



**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 : 2022 - 2023

N° D'ORDRE :

.....

CANDIDAT

Nom : DRAMANE

Prénoms : Koffi Bakari

**Soutenue publiquement
le : 25/11/2023**

THESE

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

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

**Typologie des Systèmes Agroforestiers à
cacaoyers et effet sur le rendement dans le
département de Daloa (Centre-Ouest, Côte
d'Ivoire)**

JURY

**Président : M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire,
Université JEAN LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : Mme KOULIBALY Annick Victoire, Maître de Conférences,
Université JEAN LOROUGNON GUEDE**

**Rapporteur : M. KPANGUI Kouassi Bruno, Maître de Conférences,
Université JEAN LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. KOUASSI N'Dri Jacob, Maître de Conférences,
Université JEAN LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. DOUMBOUYA Mohamed, Maître de Conférences,
Université PELEFORO GON COULIBALY**

TABLE DES MATIERES	Page
TABLE DES MATIERES	I
DEDICACES	V
AVANT-PROPOS	VI
REMERCIEMENTS	VII
LISTE DES SIGLES, ABREVIATIONS ET ACRONYMES	IX
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES	XIII
LISTE DES ANNEXES	XVII
INTRODUCTION	1
PARTIE I : GENERALITES	6
CHAPITRE 1 : SYSTEMES AGRFORESTIERS A CACAOYERS	7
1.1. Origine et position systématique du cacaoyer	7
1.2. Ecologie du cacaoyer	7
1.3. Importance économique	8
1.4. Systèmes agroforestiers en cacaoculture	9
1.5. Importance de l’ombrage pour le cacaoyer et relation avec le rendement	10
CHAPITRE 2 : MALADIES ET RAVAGEURS DU CACAOYER	12
2.1. Ravageurs	12
2.1.1. Insectes	12
2.1.1.1. Foreur de tige	12
2.1.1.2. Mirides	13
2.1.2. Vertébrés	14
2.2. Maladies	14
2.3.1. Swollen shoot	14
2.3.2. Pourriture brune	15
2.3. Plantes parasites	16
CHAPITRE 3 : PRESENTATION DU MILIEU D’ETUDE	17
3.1. Présentation du département de Daloa	17
3.2. Caractéristiques biophysiques	18
3.2.1. Climat	18
3.2.2. Relief et hydrographie	19
3.2.3. Sols	19
3.2.4. Végétation et flore	20

3.2.5. Faune	21
3.3. Populations et activités socio-économiques	21
PARTIE II : MATERIEL ET METHODES	23
CHAPITRE 4 : MATERIEL	24
4.1. Matériel végétal.....	24
4.2. Matériel technique.....	24
CHAPITRE 5 : METHODES	25
5.1. Choix des sites.....	25
5.2. Collecte des données	26
5.2.1. Inventaires floristiques	26
5.2.1.1. Inventaire par relevé de surface	26
5.2.1.2. Inventaire itinérant	27
5.2.2. Mesures dendrométriques.....	27
5.2.3. Détection des maladies et ravageurs des cacaoyers.....	29
5.2.4. Evaluation du rendement	30
5.2.4.1. Conditions d'évaluation du rendement	30
5.2.4.2. Denombrement des cabosses et de la densité des cacaoyers	31
5.3. Analyse des données	32
5.3.1. Analyse qualitative et quantitative de la flore des systèmes agroforestiers à cacaoyers	32
5.3.1.1. Analyse qualitative de la flore des systèmes agroforestiers à cacaoyers	32
5.3.1.1.1. Richesse floristique	32
5.3.1.1.2. Types biologiques	32
5.3.1.1.3. Affinités phytogéographiques	32
5.3.1.2. Analyse quantitative de la flore des systèmes agroforestiers à cacaoyers	33
5.3.1.2.1. Indice de diversité de Shannon (H').....	33
5.3.1.2.2. Indice d'Equitabilité de Piélou (E).....	33
5.3.2. Organisation structurale des systèmes agroforestiers à cacaoyers	34
5.3.2.1. Structure verticale	34
5.3.2.2. Structure horizontale	34
5.3.2.3. Densité des cacaoyers	35
5.3.2.4. Taux d'ombrage	35
5.3.3. Taux d'infestation des systèmes agroforestiers à cacaoyers	35
5.3.3.1. Proportions des infestations	35

5.3.3.2. Sévérité des infestations	36
5.3.4. Calcul du rendement potentiel	36
5.4. Analyses statistiques	37
5.4.1. Test de comparaison des moyennes des variables quantitatives	37
5.4.2. Analyses multivariées.....	38
PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....	39
CHAPITRE 6 : RESULTATS.....	40
6.1. Caractéristiques floristiques et structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers dans le département de Daloa	40
6.1.1. Caractéristiques floristiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers	40
6.1.1.1. Composition floristique	40
6.1.1.1.1. Richesse floristique	40
6.1.1.1.2. Types biologiques	42
6.1.1.1.3. Affinités phytogéographiques	44
6.1.1.2. Diversité spécifique.....	47
6.1.2. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	48
6.1.2.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur	48
6.1.2.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre	50
6.1.2.3. Variabilité structurale des espèces rencontrées.....	53
6.2. Typologie des systèmes agroforestiers à cacaoyers du departement de Daloa	60
6.2.1. Modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers	60
6.2.2. Types de systèmes agroforestiers à cacaoyers rencontrés	62
6.3. Effet des types de systèmes agroforestiers sur le rendement en cacao dans le departement de Daloa.....	66
6.3.1. Rendement potentiel et ses composantes.....	66
6.3.2. Relation entre les types de systèmes agroforestiers et la production en cacao.....	68
6.3.2.1. Relation entre les types de systèmes agroforestiers et la densité des cacaoyers..	68
6.3.2.2. Relation entre les types de systèmes agroforestiers et le nombre de cabosse.....	68
6.3.2.3. Relation entre les types de systèmes agroforestiers et le rendement potentiel	69
6.3.3. Niveau d'ombrage favorable au rendement des cacaoyers.....	70
6.4. Résilience des types systèmes agroforestiers à cacaoyers du département Daloa	72
6.4.1. Symptômes rencontrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers	72
6.4.2. Proportion de cacaoyers infestés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	72
6.4.3. Sévérité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	76

6.4.4. Proportion des infestations dominantes dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	78
6.4.4.1. Proportion des chancres dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers .	78
6.4.4.2. Proportion de la pourriture de cabosses dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	79
6.4.4.3. Proportion des dégâts des mirides dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	80
6.4.5. Sévérité des infestations dominantes dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	81
6.4.5.1. Sévérité des chancres dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	81
6.4.5.2. Sévérité de la pourriture de cabosses dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	82
6.4.5.3. Sévérité des dégâts des mirides dans les types de SAF à cacaoyers.....	83
CHAPITRE 7 : DISCUSSION.....	85
7.1. Préservation de la flore ligneuse dans les systèmes agroforestiers traditionnels	85
7.2. Stratégie paysanne d'organisation structurale pour le contrôle de l'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers	87
7.3. Importance du type de SAF pour un bon rendement en cacao dans le département de Daloa	88
7.4. Prévalences des infestations dans les SAF à cacaoyers	92
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	97
REFERENCES.....	102
ANNEXES	126
INDEX ALPHABETIQUE DES TAXONS CITES	147

DEDICACES

Je dédie ce document à mes très chers parrains, Monsieur COLIN Bruno et son épouse Madame COLIN BOURAHIMA Nadège pour leurs soutiens sans cesse renouvelé.

AVANT-PROPOS

Cette étude a débuté 2020 et s'est déroulée dans 4 localités du département de Daloa qui sont Doboua, Bantikro, Zeprehu et Bowaly. Elle a été réalisée dans le cadre d'un stage au Laboratoire de Biologie et Ecologie Tropicale, à l'UFR Environnement de l'Université JEAN LOROUGNON GUEDE de Daloa.

Cette thèse qui porte sur le thème « **Typologie des agrosystèmes à cacaoyers et effet sur le rendement dans le département de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)** » a été menée en collaboration avec le Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Agroforesterie (GRIDA) et ses partenaires l'ONG Yacoli Village Ecole Ouverte (YVEO) et le cabinet AGROPLUS, sous la direction du Docteur KOULIBALY Annick Victoire de l'Université JEAN LOROUGNON GUEDE de Daloa. Elle a bénéficié de financements issus de deux projets. Un projet conduit par l'ONG YVEO intitulé « **Outils d'opérationnalisation des Bonnes Pratiques Agroforestières traditionnelles en Côte d'Ivoire** » et qui avait pour objectifs de promouvoir et de mettre en œuvre des pratiques agroforestières traditionnelles performantes en Côte d'Ivoire, pour une production durable en cacao. Le second projet était porté par le cabinet AGROPLUS et était intitulé « **Pratiques Agroforestières traditionnelles à haut potentiel pour la résilience des systèmes de production du cacao en Côte d'Ivoire** ». Ce projet visait à renforcer la durabilité et la résilience des systèmes agroforestiers à cacaoyers en Côte d'Ivoire face aux défis auxquels le secteur est confronté, notamment les changements climatiques et les maladies et ravageurs du cacaoyer.

Le thème de la thèse s'inscrivant parfaitement dans le cadre de ces deux projets a permis de caractériser les différents types de systèmes agroforestiers à cacaoyers présents dans le département de Daloa, d'identifier les systèmes les plus performants et les plus résilients et de les promouvoir dans le cadre de ces projets.

REMERCIEMENTS

Les travaux de recherche ayant abouti à ce manuscrit sont le fruit de nombreuses collaborations et d'entre-aides. Nous tenons à remercier ici ces personnes qui nous ont aidés à mener à bien cette thèse. Leurs contributions qui sont de natures diverses ont été essentielles à l'aboutissement de ce travail.

Nous tenons à remercier, solennellement, au terme de ce travail, la Présidente de l'Université JEAN LOROUGNON GUEDE, le vice président chargé de la pédagogie, de la vie universitaire, de la recherche et de l'innovation technologique et le Directeur de l'UFR Environnement pour avoir autorisé notre inscription en thèse. Il s'agit respectivement de Professeur ADOHI Krou Viviane, de Professeur SORO Dognimeton et de Professeur KOUASSI Kouakou Lazare.

Nous remercions les honorables membres du jury dirigé par le Professeur KONE Tidiani qui, malgré leurs nombreuses responsabilités, ont contribué à l'amélioration qualitative de cette thèse par leurs observations et suggestions. Qu'ils trouvent ici toute notre gratitude.

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. Elle n'a ménagé aucun effort pour assurer la direction de ce travail. Ses qualités intellectuelles, ses conseils enrichissants et sa rigueur dans le travail sont une source d'inspiration. Qu'elle trouve ici toute notre reconnaissance.

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.

Nous n'oublions pas tous nos enseignants de l'Université JEAN LOROUGNON GUEDE pour leurs contributions significatives et positives à notre formation. Qu'ils en soient très fortement remerciés.

Des remerciements chaleureux vont à tous nos amis de l'Université JEAN LOROUGNON GUEDE. Nous disons particulièrement merci au Docteur BOKO Brou Bernard et aux doctorants DIOMANDE Valouthy Paul-Alex et KOUADIO N'dah Kouamé Cyriac pour leurs conseils.

Un grand merci à tous les producteurs de cacao de la région de Daloa, particulièrement 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 nos travaux dans les systèmes agroforestiers.

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

Que toutes les personnes qui ont collaboré ou aidé dans l’élaboration de ce travail de recherche soient assurées de notre profonde reconnaissance.

LISTE DES SIGLES, ABREVIATIONS ET ACRONYMES

Phytogéographie

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

- ACM : Analyse de Correspondance Multiples
 AFM : Analyse Factorielle Multiple
 ANOVA : Analyse de Variance
 APG : Angiosperms Phylogeny Group (Classification phylogénétique des Angiospermes)
 BAD : Banque Africaine de Développement
 BNETD : Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
 CAH : Classification Ascendante Hiérarchique
 CCC : Conseil Café-Cacao
 CEPRASS : Center for Policy, Research and Strategic Studies
 CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
 CNRA : Centre National de Recherche Agronomique
 CNTIG : Comité National de Télédétection et d'Information Géographique
 CNUCED : Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement
 CO₂ : Dioxyde de Carbone
 CSSV : Cocoa swollen shoot virus
 d : Densité de ligneux
 d.b.h : Diamètre à hauteur de poitrine
 DC : Diamètre des individus par classe

E	: Indice d'Équitabilité de Pielou
F	: Rapport entre la variabilité inter et intra-groupe
FAO	: Food and Agriculture Organization of United Nations (Fond mondial pour l'alimentation)
FAOSTAT	: Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
G	: Groupe
GPS	: Global Positioning System (Système de Positionnement Géographique)
H'	: Indice de diversité de Shannon
HC	: Hauteur des individus par classe
Hmax	: Diversité maximale
ICCO	: International Cocoa Organization
I.N.S	: Institut National de Statistique
IS	: Indice de sévérité
IV	: Valeur Indicatrice
Nbcab	: Nombre moyen de cabosses par cacaoyer
P	: niveau de signifiante
PIB	: Produit Intérieur Brut
Q	: Rendement en cacao marchand
REDD+	: Réduction des émissions de gaz à effet de serre dues à la déforestation et à la dégradation des forêts
S	: Richesse spécifique
SAF	: Système Agroforestier
SODEXAM	: Société d'exploitation de développement aéroportuaire, aéronautique et météorologique

LISTE DES TABLEAUX		Page
Tableau I	: Caractéristiques agronomiques des plantations sélectionnées	25
Tableau II	: Familles dominantes des quatre sites d'études	40
Tableau III	: Indices de diversité spécifique des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa.....	48
Tableau IV	: Codification des espèces et espèces indicatrices des groupements des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	54
Tableau V	: Codification des espèces et espèces indicatrices des groupements des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua.....	56
Tableau VI	: Codification des espèces et espèces indicatrices des groupements des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly.....	58
Tableau VII	: Codification des espèces et espèces indicatrices des groupements des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé.....	59
Tableau VIII	: Rendement potentiel moyen en cacao et ses composantes dans l'ensemble des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa	67
Tableau IX	: Rendement potentiel moyen en cacao et ses composantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers par site.....	67
Tableau X	: Densité des cacaoyers dans les types de systèmes agroforestiers par site	69
Tableau XI	: Nombre de cabosse par cacaoyers en une année des types de systèmes agroforestiers à cacaoyers par site.....	70
Tableau XII	: Rendement potentiel moyen en cacao des types de systèmes agroforestiers à cacaoyers par site	71
Tableau XIII	: Proportion des chancres dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	80
Tableau XIV	: Proportion de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	81

	Page
Tableau XV : Proportion des dégâts des mirides dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	82
Tableau XVI : Sévérité des chancres dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	83
Tableau XVII : Sévérité de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers	84
Tableau XVIII : Sévérité des mirides dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers.....	85

LISTE DES FIGURES	Page
Figure 1 : Cabosses non mûres d'un plant de cacaoyer.....	8
Figure 2 : Localisation de la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire, du département de Daloa et des sites d'études.....	18
Figure 3 : Diagramme ombrothermique de Daloa de 1991 à 2020.....	19
Figure 4 : Dynamique de la végétation de Côte d'Ivoire.....	21
Figure 5 : Dispositif de relevé.....	26
Figure 6 : Paramètres mesurés pour le calcul de l'ombrage des arbres.....	28
Figure 7 : Dispositif de relevé des dégâts des infestations.....	29
Figure 8 : Schema de selection des cacaoyers dans une parcelle.....	31
Figure 9 : Spectre des familles dominantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	41
Figure 10 : Spectre des familles dominantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua.....	41
Figure 11 : Spectre des familles dominantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly.....	42
Figure 12 : Spectre des familles dominantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé.....	42
Figure 13 : Spectre des types biologiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	43
Figure 14 : Spectre des types biologiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua.....	43
Figure 15 : Spectre des types biologiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly.....	44
Figure 16 : Spectre des types biologiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé.....	44
Figure 17 : Spectre phytogéographique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	45
Figure 18 : Spectre phytogéographique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua.....	46
Figure 19 : Spectre phytogéographique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly.....	46

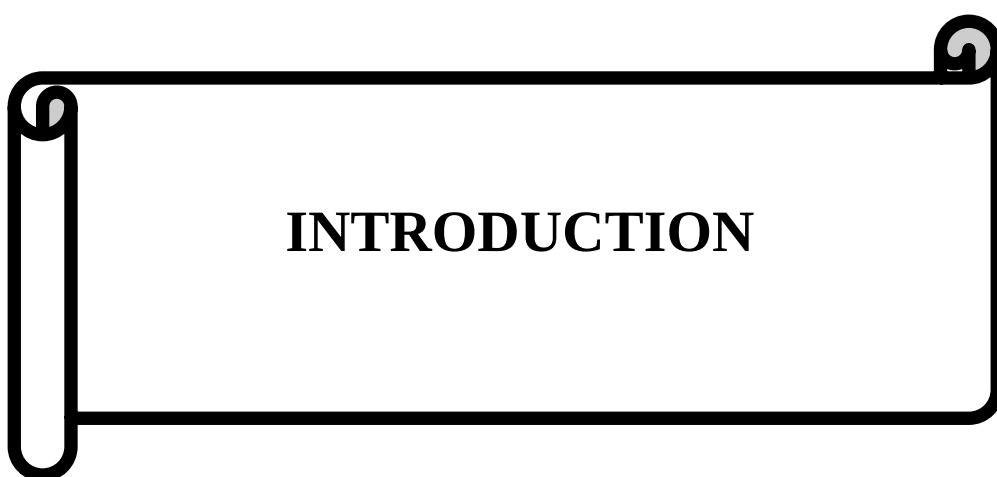
	Page
Figure 20 : Spectre phytogéographique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé.....	47
Figure 21 : Représentativité des classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	49
Figure 22 : Représentativité des classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua	49
Figure 23 : Représentativité des classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly	50
Figure 24 : Représentativité des classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé	50
Figure 25 : Représentativité des classes de diamètre des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro	51
Figure 26 : Représentativité des classes de diamètre des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua	52
Figure 27 : Représentativité des classes de diamètre des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly	52
Figure 28 : Représentativité des classes de diamètre des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé	53
Figure 29 : Représentation graphique des espèces, des classes de hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse des Correspondances Multiple couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	54
Figure 30 : Représentation graphique des espèces, des classes de hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse des Correspondances Multiple couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua.....	56
Figure 31 : Représentation graphique des espèces, des classes de hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse des Correspondances Multiple couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly.....	57

	Page
Figure 32 : Représentation graphique des espèces, des classes de hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse des Correspondances Multiple couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé.....	59
Figure 33 : Proportion des modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	61
Figure 34 : Proportion des modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua.....	61
Figure 35 : Proportion des modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly.....	62
Figure 36 : Proportion des modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé.....	62
Figure 37 : Représentation graphique des parcelles, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	63
Figure 38 : Représentation graphique des parcelles, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro.....	64
Figure 39 : Représentation graphique des parcelles, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly.....	65
Figure 40 : Représentation graphique des parcelles, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé.....	66
Figure 41 : Courbe de l'évolution de l'ombrage des parcelles en fonction du rendement potentiel dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Daloa.....	72

	Page
Figure 42 : Symptômes de maladies et ravageurs de cacaoyers rencontrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa	74
Figure 43 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro : variations des proportions.....	75
Figure 44 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua : variations des proportions.....	75
Figure 45 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly : variations des proportions.....	76
Figure 46 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé : variations des proportions.....	76
Figure 47 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro : variations de la sévérité.....	78
Figure 48 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua : variations de la sévérité.....	79
Figure 49 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly : variations de la sévérité.....	79
Figure 50 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé : variations de la sévérité.....	80

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Fiche d'inventaire et de mesures dendrométriques
- Annexe 2 : Fiche de mesure des paramètres de l'ombrage
- Annexe 3 : Fiche de comptage des cabosses de cacao
- Annexe 4 : Fiche de relevée des infestations
- Annexe 5 : Flore ligneuse des Systèmes Agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa
- Annexe 6 : Flore ligneuse des Systèmes Agroforestiers à cacaoyers de la localité de Bantikro
- Annexe 7 : Flore ligneuse des Systèmes Agroforestiers à cacaoyers de la localité de Doboua
- Annexe 8 : Flore ligneuse des Systèmes Agroforestiers à cacaoyers de la localité de Bowaly
- Annexe 9 : Flore ligneuse des Systèmes Agroforestiers à cacaoyers de la localité de Zepreguhé
- Annexe 10 : Résumé de la méthode IndVal du site de Bantikro
- Annexe 11 : Résumé de la méthode IndVal du site de Doboua
- Annexe 12 : Résumé de la méthode IndVal du site de Bowaly
- Annexe 13 : Résumé de la méthode IndVal du site de Zepreguhé



INTRODUCTION

L'agriculture est un processus par lequel les hommes aménagent les écosystèmes et contrôlent le cycle biologique des espèces domestiquées, dans le but d'obtenir des produits animaux et végétaux utiles à la société (Le Roux *et al.*, 2008). L'agriculture comprend la production animale (élevage) et la production végétale (cultures vivrières et cultures industrielles ou pérennes) (Nair, 1993). Selon Babin (2009), les cultures pérennes fréquemment rencontrées en zone tropicale sont le caféier (*Coffea* sp., Rubiaceae), le karité (*Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., Sapotaceae), l'anacardier (*Anacardium occidentale* Linn., Anacardiaceae), l'hévéa (*Hevea brasiliensis* (Kunth) Müll.Arg, Euphorbiaceae) et le cacaoyer (*Theobroma cacao* L., Malvaceae).

Le cacaoyer est une plante de la famille des Malvaceae, originaire des forêts tropicales humides d'Amérique. Il représente la troisième denrée agricole la plus échangée au monde, après le sucre et le café (EUFIC, 2016). La demande en fèves de cacao est passée de 3,7 millions de tonnes en 2007-2008 (ICCO, 2008) à 4,2 millions de tonnes en 2015-2016 (ICCO, 2016) pour atteindre 5,1 millions de tonnes en 2021-2022 selon Fountain & Huetz-Adams (2022). Après avoir été pendant des siècles exclusivement américaine, la cacaoculture est aujourd'hui devenue principalement africaine avec 77 p.c. de l'approvisionnement mondial (ICCO, 2021). Cette production provient en grande partie des exploitations de petits producteurs pour lesquels, la vente de cacao marchand représente la principale source de revenu (Clay, 2004 ; Donald, 2004).

La Côte d'Ivoire, comme certains pays africains, a hérité du rôle d'exportateur et se positionne comme premier producteur mondial de fèves de cacao depuis 1978 avec une production annuelle estimée à près de 47 p.c. de l'offre mondiale, soit 2 100 000 tonnes en 2020 (Dufumier, 2016 ; ICCO, 2017 ; ICCO, 2020). Cette culture joue un rôle primordial dans le développement économique et social du pays. Au plan social, la cacaoculture occupe une population agricole de plus d'un million de planteurs et offre de nombreux emplois dans les secteurs secondaire et tertiaire (ICCO, 2015). Au plan économique, la vente du cacao contribue à plus de 15 p.c. au Produit Intérieur Brut (PIB) et procure plus de 50 p.c. des recettes d'exportation (ICCO, 2015 ; Dufumier, 2016 ; BAD, 2020). Ces bénéfices ont cependant été obtenus à travers l'installation de plantations de cacaoyer par un mode extensif sur des défriches forestières (Freud *et al.*, 2000).

L'intensification de la cacaoculture ces dernières années a conduit au passage de systèmes agroforestiers pluristratifiés, à des cultures sous ombrage modéré ou en plein soleil. Ceci a fait de la cacaoculture, l'une des principales causes de la réduction du couvert forestier et de la perte de la biodiversité (Aké-Assi & Boni, 1988 ; Koulibaly, 2008 ; Goetze *et al.*,

2010 ; Konaté *et al.*, 2015). Cette situation serait également responsable de l'apparition de nombreuses contraintes de production dont le vieillissement des plantations (Aguilar *et al.*, 2003 ; Konaté, 2008 ; Assiri *et al.*, 2012), la baisse de fertilité des sols, l'augmentation des attaques d'insectes tels que les mirides et les foreurs de tige (N'Guessan & Coulibaly, 2000). Notons aussi, ces dernières années, l'apparition de maladies virulentes comme le Swollen shoot (Kébé *et al.*, 2006 ; Koffié *et al.*, 2011) et le phénomène de dégradation précoce des plantations de cacaoyers entraînant la baisse du rendement en cacao (Koko *et al.*, 2009).

La cacaoculture en Côte d'Ivoire est par ailleurs confrontée à un double enjeu. D'une part celui de stabiliser les espaces de production existants pour limiter la disparition des aires forestières (Koulibaly, 2008). D'autre part, celui d'augmenter, la production en cacao en raison de la place qu'occupe cette matière agricole dans l'économie (Dufumier, 2016). Cette situation implique par conséquent de produire du cacao tout en respectant l'environnement. Dans ce contexte, la promotion de systèmes agroforestiers en cacaoculture semble être une bonne alternative (Rice & Greenberg, 2000 ; Leakey *et al.*, 2005 ; Sonwa *et al.*, 2007 ; Koulibaly, 2008 ; Boko *et al.*, 2020). En effet, l'agroforesterie est un mode de gestion dynamique et écologique des ressources naturelles qui, à travers l'intégration des arbres dans les paysages agricoles, diversifie et augmente la production tout en assurant la promotion des bénéfices sociaux, économiques et environnementaux (Bene *et al.*, 1977 ; Nair, 1993 ; Leakey, 1996 ; Torquebiau, 2007 ; Atangana *et al.*, 2014). La préservation de la flore ligneuse dans ces systèmes permettrait de les percevoir comme durables (Jagoret, 2011).

Les travaux réalisés sur les systèmes agroforestiers à cacaoyers en Côte d'Ivoire, signalent la préservation et l'introduction d'espèces ligneuses dans les plantations (Koulibaly, 2008 ; Koulibaly *et al.*, 2010 ; Tano, 2012 ; Tondoh *et al.*, 2015). Ils montrent que la richesse floristique des plantations de cacaoyers est plus élevée dans les premières années (Koulibaly, 2008 ; Konan *et al.*, 2011, Kouadio *et al.*, 2021). Puis, au cours de son développement, la plantation de cacaoyers présente trois phases principales de modification de sa composition floristique avec une période critique entre 6 et 20 ans (Koulibaly, 2019). Cette dynamique conduit à une flore dont la diversité varie en fonction de plusieurs facteurs tels que l'âge de la plantation, l'origine ethnique, la variété des cacaoyers cultivés, l'âge du producteurs et ces besoins (Koulibaly, 2008 ; Konan *et al.*, 2011 ; Piba *et al.*, 2011 ; Kpangui *et al.*, 2015 ; Diomandé *et al.*, 2021). Ces espèces ligneuses associées aux cacaoyers servent à assurer les besoins quotidiens des populations locales dans divers domaines tels que l'alimentation, la fourniture en bois et la médecine traditionnelle (Piba *et al.*, 2011 ; Koulibaly *et al.*, 2016 ; Koulibaly, 2019 ; Kouadio *et al.*, 2022). Certains travaux ont démontré que l'utilisation des

arbres fixateurs d'azote pouvait entraîner une amélioration rapide de la fertilité du sol au bout de 3 à 4 ans, au lieu de 10 à 15 ans dans des jachères naturelles (Kouadio *et al.*, 2011). L'impact de la densité des arbres associés sur la production et le niveau d'attaques parasitaires, a aussi été évalué (Gala *et al.*, 2017). Les résultats ont montré que de zéro à plus de quatre-vingt (80) arbres/ha, les taux d'attaques parasitaires et de mortalité augmentent, alors que le rendement en fève de cacao décroît. S'agissant de la typologie des SAF à cacaoyers, une classification a été effectuée selon le gradient de production cacaoyère en Côte d'Ivoire (Konan *et al.*, 2023). Dans cette étude, les systèmes agroforestiers complexes jeunes à canopée ouverte, rencontrés à l'Ouest, sont caractérisés par une forte densité d'arbres associés. Les systèmes agroforestiers simples à forte densité de cultures pérennes associées sont présents au Centre-Ouest. Les systèmes agroforestiers simples à cacaoyères vieillissantes sont caractéristiques des plantations du Sud-Ouest avec 30 ans d'âge en moyenne. Aussi, Cissé *et al.* (2016) ont défini trois types de systèmes agroforestiers à cacaoyers en fonction des groupes ethniques des producteurs. Selon ces auteurs, les plantations avec de grande proportion d'espèces locales sont tenues par les autochtones Dida. Tandis que dans les plantations tenues par les Allogènes (Maliens, Burkinabés, Guinéens) et les allochtones (Malinké), on observe une dominance d'espèces exotiques. Les allochtones Akan associent quant à eux dans les mêmes proportions, les espèces exotiques et locales. Cependant, tous ces travaux n'abordent que succinctement la variabilité structurale des espèces dans les systèmes agroforestiers. La typologie des systèmes agroforestiers à cacaoyers basée sur l'ombrage et l'effet des types de systèmes agroforestiers sur le rendement en cacao demeurent peu étudiés. Pourtant, l'ombrage est l'un des principaux facteurs déterminants du microclimat des cacaoyères. En effet, l'ombrage entraîne une réduction de la photosynthèse des cacaoyers, régule la température et l'humidité relative (Beer *et al.*, 1998). Ces changements peuvent affecter le rendement en cacao ainsi que les mécanismes de régulation du cycle de vie des agents vecteurs des maladies et des ravageurs qui provoquent une perte estimée à 30-40 p.c. du rendement potentiel (Malézieux *et al.*, 2009 ; Avelino *et al.*, 2011 ; Ratnadass *et al.*, 2012 ; Daymond *et al.*, 2022).

Notre approche se base sur un ensemble d'hypothèses qui permettent de définir une typologie des systèmes agroforestiers à cacaoyers et leur influence sur le rendement en cacao. Hypothèse 1 : Les caractéristiques de la végétation dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers sont fortement marquées par le producteur dans l'espace. Ainsi, lors de l'installation de la plantation, la protection du jeune cacaoyer contre les rayons solaires est une priorité qui amène le producteur à préserver ou introduire systématiquement certaines

espèces. Ce choix se fait en fonction du besoin du niveau d'ombrage à fournir. La répartition des dimensions (diamètre et hauteur) de l'espèce rend compte des choix structurels du producteur pour assurer l'ombrage souhaité. Il existerait une organisation structurale traditionnelle pour le contrôle de l'ombrage des systèmes agroforestiers à cacaoyers.

Hypothèse 2 : La flore ligneuse associée aux cacaoyers est composée d'espèces de dimensions variables. La répartition de ces espèces fournit différents niveaux d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Cet ombrage permettrait de distinguer des types de systèmes agroforestiers à cacaoyers.

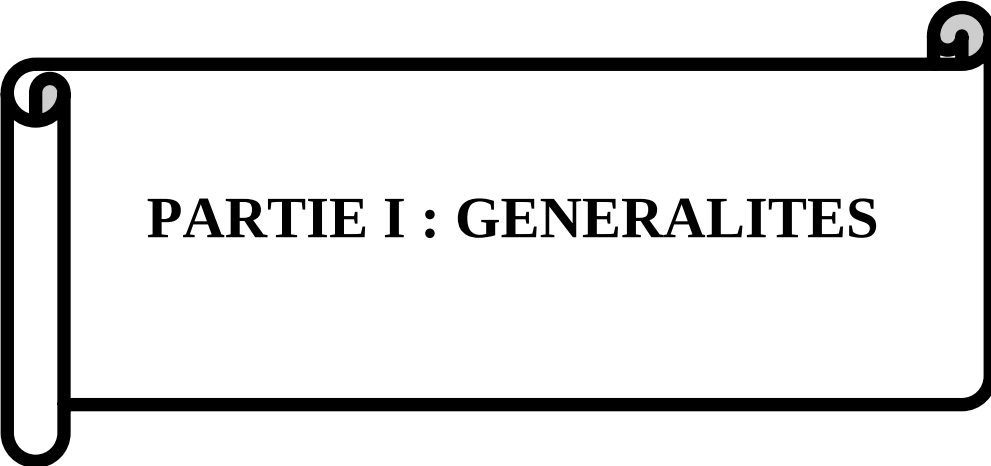
Hypothèse 3 : L'ombrage demeure l'un des facteurs les plus influents du rendement en cacao. Le rendement varierait en fonction de la variation de l'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers.

Hypothèse 4 : Les maladies et les ravageurs provoquent d'énormes pertes de rendement en cacao dans les systèmes agroforestiers. Ils représentent un défi pour garantir la production dans la plupart des régions cacaoyères. Dans les systèmes agroforestiers, l'ombrage influence le développement des agents vecteurs des maladies et des ravageurs. L'incidence et la sévérité des maladies et des ravageurs seraient fonction de l'ombrage.

Au vu de ces hypothèses, notre étude qui s'est déroulée dans la région du Haut-Sassandra, deuxième zone de production de fèves de cacao en Côte d'Ivoire (N'Guessan *et al.*, 2014) s'est fixée pour objectif général de contribuer à une production améliorée de cacao dans les systèmes agroforestiers.

De façon spécifique, il s'est agi de : (1) décrire les caractéristiques floristiques et structurales de la flore ligneuse des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa, (2) établir une typologie des systèmes agroforestiers sur la base de l'ombrage, (3) déterminer l'effet des types de systèmes agroforestiers sur le rendement en cacao et (4) évaluer la résilience aux infestations des types de systèmes agroforestiers à cacaoyers.

