,09	0,07	0,33
30	<i>Nauclea diderrichii</i>	1	0,14	0,07	0,05	0,26
31	<i>Vernonia colorata</i>	9	0,13	0,07	0,05	0,24
32	<i>Ficus exasperata</i>	11	0,13	0,06	0,04	0,23
33	<i>Ficus capensis</i>	3	0,04	0,02	0,01	0,07
34	<i>Treulia africana</i>	2	0,04	0,02	0,01	0,07
35	<i>Spathodea campanulata</i>	3	0,03	0,01	0,01	0,05
36	<i>Garcinia kola</i>	1	0,02	0,01	0,01	0,03
37	<i>Citrus limon</i>	1	0,01	0,01	0,01	0,02
38	<i>Alchornea cordifolia</i>	2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total général	558	271,68	135,84	100,00	498,08

### 7.3.1.7. Paramètres structuraux influençant le stock de carbone

Le résultat du test de corrélation entre le taux de carbone et les paramètres structuraux tels que le nombre d'individus, le diamètre et la hauteur des espèces (*Mangifera indica*, *Persea americana* et *Morinda lucida*) est illustré par la figure 47. Toutes ces espèces ont obtenu de fortes corrélations positives avec la quantité de carbone au niveau des paramètres structuraux tels que le diamètre et la hauteur. Ces résultats indiquent qu'il y a un lien entre le diamètre et la hauteur des arbres et le stock de carbone. Ces espèces stockent plus de carbone lorsqu'elles sont de gros diamètres et de grandes tailles. Par contre, le nombre d'individus de ces espèces est corrélé négativement avec le stock de carbone. Le nombre d'individus de *Mangifera indica* a obtenu une forte corrélation négative avec le stock de carbone. Cette corrélation ne présente pas de différence significative ( $r = -0,5004$  ;  $P = 0,983$ ). Ce qui démontre que le nombre d'individus des espèces ligneuses participe moins au stockage de carbone. Ces résultats révèlent, également, que le stock de carbone élevé n'est pas lié au

nombre d'individus mais est essentiellement dû aux dimensions de l'arbre. Les résultats ont montré que le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol et la hauteur totale de l'arbre sont des paramètres structuraux performants qui contribuent plus au stockage de carbone. Ces paramètres structuraux sont ceux à considérer pour la conservation ou la ré-introduction des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers dans le but d'optimiser le potentiel de stockage de carbone.

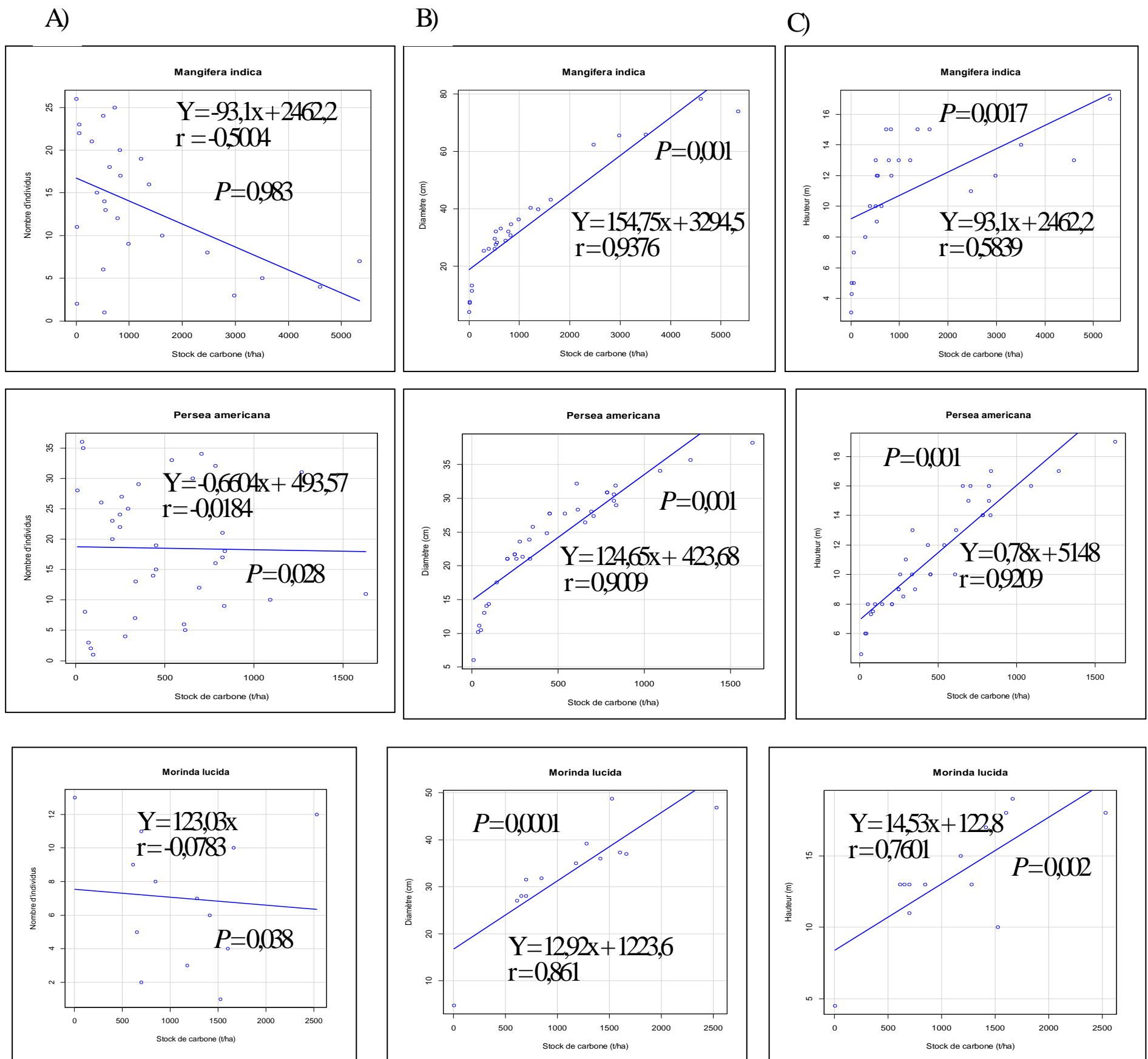


Figure 47 : Corrélation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Dbova

A) = Paramètre (nombre d'individus des espèces ; B) = Paramètre (Diamètre des espèces) ; C) = Paramètre (Hauteur des espèces)

### 7.3.2. Site de Bantikro

#### 7.3.2.1. Biomasse totale et taux de carbone

La biomasse totale du peuplement cacaoyer a été estimée à 123,07 t (Tableau XXVI). Cette biomasse totale correspond à un stock de carbone de 61,53 t/ha. Tandis que la biomasse totale du peuplement ligneux associé est de 571,51 t. Cela correspond à un stock de carbone de 285,75 t/ha. La biomasse totale des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro est de 694,57 t. Cette valeur correspond à un stock de carbone de 347,29 t/ha. Les résultats ont révélé que le peuplement ligneux associé, stocke plus de carbone que le peuplement cacaoyer. La biomasse totale des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro est élevée. De même, le stock de carbone est élevé.

Tableau XXVI : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro

Site de Bantikro	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
Peuplement cacaoyer	3119	123,07	61,53	225,62
Peuplement ligneux associé	273	571,51	285,75	1047,76
Total général	3392	694,57	347,29	1273,38

#### 7.3.2.2. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer

Concernant les classes de diamètre, la biomasse la plus élevée se retrouve au sein de la classe DC2 (10 à 20 cm) avec 63,61 t (Tableau XXVII). Cette valeur correspond à un stock de carbone de 31,80 t/ha. La biomasse totale la plus faible s'observe au niveau de la classe DC3 (20 à 30 cm) avec 0,68 t. Cela correspond à un stock de carbone de 0,34 t/ha. Il n'existe pas de cacaoyers de diamètre supérieur à 30 cm. Les résultats indiquent que le peuplement cacaoyer stocke plus de carbone pour des classes de diamètre inférieur à 20 cm.

Tableau XXVII : Biomasse et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer

Classes de diamètre	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
DC1 : < 10 cm	2252	58,78	29,39	107,76
DC2 : [10 - 20 cm[	865	63,61	31,80	116,61
DC3 : [20 - 30 cm[	2	0,68	0,34	1,25
DC4 : [30 - 40 cm[	0	0,00	0,00	0,00
DC5 : ≥ 40 cm	0	0,00	0,00	0,00
Total général	3119	123,07	61,53	225,62

### 7.3.2.3. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement ligneux associé

Concernant les classes de diamètre des individus ligneux associés aux cacaoyers, la biomasse totale la plus élevée se retrouve au sein de la classe DC5 ( $\geq 40$  cm) avec 482,16 t (Tableau XXVIII). Cela correspond à un stock de carbone de 241,08 t/ha. La biomasse totale la plus faible s'observe au niveau de la classe des individus de diamètre inférieur à 10 cm avec un taux de 1,08 t. Les valeurs moyennes du stock de carbone sont plus élevées au sein de la classe DC5 ( $\geq 40$  cm) avec 48,22 t/ha (Figure 48). La valeur moyenne, la plus faible est observée dans la classe DC1 (< 10 cm) avec un stock de carbone de 0,11 t/ha. Entre ces deux valeurs moyennes extrêmes, on observe des valeurs intermédiaires au sein des autres classes. D'une classe de diamètre à une autre, la différence entre les valeurs moyennes du taux de carbone est significative (test ANOVA,  $F = 15,04$  ;  $P = 0,001$ ). En effet, la classe des individus de diamètre supérieur ou égal à 40 cm s'est distinguée nettement des autres classes au niveau du groupe statistique (b). Il ressort des résultats que le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone pour des classes de diamètre supérieur à 40 cm.

Tableau XXVIII : Biomasse et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement ligneux associé

Classes de diamètre	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
DC1 : < 10 cm	135	1,08	0,54	1,98
DC2 : [10 - 20 cm[	29	7,05	3,53	12,93
DC3 : [20 - 30 cm[	36	24,65	12,32	45,19
DC4 : [30 - 40 cm[	35	56,56	28,28	103,70
DC5 : ≥ 40 cm	38	482,16	241,08	883,97
Total général	273	571,51	285,75	1047,76

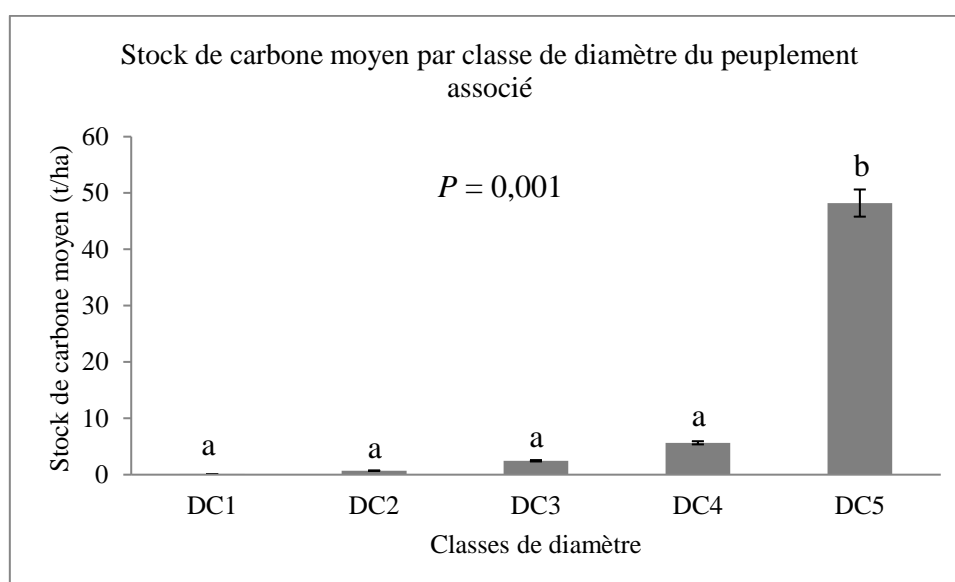


Figure 48 : Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de diamètre du peuplement ligneux associé

#### 7.3.2.4. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer

Au niveau des classes de hauteur, la biomasse totale la plus élevée se retrouve au sein de la classe HC2 (4 à 8 m) avec 114,49 t (Tableau XXIX). Cette valeur correspond à un stock de carbone de 57,24 t/ha. Par contre, la biomasse totale la plus faible est enregistrée dans la classe HC1 (2 à 4 m) avec 8,52 t. Cela correspond à un stock de carbone de 4,29 t/ha. Les cacaoyers n'existent pas dans la classe HC3 ( $\geq 8$  m).

Tableau XXIX : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par strate du peuplement cacaoyer

Classes de hauteur	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
HC1 : [2 - 4 m[	549	8,58	4,29	15,73
HC2 : [4 - 8 m[	2570	114,49	57,24	209,90
HC3 : $\geq$ 8 m	0	0,00	0,00	0,00
Total général	3119	123,07	61,53	225,62

### 7.3.2.5. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement ligneux associé

Concernant les classes de hauteur des individus ligneux associés aux cacaoyers, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe des espèces de grandes tailles avec 561,73 t (Tableau XXX). Cela correspond à un stock de carbone de 280,87 t/ha. La biomasse totale la plus faible s'observe au niveau de la classe basse de 2 à 4 m avec un taux de 0,35 t. Les valeurs moyennes du stock de carbone sont plus élevées au niveau de la classe haute  $\geq$  8 m avec 56,17 t/ha (Figure 49). La valeur moyenne, la plus faible est observée dans la classe basse de 2 à 4 m avec un taux de carbone de 0,04 t/ha. Entre ces deux valeurs moyennes extrêmes, on observe la valeur intermédiaire au sein de la classe HC2 de 4 à 8 m. D'une classe de hauteur à une autre, la différence entre les valeurs moyennes du stock de carbone est significative (test ANOVA,  $F = 19,69$  ;  $P = 0,0001$ ). En effet, la strate des individus ligneux de grandes tailles ( $\geq$  8 m) se distingue nettement des deux autres strates au niveau du groupe statistique (b). Les résultats indiquent que le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone pour des classes de plus de 8 m de hauteur.



Tableau XXX : Biomasse et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement ligneux associé

Classes de hauteur	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
HC1 : [2 - 4 m[	102	0,35	0,18	0,65
HC2 : [4 - 8 m[	54	9,42	4,71	17,27
HC3 : ≥ 8 m	117	561,73	280,87	1029,84
Total général	273	571,51	285,75	1047,76

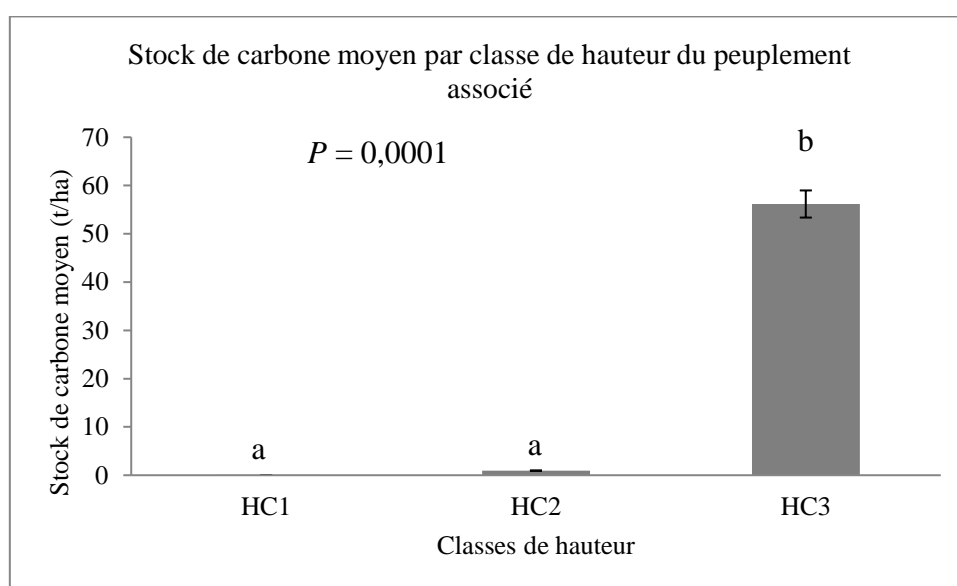


Figure 49 : Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de hauteur du peuplement ligneux associé

### 7.3.2.6. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce

La biomasse totale, le stock de carbone et le taux de CO<sub>2</sub> séquestrés par chaque espèce ligneuse associée au cacaoyer ayant une hauteur supérieure ou égale à 2 m dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers étudiés dans le site de Bantikro sont présentés dans le tableau XXXI. Ce tableau révèle également que 11 espèces ont stocké plus de 91 p.c. de carbone. Les espèces qui contribuaient notablement au stockage de carbone étaient *Ricinodendron heudelotii*, *Bombax costatum*, *Piliostigma thonningii*, *Antiaris toxicaria*, *Ceiba pentandra*, *Antiaris africana*, *Persea americana*, *Albizia zygia*, *Mangifera indica*, *Margaritaria discoidea* et *Ficus exasperata*. Parmi ces 11 espèces, les espèces forestières telles que *Ricinodendron heudelotii*, *Bombax costatum*, *Piliostigma thonningii*, *Antiaris toxicaria*, *Ceiba pentandra*,

*Antiaris africana* et *Margaritaria discoidea* ont obtenu des taux de carbone élevés malgré le faible nombre d'individus au sein de chaque espèce comparativement aux espèces introduites ou cultivées telles que *Persea americana* et *Mangifera indica* qui ont un nombre d'individus élevé. L'analyse de ce tableau montre que 26 espèces ont enregistré moins de 9 p.c. de carbone. Les résultats montrent que la quantité de biomasse d'une espèce ne dépend pas essentiellement du nombre d'individus. La majorité des espèces ligneuses préservées stockent plus de carbone que des espèces introduites ou cultivées.

Tableau XXXI : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro

N°	Noms des espèces	Nombre d'individus	Biomasse totale (t)	Stock carbone (tC/ha)	p.c. du stock de carbone	CO <sub>2</sub> (t)
1	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	7	97,32	48,66	17,03	178,42
2	<i>Bombax costatum</i>	3	81,14	40,57	14,20	148,76
3	<i>Piliostigma thonningii</i>	2	59,70	29,85	10,45	109,45
4	<i>Antiaris toxicaria</i>	9	54,75	27,37	9,58	100,37
5	<i>Ceiba pentandra</i>	2	52,14	26,07	9,12	95,58
6	<i>Antiaris africana</i>	2	49,10	24,55	8,59	90,02
7	<i>Persea americana</i>	31	44,10	22,05	7,72	80,85
8	<i>Albizia zygia</i>	7	29,03	14,51	5,08	53,22
9	<i>Mangifera indica</i>	22	24,82	12,41	4,34	45,50
10	<i>Margaritaria discoidea</i>	3	19,84	9,92	3,47	36,37
11	<i>Ficus exasperata</i>	76	10,91	5,46	1,91	20,00
12	<i>Entandrophragma angolense</i>	2	7,36	3,68	1,29	13,50
13	<i>Lannea acida</i>	2	6,96	3,48	1,22	12,76
14	<i>Sterculia tragacantha</i>	5	6,11	3,06	1,07	11,20
15	<i>Harungana madagascariensis</i>	1	4,74	2,37	0,83	8,70
16	<i>Terminalia superba</i>	1	3,81	1,91	0,67	6,99
17	<i>Citrus sinensis</i>	17	3,80	1,90	0,66	6,96
18	<i>Newbouldia laevis</i>	2	3,67	1,84	0,64	6,73

Tableau XXXI (Suite et fin)

19	<i>Sterculia rhinopetala</i>	1	2,67	1,33	0,47	4,89
20	<i>Vernonia colorata</i>	1	2,08	1,04	0,36	3,82
21	<i>Alstonia boonei</i>	1	2,06	1,03	0,36	3,78
22	<i>Citrus reticulata</i>	10	1,20	0,60	0,21	2,20
23	<i>Funtumia africana</i>	1	1,08	0,54	0,19	1,97
24	<i>Garcinia kola</i>	1	0,83	0,42	0,15	1,52
25	<i>Parkia biglobosa</i>	1	0,65	0,32	0,11	1,18
26	<i>Anacardium occidentale</i>	3	0,43	0,22	0,08	0,80
27	<i>Ficus capensis</i>	9	0,43	0,21	0,07	0,78
28	<i>Holarrhena floribunda</i>	5	0,22	0,11	0,04	0,40
29	<i>Coffea canephora</i>	15	0,19	0,10	0,03	0,36
30	<i>Ficus vogelii</i>	6	0,17	0,09	0,03	0,31
31	<i>Psidium guajava</i>	7	0,09	0,04	0,01	0,16
32	<i>Citrus limon</i>	3	0,08	0,04	0,01	0,15
33	<i>Albizia adianthifolia</i>	5	0,01	0,01	0,00	0,02
34	<i>Alchornea cordifolia</i>	6	0,01	0,00	0,00	0,01
35	<i>Cassia siamea</i>	1	0,00	0,00	0,00	0,00
36	<i>Morinda lucida</i>	2	0,00	0,00	0,00	0,00
37	<i>Pentadesma butyracea</i>	1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total général	273	571,51	285,75	100,00	1047,76

### 7.3.2.7. Paramètres structuraux influençant le stock de carbone

Les espèces retenues pour le test de corrélation sont celles qui ont obtenu chacune à la fois un taux de carbone  $\geq 10$  p.c. et un nombre d'individus  $\geq 5$ . Il s'agit de *Ricinodendron heudelotii*. Le résultat du test de corrélation entre le taux de carbone et les paramètres structuraux tels que le nombre d'individus, le diamètre et la hauteur de cette espèce est illustré par la figure 50. Cette espèce a obtenu une forte corrélation positive avec la quantité de carbone au niveau des paramètres structuraux que sont le diamètre et la hauteur. Ces résultats

indiquent que le diamètre et la hauteur de cet arbre influencent plus le stock de carbone. Tandis que la corrélation entre le nombre d'individus de *Ricinodendron heudelotii* et le stock de carbone est faible et ne présente pas de différence significative ( $r = 0,181$  ;  $P = 0,418$ ). Ce qui démontre que le nombre d'individus des espèces ligneuses participe moins au stockage de carbone. Ces résultats révèlent, également, que le stock de carbone élevé n'est pas lié au nombre d'individus mais est essentiellement dû aux dimensions de l'arbre.

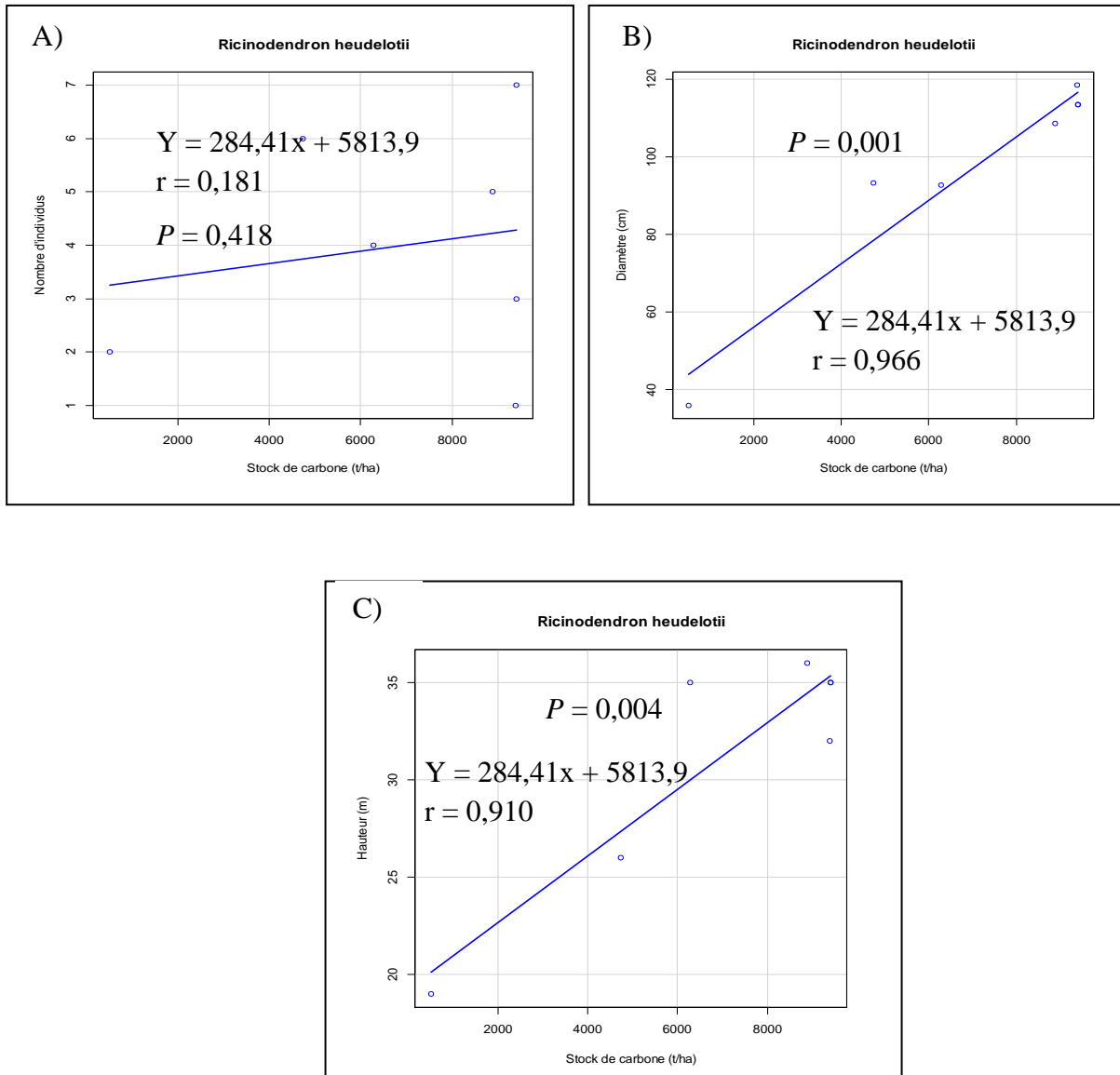


Figure 50 : Corrélation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bantikro

A) = Paramètre (nombre d'individus des espèces ; B) = Paramètre (Diamètre des espèces) ;  
 C) = Paramètre (Hauteur des espèces)

### 7.3.3. Site de Zepreguhé

#### 7.3.3.1. Biomasse totale et taux de carbone

La biomasse totale du peuplement cacaoyer a été estimée à 122,32 t (Tableau XXXII). Cette valeur correspond à un stock de carbone de 61,16 t/ha. Par contre, la biomasse totale du peuplement associé est de 616,00 t. Cela correspond à un stock de carbone de 308,00 t/ha. De façon générale, les résultats révèlent que la biomasse totale des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé est de 738,32 t. Cela correspond à un stock de carbone de 369,16 t/ha. Les résultats indiquent que le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone que le peuplement cacaoyer. La biomasse totale des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé est élevée ainsi que le stock de carbone.

Tableau XXXII : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé

Site de Zepreguhé	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
Peuplement cacaoyer	1926	122,32	61,16	224,25
Peuplement ligneux associé	438	616,00	308,00	1129,33
Total général	2364	738,32	369,16	1353,58

#### 7.3.3.2. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer

Au niveau des classes de diamètre, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe DC2 (10 à 20 cm) avec 82,41 t (Tableau XXXIII). Cela correspond à un stock de carbone de 41,21 t/ha. La biomasse totale la plus faible s'observe au niveau de la classe DC3 (20 à 30 cm) avec 2,72 t. Cette valeur correspond à un stock de carbone de 1,36 t/ha. Il n'existe pas de cacaoyers de diamètre supérieur à 30 cm. Les résultats indiquent que le peuplement cacaoyer stocke plus de carbone pour des classes de diamètre inférieur à 20 cm.

Tableau XXXIII : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer

Classes de diamètre	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
DC1 : < 10 cm	1066	37,19	18,59	68,18
DC2 : [10 - 20 cm[	850	82,41	41,21	151,09
DC3 : [20 - 30 cm[	10	2,72	1,36	4,99
DC4 : [30 - 40 cm[	0	0	0	0
DC5 : ≥ 40 cm	0	0	0	0
Total général	1 926	122,32	61,16	224,25

### 7.3.3.3. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement ligneux associé

Concernant les classes de diamètre des individus ligneux associés aux cacaoyers, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe DC5 ( $\geq 40$  cm) avec 492,68 t (Tableau XXXIV). Cela correspond à un stock de carbone de 246,34 t/ha. La biomasse totale la plus faible est obtenue au niveau de la classe des individus de diamètre inférieur à 10 cm avec un taux de 4,38 t. Les valeurs moyennes du stock de carbone sont plus élevées au sein de la classe DC5 ( $\geq 40$  cm) avec 49,27 t/ha (Figure 51). La valeur moyenne, la plus faible est observée dans la classe DC1 (< 10 cm) avec un stock de carbone de 0,44 t/ha. Entre ces deux valeurs moyennes extrêmes, on observe des valeurs intermédiaires au sein des autres classes. D'une classe de diamètre à une autre, la différence entre les valeurs moyennes du taux de carbone est significative (test ANOVA,  $F = 3,301$  ;  $P = 0,0313$ ). En effet, la classe des individus de diamètre inférieur à 10 cm et la classe des individus de diamètre supérieur ou égal à 40 cm se sont distinguées nettement des autres classes au niveau des groupes statistiques (a) et (b) respectivement. Les résultats ont montré que le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone pour des classes de plus de 40 cm de diamètre.

Tableau XXXIV : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement ligneux associé

Classes de diamètre	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
DC1 : < 10 cm	198	4,38	2,19	8,02
DC2 : [10 - 20 cm[	127	29,44	14,72	53,98
DC3 : [20 - 30 cm[	41	34,37	17,18	63,01
DC4 : [30 - 40 cm[	27	55,13	27,57	101,08
DC5 : ≥ 40 cm	45	492,68	246,34	903,24
Total général	438	616,00	308,00	1129,33

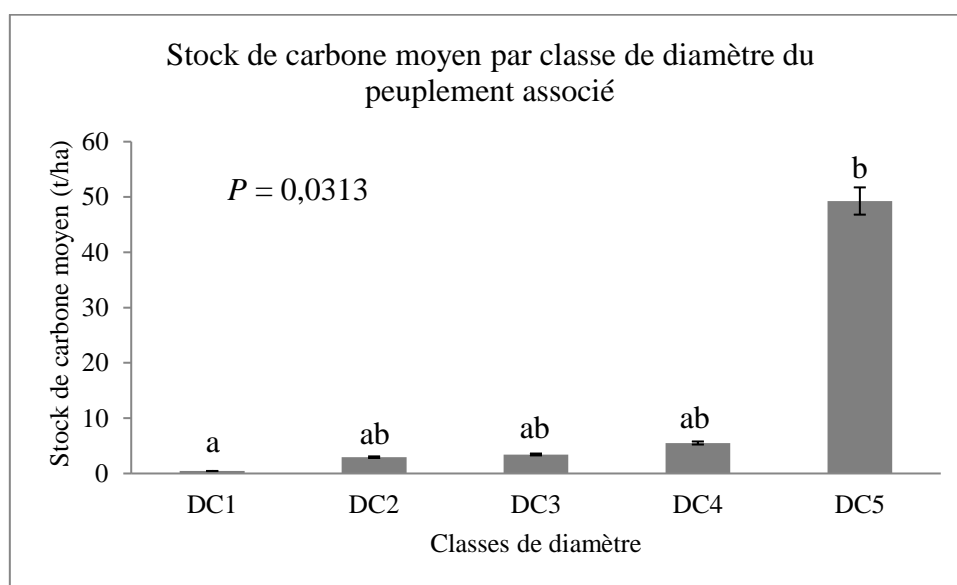


Figure 51 : Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de diamètre du peuplement ligneux associé

#### 7.3.3.4. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer

Au niveau des classes de hauteur, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe HC2 (4 à 8 m) avec 84,37 t (Tableau XXXV). Cette valeur correspond à un stock de carbone de 42,18 t/ha. La biomasse totale la plus faible est obtenue au niveau de la



classe des individus de taille supérieure ou égale à 8 m. Les résultats révèlent que le peuplement cacaoyer stocke plus de carbone pour des classes de moins de 8 m de hauteur.

Tableau XXXV : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer

Classes de hauteur	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
HC1 : [2 - 4 m[	801	37,87	18,94	69,44
HC2 : [4 - 8 m[	1124	84,37	42,18	154,68
HC3 : ≥ 8 m	1	0,07	0,04	0,14
Total général	1926	122,32	61,16	224,25

### 7.3.3.5. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement ligneux associé

Concernant les classes de hauteur des individus ligneux associés aux cacaoyers, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe des espèces de grandes tailles avec 594,91 t (Tableau XXXVI). Cela correspond à un stock de carbone de 297,45 t/ha. La biomasse totale la plus faible s'observe au niveau de la classe basse de 2 à 4 m avec un taux de 5,69 t. Les valeurs moyennes du stock de carbone sont plus élevées au niveau de la classe haute ( $\geq 8$  m) avec 59,49 t/ha (Figure 52). La valeur moyenne, la plus faible est observée dans la classe basse de 2 à 4 m avec un taux de carbone de 0,57 t/ha. Entre ces deux valeurs moyennes extrêmes, on observe la valeur intermédiaire au sein de la classe HC2 de 4 à 8 m. D'une classe de hauteur à une autre, la différence entre les valeurs du stock de carbone est significative (test ANOVA,  $F = 4,704$  ;  $P = 0,031$ ). En effet, la classe des individus ligneux de 2 à 4 m et la classe des individus ligneux de grandes tailles ( $\geq 8$  m) se distinguent nettement de la classe HC2 (4 à 8 m) au niveau des groupes statistiques (a) et (b) respectivement. Le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone pour des classes de plus de 8 m de hauteur.

Tableau XXXVI : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement ligneux associé

Strates	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
HC1 : [2 - 4 m[	100	5,69	2,84	10,43
HC2 : [4 - 8 m[	157	14,42	7,70	28,24
HC3 : ≥ 8 m	181	594,91	297,45	1090,66
Total général	438	616,00	308,00	1129,33

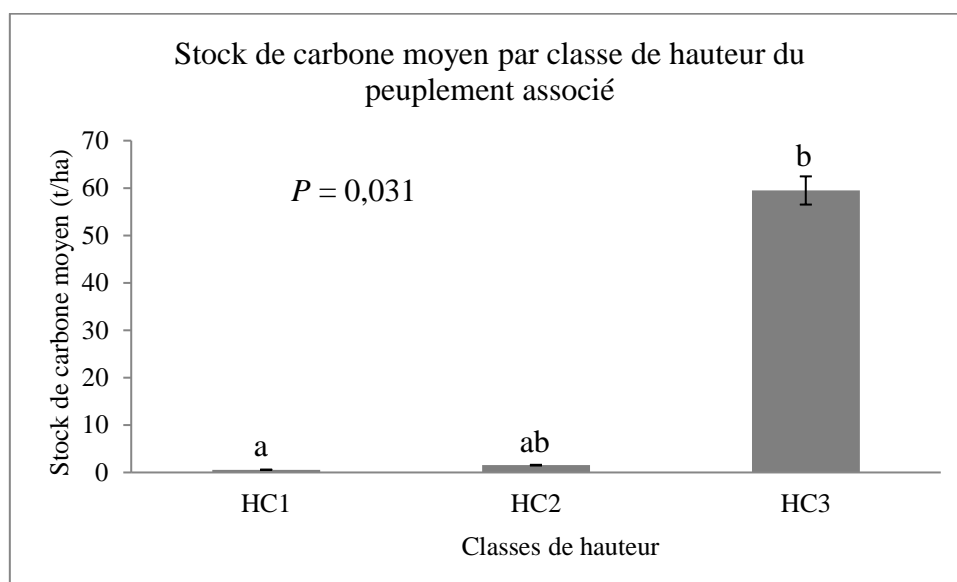


Figure 52 : Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de hauteur du peuplement ligneux associé

### 7.3.3.6. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce

Le tableau XXXVII présente la biomasse totale, le stock de carbone et le taux de CO<sub>2</sub> séquestrés par chaque espèce ligneuse associée aux cacaoyers ayant une hauteur supérieure ou égale à 2 m dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers étudiés dans le site de Zepreguhé. Ce tableau révèle également que 10 espèces ont stocké plus de 86 p.c. de carbone. Ce sont : *Amphimas pterocarpoides*, *Entandrophragma angolense*, *Ricinodendron heudelotii*, *Mangifera indica*, *Terminalia superba*, *Persea americana*, *Khaya ivorensis*, *Antiaris toxicaria*, *Citrus sinensis* et *Milicia excelsa*. Parmi ces 10 espèces, les espèces forestières

telles que *Amphimas pterocarpoides*, *Entandrophragma angolense*, *Ricinodendron heudelotii*, *Khaya ivorensis*, *Antiaris toxicaria* et *Milicia excelsa* ont obtenu des valeurs élevées du stock de carbone malgré le faible nombre d'individus au sein de chaque espèce contrairement aux espèces introduites ou cultivées telles que *Persea americana*, *Citrus sinensis* et *Mangifera indica* qui ont un nombre d'individus élevé chacune. L'analyse de ce tableau révèle que 38 espèces ont enregistré moins de 14 p.c. de carbone. Les résultats ont révélé que la quantité de carbone stockée par une espèce ne dépend pas essentiellement du nombre d'individus. La majorité des espèces préservées stockent plus de carbone que les espèces introduites ou cultivées. La majorité des espèces préservées stockent plus de carbone que les espèces introduites ou cultivées.

Tableau XXXVII : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepreguhé

N°	Noms des espèces	Nombre d'individus	Biomasse totale (t)	Stock carbone (tC/ha)	p.c. du stock de carbone	CO <sub>2</sub> (t)
1	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	7	183,61	91,80	29,81	336,62
2	<i>Entandrophragma angolense</i>	6	92,00	46,00	14,94	168,66
3	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	8	90,17	45,09	14,64	165,32
4	<i>Mangifera indica</i>	22	37,36	18,68	6,06	68,49
5	<i>Terminalia superba</i>	21	33,34	16,67	5,41	61,12
6	<i>Persea americana</i>	25	30,97	15,49	5,03	56,79
7	<i>Khaya ivorensis</i>	1	25,51	12,75	4,14	46,76
8	<i>Antiaris toxicaria</i>	4	16,98	8,49	2,76	31,13
9	<i>Citrus sinensis</i>	52	13,32	6,66	2,16	24,42
10	<i>Milicia excelsa</i>	2	10,35	5,17	1,68	18,97
11	<i>Citrus maxima</i>	7	6,99	3,49	1,13	12,81
12	<i>Funtumia africana</i>	5	5,83	2,91	0,94	10,69
13	<i>Cola nitida</i>	14	5,55	2,77	0,90	10,17
14	<i>Gmelina arborea</i>	2	5,33	2,67	0,87	9,77
15	<i>Vernonia amygdalina</i>	41	4,93	2,46	0,80	9,03
16	<i>Baphia bancoensis</i>	6	4,58	2,29	0,74	8,39
17	<i>Ficus exasperata</i>	10	4,41	2,20	0,71	8,08

Tableau XXXVII (Suite)

18	<i>Celtis zenkeri</i>	1	3,98	1,99	0,65	7,29
19	<i>Ficus goliath</i>	1	3,96	1,98	0,64	7,27
20	<i>Margaritaria discoidea</i>	12	3,96	1,98	0,64	7,25
21	<i>Citrus reticulata</i>	15	3,55	1,77	0,57	6,50
22	<i>Ficus vogelii</i>	9	3,43	1,71	0,56	6,29
23	<i>Newbouldia laevis</i>	3	3,39	1,70	0,55	6,22
24	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	3	3,33	1,66	0,54	6,10
25	<i>Myrianthus arboreus</i>	4	2,75	1,37	0,44	5,04
26	<i>Antiaris africana</i>	1	2,08	1,04	0,34	3,81
27	<i>Gliricidia sepium</i>	16	2,01	1,01	0,33	3,69
28	<i>Adansonia digitata</i>	1	1,52	0,76	0,25	2,79
29	<i>Albizia zygia</i>	4	1,48	0,74	0,24	2,71
30	<i>Coffea canephora</i>	86	1,23	0,61	0,20	2,25
31	<i>Morinda lucida</i>	3	1,12	0,56	0,18	2,06
32	<i>Ficus capensis</i>	1	1,12	0,56	0,18	2,05
33	<i>Bombax buenopozense</i>	1	1,09	0,54	0,18	2,00
34	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	1	1,04	0,52	0,17	1,90
35	<i>Psidium guajava</i>	3	0,82	0,41	0,13	1,50
36	<i>Sterculia tragacantha</i>	1	0,66	0,33	0,11	1,20
37	<i>Hevea brasiliensis</i>	4	0,64	0,32	0,10	1,17
38	<i>Annona muricata</i>	3	0,51	0,25	0,08	0,93
39	<i>Citrus limon</i>	6	0,38	0,19	0,06	0,70
40	<i>Vernonia colorata</i>	4	0,22	0,11	0,04	0,41
41	<i>Moringa oleifera</i>	2	0,22	0,11	0,04	0,40
42	<i>Albizia adianthifolia</i>	6	0,14	0,07	0,02	0,26
43	<i>Alstonia boonei</i>	2	0,10	0,05	0,02	0,17
44	<i>Hoslundia opposita</i>	7	0,07	0,03	0,01	0,13
45	<i>Anacardium occidentale</i>	2	0,00	0,00	0,00	0,00
46	<i>Irvingia gabonensis</i>	1	0,00	0,00	0,00	0,00
47	<i>Millettia rhodantha</i>	1	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau XXXVII (Suite et fin)

48	<i>Trema orientalis</i>	1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total général	438	616,00	308,00	100,00	1129,33

### 7.3.3.7. Paramètres structuraux influençant le stock de carbone

Les espèces retenues pour le test de corrélation sont celles qui ont obtenu chacune à la fois un taux de carbone  $\geq 10$  p.c. et un nombre d'individus  $\geq 5$ . Il s'agit de : *Amphimas pterocarpoides*, *Entandrophragma angolense* et *Ricinodendron heudelotii*. Le résultat du test de corrélation entre le taux de carbone et les paramètres structuraux tels que le nombre d'individus, le diamètre et la hauteur de ces espèces est illustré par la figure 53. De façon générale, toutes ces espèces ont obtenu une forte corrélation positive entre le stock de carbone et des paramètres structuraux que sont le diamètre et la hauteur. Ces résultats indiquent qu'il y a un lien entre le diamètre et la hauteur des arbres et le stock de carbone. Ce lien révèle que le diamètre et la hauteur contribuent plus au stockage de carbone. Ce qui justifie que les espèces ont la capacité de stocker plus de carbone lorsqu'elles sont de gros diamètres et de grandes tailles.

Dans ce site d'étude, la corrélation entre le stock de carbone et le nombre d'individus de *Entandrophragma angolense* est relativement forte ( $r = 0,659$  ;  $P = 0,012$ ) que celle de *Ricinodendron heudelotii* ( $r = 0,547$  ;  $P = 0,639$ ). Par contre, le nombre d'individus de *Amphimas pterocarpoides* est corrélé négativement avec le stock de carbone et ne présente pas de différence significative ( $r = -0,058$  ;  $P = 0,482$ ). Ce qui démontre que le nombre d'individus des espèces ligneuses participe moins au stockage de carbone. Ces résultats révèlent, également, que le stock de carbone élevé n'est pas lié au nombre d'individus mais est essentiellement dû aux dimensions de l'arbre.

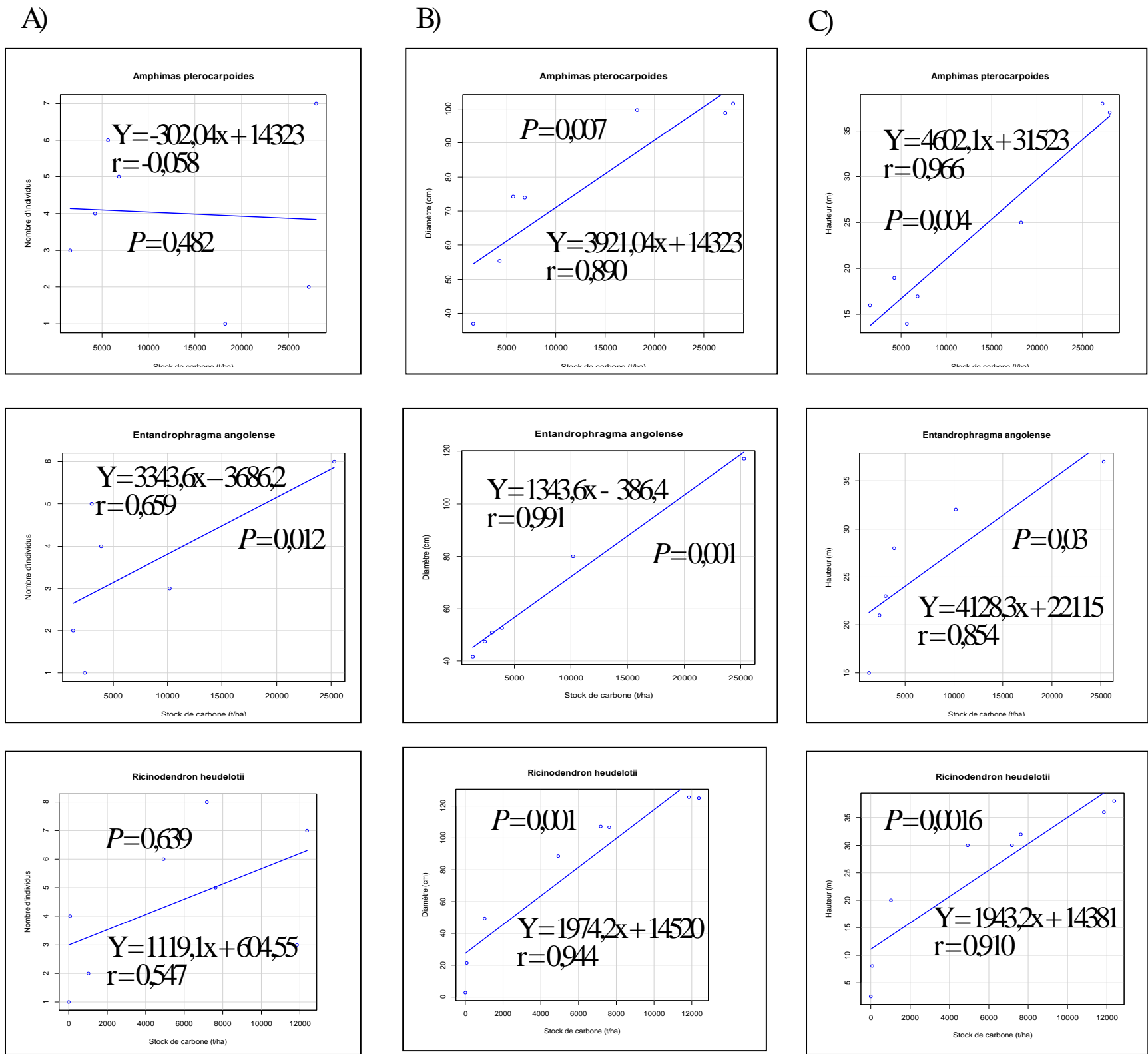


Figure 53 : Corrélation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Zepregué

B) = Paramètre (nombre d'individus des espèces ; B) = Paramètre (Diamètre des espèces) ; C) = Paramètre (Hauteur des espèces)

### 7.3.4. Site de Bowaly

#### 7.3.4.1. Biomasse totale et taux de carbone

La biomasse totale du peuplement cacaoyer a été estimée à 108,53 t (Tableau XXXVIII). Cette valeur correspond à un stock de carbone de 54,26 t/ha. Quant à la biomasse totale du peuplement associé, elle a été estimée à 404,96 t. Cela correspond à un stock de carbone de 202,48 t/ha. Les résultats révèlent que la biomasse totale des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly est de 513,49 t. Cette valeur correspond à un stock de carbone de 256,75 t/ha. Il ressort de ces résultats que le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone que le peuplement cacaoyer. La biomasse totale des systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly est élevée ainsi que le stock de carbone.