Le présent document est subdivisé en trois parties. Après l'introduction, la première partie abordera les généralités sur le thème traité et la zone d'étude. La seconde partie présentera le matériel et les différentes méthodes utilisées pour la collecte et l'analyse des données. La troisième partie exposera les résultats des travaux menés et une discussion. Enfin, la conclusion sera présentée, suivie des recommandations et perspectives.



PARTIE I : GENERALITES

CHAPITRE 1 : SYSTEMES AGRFORESTIERS A CACAOYERS

1.1. Origine et position systématique du cacaoyer

Le cacaoyer cultivé (*Theobroma cacao*) appartient à la famille des Malvaceae dans la classification APG IV (2016). Les 22 espèces du genre *Theobroma* trouvent leur origine botanique dans les forêts humides d'Amérique tropicale où certaines sont utilisées localement dans l'alimentation humaine. Face à une demande de plus en plus importante en fèves de cacao, le cacao a été introduit dans de nombreux pays de la ceinture intertropicale. Il a été introduit sur le continent africain pour la première fois à Sao Tomé en Guinée Equatoriale, dans les années 1820, puis en Afrique de l'Ouest et Centrale il y a plus d'un siècle (Champaud, 1973 ; Massein, 2000). Selon la classification phylogénétique APG IV (2016), la position systématique du cacaoyer est la suivante :

Règne	: Plantae
Embranchement	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Ordre	: Malvales
Famille	: Malvaceae
Genre	: <i>Theobroma</i>
Espèce	: <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 18° de latitude Nord et 15° de latitude Sud, à des altitudes allant du niveau de la mer jusqu'à 1250 m (Braudeau, 1969 ; Mossu, 1990, 1992). 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 (Braudeau, 1969 ; Mossu, 1990, 1992 ; Wright, 1999). Une pluviosité de 1 250 à 3 000 mm par an, idéalement située entre 1500 et 2000 mm et qui ne descend pas en dessous de 100 mm par mois, est la plus favorable (Wood & Lass, 2008 ; Mossu, 1990, 1992 ; Wright, 1999 ; 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. Sa longévité est mal connue et peut atteindre une centaine d'années (Braudeau, 1969). 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 par zoochorie (Young, 1994).



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

1.3. Importance économique

Le cacaoyer est une espèce cultivée à des fins commerciales et en particulier pour la vente de ses fèves servant à la fabrication du chocolat et à l'extraction d'une graisse végétale : le beurre de cacao. Les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre, produisent aujourd'hui, plus de 3/4 du cacao mondial (ICCO, 2021). Il est la principale source de revenus de 5 à 6 millions de petits producteurs à travers le monde (Franzen & Borgerhoff, 2007). Le cacao fait aujourd'hui l'objet d'une forte demande internationale (Rice & Greenberg, 2000 ; Dahlquist *et al.*, 2007). Il 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 138,5 milliards de dollars en 2020 et pourrait atteindre 200,4 milliards de dollars en 2028 (Fior Markets, 2021). 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.

1.4. Systèmes agroforestiers en cacaoculture

Les systèmes agroforestiers (SAF) 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 (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). Ces systèmes allant de la culture sous ombrage ligneux mono-spécifique aux SAF assurent 90 p.c. de la production. Gómez-Pompa *et al.* (1990) ont décrit le profil vertical des plantes associées à des cacaoyers découverts dans un cenote de la province du Yucatan (Mexique) et qui proviendraient d'une agroforêt Maya abandonnée. Cette végétation, dont les espèces se seraient maintenues depuis deux millénaires, est une reconstitution des systèmes de culture du cacaoyer, tels que les Mayas les conduisaient. On y trouve en majorité des espèces d'arbres fruitiers et de légumineuses fixatrices d'azote qui sont encore aujourd'hui couramment associées aux cacaoyers. Young (1994) mentionne de petits jardins préhistoriques dans lesquels on observe une association de plusieurs variétés de cacaoyers et de cultures intercalaires de Manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae), sous ombrage de *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. (Malvaceae) et de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (Fabaceae). Les plus anciennes descriptions des plantations de cacaoyers remontent au XVI^{ème} siècle (De Oviedo y Valdes, 1551-1555) au Nicaragua où les Indiens cultivaient le cacaoyer dans des SAF sous ombrage de Yaquaquyt ou Madero negro (*Gliricidia sepium*).

Il existe peu d'éléments permettant de connaître les modes de gestion des cacaoyères avant la colonisation espagnole. Cependant, l'itinéraire technique pourrait se définir comme une suite logique et ordonnée d'opérations culturales appliquées à une espèce ou une association d'espèces cultivées dans le cadre d'un système de culture (Sebillotte, 1974). L'intensification de l'itinéraire technique d'après Varlet & Tchiat (1991) est une augmentation quantitative des facteurs de production autres que la terre, et l'augmentation du rendement n'est que la conséquence de celle-ci.

Aussi, le choix des arbres qui sont associés aux cacaoyers est strictement lié aux avantages/désavantages pour le développement des cacaoyers, pour la diversification des

sources de revenus et pour le maintien de la diversité biologique. Selon des travaux plus récents (Piba *et al.*, 2011 ; Koulibaly *et al.*, 2016 ; Boko *et al.*, 2020), les critères de choix des producteurs sont liés aux usages locaux des espèces végétales ligneuses associées. Ces espèces végétales ligneuses associées sont utilisées dans plusieurs domaines tels que l'alimentation, la médecine et la gestion des conditions environnementales favorables au cacaoyer en termes d'ombrage et de protection contre les infestations (De Planhol, 1947). Les espèces végétales ligneuses associées généralement citées sont : *Triplochiton scleroxylon* L. (Malvaceae), *Entandrophragma angolense* (Welw.) C. DC. (Meliaceae), *Milicia excelsa* (Welw.) Benth. (Moraceae), *Nesogordonia papaverifera* (A. Chev.) R. Capuron (Malvaceae), *Terminalia ivorensis* A. Chev. (Combretaceae), *Alstonia boonei* De Wild. (Apocynaceae), *Anthocleista nobilis* G. Don (Gentianaceae), *Antiaris toxicaria* var. *welwitschii* (Engl.) Corner (Moraceae), *Ceiba pentandra* (Linn.) Gaerth. (Malvaceae), *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben (Lecythidaceae), *Pycnanthus angolense* (Welw.) Warb (Myristicaceae), *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel (Euphorbiaceae) et *Sterculia tragacantha* Lindl. (Malvaceae) (Asare, 2005 ; Sonwa *et al.*, 2007 ; Koulibaly, 2008 ; Jagoret *et al.*, 2011 ; Assiri *et al.*, 2012 ; Saj *et al.*, 2013 ; Vroh *et al.*, 2015 ; Adou Yao *et al.*, 2016 ; Temgoua *et al.*, 2019 ; Boko *et al.*, 2020). De plus, les producteurs utilisent souvent, les espèces fruitières telles qu' *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecaceae), *Cocos nucifera* Linn. (Arecaceae), *Cola nitida* (Vent.) Schott & Endl. (Malvaceae), *Musa paradisiaca* Linn. (Musaceae), *Spondias mombin* Linn. (Anacardiaceae), *Psidium guajava* Linn. (Myrtaceae), *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae), *Bombax buonopozense* P. Beauv. (Malvaceae), *Dacryodes klaineana* (Pierre) H.J. Lam (Burseraceae), *Garcinia kola* Heckel (Clusiaceae), *Persea americana* Mill. (Lauraceae), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae), *Citrus limon* Burn. f. (Rutaceae) et *Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill. (Irvingiaceae) comme une importante source financière (Asare, 2005 ; Koko *et al.*, 2013 ; Jagoret *et al.*, 2014). Dans cette dernière liste, il est à noter que *Cola nitida* et *Elaeis guineensis*, bien que natives des forêts ivoiriennes (Aké-Assi, 2001, 2002), sont fréquemment plantées par les producteurs dans les plantations cacaoyères (CEPRASS, 2002).

1.5. Importance de l'ombrage pour le cacaoyer et relation avec le rendement

La difficulté à produire des recommandations à valeur universelle pour la culture du cacaoyer proviendrait de deux facteurs :

(i) La grande plasticité du cacaoyer aux contraintes du milieu. Le cacaoyer est une plante qui, dans sa zone écologique, peut s'adapter à une très grande variété de milieux biophysiques, sur des types de sols et dans des conditions de luminosité et de pluviométrie extrêmement variées. C'est pour cette première raison que Braudeau (1969) constate que plus certains facteurs écologiques s'éloignent de leur optimum (pluviométrie, qualité du sol...), plus l'attention doit être portée sur les facteurs dont la régulation est possible (fumure, fertilisation minérale, l'ombrage).

(ii) La complexité des équilibres à trouver entre le niveau d'ombrage souhaitable et les autres facteurs de milieu. Le cacaoyer est une plante ombrophile dont l'activité stomatique reste maximale même en plein soleil (Mossu, 1990, 1992), ce qui l'exclut de la catégorie des plantes sciaphiles selon Braudeau (1969). Par ailleurs, d'autres auteurs ont montré que la photosynthèse apparente du cacaoyer augmente de zéro p.c. jusqu'à 20 p.c. de la luminosité totale naturelle. Au-delà, l'assimilation journalière de CO₂ ne s'élève que très faiblement et de plus fortes intensités lumineuses ont, dès 30 p.c. de lumière naturelle, un effet dépressif sur la photosynthèse, là où les espèces héliophiles atteignent et maintiennent leur taux d'assimilation maximal (Lemée, 1955 ; Okali & Owusu, 1975 ; Hutcheon, 1976). Cet effet est d'autant plus fort et précoce sur les feuilles sous un ombrage régulier. Ces dernières caractéristiques incitent à porter le cacaoyer, arbuste du sous-bois des forêts amazoniennes, au rang des plantes sciaphiles. Vernon (1967) montre une relation quasi-linéaire entre le rendement du cacaoyer et la lumière disponible dans la gamme de 30 à 60 p.c. du plein soleil. Ahenkorah *et al.* (1974) ont par ailleurs montré que la longévité des cacaoyers cultivés en plein soleil est moindre que sous ombrage. Les conditions de culture sub-optimales sont celles de la grande majorité des cacaoyères cultivées dans le monde (Alary, 1996 ; Wright, 1999 ; Jagoret *et al.*, 2009) et la majorité des auteurs s'accordent à dire que la culture du cacaoyer en plein soleil ne peut en aucun cas être recommandée comme une pratique commerciale saine (Freeman, 1964) et ne doit s'appliquer que dans les conditions où tous les autres facteurs environnementaux et de gestion de la parcelle sont durablement favorables.

L'ombrage modifie la quantité de lumière, les températures et les mouvements d'air dans la cacaoyère et affecte directement la photosynthèse, la croissance et le rendement du cacaoyer (Zuidema *et al.*, 2005 ; De Almeida & Valle, 2007). L'ombrage parfois dense donné par les arbres de la canopée et par les cacaoyers eux-mêmes fournit une litière épaisse et humide faite de feuilles et de débris végétaux, qui constitue une couche de matériau protecteur du sol (paillis) chargé de nutriments de grande importance pour la santé des cacaoyers (Young, 1994 ; Beer *et al.*, 1998 ; Hartemink, 2005). La chute des feuilles de la canopée

fournit un apport de litière à raison de 14 mg/ha/an et constitue un apport en azote de l'ordre de 340 kg/ha/an dans les agro-forêts d'Amérique Centrale (Beer *et al.*, 1998). La présence de certaines espèces végétales notamment de la famille des Fabacées permet la fixation d'azote atmosphérique, et contribue ainsi à augmenter le rendement du système de culture (Rice & Greenberg, 2000).

Une cabosse mature à une taille qui varie de 10 à 35 cm, avec une moyenne de 17,5 cm. Elle pèse en moyenne 450 g et varie de 200 à 1000 g. Le poids relatif moyen du mucilage est de 30 à 54 p.c. et 100 à 120 g de fèves fraîches sont présents dans la cabosse (Braudeau, 1969 ; Mossu, 1990, 1992). Selon Broudeau (1969), une plantation bien gérée peut conserver sa rentabilité pendant 25 à 30 ans et même jusqu'à 40 ans. Cependant, cette durée de vie économique doit s'entendre dans un contexte économique non limitant, avec un peuplement de cacaoyers d'âges homogènes et sans pratiques de régénération ou de réhabilitation. Dans la plupart des situations de production en Afrique et en Amérique, l'âge des cacaoyers n'est pas homogène car des pratiques de replantation et de régénérations sont couramment conduites chaque année et arbre par arbre dans les cacaoyères paysannes (Deheuvels *et al.*, 2003 ; Assiri *et al.*, 2005 ; Deheuvels, 2007 ; Assiri *et al.*, 2009 ; Jagoret *et al.*, 2011). Si la production annuelle théorique attendue par arbre se situe aux alentours de 100 à 200 cabosses, leur productivité est en réalité de 30 à 40 cabosses par an (Young, 1994), ce à quoi il faut retirer les pertes dues aux bio-agresseurs. Les pertes de récolte dues aux maladies, aux insectes, oiseaux, chauves-souris, écureuils, singes, rats et autres ravageurs, ont été reportées depuis le 16^{ème} siècle et sont encore aujourd'hui importantes (Young, 1994).

CHAPITRE 2 : MALADIES ET RAVAGEURS DU CACAOYER

Selon Oro (2011), les maladies et ravageurs du cacaoyer existent sous trois formes principales : les insectes, les vertébrés et les invertébrés parasites et les microorganismes (virus, bactéries, champignons).

2.1. Ravageurs

2.1.1. Insectes

Les insectes du cacaoyer sont nombreux mais les principaux sont le foreur de tige et les mirides (N'Guessan *et al.*, 2014 ; Kouamé *et al.*, 2015).

2.1.1.1. Foreur de tige

Les foreurs de tiges Ouest Africain sont des papillons de nuit. Leur présence est de plus en plus signalée dans les cacaoyères (Caplong *et al.*, 1993 ; N'Guessan, 2006). Les plus connus sont *Phosphorus virescens*, *Phosphorus gabonator*, *Tragocephala castnia* et *Apate*

monachus. Ceux-ci se trouvaient aussi sur d'autres arbres tels que le colatier et le caféier (Daramola, 1978 ; Ojo, 1981 ; Ndubuaku, 1989). Ils étaient autrefois considérés comme des déprédateurs mineurs en raison des dégâts relativement faibles causés dans le verger (Entwistle, 1972). En Côte d'Ivoire, les infestations notables de ces ravageurs ont commencé au début des années 1990 dans la région d'Abengourou autour de la frontière avec le Ghana (Caplong *et al.*, 1993). Depuis quelques années, les attaques se sont répandues dans l'ensemble des zones de productions cacaoyères comme les régions du Loh-Djiboua, du Haut-Sassandra, de la Nawa, de San-Pédro, etc. (N'guessan, 2006).

Ces insectes creusent des galeries dans le tronc et les branches des cacaoyers et provoquent un écoulement abondant de la sève dans les cassures des troncs et branches (Sonii, 2005). Ces orifices récents sont reconnaissables par la présence de déchets rougeâtres qui s'échappent des trous sur les troncs. La présence de déchets rougeâtres montre qu'une larve vivante et active creuse des galeries dans le tronc (N'Guessan *et al.*, 2014). On observe par la suite un dépérissement des cacaoyers et une réduction du potentiel de production de l'arbre attaqué à cause de l'insuffisance de l'apport en éléments nutritifs aux branches affectées ou à la plante toute entière (Sonii, 2005). Les insectes semblent se propager par les arbres voisins, ce qui aboutit à des infestations localisées dans les plantations (Sonii, 2005).

2.1.1.2. Mirides

La culture du cacaoyer est soumise aux attaques de nombreux ravageurs dont ceux causant le plus de dégâts économiques sont des insectes, parmi ceux-ci les mirides ou capsides demeurent les plus importants (Badegana *et al.*, 2005). Les mirides sont essentiellement des insectes piqueurs-suceurs. Les dégâts occasionnés par ces insectes sont très importants dans les pays africains qui sont les plus grands producteurs de cacao (Babin, 2009). En Côte d'Ivoire, au moins quatre espèces de mirides sont présentes dans le verger de cacaoyers. Il s'agit de *Sahlbergella singularis*, *Distantiella theobromae*, *Bryocoropsis laticollis* et *Helopeltis* sp. (N'Guessan & Coulibaly, 2000). Au niveau biologique, l'œuf est inséré dans les tissus tendres des rameaux. L'incubation dure 10 à 15 jours pour la plupart des espèces.

Les dégâts primaires causés par ces insectes résultent de l'action de la piqûre sur les rameaux et les fruits. La salive injectée intoxique et détruit les cellules végétales. Sur les pousses tendres, les piqûres de mirides sont suffisantes pour tuer l'organe. Dans ces conditions, les feuilles brunissent et demeurent attachées aux rameaux (Kouamé *et al.*, 2014). Quant aux jeunes cabosses, elles se nécrosent et tombent. Toutefois, la plus grande part des

pertes de production dues à ces mirides provient des attaques sur les rameaux et les branchettes (Lavabre, 1992 ; Babin, 2009). En effet, les dégâts secondaires sont dus à un champignon appelé *Calonectria rigidiuscula*. Ce champignon intervient sur les tissus blessés ou nécrosés. Dans les cas d'attaques chroniques, la frondaison du cacaoyer s'amenuise d'année en année et les extrémités des branches se dessèchent (Lavabre, 1992). Les dégâts causés par les mirides conduisent à une dégradation partielle ou totale de la cacaoyère et à une réduction du potentiel de production des arbres. Les pertes annuelles dues aux attaques de mirides peuvent atteindre 30 à 40 p.c. du rendement (Entwistle, 1972 ; Lavabre, 1977 ; N'Guessan, 2005 ; Babin *et al.*, 2008 ; Anikwe, 2010).

2.1.2. Vertébrés

Les vertébrés les plus souvent rencontrés dans les cacaoyères sont les singes, les écureuils, les rats et parfois certains oiseaux.

Les rongeurs (écureuils, rats) peuvent causer des dégâts considérables dans les cacaoyères. Les écureuils sont souvent plus nuisibles que les rats. Un écureuil peut ronger jusqu'à quatre cabosses de cacao par jour. Un rat peut prendre en moyenne toute une semaine pour ronger quatre cabosses (Sonii, 2005)

Ces animaux apprécient la pulpe sucrée qui entoure les fèves. Ils s'attaquent aux cabosses mûres dans lesquelles ils font un trou pour extraire la graine. Leurs impacts sont reconnaissables par les traces de morsures laissées sur la cabosse.

2.2. Maladies

Les principales causes de maladies chez les cacaoyers sont les virus et les champignons. La maladie causée par un virus qui fait le plus de dégâts dans les cacaoyères est le swollen shoot. Quant à la maladie du cacaoyer due à un champignon qui cause le plus de pertes de cabosses, c'est pourriture brune.

2.3.1. Swollen shoot

De nombreux isolats du Cocoa Swollen Shoot Virus (CSSV) ont été collectés et ont été nommés en lettres capitales ou par le nom du lieu de collecte. Une hétérogénéité sérologique a été décrite entre les isolats qui ont permis à Hughes *et al.* (1995) de différencier huit sérogroupes. En Côte d'Ivoire, la maladie a été reconnue pour la première fois en 1943, à Sankadiokro et à Kongodia dans le Sud-Est à la frontière avec le Ghana (Alibert, 1946). Depuis cette date, le virus est resté confiné dans ces zones sans influence majeure sur la production. Mais depuis 2005, la maladie se propage rapidement dans les nouvelles boucles

cacaoyères (Issia, Bouaflé, Sinfra) qui sont géographiquement situées à plus de 500 kilomètres des anciens foyers d'infection (Kébé & N'Guessan, 2003 ; Kébé *et al.*, 2005). Le virus responsable du swollen shoot appartient au genre Badnavirus. Les particules virales sont bacilliformes de 121 à 130 nanomètres de long sur 28 nanomètres de diamètre et possèdent un ADN double brin (Lot *et al.*, 1991). Le virus est transmis naturellement par plusieurs espèces de cochenilles selon un mode semi-persistant. Les vecteurs les plus courants sont notamment *Planococcoïdes njalensis*, *Planococcus citri* et *Ferrisia virgata* (Posnette, 1950 ; Dufour, 1987 ; Dufour *et al.*, 1993).

La maladie cause des symptômes variables qui sont principalement observés sur les feuilles, la tige, la racine et les cabosses des cacaoyers à tous les stades de croissance et de développement (Posnette, 1940). La plupart des symptômes caractéristiques sur les types sensibles (Amelonado d'Afrique de l'Ouest) présentent un liseré rouge le long des nervures secondaires des jeunes feuilles, des jaunissements entre les nervures. On observe aussi des liserés jaunes le long des nervures, une moucheture et des mosaïques inter-nervures dans le cas des feuilles matures, une décoloration des nervures des feuilles et des gonflements des tiges (Posnette, 1940, 1941). Certaines souches du virus (par exemple certains isolats peu virulents et les types à mosaïque foliaire) n'induisent pas de gonflement dans les plantes infectées (Oro, 2011). Dans les cas graves, la mort des cacaoyers peut survenir dans les 2 à 5 ans suivant l'infection, avec une perte de rendement de 50 à 70 p.c. lorsque les souches mortelles du virus sont impliquées dans les infections (Muller, 2008).

2.3.2. Pourriture brune

De toutes les maladies qui attaquent le cacaoyer à travers le monde, la pourriture brune cause le plus de pertes de cabosses. Le champignon qui est à l'origine de la pourriture brune sévit dans les régions à forte pluviométrie et à humidité élevée (Sonii, 2005). La pourriture brune des cabosses du cacaoyer est causée par plusieurs espèces de phytophthora. Il s'agit de *P. palmivora* présent dans les zones tropicales et subtropicales, de *P. megakarya* présents seulement en Afrique centrale et de l'ouest, du *P. capsici* et *P. citrophthora* présent dans les régions tropicales et subtropicales (Vos *et al.*, 2003). Ce champignon est également à l'origine du chancre de l'arbre. Une attaque sérieuse peut aboutir à la décomposition complète des cabosses. En Côte d'Ivoire, la pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora sp.* constitue l'un des bio-agresseurs du cacaoyer les plus importants au regard des dégâts causés qui sont estimés à près de 44 p.c. des pertes de récoltes (Kébé *et al.*, 1996 ; Kouakou *et al.*, 2012). Sur

la tige et les branches, le chancre réduit aussi bien la vigueur de l'arbre que son rendement (Sonii, 2005).

La maladie commence par une petite tache marron-chocolat sur les cabosses. En quelques jours, cette tache devient foncée et s'étend sur toute la cabosse. En l'espace de 14 jours, la cabosse peut devenir complètement noire (Vos *et al.*, 2003). La surface de la cabosse se couvre aussi d'une substance ou moisissure jaune-blanc, semblable à la poudre de craie. Cette « poussière » est formée de milliers et même de millions de minuscules spores ou de germes de maladies. Lorsque la pluie frappe ces cabosses couvertes des germes de la maladie, les spores sont libérées. Celles-ci peuvent germer sur d'autres parties du cacaoyer et provoquer d'autres infections (Sonii, 2005). En dehors des cabosses, la maladie peut également infecter la tige, le coussinet floral et les gourmands. Lorsqu'on enlève l'écorce qui recouvre la tige, on découvre une coloration rougeâtre appelée "chancre". Lorsque les branches sont affectées, elles peuvent flétrir et mourir. Ceci peut éventuellement tuer l'arbre. Lorsque les chancres se développent sur le tronc de l'arbre, elles peuvent encercler tout le tronc et causer aussi sa mort (Sonii, 2005).

2.3. Plantes parasites

Les Loranthaceae sont des arbrisseaux épiphytes chlorophylliens qui vivent en hémiparasitisme sur les branches des arbres et arbustes (Ballé, 1982 ; Amon, 2014). Ces dernières pénètrent leur appareil racinaire dans le système vasculaire de l'hôte pour y prélever l'eau et les substances minérales à leur profit (Sallé *et al.*, 1998 ; Boussim, 2002). Elles prélèvent ainsi l'eau, les sels minéraux nécessaires dont elles ont besoin pour leur développement sur les hôtes. La branche parasitée s'hypotrophie et se fane peu à peu à partir de l'extrémité (Ballé & Hallé, 1961 ; Dibong *et al.*, 2010). Plusieurs espèces d'épiphytes de la famille des Orchidaceae, Araceae et Polypodiaceae ont été également rencontrées dans les zones cacaoyères de Côte d'Ivoire (Gnagbo *et al.*, 2015). Ces épiphytes se présentent soit sous forme de plantes rampantes enchevêtrées dans la canopée, soit sous forme de touffes sur le tronc et les branches de l'arbre. Le développement de ces épiphytes sur l'hôte inhibe le développement normal des coussinets floraux et impacte la production des fleurs et des fruits du cacaoyer (Wood & Lass, 2008 ; Boussim *et al.*, 2012). Aussi, leurs présences constituent un habitat pour une espèce de fourmis protectrices, des cochenilles, insectes qui transmettent le virus de l'œdème des pousses et favorisent l'attaque par les mirides (Sonii, 2005).

Chapitre 3 : PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

3.1. Présentation du département de Daloa

Le Département de Daloa est situé dans la région du Haut-Sassandra au 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 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 (CNTIG, 2011). Sa superficie est de 17 761 km² pour une population estimée à 1 739 697 habitants (INS, 2022). Cette région compte quatre (04) départements. Il s'agit du département de Daloa qui est limité, au Nord, par celui de Vavoua, au Sud par le département d'Issia et à l'Ouest, par le département de Zoukougbeu (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). La ville de Daloa, chef-lieu de la région administrative du Haut-Sassandra, 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 705 378 habitants (INS, 2022) et la superficie totale de ladite localité est de 80 200 hectares (Anonyme, 2015). Elle s'étend dans un cadre naturel relativement avantageux de par la végétation, 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 floristiques, fauniques et agricoles (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).

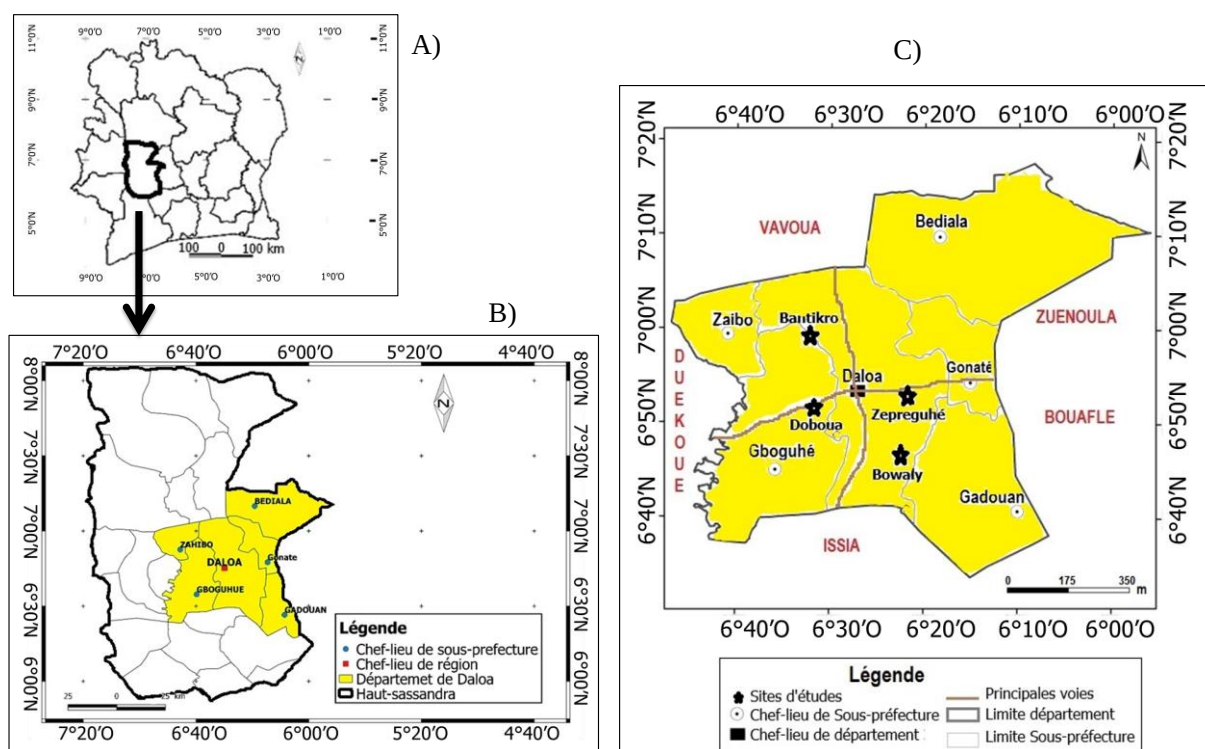


Figure 2 : Localisation de la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire (A), du département de Daloa (B) et des sites d'études (C)

3.2. Caractéristiques biophysiques

3.2.1. 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 en avril et en septembre. Par contre, elle est plus faible en janvier. 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 croît progressivement pour atteindre son maximum en avril avec 105,39 mm de pluie en moyenne.

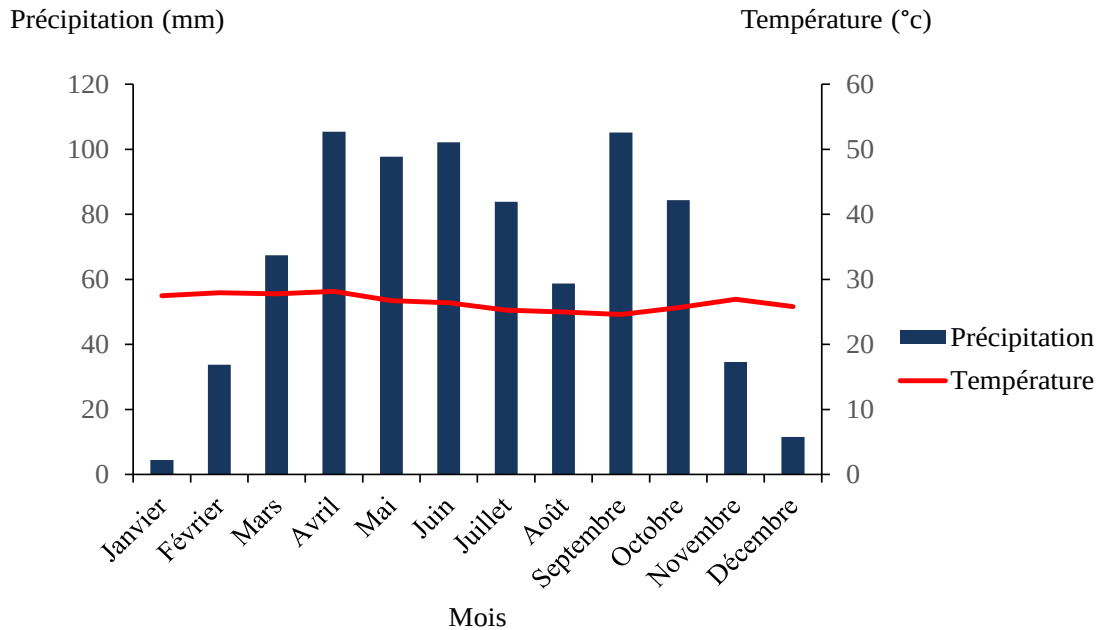


Figure 3 : Diagramme ombrothermique de Daloa de 1991 à 2020
(Source des données : SODEXAM, 2020)

3.2.2. Relief et hydrographie

Le relief 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'interfluvés dont les modelés élémentaires varient entre deux grands pôles. De cette surface émergent de temps en temps des reliefs résiduels constitués d'inselbergs isolés (Koffié-bikpo & Kra, 2013). Le relief est constitué en grande partie de plateaux 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 (Koffié-bikpo & Kra, 2013).

3.2.3. 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 (Koffié-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.

3.2.4. 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. (Cannabaceae) et *Triplochiton scleroxylon* du secteur mésophile au sein du domaine guinéen (Guillaumet & Adjanohoun, 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 répartissent selon le degré de dégradation de la forêt. Ainsi dans les zones très dégradées, se rencontrent *Acacia kamerunensis* Gand (Mimosaceae), *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King & H.Rob. (Asteraceae), *Mezoneuron benthamianum* Baill. (Fabaceae), *Combretum* sp. (Combretaceae). Dans les zones de forêt moyennement dégradées, se trouvent *Musanga cecropioides* R. Br. (Urticaceae), *Myrianthus arboreus* P. Beauv. (Urticaceae) et *Trema guineensis* (Schumach. & Thonn.) Ficalho (Cannabaceae). Dans les zones de forêt moins dégradées, se rencontrent *Acroceras gabunense* (Hack.) Clayton (Poaceae), *Geophila obvallata* (Schumach.) Didr. (Rubiaceae), *Streptogyna crinita* P. Beauv. (Poaceae), *Celtis* sp., *Nesogordonia papaverifera*, *Terminalia superba* Engl. & Diels (Combretaceae), *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 (Koffié-bikpo & Kra, 2013). La strate arbustive des savanes incluses comprend, essentiellement, *Bridelia ferruginea* Benth. (Euphorbiaceae), *Annona senegalensis* Pers. (Annonaceae), *Piliostigma thonningii* (Schum.) Millne-Redhead (Fabaceae). Les espèces dominantes de la strate arborée sont *Lophira lanceolata* van Tiegh. ex Keay (Ochnaceae), *Terminalia schimperiana* Hochst. (Combretaceae), *Vitex doniana* Sweet (Lamiaceae), *Borassus aethiopum* Mart. (Arecaceae) (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 de jachères (Koffié-bikpo & Kra, 2013) que l'on retrouve sur une vaste surface même dans la seule forêt classée de la région, la forêt classée du Haut-Sassandra (Barima *et al.*, 2016 ; Bamba *et al.*, 2019).