#### 7.3.4.2. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer

Concernant les classes de diamètre, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe DC2 (10 à 20 cm) avec 68,43 t (Tableau XXXIX). Cela correspond à un stock de carbone de 34,22 t/ha. La biomasse totale la plus faible s'observe au niveau de la classe DC3 (20 à 30 cm) avec 1,72 t. Cette valeur correspond à un stock de carbone de 0,86 t/ha. Il n'existe pas de cacaoyers de diamètre supérieur à 30 cm. Les résultats révèlent que le peuplement cacaoyer stocke plus de carbone pour des classes de diamètre inférieur à 20 cm.

Tableau XXXVIII : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly

Site de Bowaly	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
Peuplement cacaoyer	2664	108,53	54,26	198,97
Peuplement ligneux associé	175	404,96	202,48	740,94
Total général	2839	513,49	256,75	939,91

Tableau XXXIX : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement cacaoyer

Classes de diamètre	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
DC1 : < 10 cm	1697	38,38	19,19	70,36
DC2 : [10 - 20 cm[	960	68,43	34,22	125,46
DC3 : [20 - 30 cm[	7	1,72	0,86	3,15
DC4 : [30 - 40 cm[	0	0	0	0
DC5 : ≥ 40 cm	0	0	0	0
Total général	2664	108,53	54,26	198,97

#### 7.3.4.3. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement ligneux associé

Au niveau des classes de diamètre des individus ligneux associés aux cacaoyers, la biomasse totale la plus élevée est obtenue au sein de la classe DC5 ( $\geq 40$  cm) avec 303,09 t (Tableau XL). Cela correspond à un stock de carbone de 151,54 t/ha. La biomasse totale la plus faible est enregistrée au niveau de la classe des individus de diamètre inférieur à 10 cm avec un taux de 0,76 t. Les valeurs moyennes du stock de carbone sont plus élevées au sein de la classe DC5 ( $\geq 40$  cm) avec 30,31 t/ha (Figure 54). La plus faible valeur moyenne est observée dans la classe DC1 (< 10 cm) avec un stock de carbone de 0,08 t/ha. Entre ces deux valeurs extrêmes, on observe des valeurs intermédiaires au sein des autres classes. D'une classe de diamètre à une autre, la différence entre les valeurs du taux de carbone est significative (test ANOVA,  $F = 5,19$  ;  $P = 0,00493$ ). En effet, la classe des individus de diamètre supérieur à 40 cm s'est distinguée nettement des autres classes au niveau du groupe statistique (b). Le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone pour des classes de diamètre de plus de 40 cm.



Tableau XL : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de diamètre du peuplement ligneux associé

Classes de diamètre	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
DC1 : < 10 cm	50	0,76	0,38	1,39
DC2 : [10 - 20 cm[	28	6,73	3,36	12,34
DC3 : [20 - 30 cm[	39	28,89	14,44	52,96
DC4 : [30 - 40 cm[	39	65,50	32,75	118,59
DC5 : ≥ 40 cm	19	303,09	151,54	555,66
Total général	175	404,96	202,48	740,94

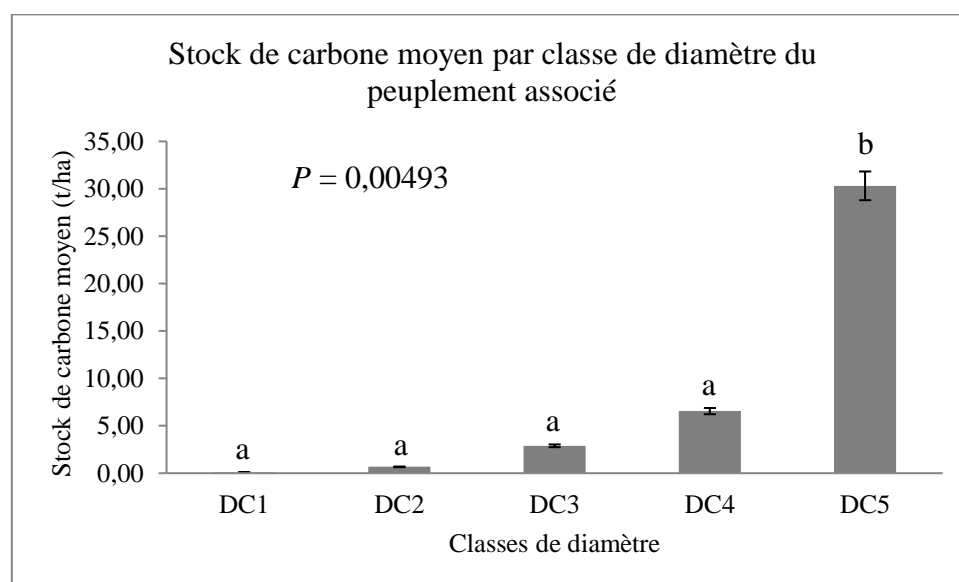


Figure 54 : Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de diamètre du peuplement ligneux associé

#### 7.3.4.4. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer

Concernant les classes de hauteur, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe HC2 (4 à 8 m) avec 85,67 t (Tableau XLI). Cette valeur correspond à un stock de carbone de 42,83 t/ha. Par contre, la biomasse totale la plus faible est enregistrée dans la classe HC1 (2 à 4 m) avec 22,86 t. Cela correspond à un stock de carbone de 11,43 t/ha. Les cacaoyers n'existent pas dans la classe HC3 ( $\geq 8$  m).

Tableau XLI : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement cacaoyer

Classes de hauteur	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
HC1 : [2 - 4 m[	1112	22,86	11,43	41,92
HC2 : [4 - 8 m[	1552	85,67	42,83	157,05
HC3 : ≥ 8 m	0	0,00	0,00	0,00
Total général	2664	108,53	54,26	198,97

#### 7.3.4.5. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement ligneux associé

Au niveau des classes de hauteur des individus ligneux associés aux cacaoyers, la biomasse totale la plus élevée est enregistrée au sein de la classe des espèces de grandes tailles ( $\geq 8$  m) avec 399,73 t (Tableau XLII). Cela correspond à un stock de carbone de 199,86 t/ha. La biomasse totale la plus faible est obtenue au niveau de la classe HC1 de 2 à 4 m avec un taux de 0,05 t. Les valeurs moyennes du stock de carbone sont plus élevées au niveau de la classe haute ( $\geq 8$  m) avec 39,97 t/ha (Figure 55). La valeur moyenne, la plus faible est observée dans la classe basse de 2 à 4 m. Entre ces deux valeurs extrêmes, on observe la valeur intermédiaire au sein de la classe HC2 de 4 à 8 m. D'une classe de hauteur à une autre, la différence entre les valeurs du stock de carbone est significative (test ANOVA,  $F = 7,038$  ;  $P = 0,0095$ ). En effet, la classe des individus ligneux de grandes tailles se distingue nettement des autres classes au niveau du groupe statistique (b). Les résultats ont révélé que le peuplement ligneux associé stocke plus de carbone pour des classes de plus de 8 m de hauteur.

Tableau XLII : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par classe de hauteur du peuplement ligneux associé

Classes de hauteur	Individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (t/ha)	CO <sub>2</sub> (t)
HC1 : [2 - 4 m[	20	0,05	0,02	0,09
HC2 : [4 - 8 m[	46	5,19	2,59	9,51
HC3 : ≥ 8 m	109	399,73	199,86	731,34
Total général	175	404,96	202,48	740,94

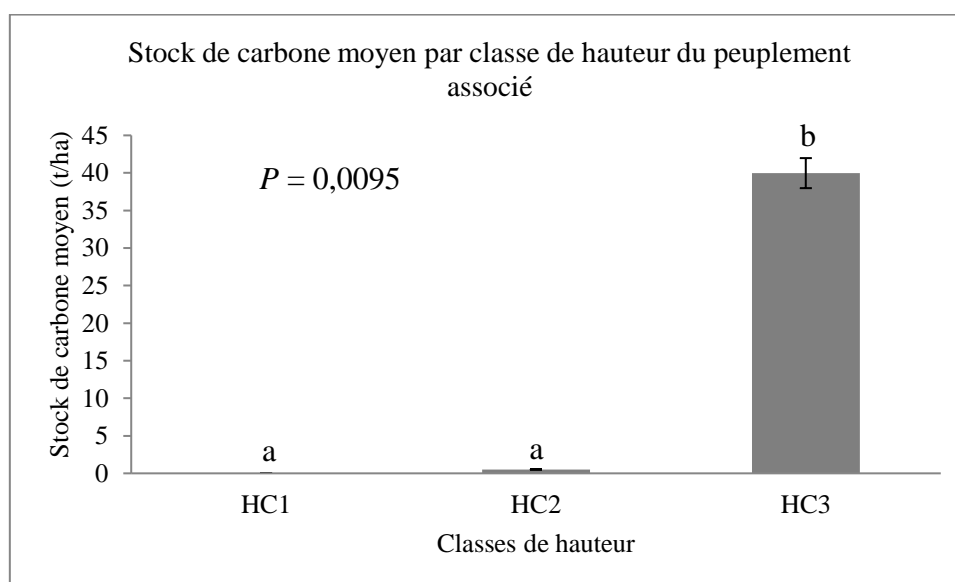


Figure 55 : Stock de carbone moyen enregistré dans les classes de hauteur du peuplement ligneux associé

#### 7.3.4.6. Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce

Le tableau XLIII présente la biomasse totale, le stock de carbone et le taux de CO<sub>2</sub> séquestrés par chaque espèce ligneuse associée aux cacaoyers ayant une hauteur supérieure ou égale à 2 m dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers étudiés dans le site de Bowaly. Ce tableau révèle également que 11 espèces ont stocké plus de 90 p.c. de carbone. Ce sont : *Ceiba pentandra*, *Bombax costatum*, *Alstonia boonei*, *Mangifera indica*, *Ricinodendron heudelotii*, *Persea americana*, *Antiaris toxicaria*, *Terminalia ivorensis*, *Newbouldia laevis*, *Spathodea campanulata* et *Margaritaria discoidea*. Parmi ces 11 espèces, les espèces

forestières préservées telles que *Ceiba pentandra*, *Bombax costatum*, *Alstonia boonei*, *Ricinodendron heudelotii*, *Antiaris toxicaria* et *Terminalia ivorensis* ont obtenu des valeurs élevées du stock de carbone malgré le faible nombre d'individus au sein de chaque espèce comparativement aux espèces introduites ou cultivées telles que *Persea americana* et *Mangifera indica* qui ont un nombre d'individus élevé chacune. L'analyse de ce tableau montre que 18 espèces ont enregistré moins de 10 p.c. de carbone. Les résultats témoignent que la quantité de carbone stockée par une espèce ne dépend pas essentiellement du nombre d'individus. La majorité des espèces préservées stockent plus de carbone que les espèces introduites ou cultivées.

Tableau XLIII : Biomasse totale et taux de carbone enregistrés par espèce dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly

N°	Noms des espèces	Nombre d'individus	Biomasse totale (t)	Stock de carbone (tC/ha)	p.c. du stock de carbone	CO <sub>2</sub> (t)
1	<i>Ceiba pentandra</i>	1	92,42	46,21	22,82	169,43
2	<i>Bombax costatum</i>	1	68,43	34,22	16,90	125,46
3	<i>Alstonia boonei</i>	1	31,31	15,65	7,73	57,39
4	<i>Mangifera indica</i>	22	29,03	14,51	7,17	53,22
5	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	3	28,02	14,01	6,92	51,37
6	<i>Persea americana</i>	30	23,93	11,96	5,91	43,87
7	<i>Antiaris toxicaria</i>	2	23,39	11,69	5,77	42,88
8	<i>Terminalia ivorensis</i>	1	21,45	10,73	5,30	39,33
9	<i>Newbouldia laevis</i>	14	19,59	9,80	4,84	35,92
10	<i>Spathodea campanulata</i>	13	14,08	7,04	3,48	25,82
11	<i>Margaritaria discoidea</i>	4	12,30	6,15	3,04	22,55
12	<i>Ficus exasperata</i>	14	9,24	4,62	2,28	16,94
13	<i>Myrianthus libericus</i>	5	4,80	2,40	1,19	8,80
14	<i>Morinda lucida</i>	7	4,73	2,37	1,17	8,68
15	<i>Sterculia tragacantha</i>	4	4,66	2,33	1,15	8,54
16	<i>Acacia mangium</i>	3	3,61	1,80	0,89	6,62

Tableau XLIII (Suite et fin)

17	<i>Terminalia superba</i>	2	2,84	1,42	0,70	5,20
18	<i>Fagara leprieurii</i>	2	2,55	1,27	0,63	4,67
19	<i>Citrus sinensis</i>	12	1,79	0,90	0,44	3,29
20	<i>Funtumia africana</i>	1	1,78	0,89	0,44	3,27
21	<i>Gmelina arborea</i>	3	1,50	0,75	0,37	2,74
22	<i>Ficus vogelii</i>	1	1,05	0,53	0,26	1,93
23	<i>Albizia zygia</i>	3	0,98	0,49	0,24	1,79
24	<i>Myrianthus arboreus</i>	1	0,88	0,44	0,22	1,61
25	<i>Gliricidia sepium</i>	3	0,34	0,17	0,08	0,62
26	<i>Annona muricata</i>	1	0,13	0,06	0,03	0,23
27	<i>Coffea canephora</i>	14	0,07	0,04	0,02	0,14
28	<i>Mallotus oppositifolius</i>	4	0,04	0,02	0,01	0,07
29	<i>Psidium guajava</i>	3	0,03	0,01	0,00	0,05
	Total général	175	404,96	202,48	100,00	742,43

#### 7.3.4.7. Paramètres structuraux influençant le stock de carbone

Les espèces retenues pour le test de corrélation sont celles qui ont obtenu chacune à la fois un taux de carbone  $\geq 10$  p.c. et un nombre d'individus  $\geq 5$ . Le test de corrélation est réalisé entre le taux de carbone et les paramètres structuraux tels que le nombre d'individus, le diamètre et la hauteur de ces espèces. Dans ce site d'étude, aucune espèce ne remplit tous les critères énoncés. Par contre, la contribution à plus de 10 p.c. au stockage de carbone obtenue par chacune des espèces telles que *Ceiba pentandra* et *Bombax costatum* est essentiellement due au diamètre et à la hauteur.

## CHAPITRE 8 : DISCUSSION

### 8.1. Flore diversifiée dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa

L'étude des caractéristiques floristiques de la végétation ligneuse associée aux systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers a été abordée suivant les quatre principaux axes d'approvisionnement en fèves de cacao, du département de Daloa. La végétation ligneuse associée aux cacaoyers dans les différents sites a présenté des valeurs semblables en nombre d'espèces (50 à 59), de genres (42 à 51) et de familles (22 à 25). Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les producteurs de la zone d'étude appartiennent à des coopératives donc ils ont reçu presque des mêmes formations et les mêmes semences d'arbres à introduire dans leurs plantations par les structures d'encadrement. Le nombre d'espèces obtenu dans chacun des sites d'étude est inférieur à celui trouvé par Diomandé (2018) au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire qui était de 70 espèces et celui de Plas (2020) à l'Ouest de la Côte d'Ivoire qui était de 75 espèces. Cette différence du nombre d'espèces serait due à la taille des plantations. En effet, la superficie moyenne des plantations dans la présente étude était de 5 ha contre celle de Diomandé (2018) et de Plas (2020) qui était respectivement de 20 et 18 ha. Cependant, le nombre d'espèces obtenu dans chacun des sites est largement supérieur à celui de la région de M'Brimbo, dans le Centre-Sud de la Côte d'Ivoire, en zone de transition forêt-savane trouvé par Gala *et al.* (2017) qui était de 14 espèces. Il est également supérieur à la flore associée dans les plantations de différents âges au Cameroun avec des valeurs moyennes allant de 24 à 46 espèces (Temgoua *et al.*, 2018). La différence du nombre d'espèces pourrait s'expliquer par l'âge des plantations. En effet, l'âge moyen des plantations de la présente étude était de 16 ans contre 21 ans au Cameroun. La différence du nombre d'espèces s'expliquerait, également, par le type de végétation. Concernant le type de végétation, celui de la présente étude est de type forestier tandis que celui de Gala *et al.* (2017) est d'une zone de transition forêt-savane. L'introduction et la préservation d'un grand nombre d'espèces dans des plantations ont été signalées par plusieurs auteurs, notamment Koulibaly (2008) et Tondoh *et al.* (2015) en Côte d'Ivoire, Asare & Tetteh (2010) au Ghana, Oke & Odebiyi (2007) au Nigeria, Zapfack *et al.* (2002) et Sonwa *et al.* (2007) au Cameroun. Au regard des indices de diversité, les valeurs de l'indice de Shannon indiquent une flore diversifiée et l'indice de Piélou informe que les individus sont répartis de manière équitable entre les espèces, dans tous les sites. Les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers du

département de Daloa renferment une flore ligneuse riche d'espèces natives et exotiques associées aux cacaoyers par rapport à celle de Gala *et al.* (2017).

Parmi les familles recensées, les plus importantes en termes de représentativité des espèces sont généralement les Moraceae, Malvaceae, les Euphorbiaceae, les Fabaceae, les Rutaceae, les Anacardiaceae et les Apocynaceae. Parmi les familles les plus dominantes, les Moraceae, les Fabaceae, les Malvaceae et les Rutaceae sont communes aux 4 sites d'étude. Dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, les Rutaceae et les Moraceae ont également été signalées comme dominantes par Konan *et al.* (2011), et la famille des Malvaceae par Kouadio (2018), dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Les familles des Malvaceae, des Fabaceae et des Euphorbiaceae ont été également citées comme dominantes dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers au Cameroun par Temgoua *et al.* (2018). Il apparaît que les familles dominantes sont similaires sur une large bande de systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers en Afrique de l'Ouest. Les espèces appartenant à ces familles, particulièrement aux familles des Anacardiaceae, Apocynaceae, Fabaceae et Malvaceae seraient adaptées aux conditions morphopédologiques locales (Nouvellet, 1992). La dominance des familles des Rutaceae dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers étudiés serait due aux espèces introduites telles que celles issues du genre *Citrus*.

Les types biologiques les mieux représentés en termes de nombre d'espèces étaient les microphanérophytes avec 83,68 p.c. à Doboua, 69,09 p.c. à Bantikro, 74,68 p.c. à Zepreguhé et 65,47 p.c. à Bowaly. Cette dominance des microphanérophytes serait due à leur forme de vie pérenne comprenant une repousse végétative, qui constitue le mode de régénération quantitativement important dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers comme rapporté dans la région de la réserve de Lamto et le département d'Oumé (Piba *et al.*, 2011 ; Koulibaly *et al.*, 2016). Au niveau phytogéographique, le pourcentage des espèces appartenant à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien est supérieur à 60 p.c dans tous les sites d'étude. Ce pourcentage indique que la flore ligneuse identifiée a une affinité prononcée pour la zone phytogéographique de transition Guinéo-Congolaise / Soudano-Zambézienne. Ce résultat est contraire à celui de Koulibaly (2008) et Diomandé (2018) qui ont signalé une dominance des espèces du domaine Guinéo-Congolais dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de la région de la réserve de Lamto (Centre-Sud) et de Djêkro (Centre-Ouest), en Côte d'Ivoire. Cette différence pourrait être due au fait que les espèces de la région Guinéo-Congolaise sont moins préservées dans la zone de notre étude.

L'appréciation de la faveur faite à certaines espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers a été analysée à travers la mesure de la fréquence des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de chaque site d'étude. Dans tous les sites d'étude, l'analyse factorielle des correspondances basée sur la fréquence relative a présenté trois niveaux de fréquence : espèces les plus fréquentes, espèces moyennement fréquentes et espèces moins fréquentes. Ce résultat indique que la fréquence pourrait constituer un outil de quantification de l'influence du producteur dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers. Les différents groupes d'espèces ont été caractérisés par une espèce indicatrice montrant le type d'influence du producteur en termes de préservation. Ces groupements ont concerné des espèces fruitières cultivées ou non, des espèces forestières spontanées ou de grandes dimensions, épargnées lors des défrichements. Ces groupes d'espèces peu diversifiés ont présenté un indice d'Équitabilité de Pielou élevé dans tous les sites. Cela implique que les individus sont répartis de façon équitable au sein des espèces de ces groupements végétaux. Ce résultat est similaire à celui trouvé par Oke & Odebiyi (2007) au Nigeria et par Osei-Bonsu *et al.* (2005), Asase *et al.* (2009) et Asare & Tetteh (2010) au Ghana dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.

Concernant la distribution des individus dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, à Doboua, les plus grands nombres d'individus sont enregistrés dans les strates les plus basses de la végétation ligneuse, alors qu'à Bantikro et Bowaly, ce nombre est élevé dans la strate de plus de 8 m. Ce nombre plus élevé d'individus dans certaines strates de végétation montre que la végétation du site de Doboua est majoritairement constituée d'arbustes alors que celle des deux autres sites renferme de nombreux arbres de plus de 8 m de haut. Cette différence dans la structure verticale des systèmes agroforestiers à cacaoyers a été signalée par Konan *et al.* (2011) dans les plantations de cacaoyers à Oumé et témoignent d'une physionomie variable entre les systèmes agroforestiers de différentes zones cacaoyères. Quelle que soit la hauteur des arbres dans le site de Zepreguhé, le nombre d'individus des espèces présentes reste proche entre les strates. Toutes les strates de la végétation ligneuse des systèmes agroforestiers à cacaoyers de ce site sont bien représentées.