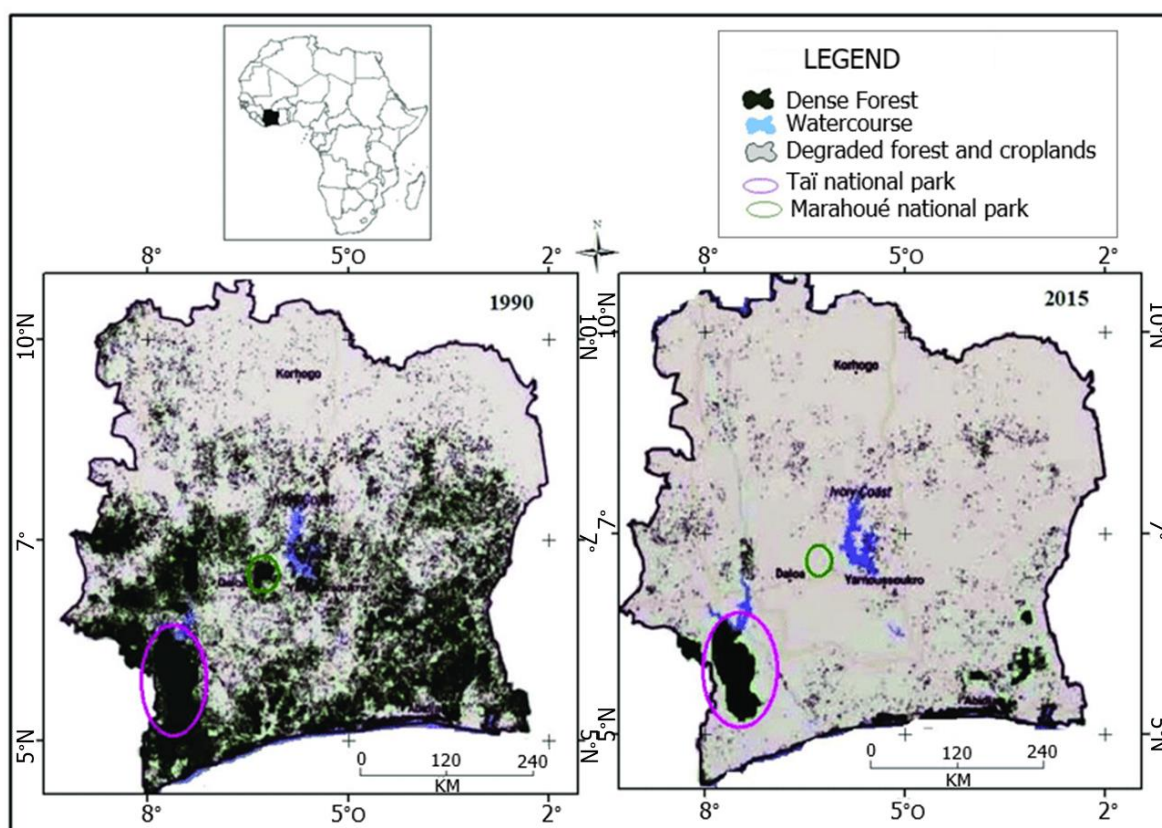


Figure 4 : Dynamique de la végétation de Côte d'Ivoire

(Source: BNETD, 2015)

3.2.5. 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 ». 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*, *Pantroglodytes verus*, *Piliocolobus badius*, *Procolobus verus*, *Galagoïdes thomasi* et *Perodictitus potto* dans la localité de Gbetitapea.

3.3. Populations et activités socio-économiques

Selon les résultats de l'Institut National de la Statistique en 2022, la population du département de Daloa s'élève à 705 378 habitants dont 421 879 habitants pour la sous-préfecture de Daloa (INS, 2022). Les Béthé, 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, 2022). 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), avec plus de 12 p.c. de la production nationale chaque année après la région de la Nawa (N'Guessan *et al.*, 2014).

**PARTIE II :
MATERIEL ET METHODES**

Chapitre 4 : MATERIEL

L'étude a nécessité deux types de matériel : le matériel biologique et le matériel technique.

4.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de l'ensemble des espèces végétales ligneuses qui ont fait l'objet d'étude dans les parcelles de relevés. Il s'agit principalement des cacaoyers, des espèces ligneuses rencontrées sur le terrain et des échantillons de plantes mis en herbier pour leur identification.

4.2. Matériel technique

Le matériel d'inventaire était composé essentiellement de :

- un récepteur GPS (*Global Positioning System*) Garmin 12 XL Etrex, pour relever les coordonnées géographiques de la zone d'étude et des surfaces de relevé ;
- un appareil photographique numérique pour les prises de vue ;
- un ruban gradué de 50 m pour délimiter les parcelles et les sous-parcelles de relevé ;
- un ruban gradué de 5 m pour la mesure des circonférences des arbres ;
- des jalons emboîtables de 2 m chacun, pour estimer la hauteur des arbres ;
- un sécateur, pour la récolte de spécimens de plantes ;
- un sac plastique, pour la collecte des échantillons de plantes ;
- papier journal et des presses, pour la confection de l'herbier;
- ouvrages de Lebrun & Stork (1991 ; 1992 ; 1995 ; 1997) et Aké Assi (2001, 2002), pour corriger la nomenclature les plantes récoltées ;
- fiches de relevés, pour la collecte des données dans les SAF à cacaoyers.

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

Les logiciels de saisie sont :

- Word de Microsoft Office ;
- Tableur Excel de Microsoft Office ;

Les logiciels d'analyses statistiques sont :

- le logiciel R 4.2.1 ;
- le logiciel Shademotion.

Chapitre 5 : METHODES

Lors de cette étude, la méthode intrasite qui consiste à faire une collecte intensive de données de terrain d'un site global a été utilisée. La mise en œuvre de cette approche sur différents sites ayant des conditions écologiques similaires permet d'optimiser la comparabilité des résultats tout en prenant en considération les particularités locales. Elle est particulièrement appropriée dans des situations où une compréhension détaillée et contextualisée d'un site spécifique est nécessaire et les résultats doivent être directement applicables à ce site. Cette méthode est idéale pour détecter des situations environnementales qui pourraient être masqués dans des études à plus grande échelle. La méthode intrasite a été utilisée dans les SAF à cacaoyers de la région de Daloa et l'analyse de la flore à travers la diversité a permis de décrire la stratégie paysanne de préservation des espèces ligneuses compagnes du cacaoyer (Boko, 2022). Dans notre étude, elle a été utilisée afin de comparer la productivité des SAF à cacaoyers dans quatre (4) sites du département de Daloa.

5.1. Choix des sites

Le choix des sites d'étude s'est fait à la suite d'observations préliminaires sur le terrain. L'accessibilité aux producteurs et à leurs plantations a été possible grâce à la collaboration avec plusieurs coopératives agricoles (KAVOQUIVA, SOCOOPRHANS, ZAMACOM, Société Coopérative Agricole Eliè Tikpa). Quatre (4) sites d'études suivant les principaux axes d'approvisionnement en fèves de cacao ont été retenus. Il s'agit : du site de Bantikro sur l'axe Daloa-Vavoua avec une population dominée par les Baoulé, du site de Doboua sur l'axe Daloa-Man dominée par les Béthé, du site de Bowaly sur l'axe Daloa-Issia dominée par les Baoulé et du site de Zepreguhé sur l'axe Daloa-Abidjan dominée par les Béthé (Tableau I). Dans chaque site, cinq (5) plantations ont été sélectionnées sur les bases suivantes :

- l'âge minimum était de 8 ans, car selon Mossu (1990), le cacaoyer atteint son plein développement et son rendement maximum entre 8 et 10 ans ;
- une superficie minimum d'un (1) hectare afin de faciliter l'installation de 12 parcelles de 400 m² chacune, soit un total de 4800 m² ;
- la présence d'espèces ligneuses associées aux cacaoyers.

Tableau I: Caractéristiques agronomiques des plantations sélectionnées

Sites	Plantation	Superficie (ha)	Age (en année)	Axe routier
Bantikro	P1	3,5	13	Daloa-Vavoua
	P2	2	19	
	P3	1,5	15	
	P4	3	12	
	P5	5	16	
Doboua	P1	1,8	17	Daloa-Man
	P2	2	20	
	P3	5	12	
	P4	2	16	
	P5	3	10	
Zepreguhé	P1	2,5	21	Daloa-Abidjan
	P2	3	15	
	P3	6	15	
	P4	1,5	30	
	P5	1,5	16	
Bowaly	P1	4,3	23	Daloa-Issia
	P2	2,5	20	
	P3	3	21	
	P4	2,32	8	
	P5	2,7	18	

5.2. Collecte des données

5.2.1. Inventaires floristiques

Dans le cadre de cette étude, un inventaire par relevé de surface a été utilisé et a été complété par un inventaire itinérant.

5.2.1.1. Inventaire par relevé de surface

Dans chaque site d'étude, 60 parcelles de 20 m x 20 m soit 400 m² (Figure 5) ont été installées de façon aléatoire dans les SAF. Au total, deux cent quarante (240) parcelles de 400 m² ont été installées dans la région d'étude. La surface de 400 m² a été utilisée pour la collecte de données floristiques dans les SAF en Côte d'Ivoire par plusieurs auteurs (Koulibaly, 2008 ; Kouadio *et al.*, 2021 ; Boko, 2022 ; Missa *et al.*, 2023). Toutes les espèces ligneuses rencontrées dans chacune des parcelles délimitées ont été recensées.

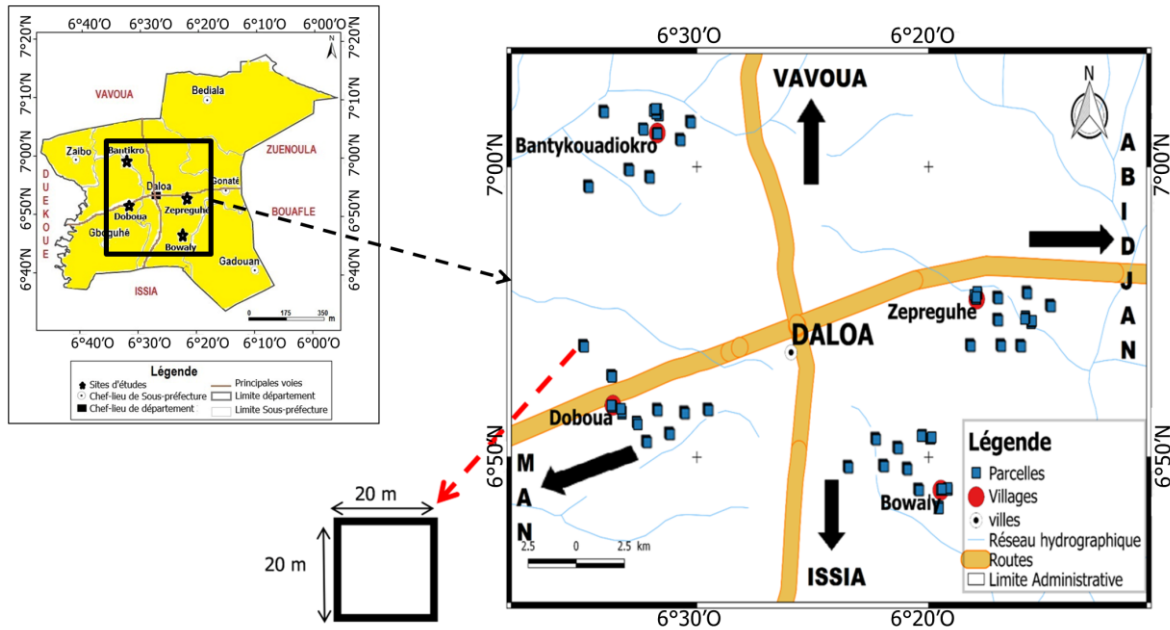


Figure 5 : Dispositif de relevé

5.2.1.2. Inventaire itinérant

La méthode botanique d'inventaire itinérant consiste à parcourir la plantation dans différentes directions et à recenser toutes les espèces végétales ligneuses rencontrées, sans tenir compte de leur abondance, ni de leur taille (Aké-Assi, 1984). Cette méthode a été utilisée pour mesurer la diversité qualitative des SAF à cacaoyers par plusieurs auteurs (Koulibaly, 2008 ; Adou Yao *et al.*, 2013 ; Ouattara *et al.*, 2016 ; Diomandé *et al.*, 2021). Elle a été utilisée en complément du relevé de surface afin de fournir une liste enrichie de la flore ligneuse des SAF à cacaoyers de chaque site d'étude et par conséquent du département de Daloa.

Les espèces végétales ont été identifiées soit sur le terrain, soit à partir d'échantillons récoltés et mis en herbier. Les échantillons de plantes récoltés ont été identifiés au laboratoire de botanique de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. La correction de la nomenclature a été faite à l'aide du document de Lebrun (1981) et ceux de Aké-Assi (2001, 2002). Cette nomenclature a suivi celle de la quatrième version de classification botanique des angiospermes établie par l'Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016).

5.2.2. Mesures dendrométriques

L'étude de la structure des SAF 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. Dans les parcelles de 400 m² déjà installées, la hauteur totale (distance verticale séparant le niveau du sol, du sommet de l'arbre, c'est-à-dire bourgeon terminal) et le diamètre à hauteur de poitrine à 1,30 m au-dessus du sol (dbh) ont été mesurés sur tous les individus ligneux 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.

Concernant les arbres d'ombrage, les espèces ligneuses qui ont été considérées dans notre étude, étaient celles qui présentaient des hauteurs totales supérieures à celles des cacaoyers et qui créent ainsi un ombrage dans les SAF. Les mesures suivantes ont été effectuées pour déterminer le recouvrement au sol de la canopée de l'arbre et le taux d'ombrage des SAF (Figure 6) :

- la hauteur totale de l'arbre : estimée à l'aide de 4 jalons emboîtables de 50 cm chacun;
- la hauteur du tronc : estimée à l'aide de 4 jalons emboîtables de 50 cm chacun. Le tronc était défini comme la partie de l'arbre allant du sol jusqu'à la première branche portant des feuilles;
- la hauteur de la canopée : calculée en faisant la soustraction de la hauteur du tronc par la hauteur totale de l'arbre;
- le diamètre de la canopée : mesuré depuis le sol avec un ruban-mètre dans deux directions (Nord- Sud et Est-Ouest) à partir de la feuille la plus éloignée au tronc dans une direction jusqu'à la feuille la plus éloignée au tronc dans la direction opposée. La moyenne de ces deux mesures a ensuite été calculée;
- la forme de la canopée : déterminée selon cinq différentes modalités : ellipsoïde, semi-ellipsoïde, conique, conique-inversée et cylindrique;
- la densité de la canopée : déterminée selon un intervalle de 0 à 100, après observation à l'œil nu. Les pourcentages de densité choisis étaient 0, 25, 50, 75 et 100. Zéro est attribué à un arbre n'ayant pas de feuillage et laissant passer la totalité de la lumière et 100 étant attribué à un arbre au feuillage très dense et ne laissant pas passer la lumière;
- la circonférence du tronc mesurée avec le ruban-mètre.

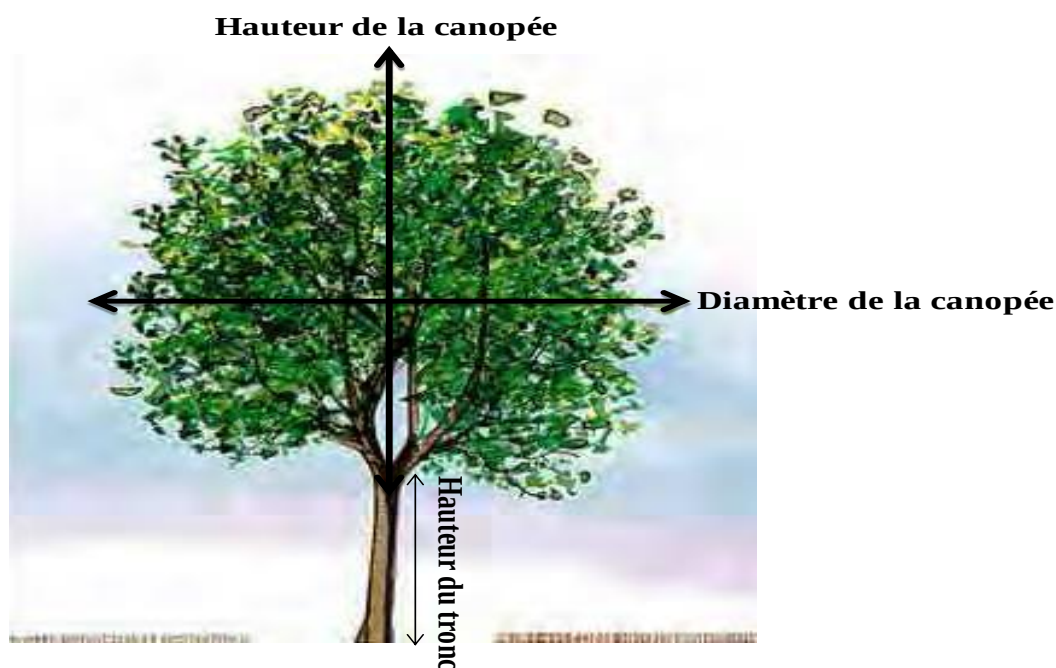


Figure 6 : Paramètres mesurés pour le calcul de l'ombrage des arbres
(Source: Somarriba *et al.*, 2020)

5.2.3. Détection des maladies et ravageurs des cacaoyers

Dans cette étude, nous avons considéré les dégâts causés sur les cacaoyers comme le reflet de la pression liée à ces maladies et ravageurs. Les parcelles de 400 m² préalablement délimitées ont été divisées en 25 sous-parcelles de 4 m de côté (Figure 7). Tous les cacaoyers présents dans ces carrés ont été inspectés. La détection a été faite par observation directe des troncs, des branches et des feuilles des arbres une à une et ligne après ligne, de la gauche vers la droite, de la base du tronc vers la cime du cacaoyer pour en déterminer les infestations sur la base des symptômes déjà décrits (Vos *et al.*, 2003 ; Sonii, 2005 ; CCC, 2015). La proportion des dégâts causés par les maladies et ravageurs des cacaoyers a été déterminée par le dénombrement des infestations et la sommation des cacaoyers affectés par chacune des infestations. La sévérité des attaques a été évaluée à partir d'un indice de gravité dont l'échelle d'appréciation part de 0 à 4. Selon cette échelle, le degré 0 est affecté aux plantes non attaquées, le degré 1 aux plantes peu attaquées, le degré 2 aux plantes moyennement attaquées, le degré 3 aux plantes attaquées et le degré 4 aux plantes très attaquées à mort. Quinze (15) sous-parcelles ont été retenues par la méthode d'échantillonnage probabiliste qui consiste à tirer au hasard des numéros de parcelles (Koulibaly *et al.*, 2018).

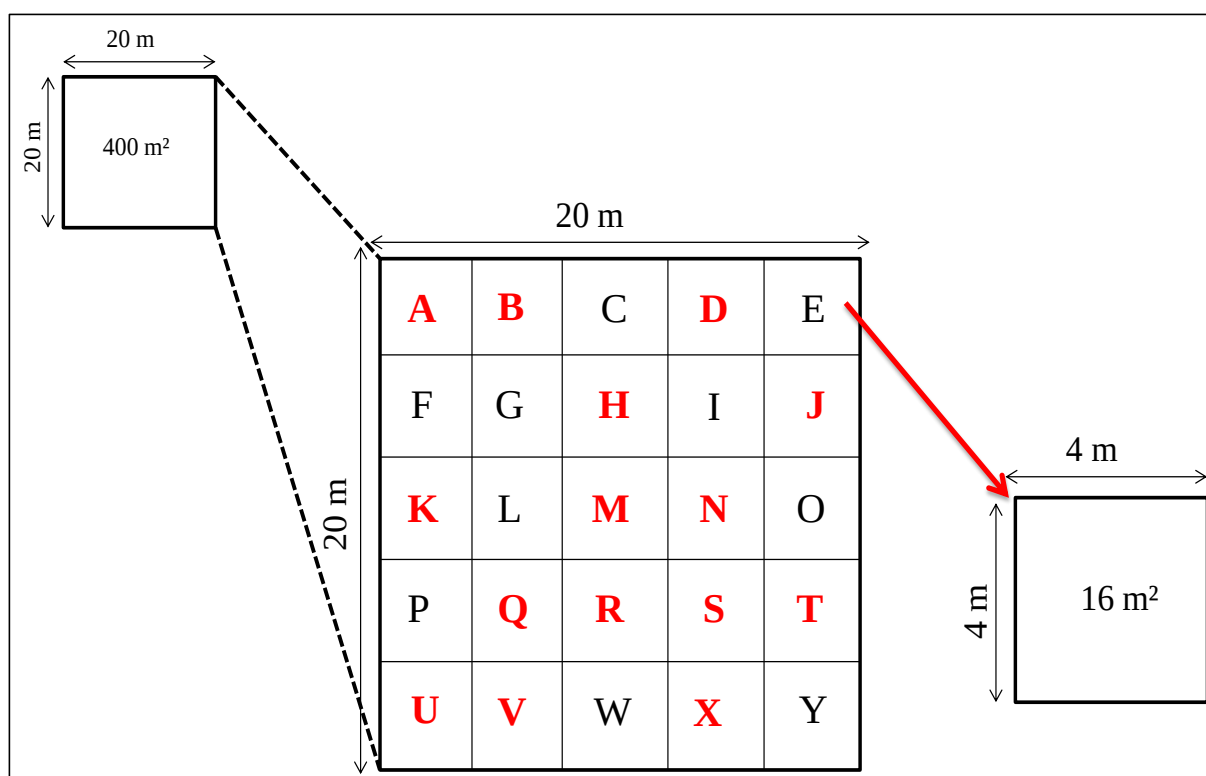


Figure 7 : Dispositif de relevé des dégâts des infestations

5.2.4. Evaluation du rendement

5.2.4.1. Conditions d'évaluation du rendement

L'évaluation du rendement a été effectuée sur les bases suivantes :

- le rendement a été apprécié à travers le rendement potentiel des cacaoyers. Ce dernier ne tient pas compte du choix des pratiques de conduite annuelle, comme les traitements phytosanitaires effectués contre les infestations et les modes d'entretien. Ainsi, le rendement présenté dans cette étude ne tiendra pas compte des éventuelles pertes qui pourraient se produire au cours du développement des fruits ;
- la fructification du cacaoyer est marquée par une grande proportion de fruits qui ne parviennent pas à maturité et qui se dessèchent sur l'arbre. Ce phénomène est appelé « flétrissement des chérelles » ou « wilt physiologique ». Bien qu'il intervienne parfois jusqu'à 100 jours, 60 p.c. des flétrissements ne concernent que les jeunes fruits jusqu'à dix semaines (Lachenaud, 1991). A cet âge, les chérelles flétries mesurent en général moins de dix centimètres. Cela nous a amené à considérer cette taille comme un seuil au-delà duquel on peut supposer que la chérelle parviendra à maturité ;
- la durée de développement de la cabosse, de la fécondation à la maturité, est de l'ordre de cinq à sept mois, mais elle varie cependant d'une cabosse à l'autre (Braudeau, 1969). Les

périodes de récolte des cabosses dépendent également de la climatologie. Dans la zone de Daloa, la récolte principale a lieu de septembre à janvier et une récolte secondaire, dite « intermédiaire », a lieu d'avril à juillet. Ainsi, le comptage des fruits a été réalisé en 2020 et 2021, à raison de trois (3) passages en 2020 et deux (2) en 2021, soit un total de cinq (5) passages en une année d'observation. En 2020, le comptage a été effectué en Août/Septembre, Octobre/Novembre et Décembre. Concernant l'année 2021, le comptage s'est déroulé en Mars/Avril et Juin. Cette périodicité a été adoptée car elle permet de tenir compte de l'apparition progressive des fruits et de mener l'étude sur toute la campagne.

5.2.4.2. Denombrement des cabosses et de la densité des cacaoyers

L'évaluation du rendement potentiel s'est effectuée par comptage des cabosses à chaque passage sur l'ensemble du cacaoyer (Elomo amya, 2015). Le nombre moyen de cabosses par cacaoyer (Nbcab) a été estimé à partir du comptage du nombre de fruits d'une longueur supérieure à dix centimètres effectués sur huit (8) cacaoyers dans chaque parcelle 400 m² préalablement installée. Ces fruits ne sont plus susceptibles d'être atteints par le wilt physiologique (Bos *et al.*, 2006 ; Jagoret, 2011). Sur un (1) des quatre (4) côtés de la parcelle, on mesure 5 m à partir de l'une des extrémités du carré (Figure 8). Ce point correspond au premier sens de l'échantillonnage systématique de 4 cacaoyers. Ensuite on mesure à partir de l'extrémité diagonale opposée à la première, 5 m, et on suit la même logique d'échantillonnage (Essola, 2014). Lors du déplacement, si l'on ne rencontre pas quatre (4) cacaoyers sélectionnables, on continue le déplacement à partir du centre du même côté (10 m). En plus du comptage des cabosses sur huit (8) cacaoyers de la parcelle, un comptage de tous les cacaoyers est effectué

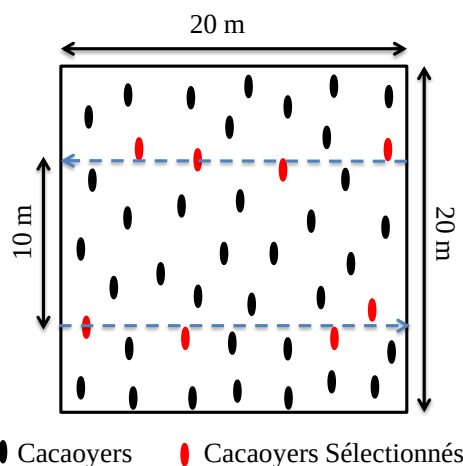


Figure 8 : Schéma de sélection des cacaoyers dans une parcelle
(Source : Essola, 2014)

5.3. Analyse des données

5.3.1. Analyse qualitative et quantitative de la flore des systèmes agroforestiers à cacaoyers

5.3.1.1. Analyse qualitative de la flore des systèmes agroforestiers à cacaoyers

5.3.1.1.1. Richesse floristique

La richesse floristique est définie comme le nombre d'espèces recensées à l'intérieur des limites d'un territoire (Aké-Assi, 1984). Elle désigne donc le nombre de taxons qui se trouvent dans ce milieu, sans juger de leur fréquence, ni de leur abondance, ni même de la taille et de la productivité des espèces rencontrées (Kouamé, 1998). Cette richesse est également déterminée au niveau des genres et des familles. Dans cette étude, la richesse floristique a été définie en dressant la liste floristique des espèces rencontrées dans les SAF à cacaoyers. La synthèse des différentes listes issues des inventaires a permis d'établir la liste floristique globale des différents sites et de l'ensemble du département de Daloa.

5.3.1.1.2. Types biologiques

Les types biologiques sont des systèmes de classifications des végétaux initié par Raunkiaer (1934) afin d'organiser tous les végétaux selon le positionnement des organes de survie de la plante durant la période défavorable. L'on distingue ainsi les épiphytes (Ep), les géophytes (G), les hémicryptophytes (H), les thérophytes (Th), les chaméphytes (Ch), et les phanérophytes. Les principaux types biologiques retenus dans cette étude sont les phanérophytes qui comprennent les nanophanérophytes (np), les microphanérophytes (mp), les mésophanérophytes (mP) et les mégaphanérophytes (MP). Les nanophanérophytes sont des arbrisseaux de 0,25 à 2 m de hauteur. Les microphanérophytes sont des arbustes de 2 à 8 m de hauteur. Les mésophanérophytes sont des arbres de 8 à 30 m de hauteur. Et les mégaphanérophytes sont des arbres de plus de 30 m de hauteur.

5.3.1.1.3. Affinités phytogéographiques

La chorologie ou l'affinité phytogéographique peut être définie comme la répartition géographique des espèces en fonction de leur préférence écologique (Kouamé, 1998). La classification des différentes espèces selon leur chorologie s'est faite en se basant sur les travaux de Lebrun (1981) et Aké-Assi (1984, 2001, 2002). Les types chorologiques pris en compte, dans cette étude sont :

- les espèces de la forêt dense humide du domaine guinéo-congolais (GC);
- les espèces appartenant à la région soudano-zambézienne (savanes et forêts claires) (SZ);

- les espèces appartenant à la zone de transition entre la région guinéo-congolaise et à la région soudano- zambézienne (GC-SZ);
- les espèces introduites ou cultivées (i).

5.3.1.2. Analyse quantitative de la flore des systèmes agroforestiers à cacaoyers

La diversité floristique peut être définie par des indices rendant compte à la fois de la richesse spécifique et de l'abondance des différentes espèces. Dans cette étude, en plus de la richesse spécifique (S) qui a été déterminée, les indices de Shannon (H') et de régularité de Piélou (E) ont été utilisés pour évaluer la diversité des SAF à cacaoyers. Ces indices, qui requièrent de solides connaissances mathématiques, sont faciles à calculer avec des propriétés statistiques accessibles. Ils ont déjà été utilisés par plusieurs auteurs pour déterminer la diversité floristique des SAF à cacaoyers (Sonwa *et al.*, 2007 ; Vroh *et al.*, 2015 ; Temgoua *et al.*, 2019).

5.3.1.2.1. Indice de diversité de Shannon (H')

L'indice de diversité de Shannon a été utilisé dans cette étude pour quantifier la diversité floristique des sites dans lesquels les relevés floristiques ont été effectués. Cet indice combine la richesse spécifique et l'abondance relative et permet de quantifier la diversité floristique d'un peuplement (Felfili *et al.*, 2004). Il est calculé selon la formule mathématique suivante (Shannon, 1948):

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{ni}{N} \right) \log_2 \frac{ni}{N}$$

Equation 1

Avec, ni : le nombre d'individus de l'espèce i ; N : nombre d'espèces dans chaque milieu. Les valeurs de cet indice varient entre 0 et $\log_2 S$ qui est la diversité maximale. H' est minimal ($H' = 0$) lorsque le peuplement est composé d'une seule espèce. L'indice tend vers la diversité maximale ($H'_{\max}$) lorsque la flore comporte un nombre élevé d'espèces. Une forte valeur de H' est le signe d'une bonne biodiversité, susceptible de se maintenir durablement (Adou Yao, 2005). Aussi, cet indice renseigne sur la réponse de la biodiversité face aux pressions anthropiques (Van der Maarel, 1979).

5.3.1.2.2. Indice d'Equitabilité de Piélou (E)

L'indice de Pielou représente le rapport de H' et de la diversité maximale théorique dans le peuplement. Il renseigne sur la répartition des individus entre les différentes espèces présentes dans les sites d'étude (Adjakpa *et al.*, 2013). Il permet de connaître la dominance

d'un milieu en nombre d'espèces (Huston, 1994 ; Dajoz, 2003 ; Frontier *et al.*, 2008 ; Zounon *et al.*, 2019). 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 un milieu donné. Il évolue vers 1 lorsque toutes les espèces ont tendance à être représentées chacune par le même nombre d'individus. Selon Inoussa *et al.* (2013), si E est situé entre [0 ; 0,6[, l'équitabilité de Pielou est faible, dans ce cas on observe une dominance d'espèce ; par contre, si E est situé entre [0,6 ; 0,8[, l'équitabilité de Pielou est moyenne et enfin si E est situé entre [0,8 ; 1], l'équitabilité de Pielou est élevée, dans ce cas on observe une absence de dominance d'espèce.

$$E = \frac{H'}{(\log_2 S)}$$

Equation 2

Avec S: nombre total des espèces de l'habitat considéré ; $\log_2 S$: H'max (diversité maximale). L'indice d'Equitabilité de piélou (Piélou, 1966) a été utilisé dans cette étude pour connaître la répartition des effectifs entre les différentes espèces dans les SAF à cacaoyers.

5.3.2. Organisation structurale des systèmes agroforestiers à cacaoyers

Pour apprécier l'organisation structurale des SAF à cacaoyers du département de Daloa, tous les individus ligneux associés ont été regroupés en classes de hauteur et de diamètre.

5.3.2.1. Structure verticale

Pour les hauteurs, quatre (04) classes ont été retenues : HC1 : [2 – 4 m [; HC2 : [4 – 8 m [; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m. Elles ont été retenues selon les travaux de Koulibaly (2008) et ceux de Boko (2022). Ces auteurs ont choisi la répartition des individus ligneux associés dans les classes de hauteur pour comparer la densité des individus dans les strates des SAF afin de détecter les changements dans ces systèmes.

5.3.2.2. 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 : ≥ 40 cm. Les classes de diamètre ont été retenues selon les travaux effectués par Koulibaly (2008), Yaméogo (2009), Temgoua *et al.* (2019) et Boko (2022) pour les SAF à cacaoyers. Ces auteurs ont utilisé la structure diamétrique pour apprécier plus ou moins la stabilité des SAF malgré les activités anthropiques dans ces systèmes.

5.3.2.3. Densité des cacaoyers

La densité de ligneux (d), ou le nombre d'arbres par hectare, est le rapport du nombre de tiges (n) dans les parcelles du milieu choisi sur la surface totale des parcelles (s) en hectares. Dans la présente étude, elle a permis de connaître le nombre de cacaoyers qu'on trouve dans les SAF à cacaoyers du département de Daloa. Sa formule est la suivante :

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

Equation 3

5.3.2.4. Taux d'ombrage

Le taux de recouvrement des cacaoyers ou ombrage des espèces ligneuses associées a été calculé à l'aide du logiciel Shademotion 4.0.30. L'ombrage des parcelles a été calculé en faisant la sommation des taux d'ombrage des individus ligneux présents dans la parcelle, « r » désignant l'ombrage exprimé en pourcentage (p.c.) :

$$r = \sum_{i=1}^n ri$$

Equation 4

Avec r : ombrage de la parcelle ; ri : ombrage de chaque arbre. L'ombrage de la parcelle a été apprécié à partir de l'échelle modifiée de Braun-Blanquet (Jean-Michel, 2006), « r » désignant l'ombrage exprimé en pourcentage (p.c.):

- 1 : (Sans ombrage ou plein soleil) pour r = 0 p.c. ;
- 2 : (Ombrage faible) pour r compris entre] 0 p.c.– 25 p.c.] ;
- 3 : (Ombrage moyen) pour r compris entre] 25 p.c. – 50 p.c.] ;
- 4 : (Ombrage fort) pour r > 50 p.c.

5.3.3. Taux d'infestation des systèmes agroforestiers à cacaoyers

5.3.3.1. Proportions des infestations

Pour obtenir les incidences des affections, le nombre de pieds de cacaoyers affectés a été compté pour chaque infestation dans chacune des parcelles. L'incidence de chaque infestation détectée dans les parcelles a été appréciée par rapport au nombre de cacaoyers attaqués. Le pourcentage de présence de l'infestation dans la parcelle a été calculé comme suit :

$$\text{Pourcentage de présence (p. c.)} = \frac{\text{Nombre d'individus attaqué}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

Equation 5

5.3.3.2. Sévérité des infestations

L'indice de sévérité (*IS*) pour chaque infestation dans les parcelles ont été calculés à l'aide de la formule suivante (Mohamed *et al.*, 2013) :

$$IS = \frac{(0 \times a) + (1 \times b) + (2 \times c) + (3 \times d) + (4 \times e)}{a + b + c + d + e} \times \frac{100}{4}$$

Equation 6

où

a : nombre de cacaoyers entrant dans la catégorie d'infection 0 ;

b : nombre de cacaoyers entrant dans la catégorie d'infection 1 ;

c : nombre de cacaoyers entrant dans la catégorie d'infection 2 ;

d : nombre de cacaoyers entrant dans la catégorie d'infection 3 ;

e : nombre de cacaoyers entrant dans la catégorie d'infection 4.

5.3.4. Calcul du rendement potentiel

Le rendement potentiel (*Q*) est exprimé en kg de cacao marchand ha⁻¹ et dépend du nombre moyen de cabosses par cacaoyer et de la densité des cacaoyers. Il a été calculé selon Lachenaud (1984) par la relation mathématique suivante :

$$Q = Nbcab \times Mdf \times Ct \times d$$

Equation 7

Où

Q = rendement en cacao marchand (kg ha⁻¹)

Nbcab : nombre moyen de cabosses par cacaoyer

Mdf : Masse moyenne de fèves fraîches par cabosse (kg)

Ct : coefficient de transformation masse de fèves fraîches/masse de cacao marchand

d : nombre de cacaoyers ha⁻¹

- le nombre moyen de cabosses par arbre (*Nbcab*) est une variable quantifiable par des comptages de cabosses ;

- la densité des cacaoyers (*d*) est une variable quantifiable par un comptage des plants dans la parcelle ;

- le coefficient de transformation poids de fèves fraîches/poids de cacao marchand (*Ct*) est une variable considérée comme constante (Braudeau, 1969 ; Lachenaud, 1984). Nous retiendrons la valeur de 0,35 (Lachenaud, 1984) ;

- la masse moyenne de fèves fraîches par cabosse est une variable considérée comme constante (115 g). Cette valeur moyenne a été obtenue par Babin (2009) suite à des mesures conduites en 2003 et 2004 dans des plantations de cacaoyers au Cameroun.

La masse de fèves fraîches par cabosse (Mdf) et le coefficient de transformation masse de fèves fraîches/masse de cacao marchand (Ct) étant fixés, l'équation du rendement potentiel (Q) peut finalement s'écrire de la façon suivante :

$$Q = Nbcab \times 0,115 \times 0,35 \times d$$

Equation 8

Où

Q= rendement en cacao marchand (kg ha⁻¹)

Nbcab : nombre moyen de cabosses par cacaoyer

0,115 : Masse moyenne de fèves fraîches par cabosse (kg)

0,35 : coefficient de transformation masse de fèves fraîches/masse de cacao marchand

d : nombre de cacaoyers ha⁻¹

5.4. Analyses statistiques

5.4.1. Test de comparaison des moyennes des variables quantitatives

Pour comparer les moyennes des variables quantitatives, des tests de Kruskal-Wallis et d'ANOVA ont été effectués. Ces tests ont été utilisés parce que les échantillons étudiés étaient indépendants et supérieurs à deux. La normalité et l'homogénéité des variances ont été étudiées respectivement à l'aide du test de Shapiro-Wilk et du test Batlett. Lorsque la distribution des échantillons est normale, une Analyse de la variance à 1 facteur (ANOVA 1) a été utilisée pour comparer les moyennes de nos échantillons. Dans le cas où la distribution des échantillons n'est pas normale, le test non paramétrique Kruskal-Wallis a été effectué pour comparer les moyennes des échantillons étudiés. Lorsqu'il y a une différence significative, la séparation des moyennes a été faite au niveau de probabilité de 5 p.c. en utilisant le test "post hoc" de Tukey pour apprécier le degré de dissemblance ou de similitude des échantillons comparés. Les variables quantitatives qui ont été analysées sont :

- les indices de diversité spécifique des SAF à cacaoyers des quatre (4) sites d'études (Richesse spécifique, indice de diversité de Shannon et indice d'Equitabilité de Piélou) ;
- le nombre d'individus des classes de hauteur ;
- le nombre d'individus des classes de diamètre ;
- le rendement potentiel des types de SAF et des quatre (4) sites d'études ;

- le nombre de cabosse par cacaoyers par an des types de SAF et des quatre (4) sites d'études ;
- le nombre de cacaoyers par hectare des types de SAF et des quatre (4) sites d'études ;
- l'incidence des infestations et l'incidence des infestations dominantes des types de SAF à cacaoyers ;
- la sévérité des infestations et la sévérité des infestations dominantes des types de SAF à cacaoyers.

5.4.2. Analyses multivariées

Dans cette étude, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et une Analyse Factorielle Multiple (AFM) ont été utilisées pour décrire et expliquer les liaisons entre plusieurs variables.

Ainsi, pour détecter la stratégie paysanne d'organisation structurale des espèces associées aux cacaoyers, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) basée sur l'espèce et ses dimensions (classe de diamètre et classe de hauteur) a été réalisée. Cette analyse a été effectuée car elle permet d'étudier l'association entre les variables qualitatives. L'ACM est une extension de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) pour l'étude simultanée de plusieurs variables qualitatives (Holcman, 2006). Elle a été couplée à la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) qui a été utilisée dans notre étude afin de classer les espèces ligneuses en fonction des dimensions. La CAH a été produite à partir des 5 premiers axes de l'ACM. Elle a permis de mettre en évidence les liens hiérarchiques entre les espèces et/ou groupes d'espèces et de détecter le nombre de classes au sein de la population (Bamba, 2020). Pour chaque regroupement des dimensions, hauteurs et diamètres des espèces rencontrées, une espèce indicatrice présentant la plus forte Valeur Indicatrice (IV) a été identifiée 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.

Aussi, pour déterminer les types de SAF à cacaoyers, nous avons réalisé une Analyse Factorielle Multiple (AFM) mettant en relation les parcelles, les dimensions des espèces et les modalités d'ombrage correspondantes dans chaque parcelle. Cette analyse a été effectuée car elle permet d'étudier la relation entre plusieurs tableaux de contingence ayant des lignes constituées de parcelles (Bouxin, 2011). Dans cette étude, elle a permis la projection sur deux graphes distincts des parcelles et des paramètres, donnant ainsi la possibilité d'interpréter les groupes de relevés par l'ensemble parcelle-paramètres.

PARTIE III :
RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre 6 : RESULTATS

6.1. Caractéristiques floristiques et structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers dans le département de Daloa

6.1.1. Caractéristiques floristiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers

6.1.1.1. Composition floristique

6.1.1.1.1. Richesse floristique

Les espèces inventoriées dans l'ensemble des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa sont aux nombres de 79 et sont réparties entre 66 genres et 27 familles (Annexe 5). Dans l'ensemble des systèmes agroforestiers à cacaoyers étudiés, 09 familles ont été signalées dominantes. Ce sont les Fabaceae, les Moraceae, les Malvaceae, les Euphorbiaceae, les Rutaceae, les Anacardiaceae, les Apocynaceae, les Rubiaceae et les Bignoniaceae. Les familles telles que les Moraceae, les Fabaceae, les Malvaceae, les Anacardiaceae, les Euphorbiaceae et les Rutaceae ont été dominantes dans les quatre (04) sites (Tableau II).

Tableau II : Familles dominantes des quatre (04) sites d'études

Sites d'étude	Familles dominantes
Bantikro	Fabaceae, Malvaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Apocynaceae, Anacardiaceae, Bignoniaceae, Rutaceae.
Doboua	Malvaceae, Moraceae, Rutaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae
Bowaly	Moraceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Fabaceae, Rutaceae, Anacardiaceae
Zepreguhé	Fabaceae, Moraceae, Rutaceae, Malvaceae, Anacardiaceae, Euphorbiaceae, Apocynaceae, Rubiaceae

Concernant les différentes localités, l'inventaire a permis de recenser 55 espèces réparties entre 51 genres et 21 familles à Bantikro (Annexe 6), 47 espèces appartenant à 41 genres et 20 familles à Doboua (Annexe 7), 42 espèces réparties entre 36 genres et 19 familles à Bowaly (Annexe 8) et 55 espèces réparties entre 46 genres et 24 familles à Zepreguhé (Annexe 9).

Pour les familles dominantes en termes de nombre d'espèces, 8 familles ont été dominantes à Bantikro. Ce sont : les Fabaceae et les Malvaceae avec 13 p.c. chacune, suivies des Moraceae (11 p.c.), les Rutaceae (9 p.c.), les Apocynaceae (7 p.c.), les Anacardiaceae (6 p.c.) et les Bignoniaceae et les Euphorbiaceae avec 5 p.c. chacune (Figure 9). Sept (7)

familles ont été dominantes à Doboua. Ce sont : les Malvaceae avec 15 p.c. suivies des Euphorbiaceae (11 p.c.), ensuite viennent les Fabaceae et les Anacardiaceae avec 9 p.c. chacune, les Moraceae (8 p.c.), les Apocynaceae et les Rutaceae avec 6 p.c. chacune (Figure 10). Six (6) familles ont été dominantes à Bowaly. Ce sont : les Moraceae avec 12 p.c., suivies des Fabaceae et des Malvaceae avec 10 p.c. chacune, ensuite viennent les Anacardiaceae, les Euphorbiaceae et les Rutaceae avec 7 p.c. chacune (Figure 11). Enfin, Huit (8) familles ont été dominantes à Zepreguhé. Ce sont : les Fabaceae et les Moraceae avec 13 p.c. chacune, suivies des Malvaceae (11 p.c.), les Euphorbiaceae et les Rutaceae avec 7 p.c. chacune et les Anacardiaceae, les Apocynaceae et les Rubiaceae avec 6 p.c. (Figure 12).

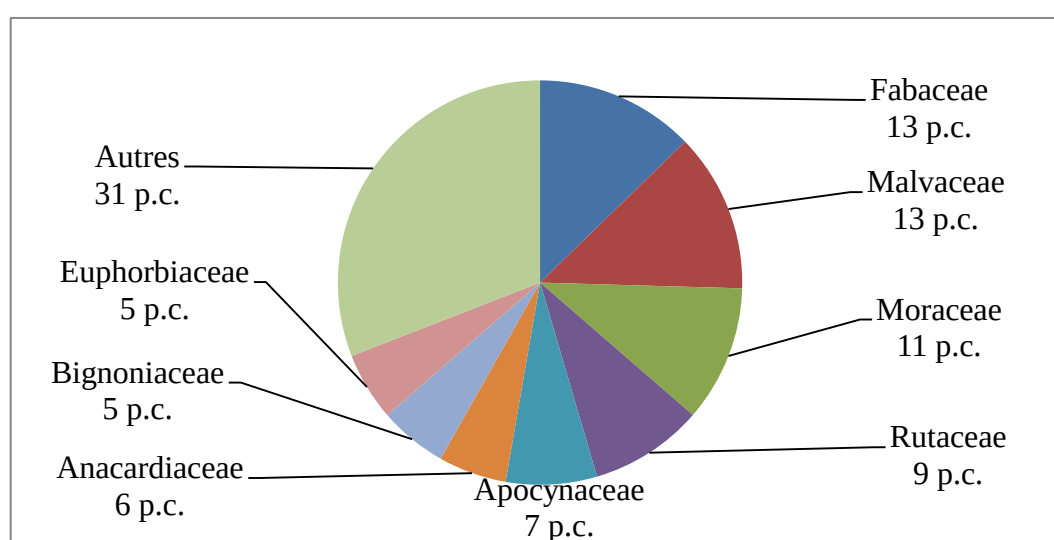


Figure 9 : Spectre des familles dominantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro

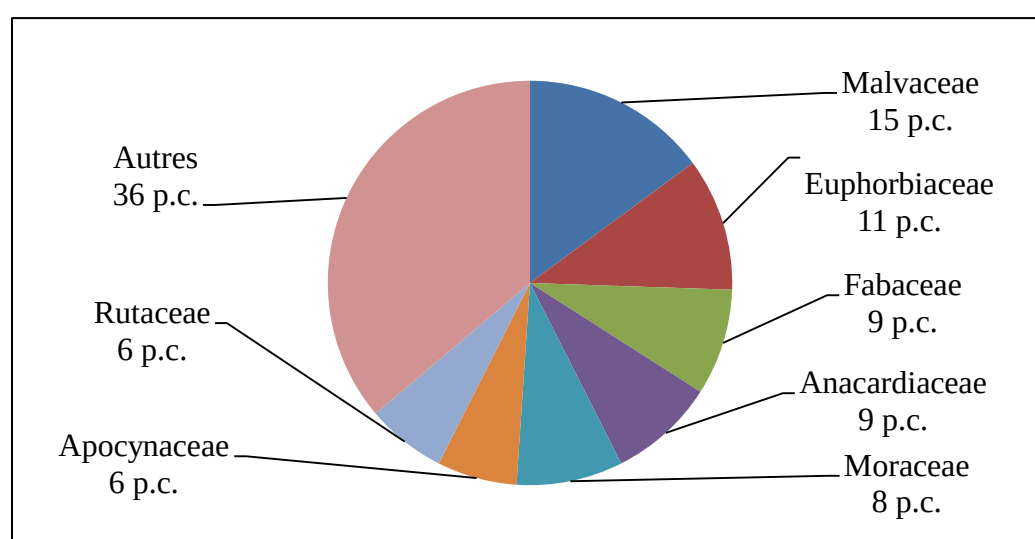


Figure 10 : Spectre des familles dominantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua

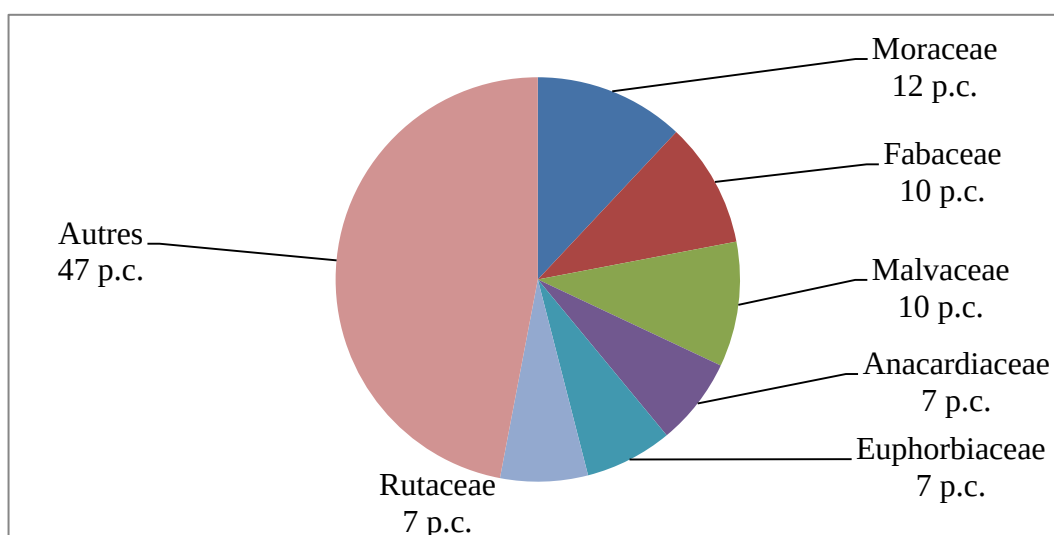


Figure 11 : Spectre des familles dominantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly

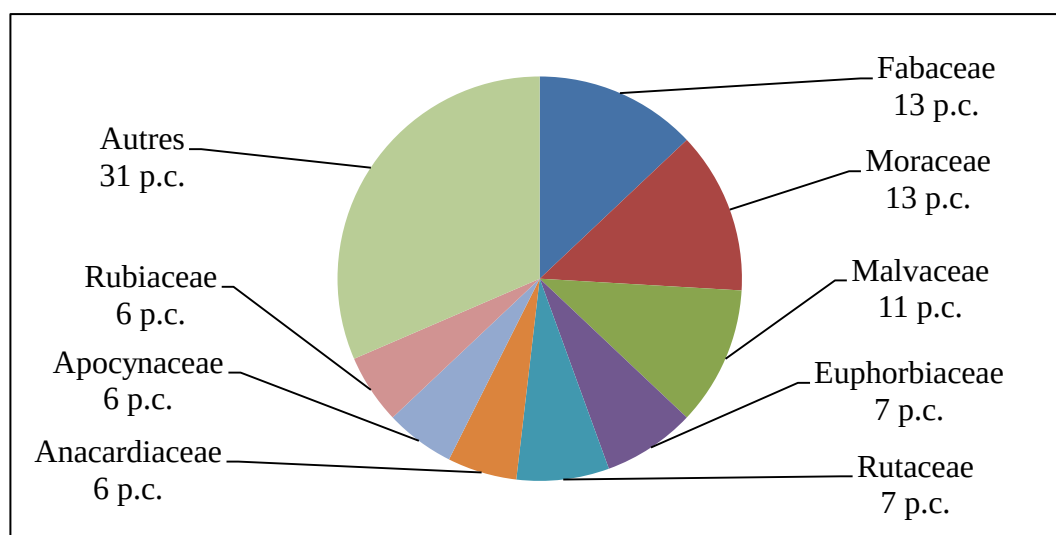


Figure 12 : Spectre des familles dominantes des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé

6.1.1.1.2. Types biologiques

Les phanérophytes rencontrées dans l'ensemble des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa se sont présentées sous 4 types qui sont les microphanérophytes (mp), les mésophanérophytes (mP), les mégaphanérophytes (MP) et les nanophanérophytes (np) avec une dominance des microphanérophytes (mp).

Dans les différentes localités, les espèces se sont présentées sous 3 types biologiques qui sont les Microphanérophytes (mp), les Mésophanérophytes (mP) et les Mégaphanérophytes (MP) à Bantikro, (Figure 13) avec les microphanérophytes qui sont les plus dominants en nombre d'espèces (52 p.c.). A Doboua, elles se sont présentées sous 4

types biologiques qui sont les microphanérophytes (mp), les mésophanérophytes (mP), les mégaphanérophytes (MP) et les nanophanérophytes (np) (Figure 14) avec la dominance des microphanérophytes (57 p.c.). Dans la localité de Bowaly, les espèces rencontrées étaient de 3 types biologiques qui sont les microphanérophytes (mp), les mésophanérophytes (mP) et les mégaphanérophytes (MP) (Figure 15). Les microphanérophytes dominent en nombre d'espèces avec 64 p.c.. Enfin, à Zepreguhé les espèces se sont présentées sous 4 types biologiques qui sont les microphanérophytes (mp), les mésophanérophytes (mP), les mégaphanérophytes (MP) et les nanophanérophytes (np) (Figure 16). Les microphanérophytes sont les plus dominants en nombre d'espèces avec 54 p.c..

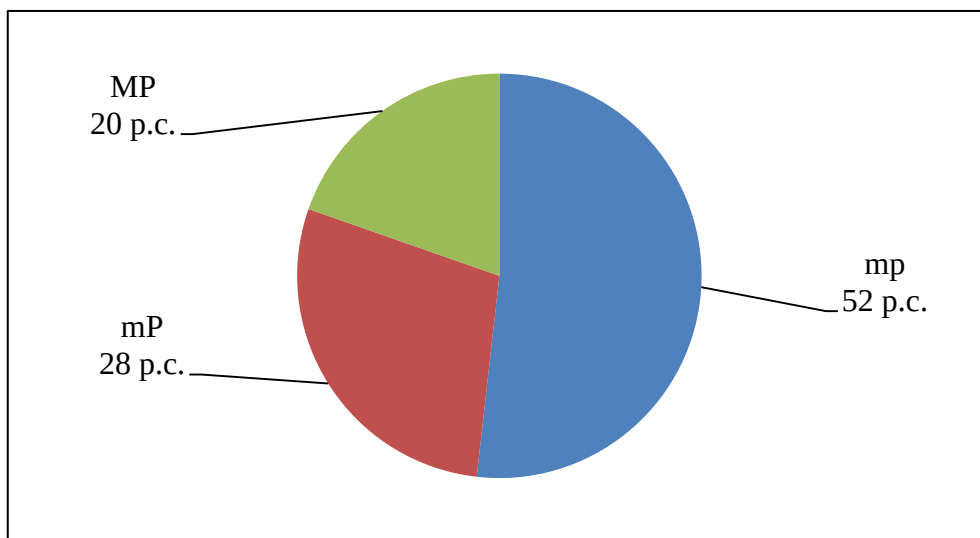


Figure 13 : Spectre des types biologiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro

mp : Microphanérophytes ; mP : Mésophanérophyte ; MP : Mégaphanérophyte

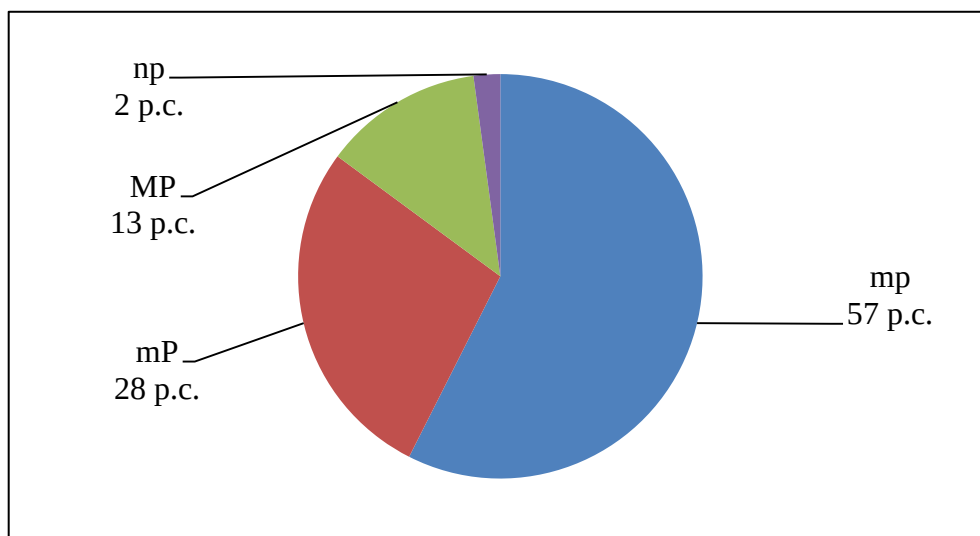


Figure 14 : Spectre des types biologiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua

mp : Microphanérophytes ; np : Nanophanérophyte ; mP : Mésophanérophyte ; MP : Mégaphanérophyte

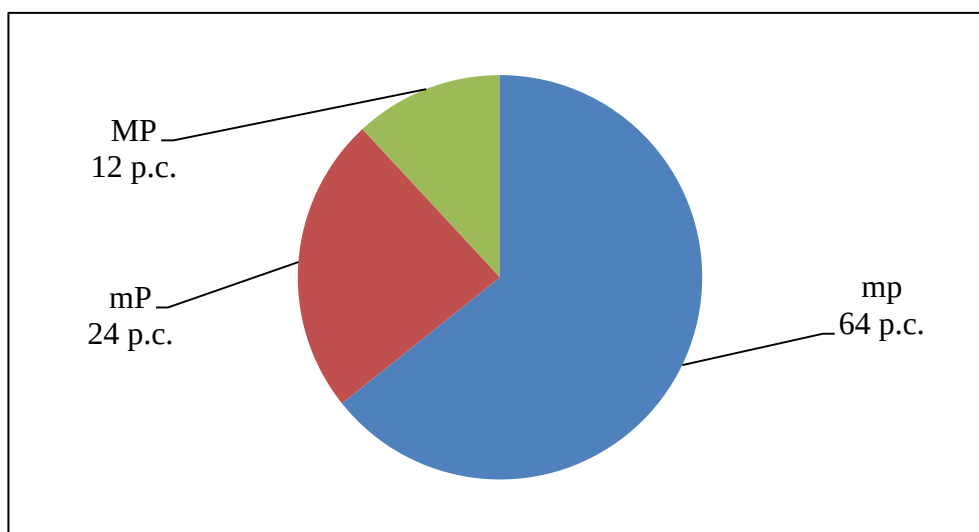


Figure 15 : Spectre des types biologiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly
mp : Microphanérophytes ; mP : Mésophanérophyte ; MP : Mégaphanérophyte

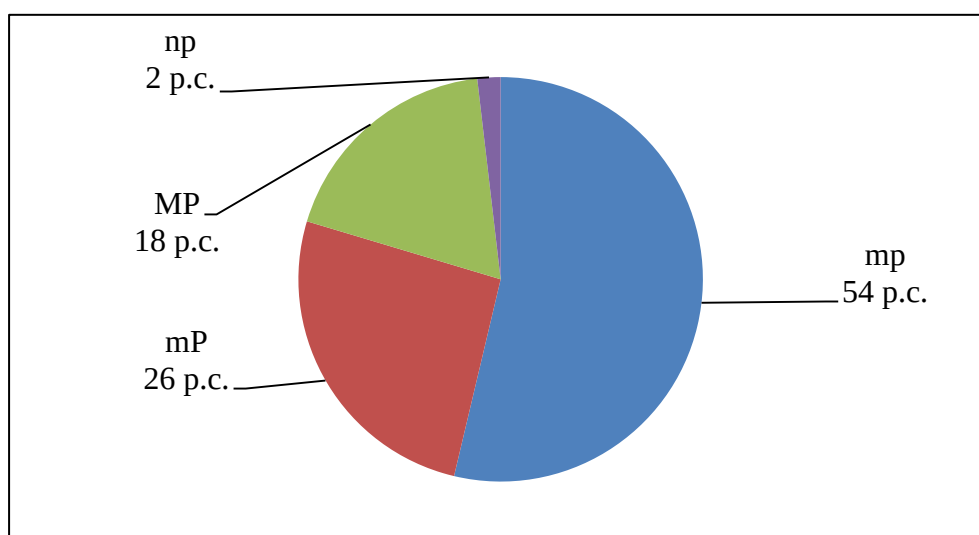


Figure 16 : Spectre des types biologiques des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé
mp : Microphanérophytes ; np : Nanophanérophyte ; mP : Mésophanérophyte ; MP : Mégaphanérophyte

6.1.1.1.3. Affinités phytogéographiques

Les espèces rencontrées dans l'ensemble des SAF à cacaoyers du département de Daloa appartiennent à 4 zones phytogéographiques : les espèces du domaine Guinéo-Congolais (GC), les espèces appartenant à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien (GC-SZ), les espèces du domaine Soudano-Zambézien (SZ) et les espèces introduites (i).

Dans la localité de Bantikro, les espèces du domaine Guinéo-Congolais (GC) et celles appartenant à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien (GC-SZ) sont dominantes et représentent chacune 41 p.c.. Les espèces

introduites (i) représentent quant à elles 16 p.c. de la flore (Figure 17). A Doboua, les espèces appartenant à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien (GC-SZ) sont dominantes (43 p.c.). Alors que 38 p.c. des espèces sont du domaine Guinéo-Congolais (GC) et 19 p.c. sont des espèces introduites (i) (Figure 18). Concernant les localités de Bowaly et de Zepreguhé, les espèces appartenant au domaine Guinéo-Congolais (GC) sont dominantes avec respectivement 45 p.c. (Figure 19) et 46 p.c. (Figure 20) des espèces. Quant aux espèces de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien (GC-SZ) et les espèces introduites (i), elles ne représentent que respectivement 33 p.c. et 22 p.c. à Bowaly et 30 p.c. et 22 p.c. à Zepreguhé.