Concernant la répartition des individus entre les classes de diamètre, aucune différence significative n'est enregistrée entre les classes dans le site de Bowaly. Dans les autres sites, les plus grands nombres d'individus sont significativement distincts dans les petites classes de diamètre. La structure diamétrique en forme de « J inversé » obtenue au sein des parcelles d'étude des systèmes agroforestiers à cacaoyers est typique aux forêts tropicales (Adou Yao, 2000). Cette courbe montre qu'en milieu naturel stable, l'effectif des individus d'un



peuplement forestier diminue régulièrement lorsqu'on passe d'arbres de petits diamètres aux plus gros arbres. Elle est également décrite dans divers travaux (Jaffré & Veillon, 1990 ; Wala *et al.*, 2005 ; Tayo, 2014) et est attribuée à une forte régénération des espèces (Koulibaly *et al.*, 2018).

La caractérisation d'une stratégie de préservation paysanne peut se distinguer à travers un paramètre structural mesurable que représente ici, la fréquence de l'espèce, distinguant 3 niveaux (espèces moins fréquentes, modérément fréquentes et plus fréquentes) de préservation des espèces dans tous les sites d'étude. La fréquence constituerait un outil rapide et simple pour le diagnostic floristique des systèmes agroforestiers en cacaoculture. Aussi, la structure de ces systèmes agroforestiers renferme des arbres en nombres et dimensions variables mais généralement bien représentés dans les différentes strates dans la majorité des sites. Ce résultat témoigne de pratiques agricoles qui révèlent bien une stratégie de préservation paysanne de la flore malgré la culture du cacao.

## **8.2. Conservation de la phytodiversité dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers**

Les producteurs de cacao du département de Daloa préservent et introduisent des espèces ligneuses à usages multiples dans leurs plantations. Ces espèces servent à la fois à répondre aux besoins pour le développement de la plantation et pour la vie quotidienne des populations locales comme l'ont démontré certains auteurs ayant travaillé respectivement sur les systèmes agraires tropicaux en Côte d'Ivoire et les agroforêts à base de cacaoyers au Cameroun (Herzog, 1994 ; Sonwa *et al.*, 2001 ; Mollet *et al.*, 2000 ; Sonwa *et al.*, 2000). Ce fait a également été rapporté par Herzog & Bachmann (1992) dans les plantations de caféiers et de cacaoyers du Sud du «V-Baoulé » en Côte d'Ivoire et par Koulibaly (2008) et Adou Yao *et al.* (2016) dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers au Centre-Sud et Centre de la Côte d'Ivoire.

La préférence de l'espèce étant liée à son utilité, les services écosystémiques ont été identifiés et la variabilité de la flore associée au regard de son utilité a été étudiée à travers une analyse factorielle multivariée. Cette analyse a présenté une variabilité floristique en fonction des services écosystémiques en relation avec les 3 niveaux de fréquence des espèces préférées. Neuf (9) services écosystémiques ont été confirmés comme existants au niveau de l'utilisation de la végétation ligneuse des espèces associées aux cacaoyers, dans les systèmes agroforestiers. Cette information a servi à apprécier la flore liée à chaque service mais également, la disponibilité des espèces au regard de la demande. Ainsi, les espèces et leur

fréquence varient d'un service à un autre et d'un site à l'autre. Les principaux services comme l'alimentation, la médecine traditionnelle, l'ombrage et le commerce sont fournis par des espèces fréquentes et moyennement fréquentes dans les sites de Doboua et Bantikro alors que dans les deux autres sites, les espèces qui fournissent ces services sont majoritairement les moins fréquentes. Dans ces sites, les espèces les plus fréquentes servaient plutôt à l'approvisionnement en bois de chauffe, à la fertilisation du sol et divers autres services comme le fourrage pour le bétail. La forte fréquence des espèces dans le domaine de la fertilisation serait liée au fait que les semences de ces espèces sont souvent distribuées aux producteurs par les structures d'encadrement dans le but d'améliorer la fertilité du sol. Ces espèces sont *Acacia mangium*, *Gliricidia sepium* et *Gmelina arborea*. D'autres espèces comme *Milicia excelsa*, *Terminalia superba* et *Ricinodendron heudelotii* participent à restaurer, fertiliser et améliorer l'humidité du sol grâce à leur capacité de conservation d'eau. Par contre, des espèces telles que *Ceiba pentandra* et *Celtis zenkeri* ne sont pas appréciées car elles assècheraient le sol en consommant une très grande quantité d'eau et causeraient des dégâts sur le cacaoyer par leur chute. Ces résultats confirment ceux de Kébé *et al.* (2011) qui ont mentionné ce fait dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers en Côte d'Ivoire.

Généralement, des arbres de grandes dimensions sont épargnés dans les premières années des plantations pour protéger les jeunes plants de cacaoyers contre les rayons solaires. En effet, le cacaoyer jeune a besoin pour sa croissance optimale, d'un ombrage relativement dense ce qui contribuerait de plus, à protéger le sol tant qu'un couvert suffisant n'est pas assuré par le cacaoyer lui-même (Braudeau, 1969 ; Cissé *et al.*, 2016). Ces grands arbres préservés pour l'ombrage sont coupés plus tard pour la vente du bois (Koulibaly *et al.*, 2016). Cette méthode de gestion des plantations appliquée dans notre zone d'étude est similaire à celle utilisée au Cameroun où les agriculteurs gardent les cacaoyers sous des arbres ligneux de différentes classes d'âge (Sonwa *et al.*, 2000), et au Burkina Faso, où les agriculteurs utilisent les jachères comme méthode de restauration de la fertilité des sols pour aider à la gestion des systèmes agroforestiers (Yaméogo, 2009).

La diversité des espèces utilisées dans l'alimentation permettrait d'assurer la sécurité alimentaire et des revenus supplémentaires aux producteurs, en particulier aux femmes et aux enfants (Herzog & Bachmann, 1992 ; Herzog, 1994 ; Mollet *et al.*, 2000 ; Sonwa *et al.*, 2001). En effet, l'alimentation de base de la majorité des populations enquêtées de la région d'étude concerne les légumes comme les feuilles de *Ceiba pentandra* (le fromager), de *Myrianthus arboreus* connue sous le nom local de Tikliti et les fruits de *Persea americana* (l'avocatier), de *Mangifera indica* (le manguier) et *Citrus sinensis* (l'oranger) consommés crus. Selon

Herzog (1992), la valeur nutritionnelle de certaines espèces notamment *Ricinodendron heudelotii* connue localement sous le nom d'Akpi, permettait aux populations de couvrir leurs besoins en énergie et en vitamines. La préservation des espèces à usage médicinal témoigne d'une bonne connaissance de leurs vertus par les producteurs. Leur importance dans les plantations pourrait se justifier par le fait que face à la pauvreté, les producteurs se tournent vers la médecine traditionnelle pour couvrir leurs besoins en matière de santé, puisque les structures conventionnelles ou centres de santé, demeurent relativement chères et rares dans les différentes localités (Koulibaly *et al.*, 2016). Les producteurs prélèvent ainsi dans leurs plantations, des plantes médicinales connues pour soulager certaines affections. C'est le cas d'*Alstonia boonei* connue sous le nom local Baoulé de *Emien* qui est reconnue pour son efficacité dans le traitement du paludisme à Agbaou, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (Vroh *et al.*, 2014) et à Agboville, en Côte d'Ivoire (N'Guessan, 2008). La fréquence généralement élevée dans les sites d'étude, des espèces utilisées pour l'approvisionnement en bois de chauffe est notable. Ce sont pour la plupart, des espèces spontanées qui se développent par pousses ou des graines laissées dans le sol (Koulibaly, 2008). Ce résultat est similaire à celui de Adou Yao *et al.* (2016) dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers au Centre de la Côte d'Ivoire, qui indique que c'est un service écosystémique important pour les populations rurales. Selon ces auteurs, le bois constitue la principale source d'énergie des foyers dans les villages. Le commerce est actif dans tous les sites et repose généralement sur la vente du bois et des fruits. En effet, les fruits se vendent bien sur les marchés locaux et régionaux (Sonwa *et al.*, 2007). Certaines espèces moins fréquentes sont protégées ou introduites pour servir d'arbres de délimitation dans la plantation, comme *Hevea brasiliensis* et/ou contribuer à améliorer la fertilité des sols, comme *Gmelina arborea* et *Ficus vogelii*. Ces dernières espèces sont utilisées pour protéger le sol jusqu'à ce qu'une couverture suffisante soit assurée par le cacaoyer lui-même (Braudeau, 1969 ; Cissé *et al.*, 2016). Les espèces préservées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers ont une importance sociale notable pour les producteurs et par conséquent pour les populations locales, qu'il est crucial de considérer dans les programmes d'aménagement et de gestion des aires cultivées.

Les producteurs de cacao du département de Daloa sont en majorité des autochtones Baoulés qui pratiquent la cacaoculture. Cette réalité serait le reflet de la vague de migration des Baoulés depuis le Centre du pays à la recherche de terre fertile pour l'agriculture (Ruf, 1995 ; Freud *et al.*, 2000). Le faible taux des autochtones Bétés (12,22 p.c.) dans la cacaoculture serait dû à

leur fort intérêt pour d'autres activités comme la culture de produits vivriers. Les plantations appartiennent majoritairement à des producteurs dont l'âge varie entre 35 et 50 ans. La dominance de cette classe d'âge pourrait s'expliquer par la vigueur ou la capacité physique de cette tranche à s'adonner aux travaux champêtres. Ces résultats sont proches de ceux réalisés par Assiri *et al.* (2009) qui ont trouvé une dominance de la tranche d'âge de 41 à 50 ans dans dix départements représentatifs des trois grandes zones productrices de cacao en Côte d'Ivoire. Cinquante-quatre (54) p.c. des cacaoculteurs du département de Daloa sont des alphabètes. Ce résultat est contraire à la plupart des travaux antérieurs où le milieu des producteurs de cacao est dominé par les analphabètes. En effet, Assiri *et al.* (2009) ont trouvé que 80 p.c. des producteurs sont analphabètes dans dix départements représentatifs des trois grandes zones productrices de cacao en Côte d'Ivoire (Est et Sud-Est ; Centre-Ouest ; Sud-Ouest et Ouest). Cependant, les travaux de Diomandé (2018) dans la localité de Djékro (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) indiquent que 80 p.c. des 60 producteurs enquêtés sont alphabètes. Nos résultats, similaires à ceux de Diomandé (2018) dans le département de Daloa pourraient se justifier par le fait que les 180 producteurs enquêtés appartiennent tous à des coopératives et que ces dernières années, plusieurs intellectuels et certains retraités se sont investis dans la cacaoculture. L'acquisition de la plantation par la création domine à 85 p.c. dans le département de Daloa. Ce fait pourrait refléter l'existence de quelques îlots de forêt ou de surfaces cultivables dans la zone, utilisées pour étendre les plantations existantes. Ces résultats confirment ceux de Koné (2013) qui indiquent que l'acquisition de plantation par la création domine dans les départements de Divo, Oumé et Tiassalé à 48,37 p.c. contre 46,66 p.c. d'acquisition par héritage. En revanche, les résultats sont contraires à ceux obtenus par Assiri *et al.* (2015) qui ont révélé un faible taux de création de la plantation par le producteur lui-même dans les zones cacaoyères en Côte d'Ivoire. Le taux de 13,89 p.c. d'acquisition par héritage obtenu montre que la culture cacaoyère dans le département de Daloa demeure encore une activité familiale où les exploitations passent entre les mains des membres de la famille. Ce taux reste inférieur à celui obtenu par Diomandé (2018) dans la localité de Djékro. Cet auteur a mentionné que plus de 70 p.c. des producteurs ont acquis leur plantation par héritage. Cette différence pourrait s'expliquer par la taille des producteurs enquêtés.

Plusieurs espèces à statut particulier, allant de vulnérables à menacées d'extinction, ont été rencontrées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Les espèces les plus fréquentes parmi celles-ci étaient *Garcinia kola* et *Nesogordonia papaverifera*. Parmi les espèces moyennement fréquentes se trouvent *Nauclea diderrichii*, *Terminalia ivorensis*,

*Entandrophragma angolense*, *Triplochiton scleroxylon*, et *Milicia excelsa* et *Baphia bancoensis* qui sont toutes deux menacées d'extinction. Les espèces les moins fréquentes étaient *Khaya ivorensis*, *Irvingia gabonensis* et *Millettia rhodantha* une espèce endémique aux blocs forestiers ouest-africains. La présence d'espèces vulnérables, menacées d'extinction ou endémiques indique que ces systèmes agroforestiers peuvent constituer des refuges pour les espèces menacées et confirme l'importance de soutenir la préservation des espèces (Myers *et al.*, 2000).

L'étude de la valeur d'usage ethnobotanique des espèces préservées dans les systèmes agroforestiers a montré que ces dernières subissent des pressions de degrés différents. Celles qui possèdent les valeurs d'usage ethnobotanique élevées sont moyennement conservées. Ce résultat serait dû au fait que les producteurs de la zone d'étude utilisent ces espèces autant qu'ils les préservent. Ce résultat diffère de celui de Piba *et al.* (2015) qui ont trouvé que les espèces ayant des valeurs d'usage élevées, étaient les plus exploitées. De même, selon les travaux de Dossou *et al.* (2012), la valeur d'usage ethnobotanique aide à identifier les espèces très utiles qui, pour cette raison, sont soumises à une forte pression. Selon Dossou *et al.* (2012), ces espèces très utiles devraient être considérées comme prioritaires dans l'aménagement des systèmes agroforestiers à cacaoyers afin de contribuer à un bien-être économique et socio-culturel durable des producteurs. Néanmoins, les valeurs d'usage obtenues devraient être relativisées à cause des nouvelles opportunités futures d'utilisation et de commercialisation qui pourraient s'offrir aux autres espèces et faire varier leur valeur d'usage et leur importance. La gestion des espèces ligneuses associées est fragile même si une certaine homogénéité de l'environnement reflète un arrangement raisonnable des agriculteurs quant à l'intérêt de faire un maximum de profits (Temgoua *et al.*, 2018).

Les espèces les moins fréquentes, à forte valeur d'usage pourraient à la longue devenir rares ou même disparaître des systèmes agroforestiers à cacaoyers si rien n'est fait. C'est pourquoi, la conservation de la phytodiversité des systèmes agroforestiers à cacaoyers passe par l'établissement de la liste des espèces à statut sensible comme ici, avec la combinaison de la fréquence à travers l'indice de raréfaction et la valeur d'usage. Ainsi, les recommandations au niveau des listes d'espèces en cacaoculture seraient plus fines car correspondant aux réalités de systèmes agroforestiers spécifiques et non des recommandations globales. Les prises de mesures de protection de certaines espèces en seront améliorées, surtout pour les espèces vulnérables et menacées d'extinction, inscrites sur la liste rouge de l'UICN, qui trouvent refuge dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers où elles sont plus ou moins

protégées par le producteur. Le renforcement de la stratégie de préservation paysanne au regard des services écosystémiques fournis par les systèmes agroforestiers pourrait contribuer notablement à conserver une phytodiversité conséquente malgré l'intensification de la cacaoculture.

### 8.3. Cacaoculture et changement climatique

Dans le contexte actuel du changement climatique, la perte des forêts pourrait être compensée par une agriculture intelligente qui permettrait de garantir le stockage du carbone dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers (Njomgang *et al.*, 2011 ; Norgrove & Hauser, 2013 ; Atangana *et al.*, 2014). Cette approche qui consiste à laisser ou à intégrer une végétation ligneuse participerait à une plus grande séquestration du carbone et un haut niveau de stockage du carbone pour une cacaoculture durable. Nous avons apprécié la contribution au stockage de carbone des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers à travers l'évaluation du stock dans la végétation ligneuse associée et dans le peuplement cacaoyer, ainsi qu'à travers des paramètres structuraux performants. Au niveau de l'évaluation du stock de carbone, les résultats montrent que le nombre d'individus de cacaoyers est plus élevé que celui des espèces associées quelque soit le site d'étude. Le nombre d'individus d'espèces associées varie de 175 à 558 alors que les cacaoyers ont des totaux allant de 1 926 à 3 119 individus dans la zone d'étude. Cependant, quelque soit le site, la biomasse et le stock de carbone sont plus élevés dans la végétation ligneuse associée. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à Zepréguhé. La répartition de la biomasse et du stock de carbone dans les classes de diamètre et de hauteur montre que les cacaoyers renferment plus de biomasse et de carbone que la végétation ligneuse associée dans les plus petites classes de diamètre < 20 cm et de hauteur < 8 m. Autrement dit, concernant le peuplement cacaoyer, ce sont donc des variétés atteignant 20 cm de diamètre et variant de 2 à 8 m de hauteur qui contribuent le plus au stockage de carbone. Ce résultat montre l'importance de l'architecture de la variété de cacaoyer (Jagoret, 2011). Ce résultat pourrait se justifier également par la forte densité des cacaoyers et par le fait que les cacaoyers soient des arbustes. Par contre, les valeurs maximales de biomasse et de stock de carbone du peuplement associé s'obtiennent dans les classes de plus de 8 m de hauteur et de 40 cm de diamètre. La majorité du carbone stocké se situe dans la biomasse des grands arbres associés, ce qui est similaire aux résultats de Saj *et al.* (2013) obtenus dans la zone de Ngomedzap au Centre du Cameroun. Les espèces de grandes dimensions rencontrées sont *Ricinodendron heudelotii*, *Celtis zenkeri*, *Bombax buenopozense*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia superba*, *Milicia excelsa*, *Terminalia ivorensis*,

*Entandrophragma angolense*, *Antiaris toxicaria*, *Lanea acida*, *Alstonia boonei*, *Margaritaria discoidea*, *Amphimas pterocarpoides*, *Newbouldia laevis*, *Khaya ivorensis*, *Bombax costatum* et *Triplochiton scleroxylon*. La présence de ces espèces de grandes dimensions pourrait être le résultat de la perception largement répandue par les producteurs de la présence d'arbres associés dans les plantations. Au niveau de la détermination des paramètres structuraux performants, l'analyse de la corrélation entre la quantité de carbone stockée et des paramètres structuraux a révélé que quelque soit l'espèce, sa hauteur et son diamètre influencent plus sa capacité à stocker le carbone. Ce résultat est visible à travers la forte corrélation positive obtenue entre les paramètres structuraux des arbres et le stock de carbone. La faible corrélation, obtenue entre le nombre d'individus des espèces et le stock de carbone dans nos travaux, montre que le stock de carbone élevé n'est pas lié au nombre d'individus mais est essentiellement dû aux dimensions de l'arbre. Bien que Kouamé (2013) informe que les facteurs qui influencent le stock de carbone seraient entre autres l'espèce, le diamètre, la hauteur, la densité de plantation et la diversité biologique, nos résultats démontrent que le diamètre et la hauteur totale de l'arbre seraient des paramètres déterminants pour l'aménagement des systèmes agroforestiers à cacaoyers face au changement climatique. Plus les arbres préservés sont hauts avec de gros diamètres, plus le système agroforestier à cacaoyer stocke du carbone. Contrairement à nos travaux, Evans *et al.* (2016) ont montré que la corrélation entre la couronne de l'arbre et le stock de carbone était modérément forte alors que celle entre le diamètre, la hauteur et le carbone total des arbres était généralement faible. Les systèmes agroforestiers à cacaoyers du site de Bowaly ayant stocké moins de carbone, méritent un apport considérable pour mieux répondre aux normes des pratiques agroforestières contrairement aux trois autres sites d'étude. Cet apport devrait se situer au niveau de l'introduction et de la préservation des espèces ligneuses associées aux cacaoyers pour répondre aux besoins socio-économiques et culturels des producteurs ainsi que les services écologiques.

En tenant compte de l'ensemble des sites d'étude, le stock de carbone des systèmes agroforestiers à cacaoyers est estimé à 1 147,53 tC/ha. Cette valeur est largement supérieure à celle trouvée par Temgoua *et al.* (2018) avec 428,93 tC/ha au Cameroun. Cette différence est probablement due à la diversité des milieux et à la densité des arbres. Malgré la diversité et la complexité des modes de gestion appliquées par les producteurs, les quantités de carbone dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de nos différents sites d'étude restent proches. Ce résultat serait dû aux plants introduits ou conservés à faible densité, et à d'éventuels rejets de

souche conservés dans les parcelles comme semenciers ne pouvant être abattus par les producteurs du fait des dégâts qu'ils causeraient. Ceci est en accord avec les travaux de Tayo (2014) dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de la zone de Ngomedzap au Centre du Cameroun, sur des parcelles de relevés similaires avec un dispositif très proche du nôtre. Ce résultat pourrait s'expliquer également par le fait que les structures d'encadrement des producteurs recommandent à ces derniers d'introduire dans leurs plantations les mêmes essences forestières. Il convient de souligner que les systèmes agroforestiers sont généralement connus pour stocker plus de carbone que d'autres systèmes de culture, contribuant ainsi à l'atténuation des effets du changement climatique (Paustian *et al.*, 2000 ; Albrecht & Kandji, 2003 ; Montagnini & Nair, 2004 et Nair *et al.*, 2010).

La lutte contre le changement climatique peut se faire par l'augmentation de la séquestration du carbone dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers et pourrait être affinée. Nos travaux ont montré que le peuplement cacaoyer et le peuplement ligneux associé ont des contributions différentes en fonction de la diversité et de la structure de leur population. La contribution maximale du peuplement cacaoyer est observée pour les individus ayant moins de 8 m de hauteur et de moins de 20 cm de diamètre, alors que les valeurs maximales de stock de carbone du peuplement associé s'obtiennent dans les autres classes de plus de 8 m de hauteur et 40 cm de diamètre. Cette complémentarité est un atout pour des systèmes agroforestiers qui renferment une végétation ligneuse associée et surtout pour ceux dont la végétation associée est riche et dense. Par ailleurs, plus cet arbre autre que le cacaoyer est grand et gros, plus il stocke du carbone. Cette situation a été également rapportée par Evans *et al.* (2016) au Ghana. Ces auteurs ont mentionné que les arbres d'ombrage sont cruciaux pour les stocks de carbone dans les systèmes de culture de cacao. Selon ces auteurs, la plus grande composante de la biomasse totale se trouve dans les arbres de gros diamètre et de grande taille. Nos travaux présentent une liste d'espèce de grandes dimensions à fort stockage de carbone dont cinq, sont communes aux sites d'étude. Il s'agit de *Mangifera indica*, *Albizia zygia*, *Persea americana*, *Ricinodendron heudelotii* et *Ficus exasperata*. *Mangifera indica* et *Persea americana* sont prisées pour leurs fruits tandis que *Albizia zygia*, *Ricinodendron heudelotii* et *Ficus exasperata* sont généralement utilisées pour l'ombrage et le bois de chauffe. Ces dernières pourraient être recommandées d'office comme espèces à introduire ou à préserver systématiquement dans les plantations de cacaoyers du département de Daloa. Aussi, les espèces de grandes dimensions, destinées à la vente du bois, devraient être renouvelées après coupe afin d'assurer la résilience des milieux exploités.





**CONCLUSION,  
RECOMMANDATIONS ET  
PERSPECTIVES**

Les systèmes agroforestiers à cacaoyers constituent des types de formations végétales ayant subi des modifications à travers des activités anthropiques telles que l'agriculture. Cette thèse contribue, dans un premier temps à la caractérisation d'une stratégie de préservation paysanne à travers une meilleure connaissance de la diversité de la flore ligneuse des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa. Les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers du département de Daloa renferment une flore ligneuse riche de 91 espèces ligneuses associées aux cacaoyers. Cette flore renferme généralement des arbustes bien adaptés aux conditions environnementales. Elle renferme en majorité des espèces de forêt dense semi-décidue qui caractérisent la végétation de la région du Haut-Sassandra. La préservation de la flore ligneuse est facilement détectée à travers 3 niveaux de fréquence ou préférence des espèces. Aussi, la présence d'espèces à statut particulier qui y ont trouvé refuge, invite à soutenir urgemment cette stratégie de préservation paysanne, puisque la majorité des espèces sont maintenant rares dans les formations forestières restantes en Côte d'Ivoire.