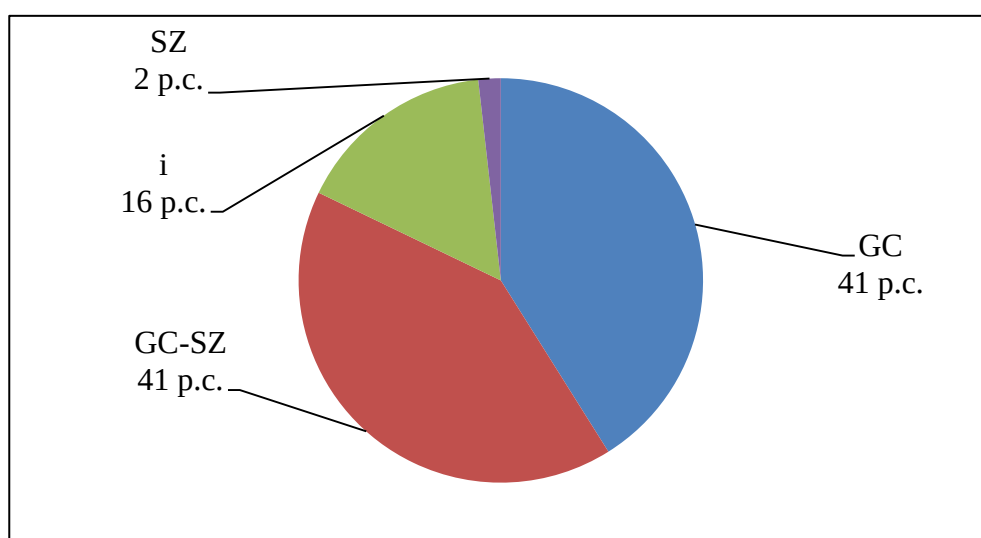


Figure 17 : Spectre phytogéographique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro
GC : Taxon de la région Guinéo-Congolaise ; i : Taxon introduit ; GC-SZ : Taxon de la zone de transition entre les régions Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne ; SZ : Taxon de la région Soudano-Zambézienne

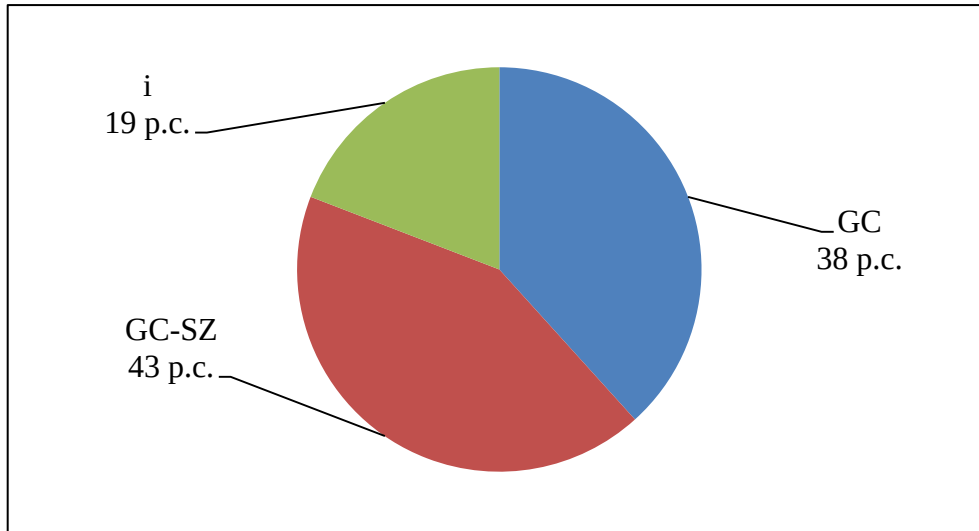


Figure 18 : Spectre phytogéographique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua
GC : Taxon de la région Guinéo-Congolaise ; i : Taxon introduit ; GC-SZ : Taxon de la zone de transition entre les régions Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne

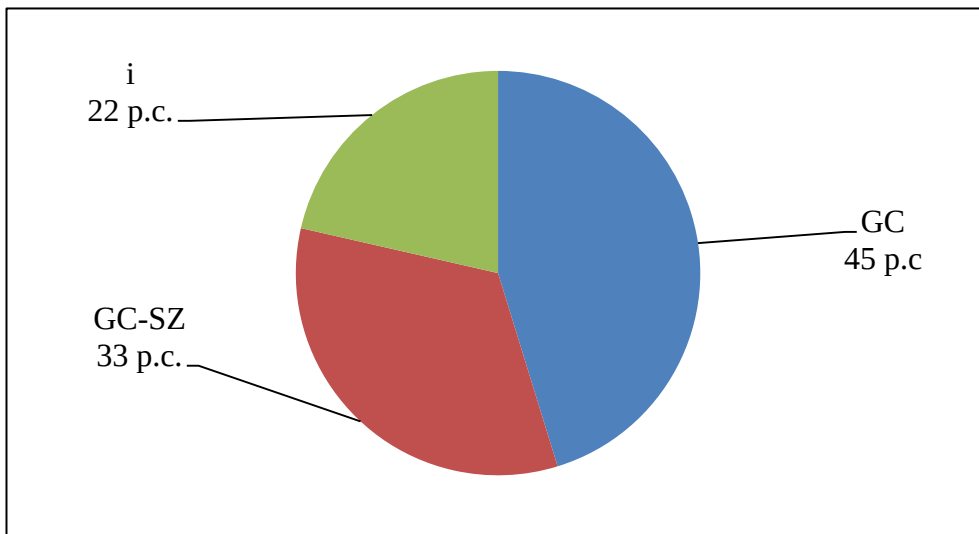


Figure 19 : Spectre phytogéographique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly
GC : Taxon de la région Guinéo-Congolaise ; i : Taxon introduit ; GC-SZ : Taxon de la zone de transition entre les régions Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne

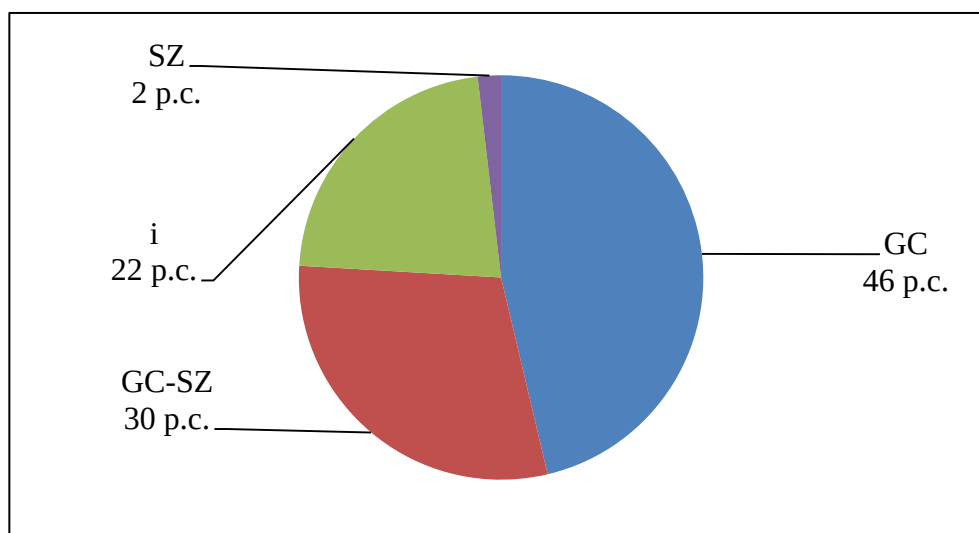


Figure 20 : Spectre phytogéographique des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zeprehu
 GC : Taxon de la région Guinéo-Congolaise ; i : Taxon introduit ; GC-SZ : Taxon de la zone de transition entre les régions Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne ; SZ : Taxon de la région Soudano-Zambézienne

6.1.1.2. Diversité spécifique

L'étude de la diversité spécifique des SAF à cacaoyers du département de Daloa a été effectuée à partir de la richesse spécifique et des indices de Shannon et d'Équitabilité de Piélou (Tableau III).

Les résultats montrent que la richesse spécifique (nombre d'espèces par parcelle de 400 m²) est en moyenne de 8 à Bantikro, 7 à Doboua et Zeprehu et de 6 à Bowaly. L'indice de Shannon moyen des SAF à cacaoyers est de 1,705, 1,718, 1,556 et 1,682 respectivement à Bantikro, Doboua, Bowaly et Zeprehu. La valeur de cet indice est plus proche de celle de la diversité maximale que de 0 dans toutes les localités. Concernant l'indice d'Équitabilité de Piélou, les valeurs moyennes est de 0,833 à Bantikro, 0,865 à Doboua, 0,908 à Bowaly et 0,863 à Zeprehu.

Les SAF à cacaoyers du département de Daloa présentent dans l'ensemble une flore diversifiée et une répartition équitable des individus entre les espèces. La comparaison des moyennes effectuée à travers le test non paramétrique de Kruskal-Wallis montre qu'il y a une différence significative entre le nombre d'espèces des SAF à cacaoyers des 4 sites ($X^2 = 15,008$; $P = 0,001$) et les indices d'équitabilité de Piélou des SAF à cacaoyers des 4 sites ($X^2 = 14,239$; $P = 0,002$). Alors qu'il n'y a pas de différence significative entre les indices de Shannon des SAF à cacaoyers des 4 sites ($X^2 = 5,596$; $P = 0,133$). Ce dernier résultat montre que la diversité des SAF à cacaoyers du département de Daloa est proche.

Tableau III : Indices de diversité spécifique des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa

Sites	Richesse spécifique (S)	Shannon (H') <i>H'max</i>	Equitabilité de Pielou (E)
Bantikro	8 a	1,705 $2,92 \pm 0,445$	0,833 b
Doboua	7 ab	1,718 $2,81 \pm 0,435$	0,865 ab
Bowaly	6 b	1,556 $2,48 \pm 0,588$	0,908 a
Zepreguhé	7 ab	1,682 $2,7 \pm 0,483$	0,863 ab
Test statistique	$X^2 = 15,008$; $P = 0,001$	$X^2 = 5,5965$; $P = 0,133$	$X^2 = 14,239$; $P = 0,002$

Kruskal-Wallis : les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.1.2. Caractéristiques structurales des systèmes agroforestiers à cacaoyers

6.1.2.1. Distribution des individus dans les classes de hauteur

La distribution des individus dans les classes de hauteur a montré que toutes les classes de hauteur ont renfermé des individus dans chacun des sites. Ce nombre varie d'une classe à l'autre.

Le nombre d'individus le plus élevé est enregistré dans la classe de hauteur HC1 (2 à 4 m) dans les localités de Bantikro et Doboua avec respectivement une moyenne de 35 individus/ha (Figure 21) et 74 individus/ha (Figure 22). Dans la localité de Bowaly, les résultats montrent que le nombre d'individus le plus élevé est enregistré dans la classe de hauteur HC4 (plus 12 m) avec une moyenne de 14 individus/ha (Figure 23). A Zepreguhé, les individus appartenant à la classe de hauteur HC2 (4 à 8 m) étaient les plus nombreux avec 35 individus/ha (Figure 24). La comparaison des moyennes effectuée à travers le test non paramétrique de Kruskal-Wallis ou le test paramétrique Anova montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les nombres d'individus des classes de hauteur dans les systèmes agroforestiers à Bantikro ($X^2 = 5,3552$; $P = 0,147$), à Bowaly ($F = 1,5502$; $P = 0,204$) et Zepreguhé ($X^2 = 6,8136$; $P = 0,078$). Le nombre d'individus d'aucune classe de hauteur n'est significativement supérieur aux autres classes. A Doboua, la comparaison des moyennes effectuée à travers le test paramétrique Anova montre qu'il y a une différence significative entre les nombres d'individus des classes de hauteur dans les systèmes agroforestiers ($F = 4,0919$;

$P = 0,008$). Dans cette localité le nombre d'individus ayant une hauteur de 2 à 4 mètres est significativement supérieur à ceux des autres classes de hauteur. Les individus dont la hauteur est supérieure à 12 mètres (HC4) sont au moins 15 à l'hectare dans les 4 localités.

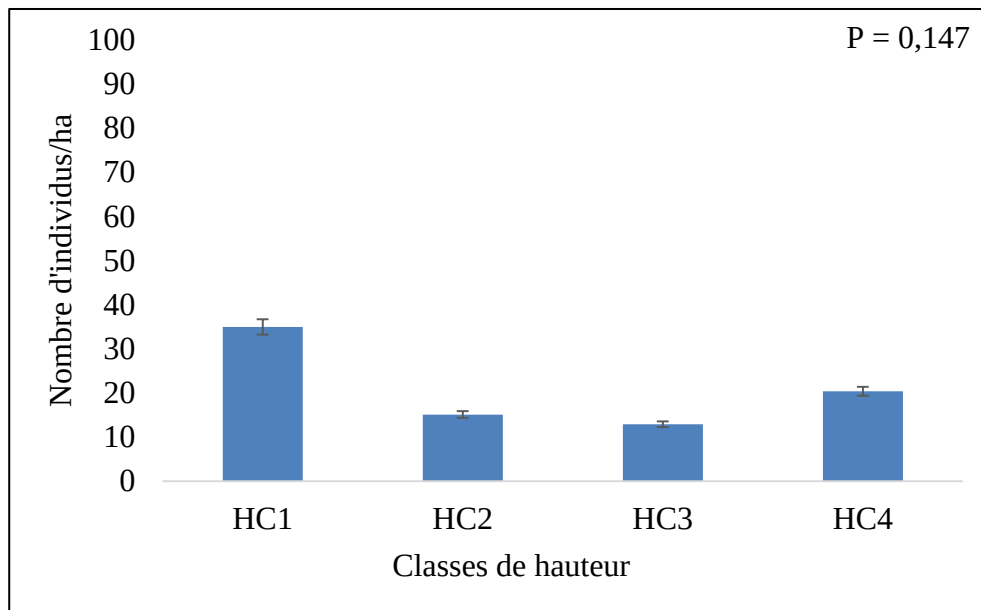


Figure 21 : Représentativité des classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro

HC1 : [2 – 4 m] ; HC2 : [4 – 8 m] ; HC3 : [8 – 12 m] ; HC4 : ≥ 12 m

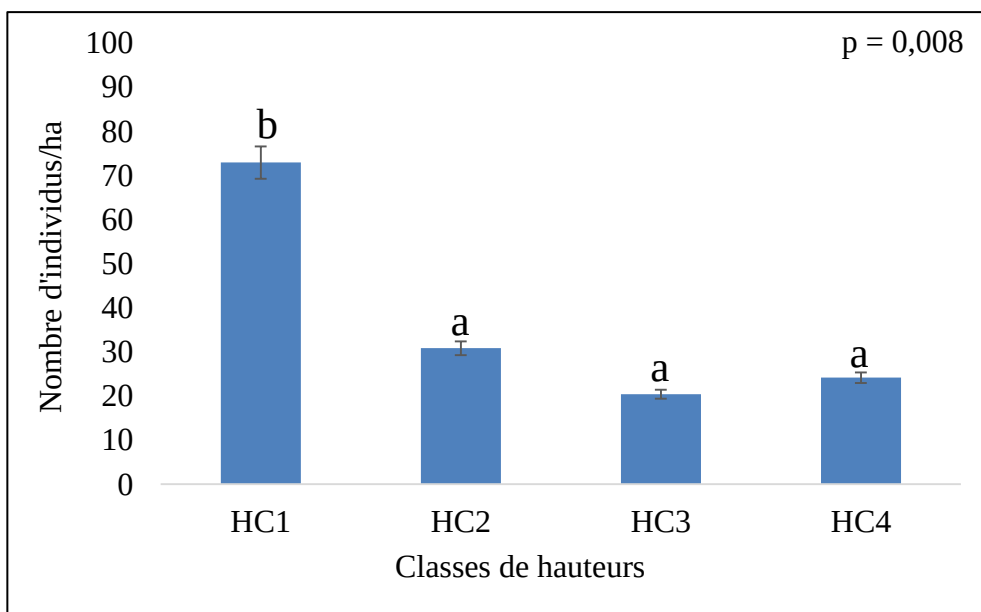


Figure 22 : Représentativité des classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey, $\alpha = 0,05$)

HC1 : [2 – 4 m] ; HC2 : [4 – 8 m] ; HC3 : [8 – 12 m] ; HC4 : ≥ 12 m

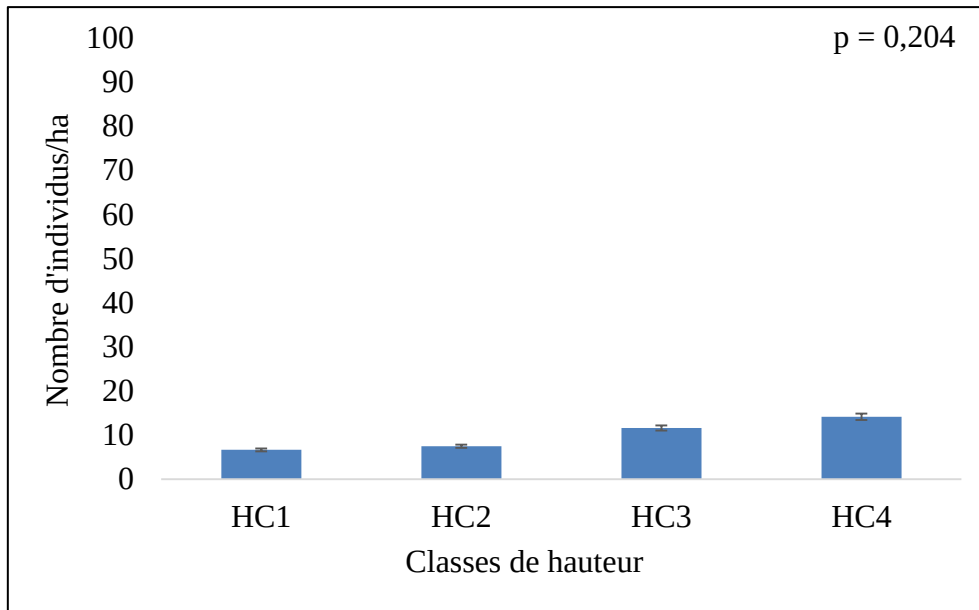


Figure 23 : Représentativité des classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly

HC1 : [2 – 4 m] ; HC2 : [4 – 8 m] ; HC3 : [8 – 12 m] ; HC4 : ≥ 12 m

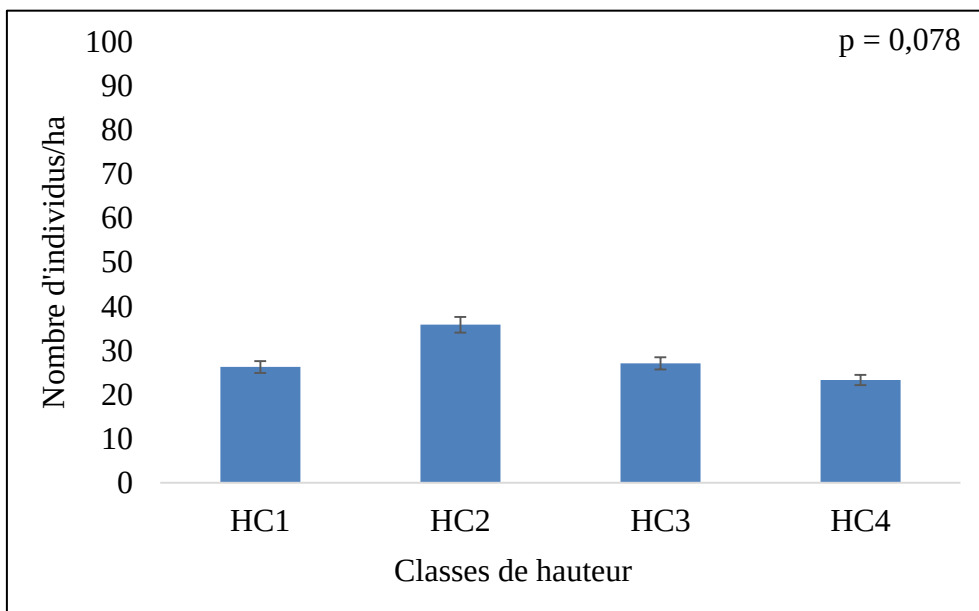


Figure 24 : Représentativité des classes de hauteur des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé

HC1 : [2 – 4 m] ; HC2 : [4 – 8 m] ; HC3 : [8 – 12 m] ; HC4 : ≥ 12 m

6.1.2.2. Distribution des individus dans les classes de diamètre

Dans chacun des 4 sites, toutes les classes de diamètre ont renfermé des individus. Ce nombre varie d'une classe à l'autre.

Les résultats montrent que la classe de diamètre DC1 (moins de 10 cm) renferme le plus grand nombre d'individus dans l'ensemble des sites d'études avec une moyenne de 45 individus/ha à Bantikro (Figure 25), 95 individus/ha à Doboua (Figure 26), 10 individus/ha à Bowaly (Figure 27) et 55 individus/ha à Zepreguhé (Figure 28). La comparaison des moyennes effectuée à travers le test non paramétrique de Kruskal-Wallis montre qu'il y a une différence significative entre les nombres d'individus des classes de diamètre à Bantikro ($X^2 = 17,599$; $P = 0,001$), à Doboua ($X^2 = 29,596$; $P = 0,001$) et à Zepreguhé ($X^2 = 27,617$; $P = 0,001$). Le nombre d'individus de la classe de diamètre inférieur à 10 centimètres est significativement supérieur à ceux des autres classes de diamètre dans ces localités. A Bowaly, la comparaison des moyennes effectuée à travers le test non paramétrique de Kruskal-Wallis montre qu'il n'y a pas une différence significative entre les nombres d'individus des classes de diamètre ($X^2 = 2,5976$; $P = 0,627$). Le nombre d'individus ayant un diamètre inférieur à 10 centimètres n'est pas significativement supérieur à ceux des autres classes de diamètre. Le peuplement d'arbres associés aux cacaoyers étudiés présente une structure diamétrique sous forme de J inversé dans l'ensemble des localités sauf à Bowaly. La classe de diamètre DC5 (plus de 40 cm) renferme au moins 5 individus/ha dans les 4 localités.

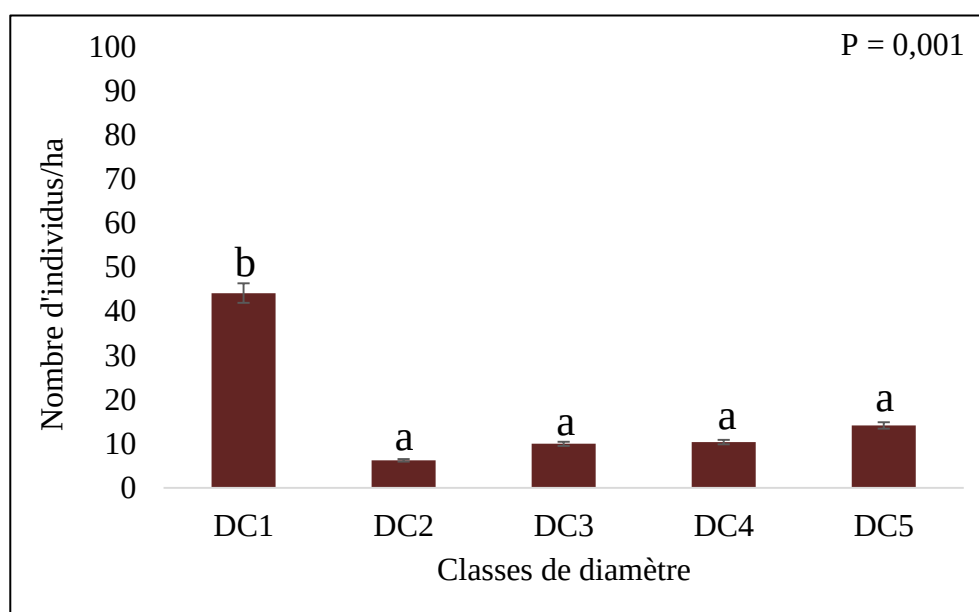


Figure 25 : Représentativité des classes de diamètre des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Tukey, $\alpha = 0,05$)

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

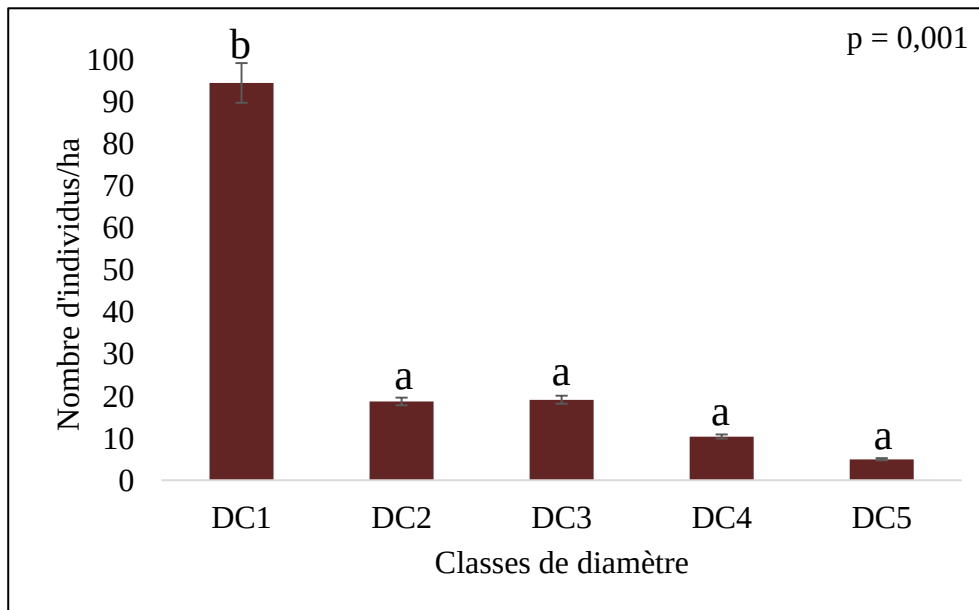


Figure 26 : Représentativité des classes de diamètre des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Tukey, $\alpha = 0,05$)

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

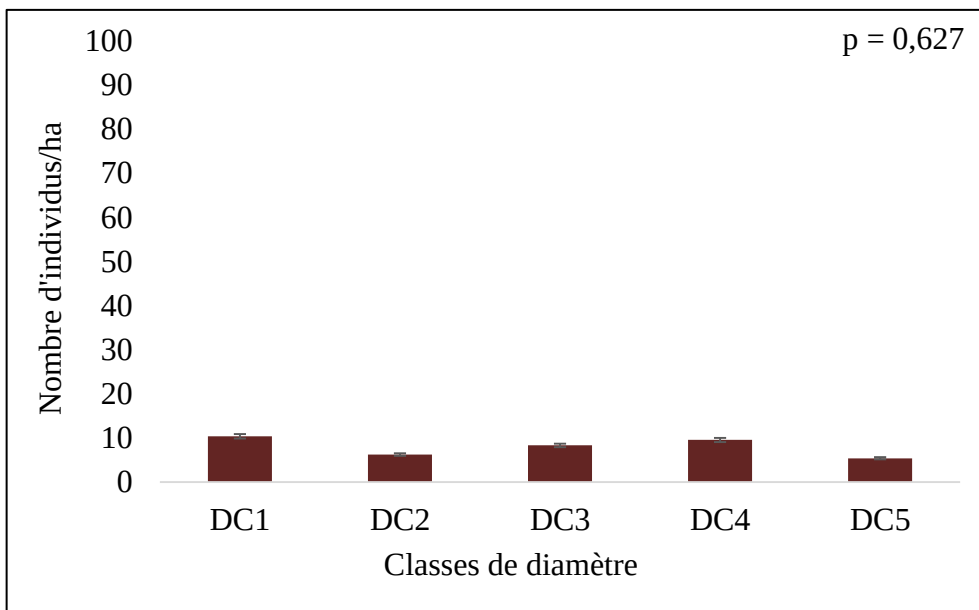


Figure 27 : Représentativité des classes de diamètre des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly

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

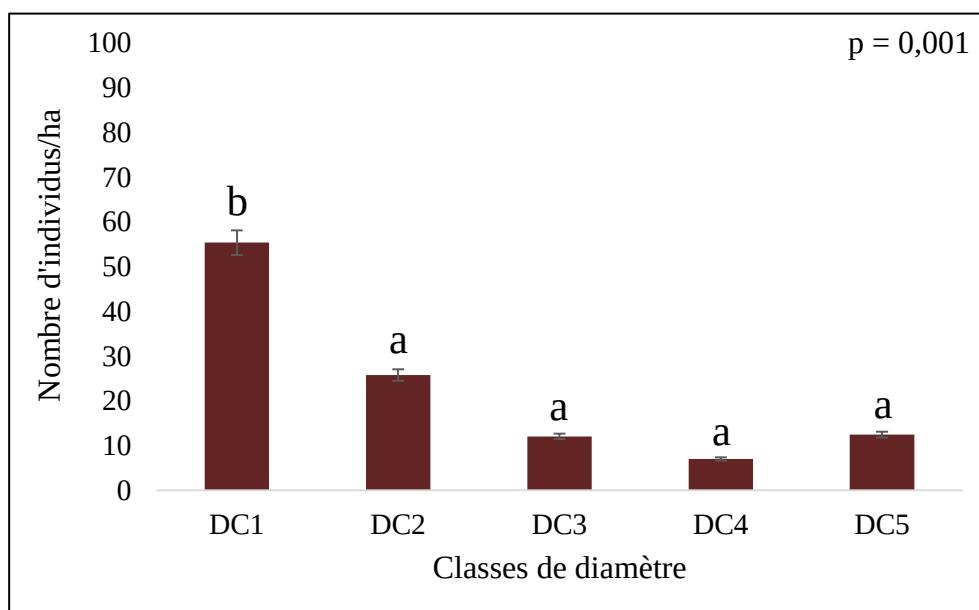


Figure 28 : Représentativité des classes de diamètre des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Tukey, $\alpha = 0,05$)

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

6.1.2.3. Variabilité structurale des espèces rencontrées

L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été effectuée sur la base de l'espèce et de ses dimensions (diamètre et hauteur). L'ACM a été couplée à la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) pour l'ordination des espèces. L'analyse a permis de mettre en évidence trois groupes distincts, correspondant aux dimensions des espèces dans les quatre (4) sites d'études. Chaque groupe est caractérisé par une espèce indicatrice.

Concernant l'analyse effectuée sur les SAF à cacaoyers de Bantikro, les deux premiers axes mis ensemble permettent d'observer 12,83 p.c. de la variabilité des données analysées avec 7,06 p.c. pour l'axe 1 et 5,77 p.c. pour l'axe 2 (Figure 29). Le groupe 1 renferme les espèces de petites dimensions, c'est-à-dire ayant une hauteur inférieure à 8 m et un diamètre inférieur à 20 cm. Ces dimensions sont celles des espèces fruitières introduites telles que *Coffea canephora*, *Anacardium occidentale*, *Citrus limon* et *Psidium guajava* avec comme espèce indicatrice *Citrus sinensis* (Tableau IV). Le groupe 2 renferme les espèces dont les individus ont des diamètres compris entre 20 et 40 cm et de hauteur variant de 8 et 12 m. Ces dimensions moyennes sont principalement celles des espèces spontanées, parmi lesquelles on peut citer *Albizia zygia*, *Newbouldia laevis*, *Sterculia rhinopetala* et *Funtumia africana* qui est l'espèce indicatrice. Le groupe 3 renferme les espèces de grandes dimensions préservées dès

l'installation de la plantation, c'est-à-dire supérieures à 40 cm de diamètre et à 12 m de hauteur. L'espèce indicatrice *Terminalia superba* est accompagnée des espèces telles *Ricinodendron heudelotii*, *Ceiba pentandra*, *Bombax buenopozense*, *Antiaris toxicaria* et *Alstonia booneii*.

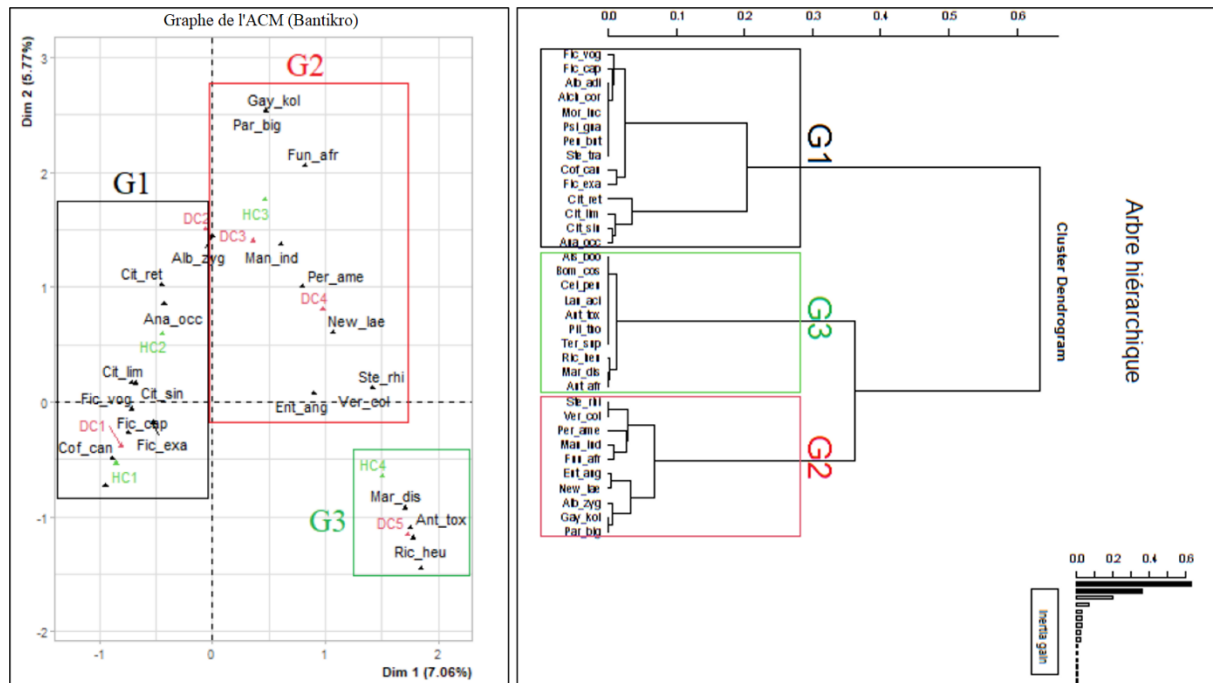


Figure 29 : Représentation graphique des espèces, des classes de hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse des Correspondances Multiple (ACM) couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des SAF à cacaoyers de Bantikro

DC1 : < 10 cm ; DC2 : [10 – 20 cm ; DC3 : [20 – 30 cm ; DC4 : [30 – 40 cm [et DC5 : ≥ 40
HC1 : [2 – 4 m ; HC2 : [4 – 8 m ; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m

Tableau IV : Codification des espèces et espèces indicatrices des groupements des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro

Codes	Espèces	Groupes	Espèce indicatrice
Alb_adi	<i>Albizia adianthifolia</i>	G1	<i>Citrus sinensis</i> (96,66 p.c.)
Alch_cor	<i>Alchornea cordifolia</i>	G1	
Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	G1	
Cit_lim	<i>Citrus limon</i>	G1	
Cit_ret	<i>Citrus reticulata</i>	G1	
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	G1	
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	G1	
Fic_cap	<i>Ficus capensis</i>	G1	
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	G1	
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	G1	
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	G1	
Pen_but	<i>Pentadesma butyracea</i>	G1	
Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	G1	
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	G1	
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	G2	<i>Funtumia africana</i>

Ent_ang	<i>Entandrophragma angolense</i>	G2	(100 p.c.)
Fun_afr	<i>Funtumia africana</i>	G2	
Gay_kol	<i>Gaycinia kola</i>	G2	
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	G2	
New_lae	<i>Newbouldia laevis</i>	G2	
Par_big	<i>Parkia biglobosa</i>	G2	
Per_ame	<i>Persea americana</i>	G2	
Ste_rhi	<i>Sterculia rhinopetala</i>	G2	
Ver_amy	<i>Vernonia amygdalina</i>	G2	
Als_boo	<i>Alstonia boonei</i>	G3	
Ant_tox	<i>Antiaris toxicaria</i>	G3	
Bom_buo	<i>Bombax buenopozense</i>	G3	
Cei_pen	<i>Ceiba pentandra</i>	G3	<i>Terminalia superba</i> (81,64 p.c.)
Lan_aci	<i>Lannea acida</i>	G3	
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	G3	
Pil_tho	<i>Piliostigma thonningii</i>	G3	
Ric_heu	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	G3	
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	G3	

Concernant l'analyse de la variabilité structurale des espèces des SAF à cacaoyers de Doboua, les deux premiers axes mis ensembles permettent d'observer 14,77 p.c. de la variabilité des données analysées avec 8,62 p.c. pour l'axe 1 et 6,15 p.c. pour l'axe 2 (Figure 30). Le groupe 1 renferme des espèces de petites dimensions ayant une hauteur inférieure à 4 m et un diamètre inférieur à 10 cm. Ces espèces sont des fruitières introduites comme *Coffea canephora*, *Anacardium occidentale*, *Citrus sinensis* avec comme espèce indicatrice *Citrus limon* (Tableau V). Le groupe 2 renferme des espèces dont les individus ont une hauteur qui varie entre 4 et 12 m et un diamètre qui se situe entre 10 et 30 cm. Ces dimensions moyennes sont principalement celles des espèces spontanées, parmi lesquelles on peut citer *Sterculia tragacantha*, *Newbouldia laevis*, *Myrianthus arboreus* et *Albizia adianthifolia*, qui est l'espèce indicatrice. Le groupe 3 renferme les espèces de grandes dimensions préservées, c'est-à-dire de plus de 12 m de hauteur et plus de 30 cm de diamètre. Ce sont des espèces telles que : *Lannea acida*, *Terminalia superba*, *Ricinodendron heudelotii*, *Ficus vogelii* etc. avec pour espèce indicatrice *Piliostigma thonningii*.