Dans un deuxième temps, cette thèse révèle l'importance sociale et écologique des espèces associées aux cacaoyers à travers 9 formes de services écosytémiques. La plupart des espèces sont utilisées dans le domaine d'ombrage pour protéger les jeunes cacaoyers contre les rayons solaires. Ce sont entre autres *Terminalia superba*, *Pycnanthus angolensis*, *Milicia excelsa*, *Terminalia ivorensis*, *Nauclea diderrichii*, *Entandrophragma angolense*, *Bombax costatum*, *Triplochiton scleroxylon*, *Ricinodendron heudelotii* et *Nesogordonia papaverifera*. Le second domaine le plus important est celui de l'alimentation avec l'utilisation d'espèces fruitières telles que *Ricinodendron heudelotii*, *Persea americana*, *Citrus sinensis*, *Mangifera indica*, *Psidium guajava*, *Citrus reticulata*, *Annona muricata*, *Tamarindus indica*, *Citrus maxima*, *Irvingia gabonensis* ou de feuilles d'arbres comme celles de *Myrianthus arboreus* et *Myrianthus libericus*. La diversité des espèces utilisées dans l'alimentation permet d'assurer la sécurité alimentaire et des revenus supplémentaires aux producteurs. La médecine traditionnelle représente le troisième domaine le plus important. Les espèces utilisées dans la médecine traditionnelle sont entre autres *Alstonia boonei*, *Moringa oleifera*, *Morinda lucida*, *Alchornea cordifolia*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Newbouldia laevis* et *Garcinia kola*.

Dans un troisième temps, cette thèse révèle l'impact des domaines d'utilisation des plantes sur la conservation de la phytodiversité. Des espèces sont menacées de disparition au regard de leur fréquence dans le milieu et de la demande en fourniture de services. Il convient de retenir que certaines espèces sont faiblement conservées dans le département de Daloa. Ce

sont notamment des espèces telles que *Terminalia ivorensis*, *Triplochiton scleroxylon*, *Milicia excelsa*, *Entandrophragma angolense*, *Piptadeniastrum africanum*, *Nesogordonia papaverifera*, *Lannea acida*, *Myrianthus arboreus*, *Moringa oleifera*, *Celtis zenkeri* et *Garcinia kola*. Dans la recherche d'un compromis entre la production de cacao et la conservation de la diversité végétale, les espèces identifiées ici comme faiblement conservées devraient être considérées comme prioritaires dans l'aménagement des systèmes agroforestiers à cacaoyers.

Dans un quatrième temps, cette thèse révèle la contribution des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers au stockage de carbone. De façon générale, le stock de carbone du peuplement associé est largement supérieur à celui du peuplement cacaoyer dans la zone d'étude. Les paramètres qui influencent le plus le taux de carbone sont principalement le diamètre et la hauteur de l'arbre. Le stock de carbone emmagasiné par l'ensemble des systèmes agroforestiers à cacaoyers étudiés dans le département de Daloa est estimé à 1 147,53 tC/ha. Pour optimiser la quantité de carbone des arbres dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, il serait important de conseiller de façon plus précise les caractéristiques des espèces à maintenir ou introduire dans les plantations. C'est la contribution qu'apporte notre étude qui indique aux producteurs de préserver les arbres de gros diamètres et de grandes tailles. Le choix de la diversité des espèces en fonction des différents sites d'étude est donné au regard de leur contribution au stockage du carbone.

Tous ces résultats énoncés ci-dessus pourraient servir de référence pour la mise en place de systèmes agroforestiers à cacaoyers, écologiquement stables, économiquement rentables et captant plus de carbone.

Ce présent travail nous permet de faire des recommandations suivantes :

aux politiques

- ❖ d'intégrer les résultats de recherche tels que les outils agricoles aux programmes d'aménagement des systèmes agroforestiers à cacaoyers à travers l'outil «fréquence des espèces» pour connaître les préférences du producteur et l'outil d'adaptation au changement climatique comme le diamètre et la hauteur des arbres ;
- ❖ d'encourager les producteurs par des primes pour leur engagement dans la lutte contre la coupe des espèces vulnérables et endémiques, en voie d'extinction ou à fort taux de stockage de carbone présents dans les plantations de cacaoyers afin d'assurer la résilience des aires exploitées.

aux structures d'encadrement des producteurs

- ❖ de récompenser les producteurs pour la préservation des espèces ligneuses associées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers ;
- ❖ de tenir compte de la préservation paysanne ;
- ❖ de recommander les espèces atteignant de gros diamètres et de grandes tailles.

aux producteurs

- ❖ de continuer à associer d'autres espèces ligneuses aux cacaoyers ;
- ❖ de maintenir les arbres jusqu'à ce qu'ils atteignent de gros diamètres et de grandes tailles.

Face à la perte galopante de la phytodiversité sous l'influence de la cacaoculture en Côte d'Ivoire, il serait judicieux d'étendre notre étude à plusieurs zones productrices de cacao afin d'affiner les outils obtenus. Il serait également important d'étudier l'impact des caractéristiques de la flore ligneuse préservée sur la production de cacao. Au regard du gain financier que peut procurer un arbre à travers son carbone, l'évaluation financière de la préservation paysanne et les bénéfices que peuvent en retirer le producteur restent une orientation importante de notre perspective.



## **REFERENCES**

- Adja A.M., Tokro P.G., Aidara S., Tahy M.G. & Koua K.H. (2005). Influence de la hauteur des cacaoyers et des facteurs climatiques sur la densité des populations de miridae (Hétéroptères) à Duekoué, Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 17(3) : 179-187.
- Adou Yao C.Y. (2000). Inventaire et étude de la diversité floristique du sud du parc national de Tai (Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 65 p. + annexe 35 p.
- Adou Yao C.Y. & N'Guessan E.K. (2006). Diversité floristique spontanée des plantations de café et de cacao dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 157(2) : 31-36.
- Adou Yao C.Y., Kpangui K.B., Vroh B.T.A. & Ouattara D. (2016). Pratiques culturelles, valeurs d'usage et perception des paysans des espèces compagnes du cacaoyer dans des agroforêts traditionnelles au centre de la Côte d'Ivoire. *Revue d'ethnoécologie*, 20 p.
- Aké-Assi L. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire : étude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques. Tome I, II et III. 1205 p.
- Aké-Assi L. (1998). Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la biodiversité biologique en Côte d'Ivoire. *Le flamboyant*, 46 : 20-21.
- Aké-Assi L. (2001). Flore de la Côte d'Ivoire 1, catalogue systématique, biogéographique et écologie. Conservatoire et jardin botanique Genève (Suisse), 396 p.
- Aké-Assi L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue systématique, biogéographique et écologie. Conservatoire et jardin botanique Genève (Suisse), 401 p.
- Aké-Assi L. (2012). Abrégé de médecine et pharmacopée africaines : Quelques plantes employées traditionnellement dans la couverture des soins de santé primaire. *NEI-CEDA*, Abidjan (Côte d'Ivoire), 157 p.
- 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 à 169-176.
- Albrecht A. & Kandji S.T. (2003). La séquestration du carbone dans les systèmes agroforestiers tropicaux. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99 : 15-27.
- Ali A., Diedhiou A. & Lebel T. (2005). Rainfall estimation in Sahel. Part II: Evaluation of Rain Gauge Network in the CILSS Countries and Objective Intercomparison of Rainfall Products. *Journal of Applied Meteorology*, 44 : 1707-1722.
- Alignier A. (2011). Distribution des communautés végétales sous l'influence des lisières forestières dans des bois fragmentés. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, Toulouse (France), 239 p.

- Allen C.D., Macalady A.K., Chenchoumi H., Bachelet D., McDowell N., Vennetier M., Kitzberger T., Rigling A., Breshears D.D., Hogg E.H., Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J-J. H., Allard G., Running S.W., Semerci A. & Cobb N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259 (4) : 660-684.
- Allouin G. (1947). « Géographie Humaine de la Subdivision de Daloa ». *Bulletin IFAN*, 9, (1950), 45 p.
- Alvim P.T. (1965). Ecophysiology of the cacao tree. *In: Conférence Internationale sur les Recherches Agronomiques Cacaoyères*, Abidjan, 1965 : 23-35.
- Anonyme (2015). Etudes monographiques et économiques des districts de Côte d'Ivoire. Ministère d'Etat, Ministère du plan et du développement. Note de synthèse, 69 p.
- Anonyme (2018). Réunion du Conseil Présidentiel du jeudi 17 Mai 2018, au Palais de la Présidence de la République de Côte d'Ivoire sur la Politique forestière. Le Ministre des Eaux et Forêts, M. Alain Richard Donwanhi a souligné que la Côte d'Ivoire qui, en 1960, disposait de 16 millions d'hectares de forêt, n'en dispose plus que de 3,4 millions aujourd'hui. Mis en ligne par la rédaction Connexion ivoirienne.net le 17 Mai 2018. Consulté le 18 octobre 2018.
- Anonyme (2020). Source des données de SODEXAM (Société d'exploitation de développement aéroportuaire aéronautique météo). Station de Daloa.
- Asare U. & Tetteh D. (2010). Le rôle des systèmes agroforestiers complexes dans la conservation de la diversité des essences forestières et de la structure dans le sud du Ghana. [http://www. Agrofor Systems](http://www.Agrofor Systems), 79 : 355-368.
- Asase A., Ofori-Frimpong K. & Ekpe K.P. (2009). Impact of cocoa farming on vegetation in an agricultural landscape in Ghana. *African Journal of Ecology*, 48 : 338–346.
- Assiri A.A. (2010). Étude de la régénération cacaoyère en Côte d'Ivoire : impact des techniques de réhabilitation et de replantation sur le développement et la productivité des vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en relation avec l'état du sol. Thèse de doctorat, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 170 p.
- Assiri A.A., Deheuvels O., Keli Z.J., Kebe B.I., Konan A. & Koffi N. (2016). Identification de caractéristiques agronomiques pour le diagnostic et la prise de décision de régénération des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire. *African Crop Science Journal*, 24(3) : 223 –234.

- Assiri A.A., Konan A., N'guessan K.F., Kébé B.I., Kassin K.E., Couloud J.Y., Yapo A.R., Yoro G.R. & Yao-Kouamé A. (2015). Comparaison de deux techniques de replantation cacaoyère sur antécédents culturels non-forestiers en Côte d'Ivoire. *African crop science journal*, 23(4) : 365 - 378.
- Assiri A.A., Kacou E.A., Assi F.A., Ekra K.S., Dji K.F., Couloud J.Y. & Yapo A.R. (2012). Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 14(2) : 1939-1951.
- Assiri A.A., Yoro G.R., Deheuvels O., Kébé B.I., Kéli Z.J., Adiko A. & Assa A. (2009). The agronomic characteristics of the cacao (*Theobroma cacao* L.) orchards in Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Plant Science*, 2(1) : 55-66.
- Atangana A., Khasa D., Chang S. & Degrande A. (2014). Agroforesterie tropicale. Département de Sciences du bois et de la forêt, Université Laval, 412 p.
- BAD (2020). Le rapport dénommé Diagnostic-pays sur le financement à long terme (LTF) pour la Côte d'Ivoire. 56 p.
- Bakayoko A. (2005). Influence de la fragmentation forestière sur la composition floristique et la structure végétale dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 270 p.
- Bamba I., Zanh G.G., Kambiré B., Sangne Y.C. & Barima Y.S.S. (2019). Agrosystèmes et Conservation de la Diversité Végétale dans la Périphérie de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 154(4) : 443-457.
- Bangirinama F., Bigendako M.J., Lejoly J., Noret M., De Cannière C. & Bogaert J. (2010). Les indicateurs de la dynamique post-culturelle de la végétation des jachères dans la partie savane de la réserve naturelle forestière de Kigwena (Burundi). *Plant Ecology and Evolution*, 143(2) : 138-147.
- Banque mondiale (2019). Situation économique en Côte d'Ivoire. Banque mondiale, Abidjan, Côte d'Ivoire, 61 p.
- Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Bamba I., Sangne Y.C., Godron M., Andrieu J. & Bogaert J. (2016). Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). *Global Ecology and Conservation*, 8 : 85–98.
- Baumer M. (1987). Agroforesterie et désertification. *Centre technique de coopération agricole*, 259 p.



- Bécue-Bertaut M. & Pagès P. (2007). Multiple factor analysis and clustering of a mixture of quantitative, categorical and frequency data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52: 3255 - 3268.
- Beer J., Harvey C., Ibrahim M., Harmand J.M., Somarriba E. & Jimenez F. (2003). Environmental services of agroforestry systems. *Agroforestería en las Américas*, 10(1) : 80-87.
- Belem B. (2009). Ethnobotanique et conservation de *Bombax costatum* Pel. & Vuil. (Faux kapokier) dans les systèmes de production agricole du plateau central, Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 189 p.
- Bidzanga N. L. (2005). Farmers' ecological and agronomic knowledge about the management of multi-strata cocoa systems in Southern Cameroon. PhD Thesis, University of Wales, Bangor, Grande Bretagne, 258 p.
- BNETD. (2008). Repartition de la végétation de Côte d'Ivoire en 2008. Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement.
- Boka M., Niang I., Nyong A., Vogel C., Githeko A., Medany M., Osman-Elasha B., Tabo R. & Yanda P. (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry M. L., Canziani J. P., Palutikof P. J., Van der Linden P. J. & Hanson C. E. (Eds). Cambridge University Press, United Kingdom, 433-567 p.
- Boko B.B., Koulibaly A., Amon-Anoh D.E., Dramane K.B., M'bo K.A.A. & Porembski S. (2020). Farmers influence on plant diversity conservation in traditional cocoa agroforestry systems of Côte d'Ivoire. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 6(12) : 1-11.
- Braudeau J. (1969). Le cacaoyer. Collection Techniques agricoles et productions tropicales. Paris, France, Maisonneuve et Larose, 304 p.
- Brown S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forest: a primer. *FAO Forestry paper*, n°134, Rome (Italy), 55 p.
- Brown C. & Crawford A. (2009). Changements climatiques et sécurité en Afrique. Une étude réalisée pour le forum des ministres des Affaires étrangères d'Afrique du Nord. Institut International du Développement Durable (IID), Winnipeg, Canada, 30 p.
- Brown S. & Pearson T. (2005). Exploration du potentiel de séquestration du carbone dans les forêts classées de la République de Guinée. Guide de Mesure et de Suivi du Carbone dans les Forêts et Prairies Herbeuses. *Winrock International*, 39 p.

- CCNUCC (Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques) (2005). Préserver le climat. Guide de la Convention sur les changements climatiques et du Protocole de Kyoto, Bonn, Allemagne, 41 p.
- CCNUCC (Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques) (2007). Report of the conference of parties on its thirteenth session, held on Bali, from 3 to 15 December 2007, Indonesia, 33 p.
- Chatelain C., Gautier L. & Spichiger R. (1996a). A recent history of forest fragmentation in southwestern Ivory Coast. *Biodiversity and Conservation*, 5 : 37-53.
- Chatelain C. (2014). Disparition de la forêt ivoirienne. *Conservatoire et jardin botanique de la ville de Genève*, 16 p.
- Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus D., Fölster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J.P., Nelson B.W., Ogawa H., Puig H., Riera B. & Yamakura T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 12 p.
- Chave J., Réjou-Méchain M., Búrquez A., Chidumayo E., Colgan M.S., Delitti W.B.C., Duque A, Eid T., Fearnside P.M., Goodman R.C., Henry M., Martínez-Yrizar A. & Mugasha W. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20 : 3177–3190.
- Cissé A., Aka J.C.K., Kouamé D., Vroh B.T.A., Adou Yao C.Y. & N’Guessan K.E. (2016). Caractérisation des pratiques agroforestières à base de cacaoyers en Zone de forêt dense semi-décidue: cas de la localité de Lakota (Centre-ouest, Côte d’Ivoire). *European Scientific Journal*, 12 : 50-69.
- CNUCED (Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement) (2008). Rapport des travaux sur la filière du cacao et du chocolat examinant spécifiquement la question de l’intégration verticale et de la concentration horizontale dans la filière et des conséquences pouvant en résulter sous l’angle du droit et de la politique de la concurrence dans les pays producteurs de cacao, en faisant référence au cas du Cameroun et, dans une moindre mesure, d’autres pays d’Afrique de l’Ouest et d’Afrique Centrale, et à partir de données primaires et de missions d’études. 74 p.
- Condit R., Pitman N., Leigh E.G.J., Chave J., Terborgh J. & Foster R.B. (2002). Beta diversity. *In tropical forest trees. Science*, 295 : 666–669.
- Convention sur la Diversité Biologique (2010). Plan stratégique pour la diversité biologique et les objectifs d’Aichi 2001-2020. CDB/PNUE, 2 p.

- Couldrey M. & Herson M. (2008). Climate change and displacement: Forced Migration Review. *Oxford Refugee Studies Centre*, 31: 1-80.
- Crist T.O., Veech J.A., Gering J.C. & Summerville K.S. (2003). Partitioning Species Diversity across Landscapes and Regions: A Hierarchical Analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  Diversity. *The American Naturalist*, 162 (6) : 734-743.
- Dahlquist R.M., Whelan M.P., Winowiecki L., Polidoro B., Candela S., Harvey C.A., Wulfhorst J.D., McDaniel P.A. & Bosque-Pérez N. A. (2007). Incorporating livelihoods in *biodiversity conservation*: a case study of cacao agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity Conservation*, 16 : 2311–2333.
- Declert C. (1990). Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale : cultures de Côte d’Ivoire. Rapport final, 333 p.
- Degrande A., Schreckenber K., Mbosso C., Anebeh P., Okafor V. & Kanmegne J. (2006). Farmers’fruit tree-growing strategies in the humid forest zone of Cameroon and Nigeria, *Agroforestry Systems*, 67 : 159-175.
- Deheuvels O., Dubois A., Avelino J. & Malézieux E. (2007). Agricultural practices and biodiversity in cocoa production landscapes. *In*: Second International Symposium on Multi-Strata agroforestry systems with perennial crops: Making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment, September 17-21, 2007 Turrialba, Costa Rica.
- Deheuvels O. (2011). Compromis entre productivité et biodiversité sur un gradient d’intensité de gestion de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de Talamanca, Costa Rica. Thèse de Doctorat, Supagro, Montpellier (France), 185 p.
- Diomandé V. P-A. (2018). Importance de la flore préservée en cacaoculture dans la vie de la population de la localité de djêkro (Centre-ouest de la Côte d’Ivoire). Mémoire de Master, Agriculture et Foresterie, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa (Côte d’Ivoire), 61 p.
- Dixon J., Gulliver A. & Gibbon D. (2001). Farming Systems and Poverty : Improving farmers livelihoods in a changing world. Rome, Italie, Fao, 413 p.
- Dixon R.K. (1995). Agroforestry Systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, 31 : 99-116.
- Djomo A.N., Ibrahima A., Saborowski J. & Gravenhorst G. (2010). Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management*, 260 : 1873 – 1885.

- Dossa E.L., Fernades E.C.M., Reid W.S. & Ezui K. (2008). Above and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation. *Agroforestry Systems*, 72 : 103-117.
- Dossou M.E., Houessou G.L., Lougbégnon O.T., Tenté A.H. B. & Codjia J.T.C. (2012). Etude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin. *Tropicultura*, 30(1) : 41-48.
- Dro B., Soro D., Koné M.W., Bakayoko A. & Kamanzi K. (2013). Evaluation de l'abondance de plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 17(3) : 2631-2646.
- Dufrêne M. & Legendre P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 : 345-366.
- Duguma B., Gockowski J. & Bakala J. (1998). Smallholder Cacao (*Theobroma cacao* Linn.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: challenges and opportunities (ICRAF-Yaoundé). *Agroforestry Systems*, 51 : 177-188.
- Dupraz C. & Liagre F. (2008). Agroforesterie. Des arbres et des cultures. 1<sup>ère</sup> édition. Editions France Agricole, Paris, France, 413 p.
- Dupriez H. & De Leener P. (1993). Arbres et agricultures multi-étagées d'Afrique, CTA. *Terres et vie*, 280 p.
- Eldin M. (1971). Le climat. In: *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM*, 50, Paris (France) : 73-108.
- Escofier B. & Pages J. (1986). Le traitement des variables qualitatives et des tableaux mixtes par analyse factorielle multiple. In: *Data Analysis and Informatics IV. Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland*, pp 179 - 191.
- Escofier B. & Pages J. (1989). Multiple factor analysis: results of three-year utilization. In: *Multway data analysis. Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland*, pp 277 - 285.
- Esso J.L. (2009). Politique économique et développement : dynamique des recettes du café et du cacao en Côte d'Ivoire. PED N°10, CIREC, 19 p.
- Evans D., Winston A., Emmanuel A. & Paul B. (2016). Shade tree diversity and aboveground carbon stocks in *Theobroma cacao* agroforestry systems: implications for REDD+ implementation in a West African cacao landscape. 28 p.
- Farichon V., Gourlet-Fleury S., Bar-Hen A. & Dessard H. (1998). Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide, Eléments pour une méthodologie d'analyse des données. Série Forafri 1998. Document n°14. CIRAD. 73 p.

- Foley J.A., Defries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., Carpenter S.R. & Chapin F.S. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309: 570-574.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1997). Stratégie d'assistance dans le bassin du Congo : Analyse des causes de la dégradation des ressources forestières dans le bassin du Congo, 32 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2005). Evaluation des ressources forestières mondiales, progrès vers la gestion forestière durable : Rome, Italie, 147 : 1-40.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2009). Harmonized world soil database (HWSD). FAO (Food and Agriculture Organization), Rome, Italy, 38 p.
- Franzen M. & Borgerhoff M.M. (2007). Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. *Biodiversity and Conservation*, 16 : 3835-3849.
- Freud E.H., Petithuguenin P. & Richard J. (2000). Les champs de cacao : un défi de compétitivité Afrique - Asie. Editions Karthala et CIRAD, Paris (France), 207 p.
- Gala B.T.J., Bohoussou N., Akotto Y.O.F. & Yao-K.A. (2017). Impact des arbres associés sur l'exploitation cacaoyère dans les zones de transition forêt-savane : cas de M'brimbo (Centre-Sud de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 13(1) : 1857–1881.
- Gbekley E.H., Karou D.S., Gnoula C., Agbodeka K., Anani K., Tchacondo T., Agbonon A., Batawila K. & Simpore J. (2015). Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans la médecine traditionnelle de la région Maritime du Togo. *Pan African Medical Journal*, 20 : 437-452.
- Géhu J.M. & Géhu J. (1980). Essai d'objection de l'évaluation biologique des milieux naturels. Exemples littoraux. [n Géhu J.M. (ed). Séminaire de Phytosociologie Appliquée. *Amicale Francophone de Phytosociologie*, 19 p.
- Giasson M.A. (2005). Flux de carbone à l'échelle de l'écosystème avant et après scarifiage au sein d'un parterre de coupe en forêt boréale dans l'Est du Canada. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en sciences forestières en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.), 133 p.
- Gibbs K.H., Brown S., Niles O.J. & Foley A.J. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental research letters*, 14 p.
- GIEC. (2000). In: Watson R.T., Noble I.R., Bolin B., Ravindranah N.H., Verardo D.J. & Dokken D.J. (eds). Land use, land-use change, and forestry, special report. Cambridge University Press, Cambridge, U.K, 375 p.