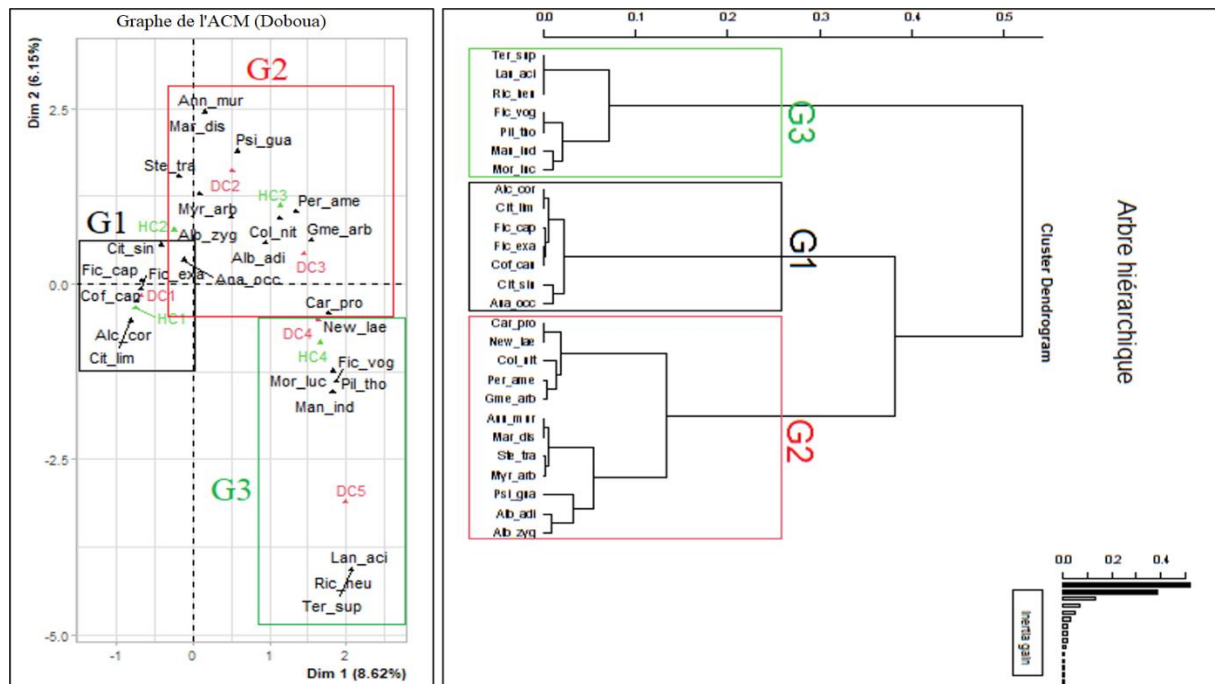


Figure 30 : Représentation graphique des espèces, des classes de hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse des Correspondances Multiple (ACM) couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des SAF à cacaoyers de Doboua

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

HC1 : [2 – 4 m ; HC2 : [4 – 8 m ; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m

Tableau V : Codification des espèces et espèces indicatrices des groupements des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua

Codes	Espèces	Groupes	Espèce indicatrice
Cit_lim	<i>Citrus limon</i>	G1	<i>Citrus limon</i> (100 p.c.)
Alc_cor	<i>Alchornea cordifolia</i>	G1	
Fic_cap	<i>Ficus capensis</i>	G1	
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	G1	
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	G1	
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	G1	
Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	G1	
Alb_adi	<i>Albizia adianthifolia</i>	G2	<i>Albizia adianthifolia</i> (97,14 p.c.)
Col_nit	<i>Cola nitida</i>	G2	
Car_pro	<i>Carapa procera</i>	G2	
New_lae	<i>Newbouldia laevis</i>	G2	
Per_ame	<i>Persea americana</i>	G2	
Gme_arb	<i>Gmelina arborea</i>	G2	
Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	G2	
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	G2	
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	G2	
Ann_mur	<i>Annona muricata</i>	G2	
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	G2	
Myr_arb	<i>Myrianthus arboreus</i>	G2	
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	G3	<i>Piliostigma thonningii</i> (96,45 p.c.)
Lan_aci	<i>Lannea acida</i>	G3	

Ric_heu	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	G3
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	G3
Pil_tho	<i>Piliostigma thonningii</i>	G3
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	G3
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	G3

A Bowaly, les deux premiers axes de l'ACM mis ensemble permettent d'observer 16,33 p.c. de la variabilité des données analysées avec 9,21 p.c. pour l'axe 1 et 7,12 p.c. pour l'axe 2 (Figure 31). Le groupe 1 renferme des espèces de petites dimensions ayant une hauteur inférieure à 8 m et un diamètre inférieur à 10 cm. Ces espèces sont des fruitières introduites comme *Coffea canephora*, *Citrus sinensis* avec comme espèce indicatrice *Psidium guajava* (Tableau VI). Le groupe 2 renferme des espèces dont les individus ont une hauteur qui varie entre 8 et 12 m et un diamètre qui se situe entre 10 et 30 cm. Ces dimensions moyennes sont principalement celles des espèces spontanées, parmi lesquelles on peut citer *Ficus exasperata*, *Newbouldia laevis*, *Myrianthus arboreus*, *Zanthoxylum zanthoxyloides* et *Albizia zygia*, qui est l'espèce indicatrice. Le groupe 3 renferme les espèces de grandes dimensions préservées, c'est-à-dire de plus de 12 m de hauteur et plus de 30 cm de diamètre. Ce sont des espèces telles que : *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba*, *Ceiba pentandra* etc. avec pour espèce indicatrice *Spathodea campanulata*

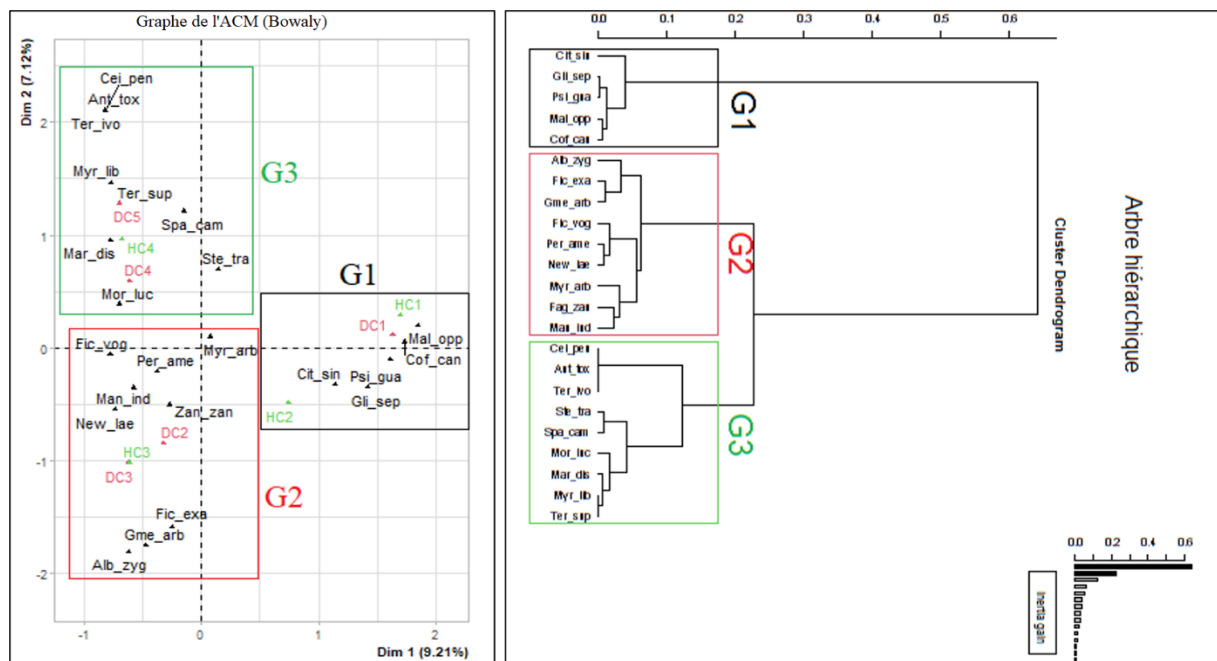


Figure 31 : Représentation graphique des espèces, des classes de hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse des Correspondances Multiple (ACM) couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des SAF à cacaoyers de Bowaly

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

HC1 : [2 – 4 m ; HC2 : [4 – 8 m ; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m

Tableau VI : Codification des espèces et espèces indicatrices des groupements des systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly

Codes	Espèces	Groupes	Espèce indicatrice
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	G1	<i>Psidium guajava</i> (100 p.c.)
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	G1	
Gli_sep	<i>Gliricidia sepium</i>	G1	
Mal_opp	<i>Mallotus oppositifolius</i>	G1	
Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	G1	
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	G2	<i>Albizia zygia</i> (100 p.c.)
Fag_zan	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	G2	
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	G2	
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	G2	
Gme_arb	<i>Gmelina arborea</i>	G2	
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	G2	
Myr_arb	<i>Myrianthus arboreus</i>	G2	
New_lae	<i>Newbouldia laevis</i>	G2	
Per_ame	<i>Persea americana</i>	G2	
Ant_tox	<i>Antiaris toxicaria</i>	G3	<i>Spathodea campanulata</i> (88,71 p.c.)
Cei_pen	<i>Ceiba pentandra</i>	G3	
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	G3	
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	G3	
Myr_lib	<i>Myrianthus libericus</i>	G3	
Spa_cam	<i>Spathodea campanulata</i>	G3	
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	G3	
Ter_ivo	<i>Terminalia ivorensis</i>	G3	
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	G3	

A Zepreguhé, les deux premiers axes de l'ACM mis ensemble permettent d'observer 10,03 p.c. de la variabilité des données analysées avec 5,48 p.c. pour l'axe 1 et 4,55 p.c. pour l'axe 2 (Figure 32). Le groupe 1 renferme des espèces de petites dimensions ayant une hauteur inférieure à 8 m et un diamètre inférieur à 10 cm. Ces espèces sont des fruitières introduites comme *Citrus limon*, *Annona muricata*, *Anacardium occidentale* avec comme espèce indicatrice *Coffea canephora* (Tableau VII). Le groupe 2 renferme des espèces dont les individus ont une hauteur qui varie entre 8 et 12 m et un diamètre qui se situe entre 10 et 30 cm. Ces dimensions moyennes sont principalement celles des espèces spontanées, parmi lesquelles on peut citer *Ficus exasperata*, *Morinda lucida*, *Moringa oleifera* et *Sterculia tragacantha* qui est l'espèce indicatrice. Le groupe 3 renferme les espèces de grandes dimensions préservées c'est-à-dire de plus de 12 m de hauteur et plus de 30 cm de diamètre. Ce sont des espèces telles que : *Ricinodendron heudelotii*, *Terminalia superba*, *Milicia excelsa*, *Khaya ivorensis*, avec pour espèce indicatrice *Antiaris toxicaria*.

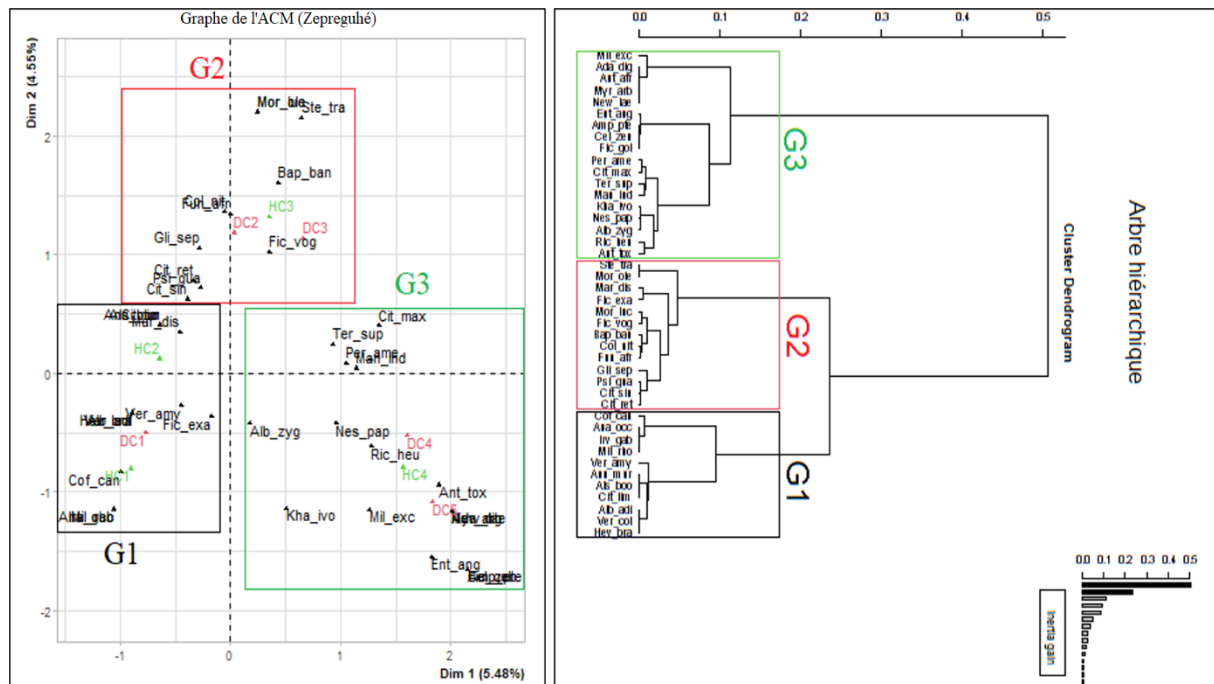


Figure 32 : Représentation graphique des espèces, des classes de hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse des Correspondances Multiple (ACM) couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des SAF à cacaoyers de Bowaly

DC1 : < 10 cm ; DC2 : [10 – 20 cm ; DC3 : [20 – 30 cm ; DC4 : [30 – 40 cm [et DC5 : ≥ 40
 HC1 : [2 – 4 m ; HC2 : [4 – 8 m ; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m

Tableau VII : Codification des espèces et espèces indicatrices des groupements des SAF à cacaoyers de Zepreguhé

Codes	Espèces	Groupes	Espèce indicatrice
Alb_adi	<i>Albizia adianthifolia</i>	G1	<i>Coffea canephora</i> (100 p.c.)
Als_boo	<i>Alstonia boonei</i>	G1	
Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	G1	
Ann_mur	<i>Annona muricata</i>	G1	
Cit_lim	<i>Citrus limon</i>	G1	
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	G1	
Hev_bra	<i>Hevea brasiliensis</i>	G1	
Irv_gab	<i>Irvingia gabonensis</i>	G1	
Mil_rho	<i>Millettia rhodontha</i>	G1	
Ver_amy	<i>Vernonia amygdalina</i>	G1	
Bap_ban	<i>Baphia bancoensis</i>	G2	<i>Sterculia tragacantha</i> (81,64 p.c.)
Cit_ret	<i>Citrus reticulata</i>	G2	
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	G2	
Col_nit	<i>Cola nitida</i>	G2	
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	G2	
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	G2	
Fun_afr	<i>Funtumia africana</i>	G2	
Gli_sep	<i>Gliricidia sepium</i>	G2	

Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	G2	
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	G2	
Mor_ole	<i>Moringa oleifera</i>	G2	
Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	G2	
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	G2	
Ada_dig	<i>Adansonia digitata</i>	G3	
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	G3	
Amp_pte	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	G3	
Ant_tox	<i>Antiaris toxicaria</i>	G3	
Cel_zen	<i>Celtis zenkeri</i>	G3	
Cit_max	<i>Citrus maxima</i>	G3	
Ent_ang	<i>Entandrophragma angolense</i>	G3	
Fic_gol	<i>Ficus goliath</i>	G3	
Kha_ivo	<i>Khaya ivorensis</i>	G3	<i>Antiaris toxicaria</i> (91,28 p.c.)
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	G3	
Mil_exc	<i>Milicia excelsa</i>	G3	
Myr_arb	<i>Myrianthus arboreus</i>	G3	
Nes_pap	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	G3	
New_lae	<i>Newbouldia laevi</i>	G3	
Per_ame	<i>Persea americana</i>	G3	
Ric_heu	<i>Riciodendron heudelotii</i>	G3	
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	G3	

6.2. Typologie des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa

6.2.1. Modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

La classification de l'ombrage indique que les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa sont conduits selon quatre modalités qui sont : les parcelles sans ombrage, les parcelles à ombrage faible, les parcelles à ombrage moyen et les parcelles à ombrage fort. Toutes ces quatre modalités ont été observées dans chacun des quatre sites d'études.

Les parcelles où il n'y a pas d'arbres plus grands que les cacaoyers représentent 38 p.c. des parcelles à Bantikro (Figure 33), 38 p.c. à Doboua (Figure 34), 57 p.c. à Bowaly (Figure 35) et 20 p.c. à Zepreguhé (Figure 36). Ces parcelles sont dites « Sans ombrage ». Les parcelles sous ombrage ont présenté un ombrage faible avec 38 p.c., 27 p.c., 22 p.c. et 45 p.c., un ombrage moyen avec 10 p.c., 23 p.c., 13 p.c. et 22 p.c. et un ombrage fort avec 14 p.c., 12 p.c., 8 p.c. et 13 p.c. respectivement à Bantikro, à Doboua, à Bowaly et à Zepreguhé. Dans l'ensemble des sites étudiés dans le département de Daloa, 65 à 79 p.c. des parcelles sont sans ombrage ou sous ombrage faible (moins de 25 p.c. d'ombrage).

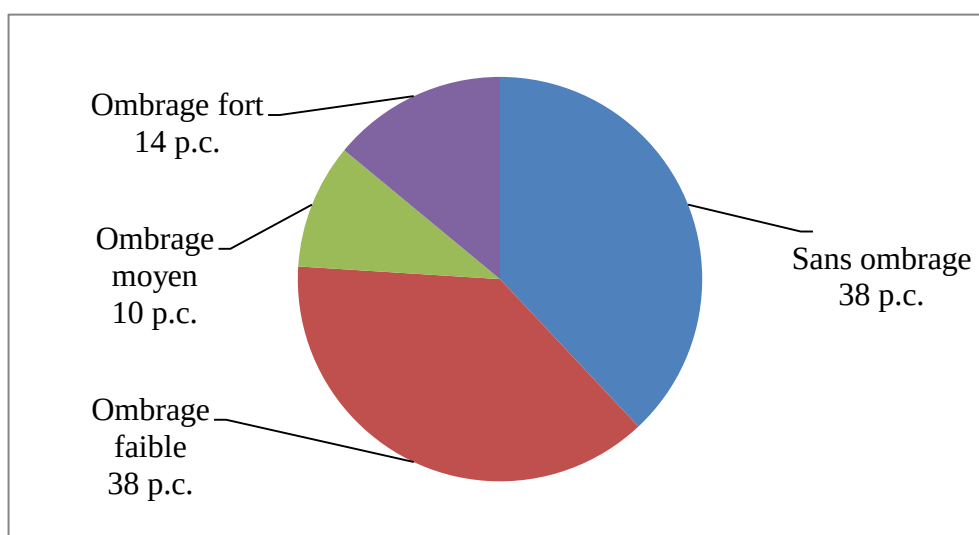


Figure 33 : Proportion des modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro

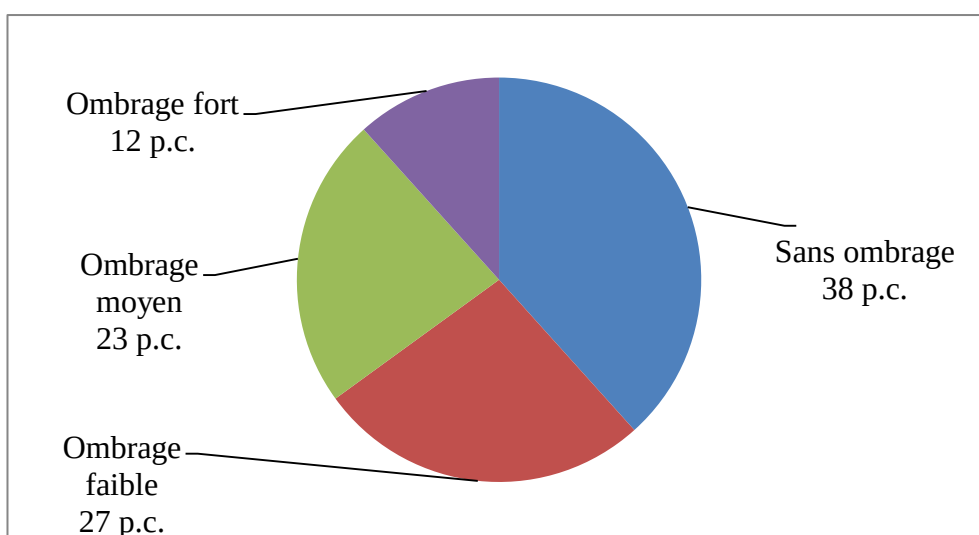


Figure 34 : Proportion des modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua

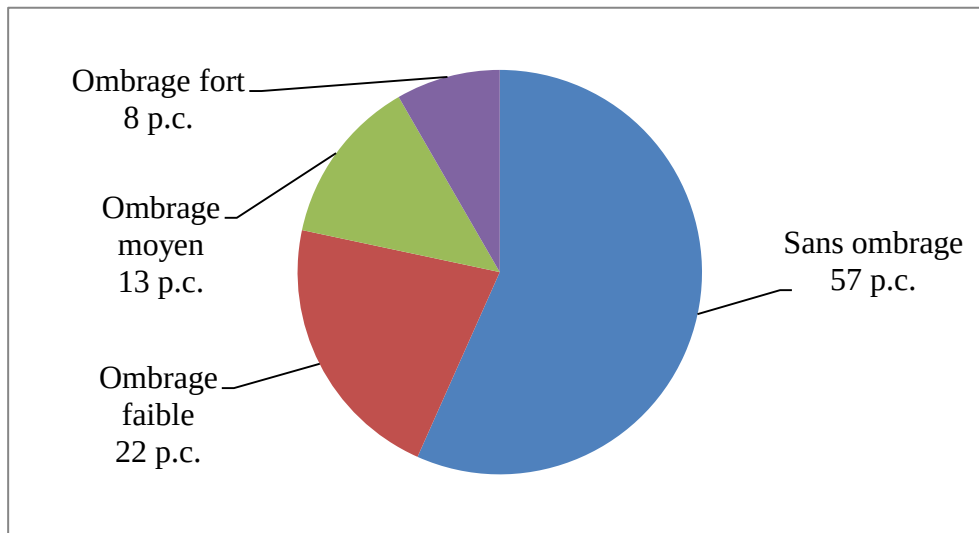


Figure 35 : Proportion des modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly

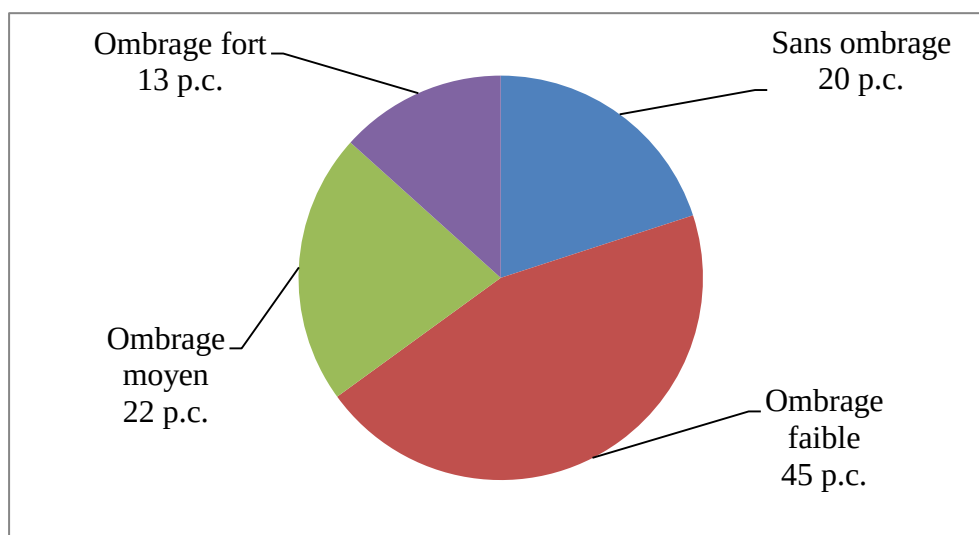


Figure 36 : Proportion des modalités d'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zepreguhé

6.2.2. Types de systèmes agroforestiers à cacaoyers rencontrés

L'analyse factorielle multiple (AFM) basée sur les paramètres structuraux des espèces, les parcelles et les modalités d'ombrage a permis de distinguer trois groupes distincts dans chacun des quatre (4) sites d'études.

A Bantikro, les deux premiers axes de l'AFM mis ensemble représentent 56,95 p.c. de l'information avec 33,63 p.c. pour l'axe 1 et 23,32 p.c. pour l'axe 2 (Figure 37). Le groupe 1 correspondant aux parcelles du type de SAF sans ombrage (0 p.c.), renferme des espèces de petites dimensions (hauteur < 8 m et diamètre < 20 cm) telles que *Citrus sinensis*, *Coffea*

canephora, *Anacardium occidentale*, *Albizia adianthifolia* etc... Le groupe 2 correspond aux parcelles du type de SAF à ombrage léger (< 25 p.c.), renferme des espèces de dimensions moyennes (hauteur située entre 8 et 12 m et diamètre situé entre 20 et 40 cm) comme *Vernonia amygdalina* Del (Asteraceae), *Funtumia africana*, *Albizia zygia*, *Newbouldia laevis*, etc... Le groupe 3 renfermant les parcelles du type de SAF à ombrage dense (> 25 p.c.) avec des espèces de grandes dimensions (hauteur > 12 m et diamètre > 40 cm) telles que *Antiaris toxicaria*, *Bombax buenopozense*, *Ceiba pentandra*, *Ricinodendron heudelotii* etc...

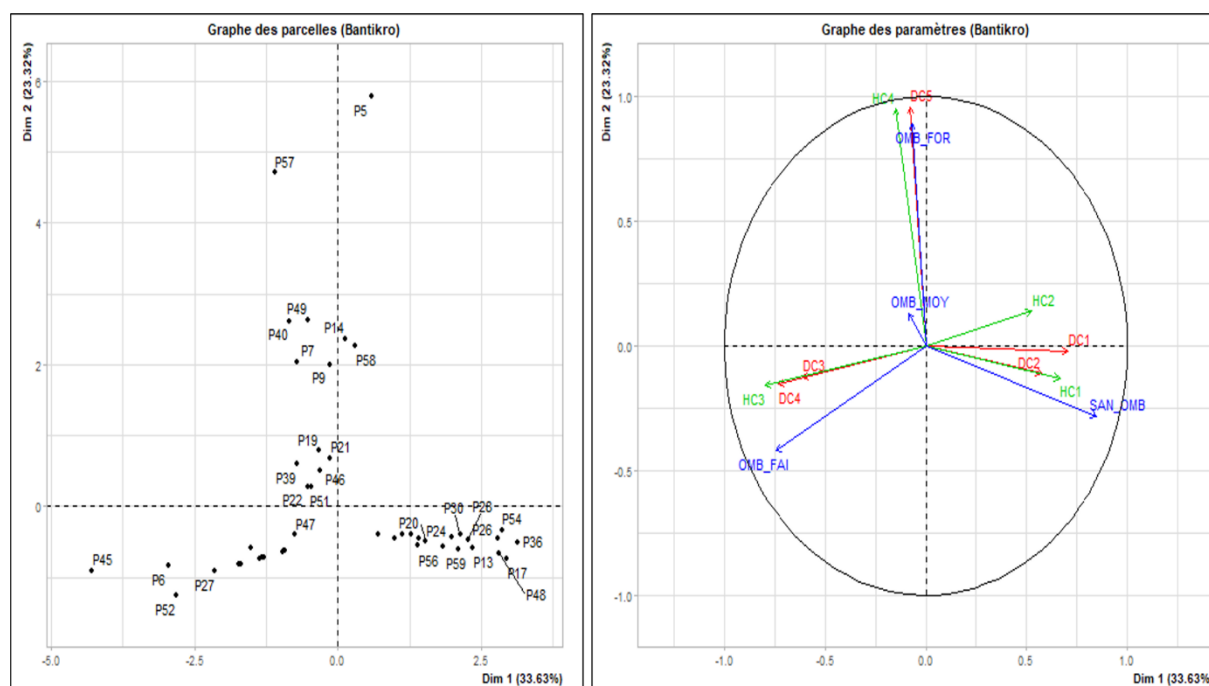


Figure 37 : Représentation graphique des parcelles, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple (AFM) des SAF à cacaoyers de Bantikro

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

HC1 : [2 – 4 m [; HC2 : [4 – 8 m [; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m

SAN_OMB=Sans ombrage, OMB_FAI=Ombrage faible, OMB_MOY=Ombrage moyen, OMB_FOR=Ombrage fort

A Doboua, les deux premiers axes mis ensemble représentent 55,43 p.c. de l'information avec 30,29 p.c. pour l'axe 1 et 25,14 p.c. pour l'axe 2 (Figure 38). Le groupe 1 correspondant aux parcelles du type de SAF sans ombrage (0 p.c.), renferme des espèces de petites dimensions (hauteur < 4 m et diamètre < 10 cm) telles que *Citrus limon*, *Coffea canephora*, *Anacardium occidentale*, *Ficus exasperata* etc... Le groupe 2 correspondant aux parcelles du type de SAF à ombrage léger (< 25 p.c.), renferme des espèces de dimensions moyennes (hauteur située entre 4 et 12 m et diamètre situé entre 10 et 30 cm) comme

Sterculia tragacantha, *Myrianthus arboreus*, *Albizia zygia*, *Newbouldia laevis*, *Margaritaria discoidea* (Baill.) Webster (Phyllanthaceae), etc... Le groupe 3 renferme les parcelles du type de SAF à ombrage dense (> 25 p.c.) avec des espèces de grandes dimensions (hauteur > 12 m et diamètre > 30 cm) telles que *Terminalia superba*, *Piliostigma thonningii*, *Lannea acida*, *Ricinodendron heudelotii* etc...

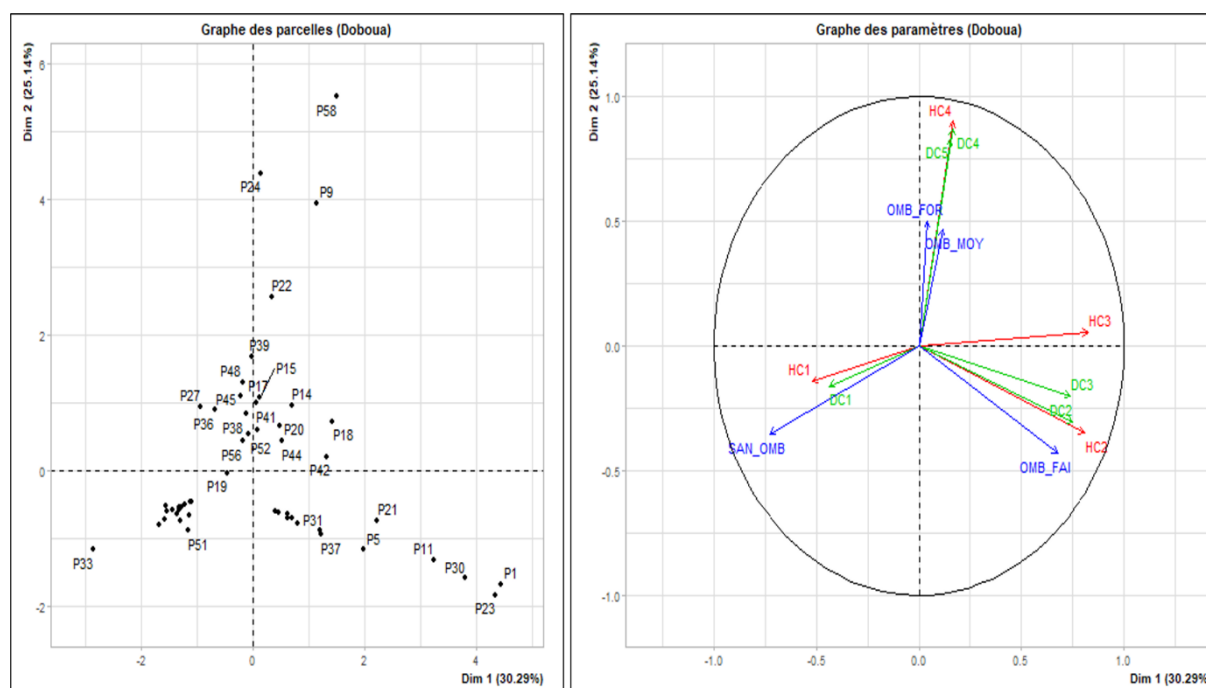


Figure 38 : Représentation graphique des espèces, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple (AFM) des SAF à cacaoyers de Doboua

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

HC1 : [2 – 4 m [; HC2 : [4 – 8 m [; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m

SAN_OMB=Sans ombrage, OMB_FAI=Ombrage faible, OMB_MOY=Ombrage moyen, OMB_FOR=Ombrage fort

A Bowaly, les deux premiers axes mis ensemble représentent 60,07 p.c. de l'information avec 32,67 p.c. pour l'axe 1 et 25,52 p.c. pour l'axe 2 (Figure 39). Le groupe 1 correspondant aux parcelles du type de système agroforestier sans ombrage (0 p.c.), renferme des espèces de petites dimensions (hauteur < 8 m et diamètre < 10 cm) telles que *Citrus sinensis*, *Coffea canephora*, *Psidium guajava*, *Mallotus oppositifolius* (Geisel.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) etc... Le groupe 2 correspond aux parcelles du type de système agroforestier à ombrage léger (< 25 p.c.). Ce groupe renferme des espèces de dimensions moyennes (hauteur située entre 8 et 12 m et diamètre situé entre 10 et 30 cm) comme *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Myrianthus arboreus*, *Albizia zygia*, *Newbouldia laevis*, *Ficus exasperata*, etc... Le groupe 3 renfermant les parcelles du type de système agroforestier à ombrage dense

(> 25 p.c.) avec des espèces de grandes dimensions (hauteur > 12 m et diamètre > 30 cm) telles que *Antiaris toxicaria*, *Spathodea campanulata*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia ivorensis* etc...