- GIEC. (2006). Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autre usage des terres. *Institute for Global Environmental Strategies* (Japon), 4 : 46-52.
- GIEC. (2006). Introduction aux Lignes Directrices 2006. Rapport final, 13 p.
- GIEC. (2007). Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A., Genève, Suisse, 103 p.
- Gifford M.R. & Roderick L.M. (2003). Soil carbon stocks and bulk density: Spatial or cumulative mass coordinates as a basis of expression? *Global Change Biology*, 9(11) : 1507–1514.
- Gnagne A.S., Camara D., Fofié N.B.Y., Béné K. & Zirihi G.N. (2017). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète dans le Département de Zouénoula (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 113 : 11257-11266.
- Goetze D., Koulibaly A., Porembski S. & Traoré D. (2010). Modes d'utilisation des terres et biodiversité : la dynamique récente de la végétation. Edition Konaté S. & Kampmann D. (eds). 2010: Biodiversity Atlas of West Africa, Volume III: Côte d'Ivoire. Abidjan & Frankfurt/Main. pp. 342-348.
- Griffon M. (1999). Développement durable et agriculture : la révolution doublement verte. *Cahiers Agricultures*, 8 : 259-267.
- Guillaumet & Adjanohoun (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In: *Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM*, 50, Paris (France) : 157-263.
- Hairiah K., Dewi S., Agus F., Velarde S., Ekadinata A., Rahayu S. & van Noordwijk M. (2011). Measuring carbon stocks across land use systems: A Manual. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office, 22 p.
- Hanson C.A., Allison S.D., Bradford M.A., Wallenstein M.D. & Treseder K.K. (2009). Fungal taxa target different carbon sources in forest soil. *Ecosystems*, 11: 1157–1167.
- Hardin G. (1968). The Tragedy of the Commons Science. *New Series*, 162 : 1243- 1248.
- Haury J., Jaffré M., Dutartre A., Peltre M.-C., Barbe J., Trémolières M., Guerlesquin M. & Muller S. (1998). Application de la méthode « Milieu et Végétaux fixés » à 12 rivières françaises : typologie floristique préliminaire. *Annale Limnologie*, 34 : 129 - 138.
- Herzog F.M. (1992). Etude biochimique et nutritionnelle des plantes alimentaires sauvages dans le Sud du V-Baoulé, Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale Zurich, Suisse, 134 p.

- Herzog F.M. (1994). Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Côte d'Ivoire. *Agroforestry systems*, 27 : 259-267.
- Herzog F.M. & Bachmann M. (1992). Les arbres d'ombrages et leurs utilisations dans les plantations de café et de cacao dans le Sud du V-Baoulé, Côte d'Ivoire. *Schweiz. Z. Forstwes*, 143(2) : 149-165.
- Hietet N.J.D. (2005). Valeur socio-économique des agroforêts à base de cacaoyer : Cas de la Lékié et de la Mefou Afamba dans le Centre et de la Mvila dans la province du Sud-Cameroun. Mémoire de fin d'études, FASA, UDS, Dschang, 78 p.
- Hoffman B. & Gallaher T. (2007). Importance Indices in Ethnobotany. *Ethnobotany Research & Applications*, 5 : 201-218.
- Houghton R.A. (2013). The contribution of Land Use and Land-Use Change to the Carbon Cycle. In: Daniel G., Brown Derek T., Robinson Nancy H. F., French Bradley C. & Reed (eds). *Land Use and the Carbon Cycle Advances in Integrated Sciences, Management, and Policy*, Cambridge University Press, pp. 52-76.
- Hulme M., Doherty R., Ngara T., New M. & Lister D. (2001). African Climate Change: 1900-2100. *Climate Research*, 17 : 145-168.
- ICCO. (2015). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, 41(2), Cocoa year 2014/15. International Cocoa Organization (ICCO), Westgate House, London, United Kingdom. <http://www.icco.org/statistics/otherstatistical-data.html>. Consulté le 9 Septembre 2019.
- ICCO. (2020). Rapport annuel 2019/2020. International Cocoa Organization (ICCO), Londres WC1A (Royaume Uni), 5 p.
- IFFN. (2021). Inventaire forestier et faunique de la Côte d'Ivoire. Rapport final, 2 p.
- INS. (2014). Données socio-démographiques et économiques des localités. Institut National de la Statistique : Résultats définitifs par localité : Région du Haut-Sassandra. Recensement général de la population et de l'habitat. 26 p.
- Iqbal M. (1995). Trade restrictions affecting international, trade in Non-wood Forest Products, Non-wood Forest Products N°8, FAO, Rome, 50 p.
- Jaffré T. & Veillon J.M. (1990). Etude floristique et structurale de deux forêts denses humides sur roches ultrabasiqes en nouvelle-Calédonie. *Adansonia*, 1 : 1-274.
- Jagoret P. (2011). Analyse et évaluation de systèmes agroforestiers complexes sur le long terme : Application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au Centre Cameroun. Thèse de doctorat, agronomie, Fonctionnement des Ecosytèmes Naturels et Cultivés, Montpellier, Supagro, 236 p.

- Jagoret P., Snoeck D., Bouambi E., Ngnogue H.T., Nyassé S. & Saj S. (2017). Rehabilitation practices that shape cocoa agroforestry systems in Central Cameroon : key management strategies for long-term exploitation. *Agroforestry and Systems*, 15 p.
- Jain A. K., Murty M. N. & Flynn P. J. (1999). Data Clustering: A Review. *ACM Computing Surveys*, 31(3) : 265 – 323.
- Jamoneau A. (2010). Relations entre les diversités alpha, bêta et gamma de la vasculaire de fragments forestiers inclus dans des paysages agricoles contrastés. Thèse de Doctorat en Ecologie, Environnement, Université de Picardie Jules Verne, 236 p.
- Jiménez J. & Lal R. (2006). Mechanism of Carbon Sequestration in Soils of Latin America. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25 : 337–365.
- Jouvé P. & Milly H. (1990). Compétitivité du cacao africain. Rapport d'étude du Ministère de la coopération et du développement, Paris (France), 279 p.
- Jumelle H. (1900). Le cacaoyer, sa culture et son exploitation dans tous les pays de production, Paris, 96 p.
- Kairé M. (1999). La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme. Thèse de doctorat, Université de Provence (Aix – Marseille 1), France, 113 p.
- Kassoum T. (2018). Le couvert forestier en Côte d'Ivoire : une analyse critique de la situation de gestion des forêts (classées, parcs et réserves). *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention*, 5(2) : 4387–4397.
- Kébé I., N'Guessan K., Tahi G., Assiri A., Aka R., N'Guessan W. & Koko L.K. (2011). Guide de la lutte contre la maladie du Swollen shoot du cacaoyer en Côte d'Ivoire. Rapport d'étude, 43 p.
- Koffi-bikpo C.Y. & Kra K.S. (2013). La région du haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2 : 95-103.
- Koko L.K.A. (2008). Influence des caractères morpho-pédologiques et chimiques des sols sur la dégradation précoce des cacaoyers dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire : cas des régions de Méagui et de San-Pédro. 124 p.
- Kokou K., Adjossou K. & Hamberger K. (2005). Les forêts sacrées de l'aire ouatchi au Sud-est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières. *La revue des sciences de l'environnement*, 6(3) : 1-10.



- Konan D. (2009). Impact de la cacaoculture sur la flore et la végétation en zone de forêt dense sémi-décidue : cas du département d'Oumé en Côte d'Ivoire. Mémoire du Diplôme d'études approfondies (DEA) à l'Université de Cocody-Abidjan, 50 p.
- Konan D., Goetze D., Koulibaly A., Porembski S. & Traoré D. (2011). Etude comparative de la flore ligneuse des plantations de cacao en fonction de l'âge et des groupes ethniques dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Annales de botanique de l'Afrique de l'Ouest*, 7 : 59–79.
- Konaté S. & Kampmann D. (2010). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest. Edition Konaté S. & Kampmann D., Côte d'Ivoire, Abidjan & Frankfurt/Main, Tome III (III) : 560 p.
- Koné D. (2013). Caractérisation des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers : cas des départements de Divo, Oumé et Tiassalé. Mémoire de diplôme d'ingénieur agronome, INPHB, Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), 86 p.
- Koppert G.J.A., Dounias E.A., Froment A. & Pasquet P. (1993). Food Consumption in three Forest Populations of the Southern Coastal Area of Cameroon: Yassa-MvaeBakola. *In*: Hladik C.M. & Linares O.F. (éds). Tropical Forest Peoples and Food: Biocultural Interactions and Applications to Development. Man and the Biosphere series, volume 13, UNESCO, Paris, 36 p.
- Kossonou A.S.F. (2020). Gestion des plantations et des espèces associées des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers par les femmes dans le département de Toumodi (Centre, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 199 p.
- Kouadio K.H., Gala B.T.J., Assiri A.A. & Yao-Kouamé A. (2016). Characterization of traditional agroforestry systems of cacao and their impact on some physical fertility parameters of soil in southwestern of Côte d'Ivoire. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 3 : 145-152
- Kouadio N.K.C. (2018). Potentiel de régénération des espèces ligneuses préservées dans les agrosystèmes cacaoyers : cas du village de Djèkro (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). Mémoire de Master à l'Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 56 p.
- Kouadio V-P.G., Vroh B.T.A., Kpangui K.B., Kossonou A.S.F. & Adou Yao C.Y. (2018). Incidence de l'ombrage sur les caractères phénotypiques du cacaoyer en zone de transition forêt-savane au centre de la Côte d'Ivoire. *Cahiers Agricultures*, 27: 55001-55014.

- Kouakou C.V., Koffi B.J.C., N'Guessan K.A., Kouakou Y.C. & Bamba K. (2018). Diversity, distribution and social structure of Monkey species in forest fragments of Gbetitapea, Central Western Ivory Coast. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 8(1) : 127-143.
- Kouamé N.F. (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 Doctorat 3e Cycle, UFR Biosciences, Université Cocody- Abidjan (Abidjan, Côte d'Ivoire), 227 p.
- Kouamé A.P.S. (2013). Diversité végétale et estimation de la biomasse dans l'arboretum du centre national de floristique (Abidjan, Côte d'Ivoire). Mémoire présenté à l'UFR Biosciences pour obtenir le diplôme d'études approfondies d'écologie tropicale Option : Écologie végétale, 78 p.
- Kouamé N.M.T., Soro K., Mangara A., Diarrassouba N., Coulibaly A.V. & Boraud N.K.M. (2015). Étude physico-chimique de sept (7) plantes spontanées alimentaires du Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 90 : 8450-8463.
- Koulibaly A. (2008). Caractéristiques de la végétation et dynamique de la régénération, sous l'influence de l'utilisation des terres, dans des mosaïques forêts-savanes, des régions de la Réserve de Lamto et du Parc National de la Comoé, en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Biosciences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 150 p.
- Koulibaly A., Kouamé N'.F., Traoré D. & Porembski S. (2010a). Structure et régénération de la végétation ligneuse, le long de transects forêts-savanes, dans la région de la réserve de Lamto (Côte d'Ivoire). *Annales de Botaniques de l'Afrique de l'Ouest*, 6 : 56-72.
- Koulibaly A., Traoré D. & Goetze D. (2010b). Le cacao et la diversité végétale. In: Konaté S. & Kampmann D. (Eds). Biodiversity Atlas of West Africa, Tome III: Côte d'Ivoire. Abidjan & Francfurt/Main. pp. 418 - 425.
- Koulibaly A., Kouamé D., Grogga N., Kouassi K.E., Bakayoko A. & Porembski S. (2016). Floristic characteristics of the mosaic and how forest progress on savanna in the Lamto Reserve region (Côte d'Ivoire). *International Journal of Development Research*, 6(5) : 7792-7799.
- Koulibaly A., Monian M., Ackah J.A.A.B., Koné M.W. & Traoré K. (2017). Étude ethnobotanique des plantes médicinales : cas des affections les plus fréquentes d'une région agricole Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(2) : 5021-5032.
- Koulibaly A., Tonessia C.D., Voui Bi B.N.B., Silué D., Koffi D., Coulibaly S., Dro B., Amon A.D-E., Soko F.D. & Kouadio Y.J. (2018). Production agricole durable : Taux

- d'infestation et indicateurs de lutte contre des ennemis du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 25(1) : 452 - 460.
- Koulibaly A. (2019). Développement agricole durable : la phytodiversité comme outil de gestion des plantations de cultures de rente en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 8 : 138-149.
- Kpangui K.B. (2015). Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyers de la sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, 187 p.
- Kpangui K.B., Kouamé D., Goné Bi Z.B., Vroh B.T.A., Koffi B.J.C. & Adou Yao C.Y. (2015a). Typology of cocoa-based agroforestry systems in a forest-savannah transition zone: case study of Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(3) : 36-47.
- Kpangui K.B., Vroh B.T.A., Goné B.Z.B. & Adou Yao C.Y. (2015b). Diversité floristique et structurale des cacaoyères du « V baoulé » : cas de la sous-préfecture de kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire). *European scientific journal*, 11(36) : 40-60.
- Ladoh-Yemeda C.F., Vandi D., Dibong S.D., Mpondo M.E., Wansi J.D., Betti J.L., Choula F., Ndongo D. & Tomedi E.M. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales commercialisées dans les marchés de la ville de Douala (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 99 : 9450-9468.
- Laird S.A., Leke-Awung G. & Lysinge R.J. (2007). Cocoa farms in the Mount Cameroon region: Biological and cultural diversity in local livelihoods. *Biodiversity Conservation*, 16 : 2401-2427.
- Lebrun J.P. (1981). Les bases floristiques des grandes divisions chorologiques de l'Afrique sèche. Etude botanique, 483 p.
- Lebrun J.P. & Stork A.L. (1991). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale : 1. Généralités et Annonaceae à Pandaceae. *Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève*, 249 p.
- Lebrun J.P. & Stork A.L. (1992). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale : 2. Chrysobalanaceae à Apiaceae. *Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève*, 257 p.
- Lebrun J.P. & Stork A.L. (1995). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale : 3. Monocotylédones: Limnocharitaceae à Poaceae. *Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève*, 341 p.

- Lebrun J.P. & Stork A.L. (1997). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale : 4. Gamopétales : Clethraceae à Lamiaceae. *Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève*, 712 p.
- Lecomte P. (1990). Place et intégration de l'arbre dans l'exploitation agricole ivoirienne du Centre-Ouest. Cas de la région d'Oumé. Mémoire de fin d'étude CNEARC, Montpellier (France), 109 p.
- Legendre P. & Legendre L. (1998). Numerical Ecology. English 2nd edition. *Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam*, 213 p.
- Le Roux, Barbault X., Baudry R., Burel J., Doussan F., Garnier I., Herzog E., Lavorel F., Lifran S., Roger-Estrade R., Sarthou J., Trommetter J-P. & Michel. (2008). Agriculture et biodiversité : valoriser les synergies. Rapport, 117 p.
- Ligban R., Goné L.D., Kamagaté B., Saley M.B. & Biemi J. (2009). Processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(1) : 38-47.
- MacArthur R., Recher H. & Cody M. (1966). On the relation between habitat selection and species diversity. *The American Naturalist*, 913(100) : 319-332.
- Malézieux E., Deheuvels O., Jagoret P., Lamanda N. & Michel I. (2009). How can agronomy deal with agroforests? In: *Book of abstracts of the 2nd World Congress of Agroforestry, 23-28 August 2009, Nairobi, Kenya : Agroforestry, the future of global land use*. p. 50.
- Mandjo M.A. (1993). Communication orale sur l'importance les espèces végétales présentes dans les formations forestières au Burkina-Faso.
- Manfo D.A., Tchindjang M. & Youta H.J. (2015). Systèmes agroforestiers et conservation de la biodiversité dans un milieu fortement anthropisé : le cas d'Obala. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 5 : 22-34.
- Marcoux A. (2000). Population and the environment: a review and concepts for population programmes. Part III: Population and deforestation, FAO, 52 p.
- Maregesi S., Ngassapa O., Pieters L. & Vlietinck A. (2007). Ethnopharmacological survey of the Bunda district, Tanzania: Plants used to treat infectious diseases. *Journal of Ethnopharmacology*, 113 : 457-470.
- Martin G. (1995). Ethnobotany. A method manual. Chapman, Hall (London), 268 p.
- Martin P. (2008). Influence de la fragmentation forestière sur la régénération des espèces arborées dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Genève, Genève (Suisse), 320 p.

- Mayrand K. & Paquin M. (2004). Le paiement pour les services environnementaux : étude et évaluation des systèmes actuels. 50 p.
- Mekembom Y. N. (2005). Potentiel en produits forestiers non ligneux des agroforêts à base de cacaoyers : Cas des départements de la Lékié, de la Mefou-Afamba dans la province du Centre et de la Mvila dans la province du Sud-Cameroun. Mémoire de fin d'étude, 84 p.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystem and Human Well-Being: Biodiversity synthesis, Island press, Millennium Ecosystem Assessment, 137 p.
- Mollet M., Téré H. & Herzog F. (2000). Ligneux à usages multiples dans les systèmes agraires tropicaux : une étude de cas de Côte d'Ivoire. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 151(10) : 355-364.
- Montagnini F. & Nair P.K.R. (2004). La séquestration du carbone : un avantage environnemental sous-exploité des systèmes agroforestiers. *Agroforêt Système*, 61 : 281-295.
- Motamayor J.C., Risterucci A.M., Lopez P.A., Ortiz C.F., Moreno A. & Lanaud C. (2002). Cacao domestication I : the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89 : 308-386.
- Mossu G. (1990). Le cacaoyer. Série : Le technicien d'Agriculture tropicale. Edition G.P. Maisonneuve et Larose, pp. 160.
- Mossu G. (1992). Cocoa. The MacMillan Press Ltd, pp. 103.
- Mugnier A., Cassagne B., Bayo N. & Lafon C. (2009). Estimation des stocks de carbone des forêts du Bassin du Congo pour le REDD : étude comparative conduite sur 22 types forestiers, 4 pays et un dispositif d'aménagement 4,8 millions d'ha. Buenos Aires (Argentina), 11 p.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A.B. & Kent J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 : 853-858.
- Nair P.K.R. (1993). An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. *The Netherlands*, 499 p.
- Nair P.K.R., Nair V., Kumar M.B. & Showalter M.J. (2010). Carbone sequestration in agroforestry systems. *Advances in agronomy*, 75 p.
- Ndoye O., Ruiz P. & Eyebe A. (1999). NTFP Markets in Central Africa: The Role of Research for a Balance between Welfare Improvement and Forest Conservation. *In: Sunderland T. C. H., Clark L. and Vantomme (eds). The NWFP of Central Africa: Current research issues and prospects for conservation and development. FAO, Rome. 345 p.*

- Ngono F., Mala A.W., Levang P. & Ambang Z. (2015). Evolution des systèmes agroforestiers cacao et impact environnemental à Mbangassina : cas du village Talba. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 5 : 62-67.
- N'Guessan K. (2008). Plantes médicinales et pratiques médicinales traditionnelles chez les peuples Abbey et Krobou du Département d'Agboville (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, UFR Biosciences, Spécialité Ethnobotanique, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 335 p.
- N'Guessan A.H., N'Guessan K.F., Kouassi K.P., Kouamé N.N. & N'Guessan P.W. (2014). Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 9 p.
- Njomgang R., Yemefack M., Nounamo L., Moukam A. & Kotto S.J. (2011). Dynamics of shifting agricultural systems and organic carbon sequestration in Southern Cameroon. *Tropicultura*, 29 : 176–182.
- Norgrove L. & Hauser S. (2013). Les stocks de carbone dans les plantations de cacaoyers (*Theobroma cacao*) et les forêts secondaires adjacentes du même âge au Cameroun. *Tropical Ecology*, 54(1) : 15-22.
- Nouvellet Y. (1992). Evolution d'un taillis de formation naturelle en zone soudano-sahélienne au Burkina Faso. Thèse de Doctorat à Université Pierre et Marie Curie, Paris VI (France), 356 p.
- Obiang O.B. (1998). Stratégies d'intégration des fruitiers locaux dans les systèmes de production en zone forestière humides de basse altitude du Cameroun : Cas des départements de la Lékié et de la vallée du Ntem. Université de Dschang, 72 p.
- Oelbermann M., Voroney M.P. & Gordon A.M. (2004). Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Ecosystems and Environment*, 104 : 359–377.
- Oke D.O. & Odebiyi K.A. (2007). Traditionnal cocoa based agroforests and forest species conservation in Ondo State (Nigeria). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122 : 305–311.
- Oro Z.F. (2011). Analyse des dynamiques spatiales et épidémiologie moléculaire de la maladie du swollen shoot du cacaoyer au Togo : Etude de la diffusion à partir des systèmes d'information géographiques. Spécialité : Thèse de Doctorat en Sciences de Montpellier, Supagro, (France), 262 p.

- Orsot B.A.M.B. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies de la peau par les Abbey du Département d'Agboville (Côte d'Ivoire) et évaluation de l'activité antifongique des extraits de quatre plantes sur *Sclerotium rolfsii*, un phytopathogène. Thèse de Doctorat Unique de Botanique, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 168 p.
- Osei-Bonsu K., Ameyaw Oduro C. & Tetteh J.P. (2005). Traditional cocoa agroforestry : 1. Species encountered in the cocoa ecosystem of a typical cocoa growing region District in Ghana. In: *Proceedings 14th international cocoa research conference*, COPAL, Lagos (Nigeria), pp. 531–538.
- Padi B. & Awusu G.K. (2003). Towowards an integrated pest management for sustainable cocoa production in Ghana. Paper from workshop held in Panama, 3/30-4/2, 1998. Smithsonian institution, Washington, D.C.
- Pagès P. (2002). Analyse factorielle Multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes. *Revue de statistique appliquée*, 50(4) : 5 - 37.
- Papaud A. & Poisson A. (1985). Le cycle du carbone et sa perturbation par les activités humaines : un aperçu du problème. *Oceanologica Acta*, 8(2) : 133-145.
- Paustian K, Six J., Elliot E.T. & Hunt H.W. (2000). Les options de gestion pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des sols agricoles. *Biogéochimie*, 48 : 14-63.
- Perraud A. (1971). Les sols de la Côte d'Ivoire. In: *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM*, 50, Paris (France) : 265-391.
- Piba S.C. (2009). Apport de la flore naturelle dans la vie de la population d'une Région cacaoyère en Côte d'Ivoire : Cas du Département d'Oumé. Mémoire de DEA, UFR Biosciences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 64 p.
- Piba S.C., Koulibaly A., Goetze D., Porembski S. & Traore D. (2011). Diversité et importance sociale des espèces médicinales conservées dans les agrosystèmes cacaoyers au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Annexe botanique Afrique de l'Ouest*, 7 : 80-96.
- Piba S.C., Tra Bi F.H., Konan D., Bitignon B.G.A. & Bakayoko A. (2015). Inventaire et disponibilité des plantes médicinales dans la forêt classée de Yapo-Abbé, en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 11(24) : 1857–7881.
- Pielou E.C. (1966). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theories and Biology*, 10 : 370-383.