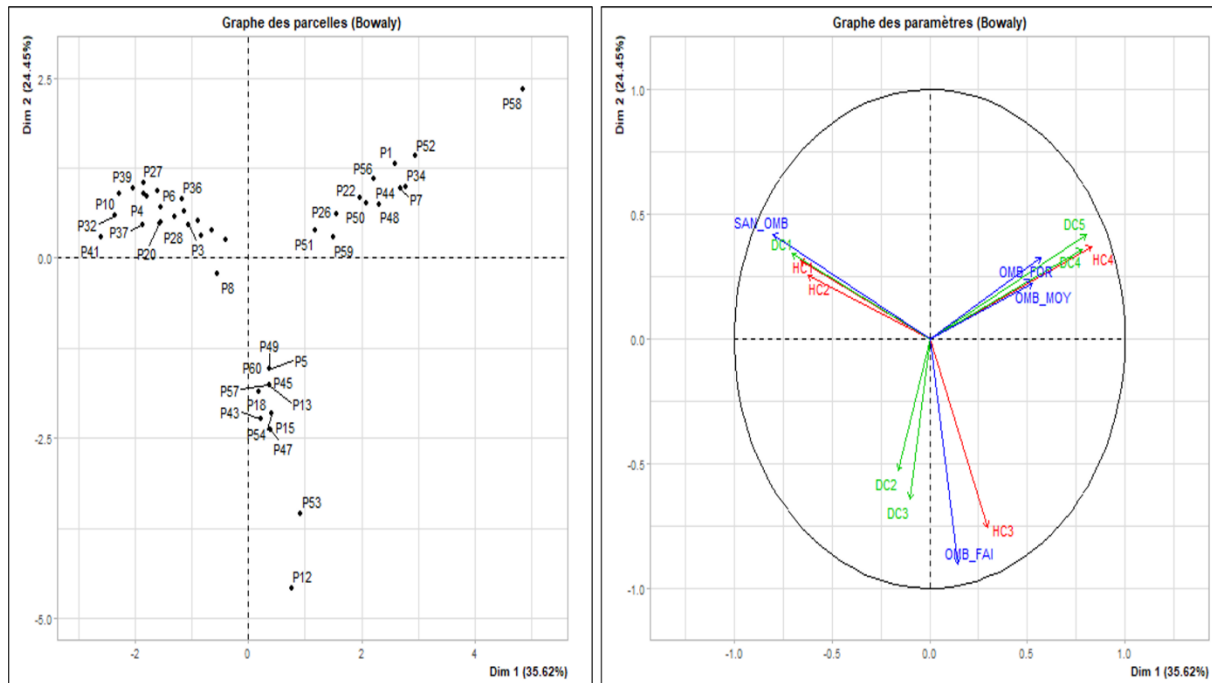


Figure 39 : Représentation graphique des espèces, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple (AFM) des SAF à cacaoyers de Bowaly

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

HC1 : [2 – 4 m [; HC2 : [4 – 8 m [; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m

SAN_OMB=Sans ombrage, OMB_FAJ=Ombrage faible, OMB_MOY=Ombrage moyen, OMB_FOR=Ombrage fort

A Zepreguhé, les deux premiers axes mis ensemble représentent 56,66 p.c. de l'information avec 29,92 p.c. pour l'axe 1 et 26,74 p.c. pour l'axe 2 (Figure 40). Le groupe 1 correspondant aux parcelles du type de SAF sans ombrage (0 p.c.), renferme des espèces de petites dimensions (hauteur < 8 m et diamètre < 10 cm) telles que *Citrus limon*, *Coffea canephora*, *Annona muricata*, *Albizia adianthifolia* etc.... Le groupe 2 correspond aux parcelles du type de SAF à ombrage léger (< 25 p.c.). Ce groupe renferme des espèces de dimensions moyennes (hauteur située entre 8 et 12 m et diamètre situé entre 10 et 30 cm) comme *Moringa oleifera*, *Margaritaria discoidea*, *Sterculia tragacantha*, *Citrus reticulata* Blanco (Rutaceae), *Ficus exasperata*, etc.... Le groupe 3 renferme les parcelles du type de SAF à ombrage dense (> 25 p.c.) avec des espèces de grandes dimensions (hauteur > 12 m et

diamètre > 30 cm) telles que *Entandrophragma angolense*, *Khaya ivorensis*, *Ficus goliath* A.Chev. (Moraceae), *Adansonia digitata* Linn. (Malvaceae), etc....

Cette étude montre qu'il existe trois (3) types de SAF à cacaoyers dans le département de Daloa. Ce sont : Les SAF à sans ombrage, les SAF à ombrage léger et les SAF à ombrage dense.

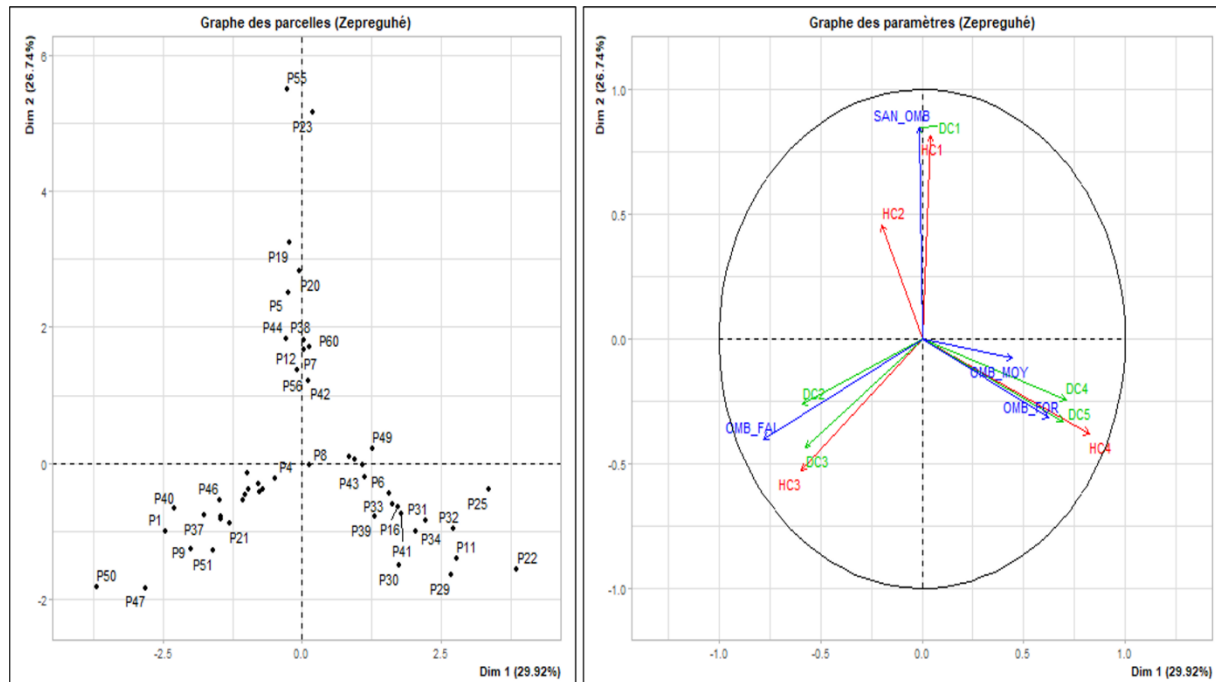


Figure 40 : Représentation graphique des espèces, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple (AFM) des SAF à cacaoyers de Zepreguhé

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

HC1 : [2 – 4 m [; HC2 : [4 – 8 m [; HC3 : [8 – 12 m [et HC4 : ≥ 12 m

SAN_OMB=Sans ombrage, OMB_FAI=Ombrage faible, OMB_MOY=Ombrage moyen, OMB_FOR=Ombrage fort

6.3. Effet des types de systèmes agroforestiers sur le rendement en cacao dans le département de Daloa

6.3.1. Rendement potentiel et ses composantes

Dans les SAF à cacaoyers du département de Daloa, la densité moyenne des cacaoyers est de 1087 individus/ha avec une production moyenne de 26 cabosses par individu sur toute l'année. Il ressort de cette étude que le rendement potentiel moyen en cacao des SAF à cacaoyers du département de Daloa est de 1089,94 kg/ha/an (Tableau VIII).

Tableau VIII : Rendement potentiel moyen en cacao et ses composantes dans l'ensemble des SAF à cacaoyers du département de Daloa

Paramètres	Valeurs moyennes
Nombre de cabosse/indivus/an	26 ± 10,4
Densité des cacaoyers/ha	1087 ± 341,63
Rendement Potentiel (kg/ha/an)	1089,94 ± 511,34

Dans les différentes localités, la comparaison du rendement potentiel et ces composantes entre les sites montre que les systèmes agroforestiers de Bantikro (1200 individus/ha), de Doboua (1212 individus/ha) et de Bowaly (937 individus/ha) ont des densités de cacaoyers plus élevées que les systèmes agroforestiers de Zepreguhé qui ont en moyenne 750 individus/ha. La comparaison des moyennes effectuée à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que la densité moyenne des cacaoyers dans les systèmes agroforestiers est significativement différente entre les sites ($X^2 = 34,96$; $P=0,001$) (Tableau IX). Concernant le nombre moyen de cabosses par cacaoyers, les résultats montrent que les cacaoyers des systèmes agroforestiers de Zepreguhé (32 cabosses/individu/an) et de Bantikro (29 cabosses/individu/an) ont une production en cabosses de cacao plus élevée que les systèmes agroforestiers de Doboua (20 cabosses/individu/an) et de Bowaly (17 cabosses/individu/an). La comparaison des moyennes à partir du test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que le nombre moyen de cabosses par cacaoyer des différents sites est significativement différent ($X^2 = 52,31$; $P=0,001$). Pour le rendement potentiel en cacao des systèmes agroforestiers, la localité de Bantikro présente la moyenne la plus élevée avec 1347,11 kg/ha/an. La comparaison des moyennes à partir du test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que le rendement potentiel des systèmes agroforestiers des différents sites est significativement différent ($X^2 = 23,22$; $P=0,001$).

Tableau IX : Rendement potentiel moyen en cacao et ses composantes dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers par site

Sites	Rendement Potentiel (kg/ha/an)	Nombre de cabosse/cacaoyer/an	Densité des cacaoyers/ha
Bantikro	1347,11 a	29 a	1200 a
Doboua	785,81 b	20 b	1212 a
Bowaly	717,95 b	17 b	937 a
Zepreguhé	1009,89 b	32 a	750 b
Test statistique	$X^2 = 23,22$; $P=0,001$	$X^2 = 52,31$; $P=0,001$	$X^2 = 34,96$; $P=0,001$

Kruskal-Wallis : les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.3.2. Relation entre les types de systèmes agroforestiers et la production en cacao

6.3.2.1. Relation entre les types de systèmes agroforestiers et la densité des cacaoyers

Les résultats portant sur la relation entre les types de systèmes agroforestiers et la densité des cacaoyers dans le département de Daloa montrent que les systèmes agroforestiers à ombrage léger présentent les plus fortes densités dans les quatre (4) sites avec en moyenne de 1275 cacaoyers/ha à Bantikro, 1450 cacaoyers/ha à Doboua, 1575 cacaoyers/ha à Bowaly et 925 cacaoyers/ha à Zepreguhé (Tableau X). Ces systèmes sont suivis par les systèmes agroforestiers à ombrage dense à Bantikro (1125 cacaoyers/ha), Doboua (1275 cacaoyers/ha) et Zepreguhé (857 cacaoyers/ha). Cependant à Bowaly, les systèmes agroforestiers à ombrage léger sont suivis par les systèmes agroforestiers sans ombrage qui ont une densité moyenne de 925 cacaoyers/ha. Les systèmes agroforestiers sans ombrage ont la plus faible densité à Bantikro, Doboua et Zepreguhé avec respectivement 1062 cacaoyers/ha, 1087 cacaoyers/ha et 578 cacaoyers/ha. La comparaison des moyennes effectuée à travers les tests non-paramétrique de Kruskal-Wallis et paramétrique Anova montre que la densité moyenne des cacaoyers dans les types de SAF à cacaoyers n'est pas significativement différente à Bantikro ($X^2 = 2,59$; $P = 0,272$), à Doboua ($F = 1,61$; $P=0,214$) et à Zepreguhé ($F=1,63$; $P = 0,226$) contrairement à Bowaly où la comparaison des moyennes effectuée à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que la densité moyenne des cacaoyers est significativement différente entre les types de systèmes agroforestiers ($X^2 = 8,33$; $P = 0,015$).

Dans la majorité des sites d'études, la densité de cacaoyers dans les différents types de systèmes agroforestiers est proche sauf à Bowaly où les systèmes agroforestiers à ombrage léger présentent des densités plus élevées.

Tableau X : Densité des cacaoyers dans les types de systèmes agroforestiers par site

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	1125	1275	925 ab	857
SAF à ombrage léger	1275	1450	1575 a	925
SAF sans ombrage	1062	1087	800 b	578
Test statistique	$X^2=2,59$; $P=0,272$	$F=1,61$; $P=0,214$	$X^2=8,33$; $P=0,015$	$F=1,63$; $P=0,226$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.3.2.2. Relation entre les types de systèmes agroforestiers et le nombre de cabosse

L'étude de la relation entre les types de systèmes agroforestiers et le nombre moyen de cabosses par cacaoyers dans le département de Daloa montre que les systèmes agroforestiers à ombrage léger ont les moyennes les plus élevées dans tous les sites avec 31

cabosses/individu/an à Bantikro, 27 cabosses/cacaoyer/an à Doboua, 22 cabosses/individu/an à Bowaly et 37 cabosses/individu/an à Zepreguhé (Tableau XI). Ces systèmes sont suivis par les systèmes agroforestiers sans ombrage dans tous les sites avec 27 cabosses/individu/an à Bantikro, 17 cabosses/cacaoyer/an à Doboua et 30 cabosses/individu/an à Zepreguhé. Les systèmes agroforestiers à ombrage dense présentent le nombre moyen de cabosses le plus faible à Bantikro (26 cabosses/individu/an), Doboua (11 cabosses/cacaoyer/an) et Zepreguhé (27 cabosses/individu/an). Dans la localité de Bowaly, les systèmes agroforestiers à ombrage dense et sans ombrage ont présentés chacun 19 cabosses/individu/an. La comparaison des moyennes effectuée à travers les tests non-paramétrique de Kruskal-Wallis et paramétrique Anova montre que le nombre moyen de cabosses par cacaoyer des types de systèmes agroforestiers n'est pas significativement différent à Bantikro ($X^2=3,55$; $P=0,169$), à Bowaly ($F=0,58$; $P=0,564$) et à Zepreguhé ($F=4,57$; $P=0,101$) sauf à Doboua où la comparaison des moyennes effectuée à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que le nombre moyen de cabosses par cacaoyer des types de systèmes agroforestiers est significativement différent ($X^2=9,33$; $P=0,009$).

Dans la majorité des sites d'études, le nombre moyen de cabosses par cacaoyer dans les différents types de systèmes agroforestiers est proche, sauf à Doboua où les systèmes agroforestiers à ombrage léger présentent des valeurs significativement plus élevées.

Tableau XI : Nombre de cabosse par cacaoyers en une année des types de systèmes agroforestiers à cacaoyers par site

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	26	11 b	19	27
SAF à ombrage léger	31	27 a	22	37
SAF sans ombrage	27	17 ab	19	30
Test statistique	$X^2=3,55$; $P=0,169$	$X^2=9,33$; $P=0,009$	$F=0,58$; $P=0,564$	$F=4,57$; $P=0,101$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.3.2.3. Relation entre les types de systèmes agroforestiers et le rendement potentiel

L'analyse de la relation entre les types de systèmes agroforestiers et le rendement potentiel dans le département de Daloa montre que les systèmes agroforestiers à ombrage léger ont les moyennes les plus élevées à Bantikro (1523,52 kg/ha/an), Doboua (1510,88 kg/ha/an), Bowaly (1014,3 kg/ha/an) et Zepreguhé (1367,65 kg/ha/an) (Tableau XII). Ils sont suivis par les systèmes agroforestiers à ombrage dense à Bantikro, Bowaly et Zepreguhé avec respectivement 1311,89 kg/ha/an, 718,46 kg/ha/an et 1075,77 kg/ha/an. Dans la localité de

Doboua, les systèmes agroforestiers à ombrage léger sont suivis par les systèmes agroforestiers sans ombrage avec 747,51 kg/ha/an. Les systèmes agroforestiers sans ombrage présentent le rendement potentiel moyen le plus faible à Bantikro (1182,34 kg/ha/an), Bowaly (632,93 kg/ha/an) et Zepreguhé (797,47 kg/ha/an). La comparaison des moyennes à travers les tests non-paramétrique de Kruskal-Wallis et paramétrique Anova montre que le rendement potentiel moyen des types de systèmes agroforestiers est significativement différent à Bantikro ($X^2=7,38$; $P=0,024$), Doboua ($X^2 =11,42$; $P=0,003$), Bowaly ($X^2 =8,53$; $P=0,014$) et Zepreguhé ($F=3,73$; $P=0,048$).

Dans l'ensemble des quatre sites étudiés, les systèmes agroforestiers à ombrage léger ont présenté les rendements potentiels les plus élevés.

Tableau XII : Rendement potentiel moyen en cacao des types de systèmes agroforestiers à cacaoyers par site

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	1311,89 ab	530,92 b	718,46 b	1075,77 ab
SAF à ombrage léger	1523,52 a	1510,88 a	1014,3 a	1367,65 a
SAF sans ombrage	1182,34 b	747,51 b	632,93 b	797,47 b
Test statistique	$X^2 =7,38$; $P=0,024$	$X^2 =11,42$; $P=0,003$	$X^2 =8,53$; $P=0,014$	$F=3,73$; $P=0,048$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.3.3. Niveau d'ombrage favorable au rendement des cacaoyers

L'étude de l'évolution du rendement potentiel en fonction de l'ombrage des parcelles effectuée à partir d'une courbe de moyenne mobile montre que le rendement potentiel moyen le plus élevé est obtenu à 20 p.c. d'ombrage dans l'ensemble des systèmes agroforestiers du département de Daloa (Figure 41).

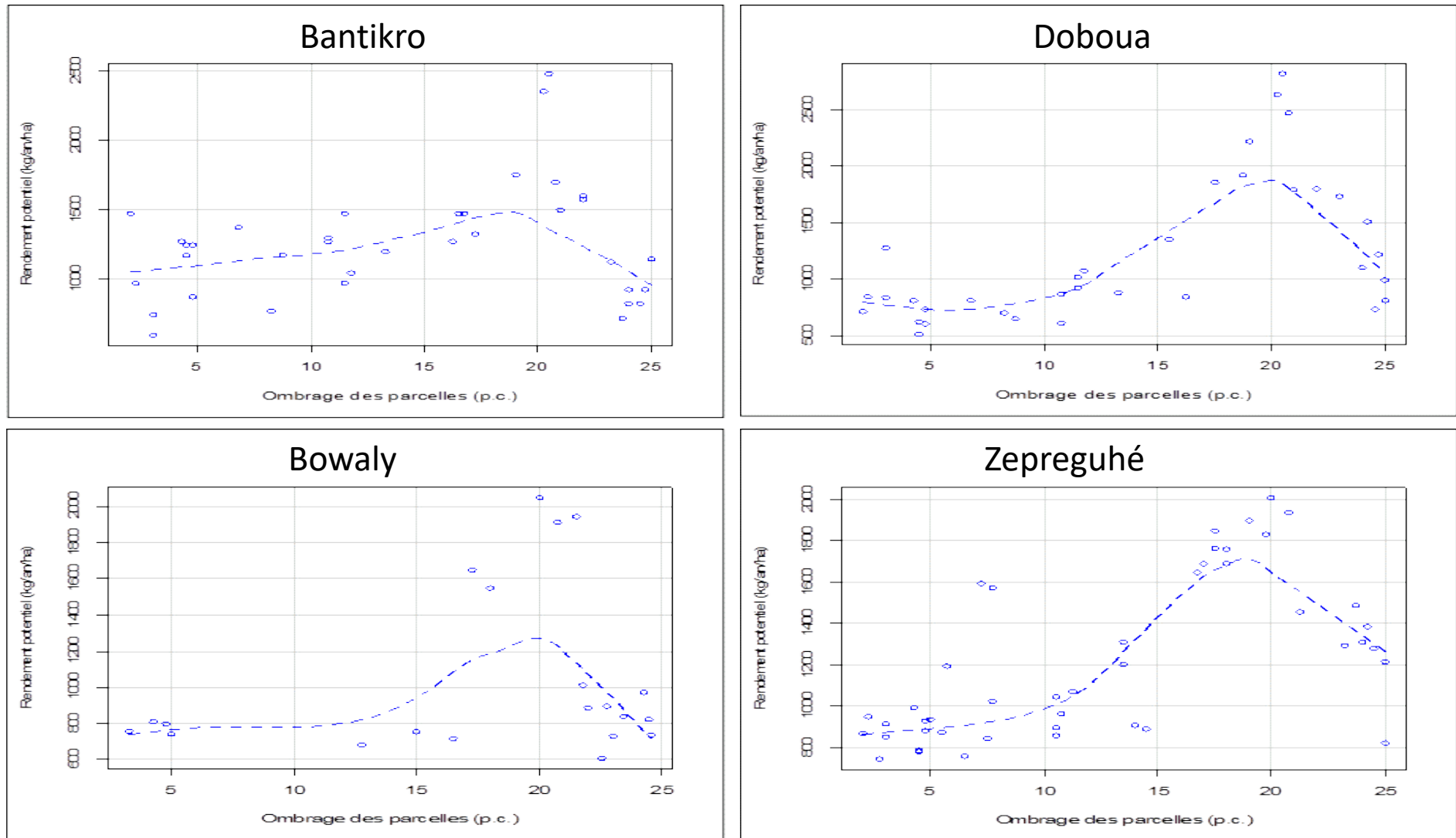


Figure 41 : Courbe de l'évolution de l'ombrage des parcelles en fonction du rendement potentiel dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Daloa

6.4. Résilience des types de systèmes agroforestiers à cacaoyers du département Daloa

6.4.1. Symptômes rencontrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

Dans l'ensemble des 4 sites, 8 symptômes de maladies et ravageurs ont été détectés sur les cacaoyers (Figure 42). La pourriture des cabosses a présenté des taches translucides sur les cabosses qui envahissent par la suite toute la surface du fruit (Figure 42 A). Les foreurs de tiges quant à eux sont responsables des orifices présentes sur le tronc des cacaoyers et reconnaissables par la présence de déchets rougeâtres qui s'échappent des trous (Figure 42 B). Concernant les Loranthacées, ce sont des plantes parasites qui vivent aux dépens du cacaoyer (Figure 42 C). Les mousses vertes sont principalement retrouvées sur les troncs et les branches des cacaoyers (Figure 42 D). Les dégâts des mirides ont été relevés à travers les taches noires présents sur les cabosses (Figure 42 E). Les chancres ont été détectés à partir des cassures que présentaient certains troncs et branches de cacaoyers (Figure 42 F). Pour les termites, la détection a été faite à partir des galeries construites sur les cacaoyers, mais quelquefois par des termitières construites sur les cacaoyers (Figure 42 G). Enfin, les dégâts provoqués par les rongeurs ont été observés sur les cabosses dans lesquelles ils ont aménagé des ouvertures afin de retirer les fèves. Ces ouvertures présentaient des morsures caractéristiques des rongeurs tels que les écureuils et les rats (Figure 42 H).

6.4.2. Proportion de cacaoyers infestés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

Les résultats des analyses sur les proportions des infestations montrent que les chancres présentent les plus fortes moyennes dans les localités de Bantikro et Zepreguhé avec respectivement 69,24 p.c. et 68,29 p.c. de cacaoyers attaqués (Figure 43 et 46). Ils sont suivis dans ces deux (2) localités par la pourriture des cabosses et des dégâts des mirides avec respectivement 48,56 p.c. et 45,17 p.c. de cacaoyers attaqués à Bantikro et 54,46 p.c. et 49,69 p.c. de cacaoyers attaqués à Zepreguhé. Dans les localités de Doboua et de Bowaly, les proportions d'infestations les plus élevées sont observées au niveau des chancres avec des moyennes respectives de 63,88 p.c. et 72 p.c. de cacaoyers attaqués (Figure 44 et 45). Les plus faibles proportions d'infestations sont observées au niveau des foreurs de tige et des Loranthacées avec respectivement 4,63 p.c. et 12,11 p.c. de cacaoyers attaqués à Bantikro, 12,8 p.c. et 12,2 p.c. de cacaoyers attaqués à Bowaly et 7,47 p.c. et 5,1 p.c. de cacaoyers attaqués à Zepreguhé. A Doboua, la plus faible proportion est observée au niveau des loranthacées avec une moyenne de 3,6 p.c. de cacaoyers attaqués. La comparaison des moyennes à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis indique que les proportions moyennes des infestations sont significativement différentes à Bantikro



Figure 42 : Symptômes de maladies et ravageurs de cacaoyers rencontrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa ; A) Pourriture des cabosses, B) Foreur de tige, C) Loranthacée, D) Mousse, E) Dégâts des mirides, F) Chancres, G) Termites, H) Dégâts des rongeurs

($X^2=291,71$; $P = 0,001$), Doboua ($X^2=291,71$; $P = 0,001$), Bowaly ($X^2=174,34$; $P = 0,001$) et Zepreguhé ($X^2=259,49$; $P = 0,001$). Ces résultats montrent que les proportions du chancre, de la pourriture des cabosses et des dégâts des mirides sont significativement supérieures aux celles des autres infestations dans tous les sites.

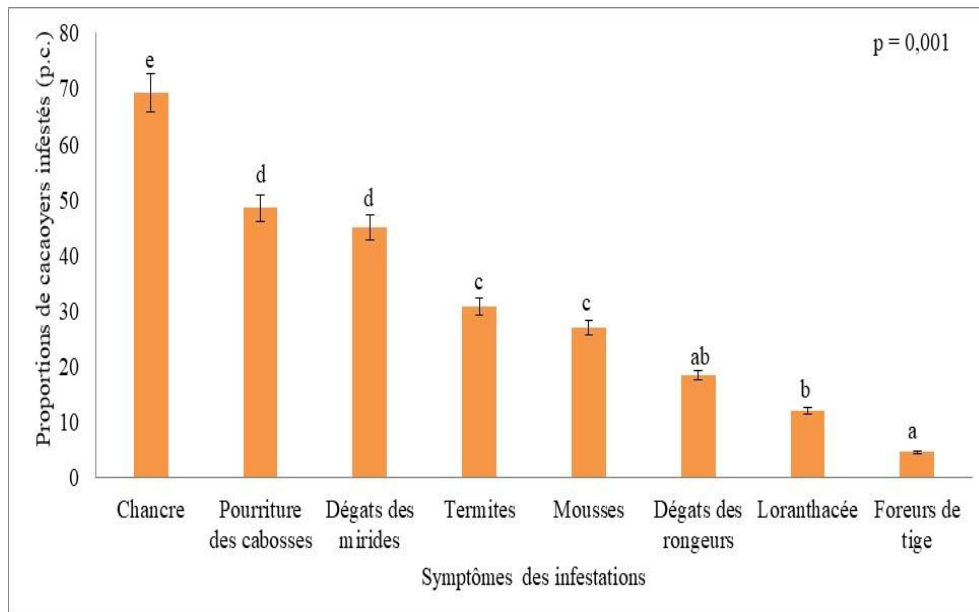


Figure 43 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro : variations des proportions

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

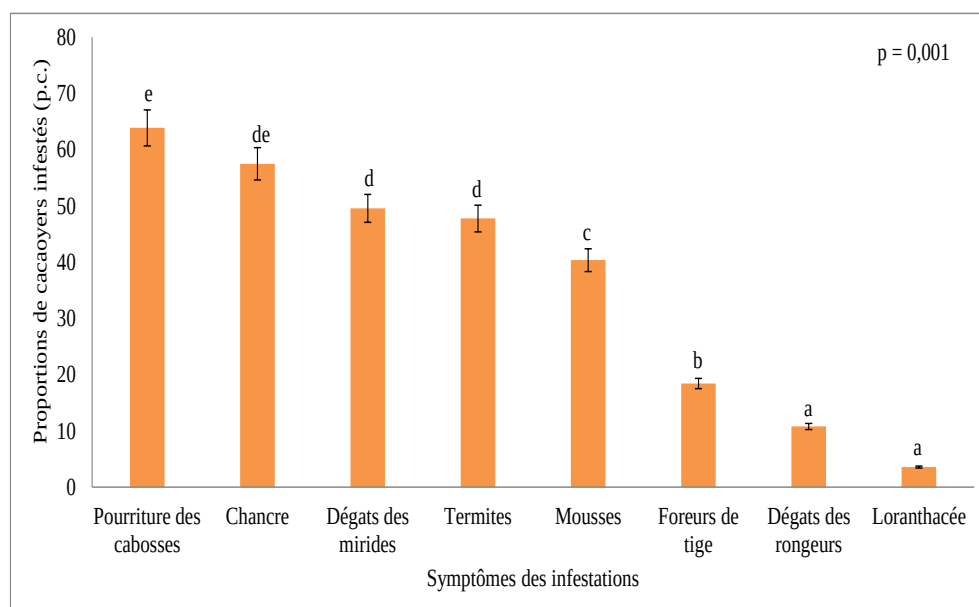


Figure 44 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Doboua : variations des proportions

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

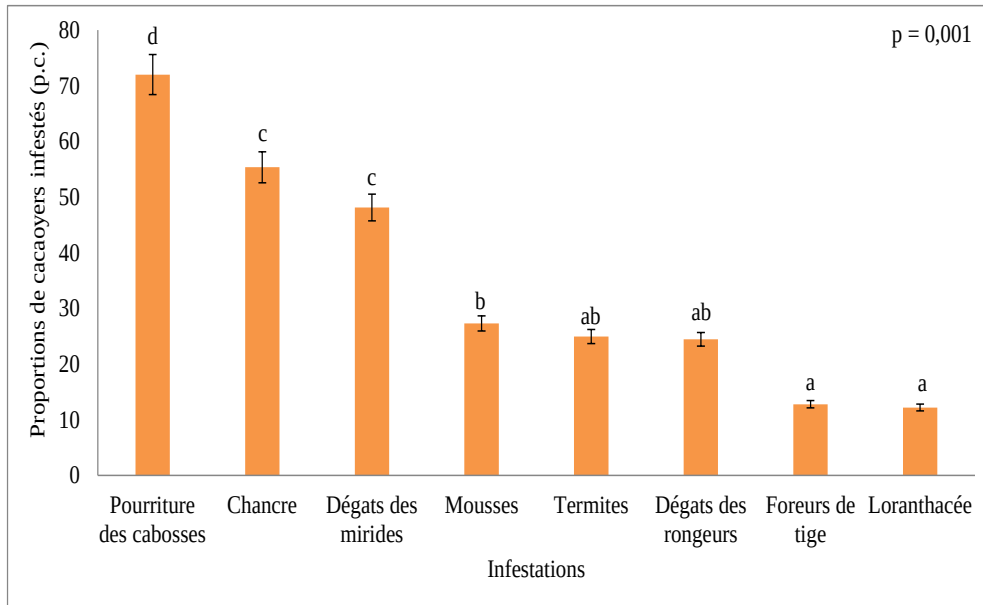


Figure 45 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly : variations des proportions

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

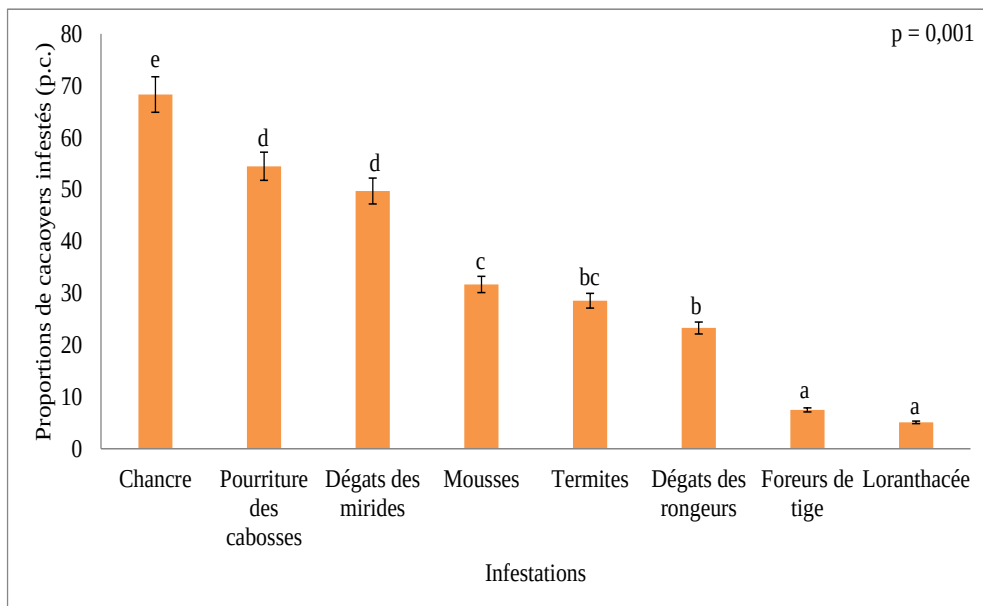


Figure 46 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zeprehuhé : variations des proportions

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.4.3. Sévérité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'étude de la sévérité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers montre que la pourriture des cabosses, les chancre et les dégâts des mirides ont présenté les indices de sévérité les plus élevés avec respectivement une moyenne de 23,21 p.c., 19,46 p.c. et 16,33 p.c. à Bantikro, 20,77 p.c., 16,59 p.c. et 17,14 p.c. à Doboua et 38,86 p.c., 14,03 p.c. et 12,55 p.c. à Bowaly (Figure 47, 48 et 49). Dans la localité de Zepreguhé, les plus fortes sévérités ont été seulement observées au niveau de la pourriture des cabosses (24,73 p.c.) et des chancre (19,89 p.c.) (Figure 50). Les plus faibles indices de sévérité sont observés au niveau des foreurs de tige à Bantikro (0,73 p.c.) et à Zepreguhé (2,04 p.c.) et des loranthacées à Doboua (0,88 p.c.), Bowaly (3,18 p.c.) et Zepreguhé (1,68 p.c.). La comparaison des moyennes à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que les sévérités moyennes des infestations sont significativement différentes à Bantikro ($X^2=125,43$; $P = 0,001$), Doboua ($X^2=125,43$; $P = 0,001$), Bowaly ($X^2=86,818$; $P = 0,001$) et Zepreguhé ($X^2=251,12$; $P = 0,001$). Ces résultats indiquent que les sévérités du chancre, de la pourriture des cabosses et des dégâts des mirides sont significativement supérieures aux sévérités des autres infestations.