- Pignard G., Hanza N. & Dupouey J. (2004). Estimation des stocks et des flux de carbone dans la biomasse des forêts françaises à partir des données de l'Inventaire forestier national. Rapport final du projet CARBOFOR : Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles. Rapport final, 87 p.
- Plas B. (2020). Les cacaoyères agroforestières de la région de Man : un système de culture à l'agonie ou l'émergence d'une stratégie post-forestière? Mémoire de Master, Agroécologie, Université Libre de Bruxelles (France), 86 p.
- Poorter L., Bongers F., Kouamé F.N. & Hawthorne W.D. (2004). Biodiversity of West African Forests : An Ecological Atlas of Woody Plant Species. CABI Publishing, Nederland (Pays-Bas), 521 p.
- Power A.G. (2010). Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies, Philosophical Transactions of the Royal Society Biological. *Biological Sciences*, 365 : 2959–2971.
- Prance G.T., Balee W., Boom B.M. & Carneiro R.L. (1987). Quantitative ethnobotany and the case for conservation in Amazonia. *Conservation Biology*, 1 : 296-310.
- Raunkiaer C. (1934). The life form of plants and statistical plant geography. *Clarendonpress and Oxford*, 632 p.
- Raup D.M. & Crick R.E. (1979). Measurement of faunal similarity in paleontology. *Journal of Paleontology*, 53 : 1213-1227.
- Reyes G., Brown S., Chapman J. & Lugo A. (1992). Wood densities of tropical tree species. Rapport technique général, Nouvelle Orléans, Louisiane USDA Forest service. Rapport d'étude, 15 p.
- Rice R.A. & Greenberg R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio*, 29(3) : 167–173.
- Robinson D.T., Brown D.G., French N.H.F. & Reed B.C. (2013). Land Use and the Carbon Cycle: Advances in Integrated Sciences, Management, and Policy. Cambridge University Press, 564 p.
- Rocheleau D., Weber F. & Field-Juma A. (1994). Agroforesterie en Afrique tropicale sèche. ICRAF, Nairobi (Kenya), 328 p.
- Ruf F. (1995). Booms et crises du cacao. Les vertiges de l'or brun. Edition Karthala et CIRAD, Paris (France), pp. 464.
- Ruf F., Salvan M., Kouamé J. & Duplan T. (2020). Qui sont les planteurs de cacao de Côte d'Ivoire ? Avril 2020 N°130 ; 111 p.



- Saj S., Jagoret P. & Ngogue T.H. (2013). Carbon storage and density dynamics of associated trees in three contrasting *Theobroma cacao* agroforests of Central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 87 : 1309-1320.
- Salisbury F.B. & Ross C.W. (1978). The Photosynthesis–Transpiration Compromise. In *Plant Physiology*, 2nd Edition ; Belmont, CA. *Wadsworth Publishing Company*, 197 p.
- Schoeneberger M.M. (2009). Agroforestry: Working trees for sequestration carbon on Agricultural land. *Agroforestry Systems*, 75 : 27-37.
- Schroth G., Fonseca da G.A.B., Harvey C.A., Gascon C., Vasconcelos H.L. & Izac A.M.N. (2004). *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Edition Island Press, Washington, 525 p.
- 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 à l’Université de Genève, 194 p.
- Shannon C.E. (1949). *The mathematic theory of communication*. University Illinois Press, Urbana, 117 p.
- Shibu J. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76 : 1-10.
- SODEXAM (Société d’exploitation et de développement aéroportuaire, aéronautique et météorologique) (2020). Données météorologiques de 1991 à 2020 recueillies à la station météorologique de Daloa.
- Sonwa D.J., Weise S.F., Tchatat M., Nkongmeneck B.A., Adesina A., Ndoye O. & Gockowski J. (2000). Les agroforêts cacao : espace intégrant développement de la cacaoculture, gestion et conservation des ressources forestières au Sud-Cameroun. Paper presented at the second Pan African Symposium on the sustainable use of Natural resources in Africa. Ouagadougou (Burkina Faso), pp. 24-27.
- Sonwa D.J., Weise S.F., Tchatat M., Nkongmeneck B.A., Adesina A.A., Ndoye O. & Gockowski J. (2001). The role of cocoa agroforests in rural and community forestry in southern Cameroon. *RDFN Paper*, 25 : 1-10.
- Sonwa D.J., Okafor J.C., Mpungi Buyungu P., Weise S.F., Tchatat M., Adesina A.A., Nkongmeneck A.B., Ndoye O. & Endamana D. (2002). *Dacryodes edulis*, a neglected non-timber forest species for the agroforestry systems of West and Central Africa. *Forests, Trees and Livelihoods*, 12 : 41-55.

- Sonwa D.J. (2004). Biomass management and diversification within cocoa agroforests in the humid forest zone of southern Cameroon. PhD thesis, Institut für Gartenbauwissenschaft der Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität Bonn, 126 p.
- Sonwa D.J., Nkongmeneck B.A., Weise S.F., Tchatat M., Adesina A.A. & Janssens M.J.J. (2007). Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 16 : 2385–2400.
- Sonwa D.J., Weise S.F., Ndoye O. & Janssens M.J.J. (2003). The promotion of cocoa agroforest in west and Central Africa. Voluntary paper presented during the XII world Forestry Congress on Forests, Source of life, Quebec city, pp. 8.
- Soro Y., Ouattara N.D., Missa K. & Bakayoko A. (2019). Analyse de la diversité floristique de quelques îles aménagées du barrage de Buyo (Côte d’Ivoire). *European Scientific Journal*, 15(18) : 1-19.
- Stoyan D. & Penttinen A. (2000). Recent applications of point process methods in forestry statistics. *Statistical and Science*, 15(6) : 1-78.
- Stratégie Nationale REDD+ (2018). Rapport dénommé production durable de cacao en Côte d’Ivoire : besoins et solutions de financement pour les petits producteurs. Rapport, 48 p.
- Sven W. (2005). Payments for environmental services: Some nuts and bolts. *CIFOR Occasional Paper*, 42 : 1-32.
- Takimoto A., Nair V.D. & Nair P.K.R. (2008). Carbon stock and sequestration potential of traditional and improved agroforestry systems in the West African Sahel. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 125 : 159-166.
- Tano M.A. (2012). Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji au Sud-ouest ivoirien. Thèse de Doctorat, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II, France, 263 p.
- Tayo G.K.Y. (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. Mémoire de Master professionnel en foresterie en faculté d’agronomie et des sciences agricoles à l’Université de Dschang, 106 p.
- Temgoua L.F., Dongmo W., Nguimdo V. & Nguena C. (2018). Diversité Ligneuse et Stock de Carbone des Systèmes Agroforestiers à base de Cacaoyers à l’Est Cameroun : Cas de la Forêt d’Enseignement et de Recherche de l’Université de Dschang. *Journal of Applied Biosciences*, 122 : 12269-12281.

- Temgoua L.F., Momo S.M.C. & Boucheké R.K. (2019). Diversité Floristique des Ligneux des Systèmes Agroforestiers Cacaoyers du Littoral Cameroun : Cas de l'Arrondissement de Loum. *European Scientific Journal*, 15(9) : 1857–1881.
- Tilman D., Cassman K., Matson P., Naylor R. & Polasky S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418 : 671-677.
- Tondoh J.E., N'Guessan K.F., Guéi A.M., Sey B., Koné A.W. & Gnessougou N. (2015). Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d'Ivoire. *Global Ecology and Conservation*, 3 : 575–595.
- Tschakert P., Khouma M. & Sene M. (2004). Biophysical potential for soil carbon sequestration in agricultural systems of the Old Peanut Basin of Senegal. *Journal of Arid Environments*, 59 : 511–533.
- Udawatta R.P. & Jose S. (2013). Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Practices in Temperate North America. In: Kumar B. M. and Nair P. K. R. (eds.), Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems: Opportunities and Challenges. *Advances in Agroforestry*, 8 : 17- 42.
- UICN (2001). Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge: Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. ii, 32 p.
- UICN (2015). Nouvelle actualisation de la Liste rouge de l'UICN : le changement climatique est la menace la plus grave pour la survie de l'ours polaire. [Online] Available: <http://www.uicn.fr/Liste-rouge-mondiale-2015-4.html> (Mai 2015).
- UICN (2019). International Union for Conservation of Nature Red List of Threatened Species. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Date de consultation: janvier 2020.
- Van Bellen S., Garneau M. & Bergeron Y. (2010). Impact of Climate Change on Forest Fire Severity and Consequences for Carbon Stocks in Boreal Forest Stands of Quebec, Canada: A Synthesis. *Fire Ecology*, 6(3) : 16-44.
- Vandijk J.F.W. (2000). An assessment of non-wood forest products resources for a development sustainable commercial extraction. In: Sunderland T.C.H., Clark L.E. and Vantome P. (eds). 1999. Non-wood forest products of Central Africa. Current research issues and prospects. *For conservation and developpement*, 12 p.
- Veech J.A., Summerville K.S., Crist T.O. & Gering J.C. (2002). The Additive Partitioning of Species Diversity: Recent Revival of an Old Idea. *Oikos*, 99(1) : 3-9.
- Vellend M., Verheyen K., Flinn K.M., Jacquemyn H., Kolb A., Van Calster H., Peterken G., Graae B.J., Belle-Mare J., Honnay O., Brunet J., Wulf M., Gerhardt F. & Hermy M.

- (2007). Homogenization of forest plant communities and weakening of species-environment relationships via agricultural land use. *Journal of Ecology*, 95(3) : 565-573.
- Villeneuve C. & Richard F. (2001). Vivre les changements climatiques : L'effet de serre expliqué, eds. MultiMondes, Québec (Canada), 274 p.
- Vroh B.T.A., Abrou N.E.J., Goné Bi Z.B. & Adou Yao C.Y. (2019). Système agroforestier à cacaoyers en Côte d'Ivoire : connaissances existantes et besoins de recherche pour une production durable. *Revue du Marché Scientifique, Agronomique et Vétérinaire*, 7(1) : 99-109.
- Vroh B.T.A. (2013). Evaluation 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), 208 p.
- Vroh B.T.A., Cissé A., Adou Yao C.Y., Kouamé D., Koffi K.J., Kpangui K.B. & Koffi B.J. C. (2015). Relation entre la diversité et la biomasse aérienne des espèces arborescentes dans les agroforêts traditionnelles à base de cacaoyers : cas de la localité de Lakota (Côte d'Ivoire). *African Crop Science Journal*, 23(4) : 311-326.
- Vroh B.T.A., Ouattara D. & Kpangui K.B. (2014). 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 : 6386-6396.
- Wala K., Sinsin B., Guelly K.A., Koukou K. & Akpagana. K. (2005). Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture de Doufelegou (Togo). *Sécheresse*, 16(3) : 209-216.
- Waring R.H. & Running S.W. (1998). Forest ecosystems: analysis at multiple scales, Second edition. Academic Press, San Diego, CA, 370 p.
- Wood G.A.R. & Lass R.A. (1985). Cocoa. Fourth edition. Londres, Grande Bretagne, Longman, Tropical Agriculture Series, 620 p.
- Wood G.A.R. & Lass R.A. (2001). Cocoa, Fourth edition. Longman, London, 270 p.
- WRI (World Resources Institute). (2009). Report for climate. 92 P.
- Yaméogo G. (2009). Les ressources ligneuses et leur gestion dans le terroir de Vipalogo, province du Kadiogo, Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 258 p.
- Young A.M. (1994). The chocolate tree: a natural history of cacao. Ed. Smithsonian Institution Press, Washington DC, 200 p.

- Zanne A.E., Lopez-Gonzalez G., Coomes D.A., Ilic J., Jansen S., Lewis S.L., Miller R.B., Swenson N.G., Wiemann M.C. & Chave J. (2009). Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235> p.
- Zapfack L., Engwald S., Sonké B., Achoundong G. & Madong B.A. (2002). The impact of land conversion on plant biodiversity in the forest zone of Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 11 : 2047-2061.
- Zébri T.J. (1949). « Origine du nom Daloa ». *La Côte d'Ivoire chrétienne*, n°115. 2 p.
- Zoukou B.P. (1941). Monographie de la subdivision de Daloa, vie et moeurs des habitants. Ecole Normale William-Ponty, Sébikhotane, 74 p.
- Zounon C.S.F., Abasse T., Massaoudou M., Habou R., Addam k. & Ambouta K. (2019). Diversité et structure des peuplements ligneux issus de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) suivant un gradient agro-écologique au Centre Sud du Niger. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 12(1) : 52-62.



**ANNEXES**

Annexes

Annexe 1 : Fiche de relevés

Site et coordonnées GPS :

Collecteur :

Date :

N° de fiche :

Description du milieu :

N° ordre	Espèces	Circonférence	Hauteur
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			

## Annexe 2 : Fiche d'enquêtes

Merci de nous accorder un peu de votre temps pour répondre à nos questions

**INFORMATIONS FICHE**

1. Quel est le nom de l'enquêteur?

1. Boko Brou Bernard

2. Quel est la date de l'enquête?

3. Quelles sont les coordonnées du site d'étude?

**CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES PRODUCTEURS**

4. Quelle est la région de l'étude?

1. haut-Sassandra

5. Quel est votre département ?

1. Daloa

6. De quelle sous-préfecture appartenez-vous ?

7. Quel est le nom du village?

8. Quel est le nom de votre campement?

9. Quel est votre nom et prénoms ?

10. Quel est votre sexe ?

1. Masculin  2. Féminin

11. Quel est votre origine ethnique ?

1. Autochtone  2. Allochtone  3. Allogène

12. Quelle est votre nationalité ?

13. Quel âge avez-vous ?

14. Quelle est votre situation matrimoniale ?

1. Marié  2. Concubinage  3. Célibataire  
 4. Veuf(ve)  5. Divorcé (e)

15. Quel est votre niveau d'étude ?

1. Primaire  2. Secondaire  3. Supérieur

16. Saviez-vous ?

1. Lire  2. Ecrire  3. Lire et écrire

17. Appartenez-vous à une coopérative ?

1. Oui  2. Non

*Si oui, depuis combien de temps*

18. Depuis combien de temps appartenez-vous à la coopérative ?

19. Suivez-vous des formations ?

1. Oui  2. Non

20. Si non

21. Si 'Autres', précisez :

22. Avez-vous remarqué des changements au niveau du climat ?

1. Oui  2. Non

23. Si oui1

24. Savez-vous la raison de ces changements ?

25. Si 'Autres', précisez :

26. Quels sont les arbres pouvant provoquer la venue de la pluie ?

27. Comment arrivez-vous à maintenir votre production malgré ces problèmes ?

**CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES DES AGROSYSTEMES CACAOYERS**

28. Quel est l'âge de votre exploitation agricole ?

29. Quelle est la superficie de votre exploitation agricole ?



**30. Comment avez-vous acquis votre exploitation agricole ?**

1. Créée par le producteur lui-même     2. Héritage  
 3. Achat     4. Location  
 5. Autres

**31. Si 'Autres', précisez :****32. Quel était le précédent cultural de votre exploitation agricole ?****33. Si 'Autres', précisez :****34. Avez-vous des arbres dans votre exploitation agricole ?**

1. Oui     2. Non

*Si oui, à quelle densité?*

**35. Quelle est la densité de ces arbres ?****36. Quels sont les types d'arbres ?**

1. Forestiers     2. Fruitiers

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

**37. Quels sont ces arbres ?****38. Quelles sont les origines des arbres qui sont présents dans votre plantation ?****39. Quels sont les arbres plantés ?****40. Dans le cas des arbres plantés, avez-vous produit les plants vous-même ?****41. Si oui, où avez vous eu les semences ?****42. A quelle période avez-vous planté les arbres ?****43. Quelles en sont les raisons ?****44. Qui vous a conseillé de planter ou de laisser des arbres dans votre exploitation agricole ?****45. Si non, les raisons ?****46. Avez-vous déjà supprimé des arbres dans votre exploitation agricole ? (Au cours de la vie de la parcelle de cacaoyers)**

1. Oui     2. Non

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

**47. Si non, les raisons ?**

1. Utilent

**48. Si oui, à quel moment ?****49. Quels sont les arbres que vous-avez supprimés ?****50. Si oui, quelles en sont les raisons ?****51. Pensez-vous que les arbres associés aux cacaoyers sont utiles dans les exploitations agricoles ?**

1. Oui     2. Non

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

**52. Si oui, à quel niveau ?****53. Si 'Autre', précisez :****54. Si Non, à quel niveau ?****55. Si 'Autre', précisez :****56. Quel score attribuez-vous à chaque arbre ? (Noter A= 1 ; B= 2 et C= 3)****57. Quels rôles joue chaque arbre associé aux cacaoyers pour vous les populations ?****58. Si 'Croyance', précisez :****59. Si alimentation****60. Si délimitation**

61. Si médicinale

62. Si bois d'oeuvre

63. Si commerce

64. Si bois de chauffe

65. Si construction

66. Si croyance

67. Quel score attribuez-vous à chaque arbre ?

68. Quels arbres forestiers préférez-vous ?

69. Citez les raisons qui vous poussent à les préférés ?

70. Quels arbres forestiers dépréciez-vous ?

71. Citez les raisons qui vous poussent à les dépréciés ?

## ITINERAIRES TECHNIQUES

72. Associez-vous les cacaoyers à d'autres cultures ?

1. Oui  2. Non

73. Si oui

*Lesquelles ?*

74. Quelles sont ces cultures associées ?

75. Associez-vous les cacaoyers avec les animaux ?

1. Oui  2. Non

76. Si oui

*Lesquels ?*

77. Si 'Autres', précisez :

78. Quels sont ces animaux associés ?

79. Combien de fois nettoyer-vous votre champ dans l'année ?

1. 1 fois  2. 2 fois  3. 3fois  
 4. 4fois  5. autres

80. Si 'autres', précisez :

81. Avec quel matériel faites-vous le nettoyage ?

1. La machette  2. Les pesticides

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

82. Quelle main d'oeuvre utilisez-vous pour l'entretien ?

83. Faites-vous des élagages ?

1. Oui  2. Non

*Les raisons*

84. Pourquoi faites vous de l'elagage ?

## Annexe 3 : Flore ligneuse associée aux cacaoyers du département de Daloa

N°	Espèces	Familles	Types biologiques	Chorologie
1	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	mp	i
2	<i>Acacia sieberiana</i>	Fabaceae	mp	SZ
3	<i>Adansonia digitata</i> Linn.	Malvaceae	mP	SZ
4	<i>Albizia adianthifolia</i>	Fabaceae	mP	GC
5	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Fabaceae	mP	GC-SZ
6	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
7	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	MP	GC
8	<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms	Fabaceae	MP	GC
9	<i>Anacardium occidentale</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	i
10	<i>Annona muricata</i> Linn.	Annonaceae	mp	GC
11	<i>Antiaris africana</i> Engl.	Moraceae	mP	GC-SZ
12	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC
13	<i>Baphia bancoensis</i> Aubrév.	Fabaceae	mp	GCi
14	<i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	mP	GC-SZ
15	<i>Blighia welwitschii</i>	Sapindaceae	mP	GC

## Annexes

16	<i>Bombax buenopozense</i> P. Beauv.	Malvaceae	MP	GC
17	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	Malvaceae	mp	SZ
18	<i>Carapa procera</i> DC. De Wilde	Meliaceae	mp	GC-SZ
19	<i>Cassia siamea</i> Lam.	Fabaceae	mp	i
20	<i>Castanea sativa</i> Mill.	Fagaceae	mp	i
21	<i>Ceiba pentandra</i> (Linn.) Gaerth.	Malvaceae	MP	GC-SZ
22	<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Cannabaceae	mP	GC
23	<i>Chassalia kolly</i> (Schumach.) Hepper	Rubiaceae	np	GC
24	<i>Citrus limon</i> Burn. f.	Rutaceae	mp	i
25	<i>Citrus maxima</i>	Rutaceae	mp	i
26	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	mp	i
27	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	mp	i
28	<i>Coffea canephora</i> A. Froehner	Rubiaceae	mp	GC
29	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	Malvaceae	mP	GC-SZ
30	<i>Cola gigantea</i> A. Chev. var. <i>glabrescens</i> Brenan & Keay	Malvaceae	mP	GC-SZ
31	<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Malvaceae	mP	GC
32	<i>Daniellia ogea</i>	Fabaceae	MP	GC
33	<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae	MP	GC
34	<i>Fagara leprieurii</i> (Guill. & Perr.) Engl.	Rutaceae	mp	GC-SZ
35	<i>Ficus capensis</i> Thunb.	Moraceae	mp	GC-SZ
36	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	mp	GC-SZ

## Annexes

37	<i>Ficus goliath</i>	Moraceae	mp	GC-SZ
38	<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	mp	GC
39	<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	mP	GC
40	<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	mP	GC
41	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	Fabaceae	mp	i
42	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Verbenaceae	mp	i
43	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	Hypericaceae	mp	GC
44	<i>Hevea brasiliensis</i> (Kunth) Müll. Arg	Euphorbiaceae	mP	i
45	<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Dur. & Schinz var. floribunda	Apocynaceae	mP	GC-SZ
46	<i>Hoslundia opposita</i> Vahl	Lamiaceae	np	GC-SZ
47	<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Irvingiaceae	MP	GC
48	<i>Jatropha curcas</i> Linn.	Euphorbiaceae	np	GC-SZ
49	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	Meliaceae	MP	GC
50	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bignoniaceae	mp	GC-SZ
51	<i>Lannea acida</i> A. Rich.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
52	<i>Leptonychia pubescens</i> Keay	Malvaceae	mp	GC
53	<i>Mallotus oppositifolius</i> (Geisel.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
54	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	mP	i
55	<i>Mansonia altissima</i> (A. Chev.) A. Chev var. <i>altissima</i>	Malvaceae	mP	GC
56	<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	mp	GC-SZ

## Annexes

57	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) Benth.	Moraceae	MP	GC
58	<i>Millettia rhodontha</i> Baill.	Fabaceae	mP	GCW
59	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	mp	GC-SZ
60	<i>Moringa oleifera</i> Lam	Moringaceae	mp	GC-SZ
61	<i>Morus mesozygia</i> Stapf	Moraceae	mp	GC
62	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Urticaceae	mp	GC
63	<i>Myrianthus libericus</i> Rendle	Urticaceae	mp	GC
64	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.& T. Durand) Merr.	Rubiaceae	MP	GC
65	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R. Capuron	Malvaceae	MP	GC
66	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Bignoniaceae	mp	GC
67	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.	Fabaceae	mp	SZ
68	<i>Pentadesma butyrecea</i> Sabine	Clusiaceae	mP	GC-SZ
69	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	mp	i
70	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Millne-Redhead	Fabaceae	mp	GC-SZ
71	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan B	Fabaceae	MP	GC
72	<i>Pouteria aningeri</i>	Sapotaceae	MP	GC
73	<i>Psidium guajava</i> Linn.	Myrtaceae	mp	i
74	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	Myristicaceae	mP	GC
75	<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Apocynaceae	mp	GC-SZ
76	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	mP	GC

## Annexes

77	<i>Solanum rugosum</i> Dun.	Solanaceae	mp	GC
78	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	mP	GC
79	<i>Spondias mombin</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
80	<i>Sterculia rhinopetala</i> K. Schum.	Malvaceae	MP	GC
81	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Malvaceae	mP	GC-SZ
82	<i>Tamarindus indica</i> Linn.	Fabaceae	mp	GC-SZ
83	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	Combretaceae	MP	GC
84	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	MP	GC
85	<i>Treculia africana</i> Decne. subsp. africana var. africana	Moraceae	mP	GC
86	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Cannabaceae	mp	GC-SZ
87	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J. De Wilde	Meliaceae	mp	GC
88	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	Malvaceae	MP	GC
89	<i>Vernonia amygdalina</i> Del	Asteraceae	mp	GC-SZ
90	<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	Asteraceae	mp	GC-SZ
91	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	Rutaceae	mp	GC-SZ

## Annexe 4 : Résumé de la méthode IndVal du site de Doboua

**Multilevel pattern analysis**

-----

Association function: IndVal.g  
 Significance level (alpha): 0.05  
 Total number of species: 61  
 Selected number of species: 5  
 Number of species associated to 1 group: 2  
 Number of species associated to 2 groups: 3  
 List of species associated to each combination:  
 Group 2 #sps. 1

	A	B	stat	p.value
Fic_voge	0.9638	0.6667	0.802	0.043 *

Group 3 #sps. 1

	A	B	stat	p.value
Psi_guaj	1.0000	0.7778	0.882	0.04 *

**Multilevel pattern analysis**

-----

Association function: IndVal.g  
 Significance level (alpha): 1  
 Total number of species: 61  
 Selected number of species: 52  
 Number of species associated to 1 group: 43  
 Number of species associated to 2 groups: 9  
 List of species associated to each combination:  
 Group 1 #sps. 11

	A	B	stat	p.value
Ann_muri	0.9545	0.6667	0.798	0.073 .
Mar_disc	0.8824	0.6667	0.767	0.064 .
Spa_camp	0.8077	0.6667	0.734	0.092 .
Tre_orie	0.7500	0.6667	0.707	0.487
Fun_afri	0.6346	0.6667	0.650	0.297
Myr_arbo	0.6000	0.6667	0.632	0.353



Zan_zant	0.8571	0.3333	0.535	0.369
Spo_momb	0.8438	0.3333	0.530	0.604
Col_cord	0.8333	0.3333	0.527	0.401
Pyc_ango	0.7500	0.3333	0.500	0.656
Rici_heud	0.7500	0.3333	0.500	0.646

Group 2 #sps. 4

	A	B	stat	p.value
--	---	---	------	---------

Fic_voge	0.9638	0.6667	0.802	0.043 *
Cit_sine	0.7667	0.6667	0.715	0.230
Jat_curc	1.0000	0.3333	0.577	0.406
Lep_pube	1.0000	0.3333	0.577	0.410

Group 3 #sps. 28

	A	B	stat	p.value
--	---	---	------	---------

Psi_guaj	1.0000	0.7778	0.882	0.040 *
Gme_arbo	1.0000	0.5556	0.745	0.144
Bom_cost	1.0000	0.4444	0.667	0.342
Ter_supe	1.0000	0.4444	0.667	0.275
Hev_bras	1.0000	0.3333	0.577	0.350
Hol_flori	1.0000	0.3333	0.577	0.323
Tam_indi	1.0000	0.3333	0.577	0.347
Cit_limo	1.0000	0.2222	0.471	1.000
Col_niti	1.0000	0.2222	0.471	0.737
Nau_dide	1.0000	0.2222	0.471	1.000
Pili_thon	1.0000	0.2222	0.471	1.000
Ter_ivor	1.0000	0.2222	0.471	0.738
Aca_sieb	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Gar_kola	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Car_proc	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Cas_sati	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Cit_maxi	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Ent_ango	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Tre_afri	1.0000	0.1111	0.333	1.000

Bli\_welw 1.0000 0.1111 0.333 1.000  
 Pou\_anin 1.0000 0.1111 0.333 1.000  
 Dan\_ogea 1.0000 0.1111 0.333 1.000  
 Mil\_exce 1.0000 0.1111 0.333 1.000  
 Nes\_papa 1.0000 0.1111 0.333 1.000  
 New\_laev 1.0000 0.1111 0.333 1.000  
 Pipt\_afri 1.0000 0.1111 0.333 1.000  
 Man\_alti 1.0000 0.1111 0.333 1.000  
 Ver\_amyg 1.0000 0.1111 0.333 1.000

#### Annexe 5 : Résumé de la méthode IndVal du site de Bantikro

##### Multilevel pattern analysis

-----

Association function: IndVal.g

Significance level (alpha): 1

Total number of species: 32

Selected number of species: 18

Number of species associated to 1 group: 7

Number of species associated to 2 groups: 11

List of species associated to each combination:

Group 1 #sps. 4

A B stat p.value

Har\_mada 0.9333 0.6667 0.789 0.023 \*

Zan\_zant 0.8000 0.6667 0.730 0.214

Fag\_lepr 0.8750 0.5000 0.661 0.357

Rau\_vomi 1.0000 0.3333 0.577 0.327

Group 2 #sps. 1

A B stat p.value

Alb\_adia 1.0000 0.9167 0.957 0.015 \*

Group 3 #sps. 3

	A	B	stat	p.value
Hol_flor	0.8112	1.0000	0.901	0.023 *
Mor_meso	0.6667	0.6667	0.667	0.155
Cel_zenk	0.8889	0.3333	0.544	0.466

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## Annexe 6 : Résumé de la méthode IndVal du site de Zepreguhé

### Multilevel pattern analysis

-----

Association function: IndVal.g

Significance level (alpha): 1

Total number of species: 59

Selected number of species: 48

Number of species associated to 1 group: 35

Number of species associated to 2 groups: 13

List of species associated to each combination:

Group 1 #sps. 14

	A	B	stat	p.value
Cof_cane	1.0000	0.6667	0.816	0.070 .
Cas_siam	1.0000	0.5556	0.745	0.122
Gli_sepi	1.0000	0.3333	0.577	0.319
New_laev	1.0000	0.3333	0.577	0.370
Als_boon	1.0000	0.2222	0.471	0.738
Gme_arbo	1.0000	0.2222	0.471	0.727
Aca_mang	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Cel_zenk	1.0000	0.1111	0.333	1.000

Annexes

Fic_goli	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Hev_bras	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Hol_flor	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Hos_oppo	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Irv_gabo	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Kha_ivor	1.0000	0.1111	0.333	1.000

Group 2 #sps. 14

	A	B	stat	p.value
Ent_ango	0.9474	1.0000	0.973	0.006 **
Ver_colo	0.9375	1.0000	0.968	0.004 **
Ric_heud	0.7909	1.0000	0.889	0.037 *
Ant_afri	1.0000	0.6667	0.816	0.058.
Bap_banc	1.0000	0.6667	0.816	0.055.
Nes_papa	1.0000	0.6667	0.816	0.058.
Amp_pter	0.9474	0.6667	0.795	0.041 *
Ant_toxi	0.9231	0.6667	0.784	0.046 *
Ada_digi	1.0000	0.3333	0.577	0.385
Bom_buen	1.0000	0.3333	0.577	0.416
Mil_exce	1.0000	0.3333	0.577	0.396
Mil_rhod	1.0000	0.3333	0.577	0.396
Tri_scle	1.0000	0.3333	0.577	0.416
Bom_cost	0.7500	0.3333	0.500	0.678

Group 3 #sps. 7

	A	B	stat	p.value
Ver_amyg	1.0000	0.6667	0.816	0.056.
Bli_sapig	1.0000	0.3333	0.577	0.394
Cha_koll	1.0000	0.3333	0.577	0.394
Cit_limo	1.0000	0.3333	0.577	0.406
Mor_olei	1.0000	0.3333	0.577	0.400
Ann_muri	0.8571	0.3333	0.535	0.406
Myr_arbo	0.7500	0.3333	0.500	0.668

## Annexe 7 : Résumé de la méthode IndVal du site de Bowaly

**Multilevel pattern analysis**

-----

Association function: IndVal.g

Significance level (alpha): 1

Total number of species: 50

Selected number of species: 39

Number of species associated to 1 group: 28

Number of species associated to 2 groups: 11

List of species associated to each combination:

Group 1 #sps. 13

	A	B	stat	p.value
Mal_oppo	0.9833	1.0000	0.992	0.001 ***
Alb_adia	1.0000	0.7778	0.882	0.033 *
Cei_pent	1.0000	0.6667	0.816	0.090 .
Cit_reti	1.0000	0.2222	0.471	1.000
Cof_cane	1.0000	0.2222	0.471	0.728
Fag_lepr	1.0000	0.2222	0.471	0.728
Mor_meso	1.0000	0.2222	0.471	0.727
Pyc_ango	1.0000	0.2222	0.471	1.000
Cit_limo	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Col_cord	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Lep_pube	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Spo_momb	1.0000	0.1111	0.333	1.000
Ver_amyg	1.0000	0.1111	0.333	1.000

Group 2 #sps. 4

	A	B	stat	p.value
Ter_supe	0.7500	0.6667	0.707	0.170

Ann\_muri 1.0000 0.3333 0.577 0.385  
 Man\_alti 1.0000 0.3333 0.577 0.415  
 Zan\_zant 1.0000 0.3333 0.577 0.396

Group 3 #sps. 11

	A	B	stat	p.value
Ana_occ	0.9288	1.0000	0.964	0.004 **
Gli_sepi	0.8889	1.0000	0.943	0.010 **
Gme_arbo	1.0000	0.6667	0.816	0.056.
Myr_libe	1.0000	0.6667	0.816	0.049 *
Als_boon	0.9706	0.6667	0.804	0.050 *
Car_proc	1.0000	0.3333	0.577	0.399
Lan_acid	1.0000	0.3333	0.577	0.399
Ter_ivor	1.0000	0.3333	0.577	0.408
Ant_toxi	0.7500	0.3333	0.500	0.651
Myr_arbo	0.7500	0.3333	0.500	0.655
Ver_colo	0.6429	0.3333	0.463	1.000

Annexe 8 : Synthèse des caractéristiques floristiques des zones cacaoyères du département de Daloa

Sites d'étude	Nbre espèces	Nbre genres	Nbre familles	mp (p.c)	GC-SZ (p.c)	Shannon H	Pielou E
Doboua	59	51	25	83,68	61,98	1,67	0,86
Bantikro	57	48	22	69,09	82,35	1,65	0,83
Zepreguhé	59	49	25	74,68	70,98	1,62	0,86
Bowaly	50	42	23	65,47	70,43	1,53	0,87

Annexe 9 : Tableaux récapitulatifs de la séquestration du carbone des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa

Classes de hauteur	Cacaoyer			Associé	
	Zones d'étude	Biomasse	Carbone	Biomasse	Carbone
HC1 : [2 - 4 m[	Doboua	25,19	12,59	2,82	1,41
	Bantikro	8,58	4,29	0,35	0,18
	Zepreguhé	37,87	18,94	5,69	2,84
	Bowaly	22,86	11,43	0,05	0,02
HC2 : [4 - 8 m[	Doboua	51,81	25,91	8,12	4,06
	Bantikro	114,49	57,24	9,42	4,71
	Zepreguhé	84,37	42,18	14,42	7,70
	Bowaly	85,67	42,83	5,19	2,59
HC3 : $\geq$ 8 m	Doboua	0,00	0,00	260,74	130,37
	Bantikro	0,00	0,00	561,73	280,87
	Zepreguhé	0,07	0,04	594,91	297,45
	Bowaly	0,00	0,00	399,73	199,86

Classes de diamètre	Cacaoyer			Associé	
	Zones d'étude	Biomasse	Carbone	Biomasse	Carbone
DC1 : < 10 cm	Doboua	30,98	15,49	4,80	2,40
	Bantikro	58,78	29,39	1,08	0,54
	Zepreguhé	37,19	18,59	4,38	2,19
	Bowaly	38,38	19,19	0,76	0,38
DC2 : [10 - 20 cm[	Doboua	45,93	22,97	13,55	6,77
	Bantikro	63,61	31,80	7,05	3,53
	Zepreguhé	82,41	41,21	29,44	14,72
	Bowaly	68,43	34,22	6,73	3,36
DC3 : [20 - 30 cm[	Doboua	0,08	0,04	49,89	24,95
	Bantikro	0,68	0,34	24,65	12,32
	Zepreguhé	2,72	1,36	34,37	17,18
	Bowaly	1,72	0,86	28,89	14,44
DC4 : [30 - 40 cm[	Doboua	0,00	0,00	73,87	36,93
	Bantikro	0,00	0,00	56,56	28,28
	Zepreguhé	0,00	0,00	55,13	27,57
	Bowaly	0,00	0,00	65,50	32,75
DC5 : $\geq$ 40 cm	Doboua	0,00	0,00	129,57	64,78
	Bantikro	0,00	0,00	482,16	241,08
	Zepreguhé	0,00	0,00	492,68	246,34
	Bowaly	0,00	0,00	303,09	151,54

## Annexes

Sites d'étude	Peuplement	Nbre individus	Biomasse totale (t)	Stock carbone (tC/ha)
Doboua	Cacaoyer	2323	76,99	38,5
	Associé	558	271,68	135,83
Bantikro	Cacaoyer	3119	123,07	61,53
	Associé	273	571,51	285,75
Zepreguhé	Cacaoyer	1926	122,32	61,16
	Associé	438	616,00	308,00
Bowaly	Cacaoyer	2664	108,53	54,26
	Associé	175	404,96	202,48



**INDEX ALPHABETIQUE DES TAXONS CITES**

**A**

- Acacia mangium*, Fabaceae, 74,  
*Acacia sieberiana* var. *villosa* A. Chev., Fabaceae, 54  
*Adansonia digitata* Linn., Malvaceae, 72  
*Albizia adianthifolia* (Schumach.) W.F. Wright, Fabaceae, 64, 67,  
*Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr., Fabaceae, 64,  
*Alchornea cordifolia* (Schum. & Thonn.) Müll. Arg., Euphorbiaceae, 66  
*Alstonia boonei* De Wild., Apocynaceae, 64,  
*Amphimas pterocarpoides* Harms, Fabaceae, 67  
*Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae, 64,  
*Annona muricata* Linn., Annonaceae, 64, 74,  
*Antiaris africana* Engl., Moraceae, 80  
*Antiaris toxicaria* var. *welwitschii* (Engl.) Corner, Moraceae, 64,  
*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae, 13,

**B**

- Baphia bancoensis* Aubrév., Fabaceae, 56, 74  
*Blighia sapida* K. D. Koenig, Sapindaceae,  
*Blighia welwitschii* (Hiern) Radlk., Sapindaceae, 64,  
*Bombax buenopozense* P. Beauv., Malvaceae, 74,  
*Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet, Malvaceae, 64, 68,

**C**

- Canarium schweinfutii* Engl., Burseraceae, 13,  
*Carapa procera* DC. De Wilde, Meliaceae, 73

*Cassia siamea* Lam., Fabaceae, 81  
*Castanea sativa* Mill., Fagaceae, 64,  
*Ceiba pentandra* (Linn.) Gaerth., Malvaceae, 64, 68,  
*Celtis zenkeri* Engl., Cannabaceae, 26,  
*Chassalia kolly* (Schumach.) Hepper, Rubiaceae, 74,  
*Citrus limon* Burn. f., Rutaceae, 14, 64, 74,  
*Citrus maxima*, Rutaceae, 64,  
*Citrus reticulata* Blanco, Rutaceae, 14,  
*Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Rutaceae, 64,  
*Coffea canephora* A. Froehner, Rubiaceae, 64,  
*Cola cordifolia* (Cav.) R. Br., Malvaceae, 64, 68,  
*Cola gigantea* A. Chev. var. *glabrescens* Brenan & Keay, Malvaceae, 88  
*Cola nitida* (Vent.) Schott & Endl., Malvaceae, 71

D

*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam., Burseraceae, 14  
*Daniellia ogea* (Harms) Rolfe ex Hoff., Fabaceae, 64,

E

*Elaeis guineensis* Jacq., Arecaceae, 14  
*Entandrophragma angolense* (Welw.) C. DC., Meliaceae, 50, 53, 56, 64, 68,

F

*Fagara leprieurii* (Guill. & Perr.) Engl., Rutaceae, 60  
*Ficus capensis* Thunb., Moraceae, 64  
*Ficus exasperata* Vahl, Moraceae, 64,  
*Ficus goliath*, Moraceae, 65

*Ficus vogelii* (Miq.) Miq., Moraceae, 64,

*Funtumia africana* (Benth.) Stapf, Apocynaceae, 64,

## G

*Garcinia kola* Heckel, Clusiaceae, 14, 50, 53, 64,

*Gliricidia sepium* (Jacq.)Walp., Fabaceae, 12,

*Gmelina arborea* Roxb., Verbenaceae, 64,

## H

*Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir., Hypericaceae, 58

*Hevea brasiliensis* (Kunth) Müll.Arg, Euphorbiaceae, 64,

*Holarrhena floribunda* (G. Don) Dur. & Schinz var. *floribunda*, Apocynaceae, 67,

*Hoslundia opposita* Vahl, Lamiaceae, 66

## I

*Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill., Irvingiaceae, 14, 56,

## J

*Jatropha curcas* Linn., Euphorbiaceae, 64,

## K

*Khaya ivorensis* A. Chev., Meliaceae, 56,

*Kigelia africana* (Lam.) Benth., Bignoniaceae, 69

## L

*Lannea acida* A. Rich., Anacardiaceae, 64,

*Leptonychia pubescens* Keay, Malvaceae, 67

M

- Mallotus oppositifolius* (Geisel.) Müll. Arg., Euphorbiaceae, 64,  
*Mangifera indica* L., Anacardiaceae, 67, 74,  
*Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev var. *altissima*, Malvaceae, 67  
*Margaritaria discoidea* (Baill.) Webster, Phyllanthaceae, 65  
*Milicia excelsa* (Welw.) Benth., Moraceae, 50, 53, 56, 64, 68,  
*Millettia rhodantha* Baill., Fabaceae, 56  
*Morinda lucida* Benth., Rubiaceae, 64, 68,  
*Moringa oleifera* Lam, Moringaceae, 68  
*Morus mesozygia* Stapf, Moraceae, 68  
*Myrianthus arboreus* P. Beauv., Urticaceae, 64, 68,  
*Myrianthus libericus* Rendle, Urticaceae, 69

N

- Nauclea diderrichii* (De Wild.& T. Durand) Merrill, Rubiaceae, 50, 64,  
*Nesogordonia papaverifera* (A. Chev.) R. Capuron, Malvaceae, 50, 53, 56, 64,  
*Newbouldia laevis* (P. Beauv.) Seemann ex Bureau, Bignoniaceae, 68,

P

- Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth., Fabaceae, 66  
*Pentadesma butyracea* Sabine, Clusiaceae, 65  
*Persea americana* Mill., Lauraceae, 14, 64, 68,  
*Piliostigma thonningii* (Schum.) Millne-Redhead, Fabaceae, 69  
*Piptadeniastrum africanum* (Hook.f.) Brenan B, Fabaceae, 61  
*Pouteria aningeri* Baehni, Sapotaceae, 70  
*Psidium guajava* Linn., Myrtaceae, 64,

*Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb, Myristicaceae, 64,

R

*Rauvolfia vomitoria* Afzel., Apocynaceae, 70

*Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel, Euphorbiaceae, 14, 64, 68,

S

*Solanum rugosum* Dun., Solanaceae, 71

*Spathodea campanulata* P. Beauv., Bignoniaceae, 75

*Spondias mombin* Linn., Anacardiaceae, 64,

*Sterculia rhinopetala* K. Schum., Malvaceae, 76

*Sterculia tragacantha* Lindl., Malvaceae, 64,

T

*Tamarindus indica* Linn., Fabaceae, 75

*Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae, 13, 50, 59, 68,

*Terminalia superba* Engl. & Diels, Combretaceae, 13, 68,

*Theobroma cacao* L., Malvaceae, 3, 7, 10, 12,

*Trema orientalis* (L.) Blume, Cannabaceae, 74

*Trichilia monadelphra* (Thonn.) J.J.de Wilde, Meliaceae, 71

*Triplochiton scleroxylon* K. Schum., Malvaceae, 26, 56,

V

*Vernonia amygdalina* Del, Asteraceae, 64, 73

*Vernonia colorata* (Willd.) Drake, Asteraceae, 64, 73,

Z

*Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepern. & Timler, Rutaceae, 67,



**PUBLICATIONS**

## Résumé

La Côte d'Ivoire demeure le premier producteur mondial de cacao grâce à la contribution à 80 p.c. de petits producteurs. En plus de la déforestation et l'abattage quasi-total des défriches forestières entraînés par la cacaoculture, le choix de variétés améliorées n'exprimant leur potentiel qu'en plein soleil a conduit les producteurs à réduire le nombre d'espèces ligneuses associées dans les plantations. Pourtant, ces espèces associées participent favorablement à l'écologie du cacaoyer et au bien-être des populations locales. Dans l'objectif de contribuer à un aménagement adapté des plantations de cacaoyers dans le contexte actuel du changement climatique, notre étude s'est focalisée sur les déterminants de la diversité et la contribution au stockage de carbone des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers, encore présents dans le département de Daloa. Des relevés floristiques et structuraux ainsi qu'une enquête ethnobotanique auprès de 180 producteurs ont été réalisés. En plus, le stock de carbone a été apprécié pour chacune des espèces. La flore ligneuse associée de la zone d'étude est riche de 91 espèces réparties entre 74 genres et 31 familles. Une stratégie de préservation paysanne de la flore a été révélée dans tous les sites d'étude avec 3 niveaux de préférence du producteur. La répartition structurale des individus demeure bien équilibrée entre les strates de végétation. Des espèces vulnérables, menacées d'extinction et endémiques y ont été signalées, faisant de ces milieux des refuges pour la flore menacée. Au regard des services écosystémiques et de la valeur d'usage des espèces, la conservation de la phytodiversité apparaît fragile. Le stock de carbone séquestré par les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers de la zone d'étude était de 1 147,53 tC/ha, fourni en majeure partie par le carbone issu des arbres de grande taille et de gros diamètre associés aux cacaoyers. Ces résultats servent de référence pour la mise en place de systèmes d'utilisation des terres respectueux de l'environnement, économiquement rentables et captant plus de carbone.

**Mots clés :** Système agroforestier à cacaoyers, Biodiversité, Services écosystémiques, Stock de carbone, Daloa, Côte d'Ivoire

### Abstract :

Ivory Coast remains the world's leading cocoa producer thanks to the contribution of 80 percent of small producers. In addition to the deforestation and the almost total felling of forest clearings caused by cocoa farming, the choice of improved varieties that only express their potential in full sun has led producers to reduce the number of woody species associated with the plantations. However, these associated species contribute favorably to the ecology of the cocoa tree and to the well-being of the local population. In order to contribute to an adapted management of cocoa plantations in the current context of climate change, our study focused on the determinants of diversity and the contribution to carbon storage of traditional cocoa agroforestry systems, still present in the Daloa department. Floristic and structural surveys as well as an ethnobotanical survey among 180 producers were conducted. In addition, the carbon stock was assessed for each species. The associated woody flora of the study area is rich in 91 species distributed among 74 genera and 31 families. A farmer's preservation strategy for the flora was revealed in all study sites with 3 levels of producer preference. The structural distribution of individuals remains well balanced between the vegetation strata. Vulnerable, endangered and endemic species were reported, making these environments refuges for threatened flora. In view of the ecosystem services and the use value of the species, the conservation of phytodiversity appears fragile. The carbon stock sequestered by traditional cocoa agroforestry systems in the study area was 1147.53 tC/ha, provided mostly by the carbon from large trees and large diameter trees associated with cocoa trees. These results serve as a reference for the implementation for the development of environmentally friendly, economically viable and more carbon sequestering land-use systems.

**Keywords :** Cocoa agroforestry system, Biodiversity, Ecosystem services, Carbon stock, Daloa, Ivory Coast