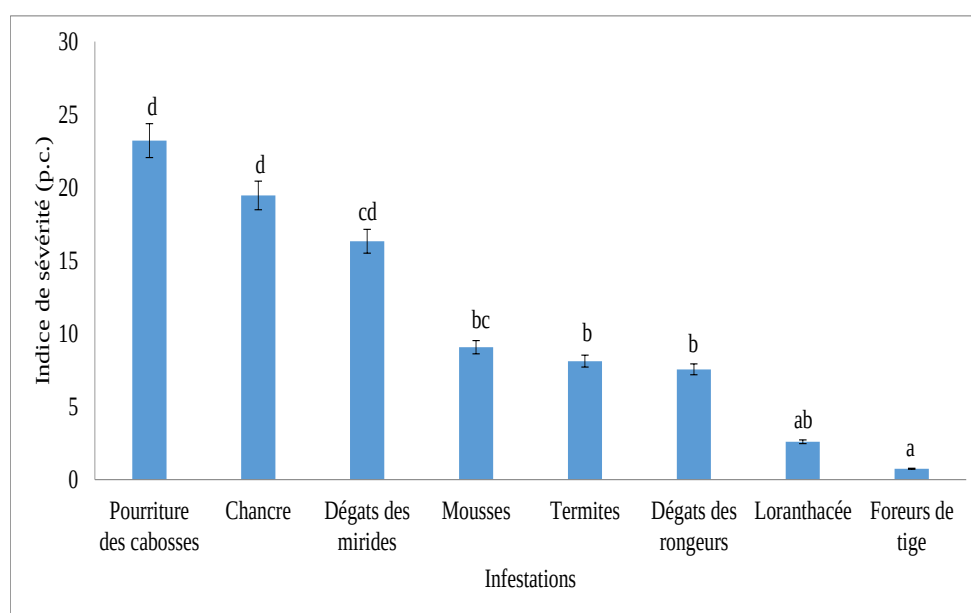


Figure 47 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bantikro : variations de la sévérité

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Tukey, $\alpha = 0,05$)

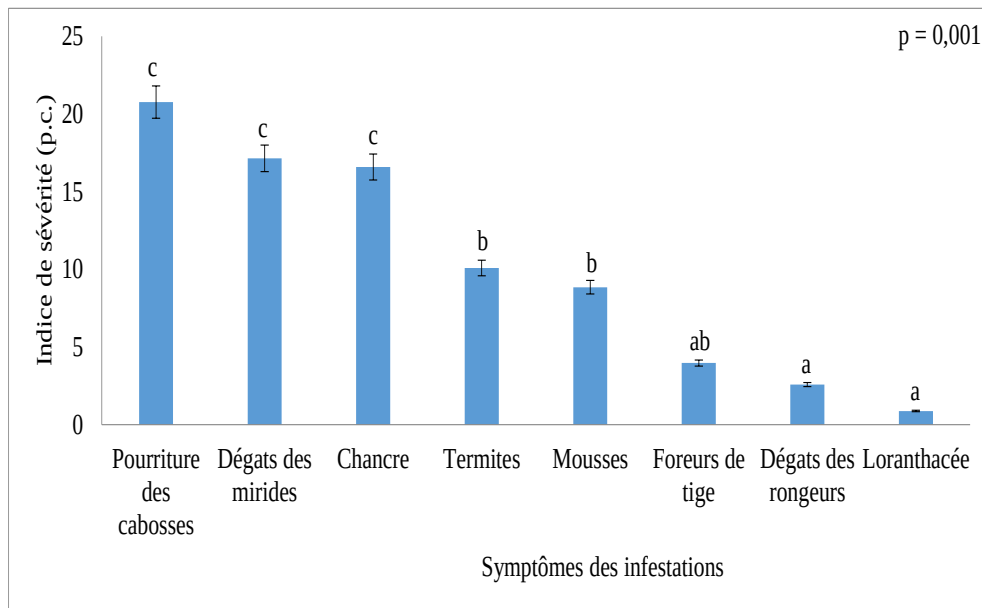


Figure 48 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Dobou : variations de la sévérité
Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

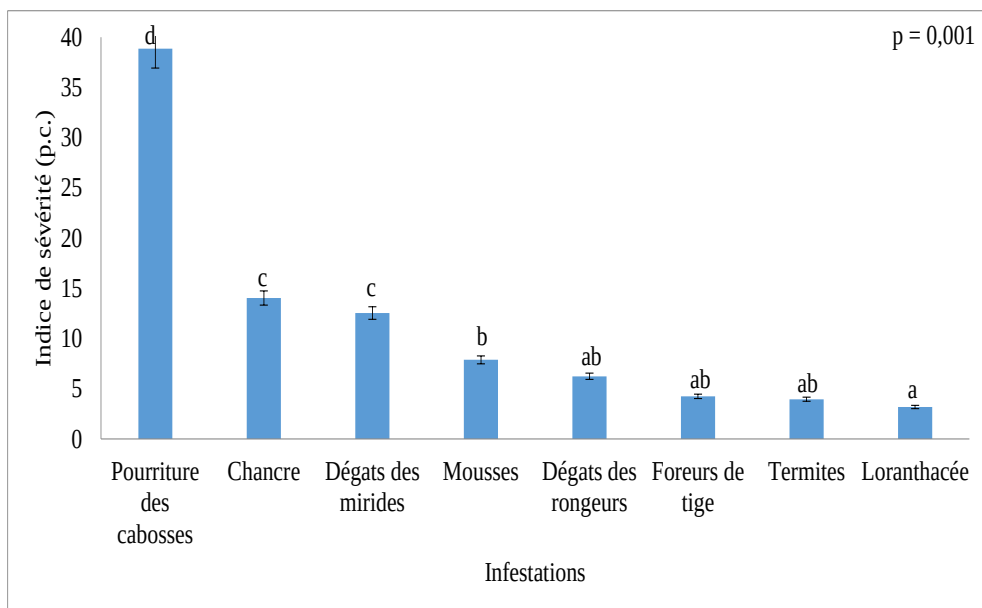


Figure 49 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Bowaly : variations de la sévérité
Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

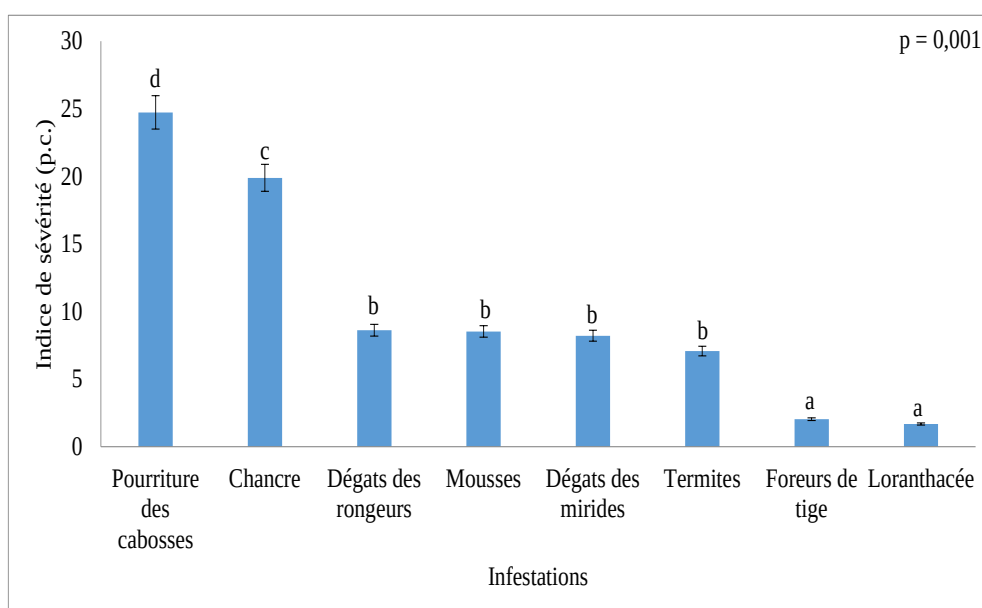


Figure 50 : Représentativité des infestations dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de Zeprehu : variations de la sévérité

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.4.4. Proportion des infestations dominantes dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

6.4.4.1. Proportion des chancres dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'étude des proportions des infestations dominantes dans les systèmes agroforestiers montre que celle du chancre est plus élevée dans les systèmes agroforestiers sans ombrage des 4 sites d'études avec une moyenne de 80,35 p.c. à Bantikro, 66,64 p.c. à Doboua, 69,56 p.c. à Bowaly et 80,7 p.c. à Zeprehu (Tableau XIII). Les plus faibles proportions moyennes de chancres sont obtenues dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense à Bantikro (60,86 p.c.), Bowaly (27 p.c.) et Zeprehu (57,93 p.c.). Dans la localité de Doboua, les plus faibles incidences du chancre sont obtenues dans les systèmes agroforestiers à ombrage léger (23,76 p.c.). La comparaison des moyennes effectuée à travers le test paramétrique Anova montre que les proportions moyennes du chancre dans les types de systèmes agroforestiers sont significativement différentes à Bantikro ($F=7,0177$; $P = 0,009$), Doboua ($F=11,63$; $P = 0,001$), Bowaly ($F=19,20$; $P = 0,001$) et Zeprehu ($F=6,82$; $P = 0,006$). Ces analyses montrent que les proportions de cacaoyers attaqués par les chancres dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense sont significativement inférieures à celles observées dans les systèmes agroforestiers sans ombrage et à ombrage léger dans l'ensemble des sites sauf à

Doboua où le système agroforestier à ombrage léger présente les proportions de chancre les plus faibles.

Tableau XIII : Proportion des chancres dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	60,86 a	57,12 b	27 a	57,93 a
SAF à ombrage léger	68,96 ab	23,76 a	38,08 a	59,34 a
SAF sans ombrage	80,35 b	66,64 b	69,56 b	80,7 b
Test statistique	$F=7,01$; $P=0,009$	$F=11,63$; $P=0,001$	$F=19,20$; $P=0,001$	$F=6,82$; $P=0,006$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.4.4.2. Proportion de la pourriture de cabosses dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

Les résultats de l'analyse des proportions de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers montrent que les proportions les plus élevées ont été observées dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense dans les 4 sites avec une moyenne de 75,67 p.c. à Bantikro, 82,72 p.c. à Doboua, 70,26 p.c. à Bowaly et 66,66 p.c. à Zepreguhé (Tableau XIV). Ces systèmes sont suivis par les systèmes agroforestiers à ombrage léger et sans ombrage avec respectivement des proportions de 48,48 et 41,93 p.c. à Bantikro, de 43,29 et 32 p.c. à Doboua, de 32,43 et 36,92 p.c. Bowaly et 49,07 et 48,52 p.c. à Zepreguhé. La comparaison des moyennes effectuée à travers le test paramétrique Anova montre que les proportions moyennes de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers sont significativement différentes à Bantikro ($F=22,43$; $P = 0,001$), Doboua ($F=6,29$; $P = 0,004$), Bowaly ($F=13,23$; $P = 0,001$) et Zepreguhé ($F=14,24$; $P = 0,001$). Ces tests montrent que les proportions de cacaoyers attaqués par la pourriture des cabosses dans les systèmes agroforestiers sans ombrage et à ombrage léger sont significativement inférieures à celles observées dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense dans tous les sites d'études.

Tableau XIV : Proportion de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	75,67 b	82,72 b	70,26 b	66,66 b
SAF à ombrage léger	48,48 a	43,29 a	32,43 a	49,07 a
SAF sans ombrage	41,93 a	32 a	36,92 a	48,52 a
Test statistique	$F=22,43$; $P=0,001$	$F=6,29$; $P=0,004$	$F=13,23$; $P=0,001$	$F=14,24$; $P=0,001$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.4.4.3. Proportion des dégâts des mirides dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'analyse des proportions des dégâts des mirides montre que les moyennes les plus élevées ont été obtenues dans les systèmes agroforestiers sans ombrage dans l'ensemble des 4 sites d'études avec une moyenne de 50 p.c. à Bantikro, 62,2 p.c. à Doboua, 52,6 p.c. à Bowaly et 48,43 p.c. à Zepreguhé (Tableau XV). Les systèmes agroforestiers à ombrage dense et à ombrage léger ont quant à eux présenté les proportions les plus faibles avec respectivement 19,56 et 26,92 p.c. à Bantikro, 23,52 et 33,56 p.c. à Doboua, 14,44 et 19,04 p.c. à Bowaly et 10,025 et 13,14 p.c. à Zepreguhé. La comparaison des moyennes effectuée à travers les tests non paramétrique de Kruskal-Wallis et paramétrique Anova montre que les proportions moyennes des dégâts des mirides dans les types de systèmes agroforestiers sont significativement différentes à Bantikro ($F=22,43$; $P = 0,001$), à Doboua ($F=26,24$; $P = 0,001$), à Bowaly ($F=19,58$; $P = 0,001$) et à Zepreguhé ($X^2=11,41$; $P = 0,003$). Ces résultats montrent que les proportions de cacaoyers attaqués par les mirides dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense et à ombrage léger sont significativement inférieures à celles observées dans les systèmes agroforestiers sans ombrage dans l'ensemble des sites.

Tableau XV : Proportion des dégâts des mirides dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	19,56 a	23,52 a	14,44 a	10,025 a
SAF à ombrage léger	26,92 a	33,56 a	19,04 a	13,14 a
SAF sans ombrage	50 b	62,2 b	52,6 b	48,43 b
Test statistique	$F=9,2815$; $P=0,001$	$F=26,245$; $P=0,001$	$F=19,586$; $P=0,001$	$X^2 =11,417$; $P=0,003$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.4.5. Sévérité des infestations dominantes dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

6.4.5.1. Sévérité des chancres dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'analyse de la sévérité des infestations dominantes dans les types de systèmes agroforestiers montre que la sévérité de l'attaque des chancres est plus élevée dans les systèmes agroforestiers sans ombrage des 4 sites d'études avec une moyenne de 25,28 p.c. à Bantikro, 27,32 p.c. à Doboua, 16,25 p.c. à Bowaly et 29,54 p.c. à Zepreguhé (Tableau XVI). Tandis que la sévérité des attaques des chancres est plus faible dans les systèmes agroforestiers à ombrage léger et à ombrage dense avec respectivement des indices de sévérité de 16,91 et 12,5 p.c. à Bantikro, 14,37 et 9,49 p.c. à Doboua, 10,38 et 8,32 p.c. à Bowaly et 17,27 et 19,87 p.c. à Zepreguhé. La comparaison des moyennes effectuée à travers les tests non paramétrique de Kruskal-Wallis et paramétrique Anova montre que la sévérité moyennes du chancre dans les types de systèmes agroforestiers sont significativement différentes à Bantikro ($F=6,95$; $P = 0,008$), à Doboua ($X^2=6,70$; $P = 0,005$), à Bowaly ($F=6,99$; $P = 0,025$) et à Zepreguhé ($F=5,32$; $P = 0,019$). Ces résultats montrent que la sévérité des attaques du chancre dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense et à ombrage léger est significativement inférieure à celle observée dans les systèmes agroforestiers sans ombrage dans tous les sites.

Tableau XVI : Sévérité des chancres dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	12,5 a	9,49 a	8,32 a	17,27 a
SAF à ombrage léger	16,91 a	14,37 a	10,38 a	19,87 a
SAF sans ombrage	25,28 b	27,32 b	16,25 b	29,54 b
Test statistique	$F=6,95$; $P=0,008$	$X^2=6,70$; $P=0,005$	$F=6,99$; $P=0,025$	$F=5,32$; $P=0,019$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.4.5.2. Sévérité de la pourriture de cabosses dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

L'étude de la sévérité de l'attaque de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers montre qu'elle est plus élevée dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense des 4 sites d'études avec une moyenne de 41,69 p.c. à Bantikro, 25,03 p.c. à Doboua, 51,38 p.c. à Bowaly et 30,37 p.c. à Zepreguhé (Tableau XVII). La sévérité des attaques de la pourriture des cabosses est plus faible dans les systèmes agroforestiers à ombrage léger et sans ombrage avec respectivement des valeurs de 17,19 et 19,49 p.c. à Bantikro, 17,83 et 18,6 p.c. à Doboua, 18,3 et 42,92 p.c. à Bowaly et 21,27 et 20,17 p.c. à Zepreguhé. La comparaison des moyennes effectuée à travers les tests non paramétrique de Kruskal-Wallis et paramétrique Anova montre que les sévérités moyennes de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers sont significativement différentes à Bantikro ($X^2=5,00$; $P = 0,042$), à Bowaly ($F=6,99$; $P = 0,025$) et à Zepreguhé ($X^2=7,20$; $P = 0,027$). Dans la localité de Doboua, la comparaison des moyennes effectuée à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que les sévérités moyennes de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers ne sont pas significativement différentes ($X^2=2,24$; $P = 0,325$). Ces tests montrent que la sévérité de l'attaque de la pourriture des cabosses dans les systèmes agroforestiers sans ombrage et à ombrage léger sont significativement inférieure à celle observée dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense sauf à Doboua où la sévérité de l'attaque de la pourriture des cabosses est proche entre les systèmes agroforestiers à cacaoyers.

Tableau XVII : Sévérité de la pourriture des cabosses dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	41,69 b	25,03	51,38 b	30,37 b
SAF à ombrage léger	17,19 a	17,83	18,3 a	21,27 a
SAF sans ombrage	19,49 a	18,6	42,92 ab	20,17 a
Test statistique	$X^2=5,00$; $P=0,042$	$X^2=2,24$; $P=0,325$	$F=6,89$; $P=0,036$	$X^2=7,20$; $P=0,027$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey, $\alpha = 0,05$)

6.4.5.3. Sévérité des dégâts des mirides dans les types de SAF à cacaoyers

L'analyse de la sévérité de l'attaque des mirides montre que les proportions les plus élevées ont été obtenues dans les systèmes agroforestiers sans ombrage des 4 sites d'études avec une moyenne de 24,11 p.c. à Bantikro, 21,76 p.c. à Doboua, 10,53 p.c. à Bowaly et 16,05 p.c. à Zepreguhé (Tableau XVIII). Les systèmes agroforestiers à ombrage dense et à ombrage léger ont présenté les indices de sévérité les plus faibles avec respectivement 8,66 et 11,49 p.c. Bantikro, 12,45 et 18,14 p.c. à Doboua, 5,58 et 7,32 p.c. à Bowaly et 7,11 et 7,4 p.c. à Zepreguhé. La comparaison des moyennes effectuée à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que les incidences moyennes des dégâts des mirides dans les types de systèmes agroforestiers sont significativement différentes à Bantikro ($X^2=9,58$; $P = 0,008$). Dans les localités de Doboua ($X^2=4,24$; $P = 0,119$), Bowaly ($X^2=1,35$; $P = 0,506$) et Zepreguhé ($X^2=2,34$; $P = 0,310$), la comparaison des moyennes effectuée à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis montre que la sévérité moyennes des dégâts des mirides dans les types de systèmes agroforestiers ne sont pas significativement différentes. Ces résultats montrent que la sévérité de l'attaque des mirides n'est pas significativement différente dans les systèmes agroforestiers de l'ensemble sites sauf à Bantikro où la sévérité de l'attaque des mirides dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense et à ombrage léger est significativement inférieure à celle observée dans les systèmes agroforestiers sans ombrage.

Tableau XVIII : Sévérité des mirides dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers

Types de systèmes agroforestiers	Bantikro	Doboua	Bowaly	Zepreguhé
SAF à ombrage dense	8,66 a	12,45	5,58	7,11
SAF à ombrage léger	11,49 a	18,14	7,32	7,4
SAF sans ombrage	24,11 b	21,76	10,53	16,05
Test statistique	$X^2=9,5806$; P=0,008	$X^2=4,2481$; P=0,119	$X^2=1,3599$; P=0,506	$X^2=2,3407$; P=0,310

Kruskal-Wallis : les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test Tukey, $\alpha = 0,05$)

Chapitre 7 : DISCUSSION

Les régions tropicales sont les aires biologiques les plus diversifiées au monde (Tchatat *et al.*, 1999 ; Demangeot, 1997 ; Myers *et al.*, 2000 ; Brooks *et al.*, 2001). Malheureusement, ils sont confrontés à diverses pressions anthropiques qui entraînent la disparition de certaines espèces végétales. (Aké-Assi, 2001, 2002). En Côte d'Ivoire, la cacaoculture est considérée comme la principale cause de dégradation du couvert forestier et de perte de la biodiversité (Aké-Assi, 1998 ; Koulibaly, 2008 ; Koulibaly *et al.*, 2010 ; Konaté *et al.*, 2015). L'intensification de la cacaoculture a conduit à un abattage quasi-total des arbres de la forêt primaire ou secondaire (Deheuvels, 2003) et à une simplification de la structure des plantations par la réduction drastique du nombre d'arbres ligneux associés aux cacaoyers. Ainsi, la recherche sur la phytodiversité des systèmes agroforestiers à cacaoyers en termes de composition, structure et fonction est cruciale en Côte d'Ivoire.

7.1. Préservation de la flore ligneuse dans les systèmes agroforestiers traditionnels

Les travaux réalisés dans les sites de Bantikro, Doboua, Bowaly et de Zepreguhé ont permis de décrire les caractéristiques de la flore et de la structure des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa. Les valeurs de l'indice de Shannon indiquent une flore diversifiée et l'indice de Pielou informe que les individus sont répartis de manière équitable entre les espèces, dans tous les sites. Cela montre que les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa offrent des conditions favorables à l'installation de nombreuses espèces, indiquant ainsi une grande stabilité de ces systèmes (Dajoz, 1985). Ce résultat est similaire à ceux trouvés 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. Il ressort de cette étude que la flore des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa est riche et diversifiée. La liste floristique a révélé 79 espèces au total dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de la zone d'étude, dont plusieurs sont citées par Guillaumet & Adjanohoun (1971) comme caractéristiques d'une forêt en reconstitution. Ce sont entre autres *Ceiba pentandra*, *Ficus exasperata*, *Myrianthus libericus* Rendle (Urticaceae), *Ricinodendron heudelotii*, *Morus mesozygia* Stapf (Moraceae), *Terminalia superba*, *Nesogordonia papaverifera* et *Terminalia ivorensis*. Leur présence dans ces systèmes agroforestiers à cacaoyers montre que les systèmes agroforestiers sont installés à la suite des coupes dans les forêts (Koulibaly, 2008 ; Tano, 2012 ; Tondoh *et al.*, 2015). Cette flore présente des valeurs proches dans les catégories floristiques pour tous les sites étudiés en termes de nombre d'espèces, de genres et de familles. Ce résultat pourrait s'expliquer par le

fait que les producteurs de la zone d'étude appartiennent à des coopératives et que l'encadrement au sein de ces structures agricoles comprend un ensemble de recommandations semblables. La richesse spécifique obtenue dans ces sites se rapproche de celle trouvée par Boko *et al.* (2020) dans les plantations de cacaoyers de Doboua (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) qui était de 59 espèces en moyenne. Ces valeurs sont par contre largement supérieures à celles obtenues par Gala *et al.* (2017) dans la région de M'Brimbo (14 à 26 espèces), au Centre-Sud de la Côte d'Ivoire. Les richesses spécifiques obtenues dans notre étude sont inférieures à celles trouvées en zone forestière par Diomandé (2018) et Plas (2020) qui étaient respectivement de 70 espèces à Djèkro au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire et 75 espèces à Man à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. La richesse floristique variable des SAF à cacaoyers pourrait s'expliquer par le fait que selon leurs préférences, les producteurs conservent ou introduisent des espèces qui leur sont utiles (Piba *et al.*, 2011 ; Temgoua *et al.*, 2019). Ceci témoigne bien des réalités multiples des régions cacaoyères.

Parmi les familles recensées, 9 ont été dominantes en termes de nombre d'espèces dans l'ensemble des quatre (4) sites. Les familles des Moraceae, Fabaceae, Malvaceae, Anacardiaceae, Euphorbiaceae et Rutaceae ont été dominantes dans les quatre (4) sites d'études. Plusieurs familles de ce cortège ont été signalées comme dominantes dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers dans la région de Lamto (Centre-Sud Côte d'Ivoire) par Koulibaly (2008) à Doboua par Boko *et al.* (2020) et à Oumé par Konan *et al.* (2011) au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Les familles des Fabaceae et des Apocynaceae ont été également citées comme dominantes dans les systèmes agroforestiers au Cameroun par Temgoua *et al.* (2018). La dominance de ces familles pourrait s'expliquer par la localisation de notre région d'étude, qui est en zone de forêt semi-décidue, domaine de prédilection de ces familles (Aké-Assi, 2002). En effet, ces familles ont été signalées comme caractéristiques de la zone forestière du continent africain et des forêts ivoiriennes (Kouamé, 1998).

Concernant les types biologiques, les microphanérophytes étaient dans l'ensemble des quatre (4) sites les plus dominants avec des pourcentages allant de 52 à 64 p.c.. 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 comme rapporté dans la région de la réserve de Lamto et dans le département d'Oumé (Koulibaly, 2008 ; Piba *et al.*, 2011). Au niveau phytogéographique, la dominance des espèces appartenant aux différentes zones a varié d'un site à un autre. Les espèces appartenant à la zone Guinéo-Congolaise ont été dominantes à Bowaly et à Zepreguhé alors qu'à Doboua, les espèces de la zone de transition entre le domaine Guinéo-

Congolais et le domaine Soudano-Zambézien étaient dominantes. Ce dernier résultat pourrait s'expliquer par le fait que l'installation des systèmes agroforestiers entraîne l'élimination de plusieurs espèces natives selon les besoins du producteur. Cette élimination est à la base de la baisse de la proportion des espèces appartenant à la zone Guinéo-Congolaise dans les SAF à cacaoyers de la localité de Doboua. Ce résultat est différent de celui de Koulibaly (2008) et Diomandé (2018) qui ont signalé une dominance des espèces du domaine Guinéo-Congolais dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, respectivement dans la région de la réserve de Lamto (Centre-Sud) et de Djêkro (Ouest) de la Côte d'Ivoire.

7.2. Stratégie paysanne d'organisation structurale pour le contrôle de l'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers

La structure d'une végétation fait référence à la répartition des individus des peuplements végétaux dans le milieu (Goreaud, 2000). Les analyses de comparaison des moyennes du nombre d'individus dans chaque classe de hauteur ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre d'individus des classes de hauteurs dans la majorité des sites d'étude. Cela indiquerait que les différentes strates de végétation dans les systèmes agroforestiers renferment un nombre proche d'individus. Lorsque la différence est significative comme à Doboua, ce sont les arbustes de 2 à 4 m qui sont mieux représentés. Ce dernier résultat est similaire à celui de Konan *et al.* (2011) dans les systèmes agroforestiers à Oumé. Le nombre élevé d'arbres de 12 m et plus dans tous les sites montre que les producteurs de cette zone préservent les grands arbres dès l'installation de la plantation.

Concernant la structure horizontale, la comparaison des moyennes nous a permis d'observer dans la majorité des sites une différence significative du nombre d'individus entre les classes de diamètre. Dans ces sites, l'analyse indique une dominance du nombre d'individus de faibles diamètres (moins de 10 cm) qui pourrait rendre compte du pouvoir de régénération des ligneux dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers (Koulibaly *et al.*, 2018). La structure diamétrique en forme de « J inversé » observée dans cette étude est typique aux forêts tropicales (Adou Yao, 2000). Ce résultat est similaire à plusieurs études menées par Noiha *et al.* (2015), Zapfack *et al.* (2016), Madountsap *et al.* (2017) et Temgoua *et al.* (2019) dans les SAF à cacaoyers au Cameroun. Cependant, on observe la présence de quelques individus de diamètre supérieur à 40 cm dans ces systèmes. Ces arbres ont été épargnés et conservés lors de l'installation de la plantation, car ils sont utiles pour les producteurs (Sonwa *et al.*, 2007 ; Gockowski *et al.*, 2010 ; Cissé *et al.*, 2016 ; Saj *et al.*, 2017 ; Temgoua *et al.*, 2018).

Lors de la mise en place d'une cacaoyère, 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). La préservation et/ou l'introduction d'espèces ligneuses dans les plantations de cacaoyers par les producteurs détermine fortement la structure spatiale du peuplement associé. L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a permis de prendre en compte à la fois la flore et la distribution des individus dans les systèmes agroforestiers. Les résultats montrent qu'il existe 3 groupes d'espèces sur la base à la fois des caractéristiques floristiques et structurales. Ce résultat illustre les niveaux de regroupement des espèces conservées, préférées par le producteur, comme signalé par Boko (2022) dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Mais, il montre en plus ici, le regroupement des espèces au regard des préférences structurales du producteur. Ainsi, les plus petites dimensions de hauteur et de diamètre représentent les espèces fruitières. Ces dernières sont majoritairement des arbustes en nombre significativement élevé dans la plupart des sites. Elles sont généralement introduites par le producteur pour assurer des revenus additionnels à travers la vente des fruits d'espèces telles que *Citrus limon* (le citronnier) et *Psidium guajava* (le goyavier). Les dimensions moyennes correspondent aux espèces spontanées comme *Albizia zygia*, *Newbouldia laevis*, *Sterculia rhinopetala* qui apparaissent pour la plupart durant le développement de la plantation. Elles font l'objet généralement d'une protection lors du défrichement permettant une sélection des espèces utiles telle que recommandée (Koulibaly, 2008). Enfin, les dimensions les plus grandes sont attribuées aux espèces forestières qui sont des gros arbres maintenus lors de l'installation de la plantation comme *Ricinodendron heudelotii*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia superba*, *Bombax buenopozense*, *Antiaris toxicaria* et *Alstonia booneii* que l'on rencontre souvent dans le paysage agricole de la région. Des arbres forestiers sont généralement épargnés pour assurer un premier niveau d'ombrage aux jeunes cacaoyers. Quelques fois ces arbres sont progressivement éliminés en ne laissant que les plus grands pour éviter la compétition avec les cacaoyers ou pour leur valeur économique (Kouadio *et al.*, 2016 ; Koulibaly *et al.*, 2016).

7.3. Importance du type de SAF pour un bon rendement en cacao dans le département de Daloa

La simulation de l'ombrage fourni par les espèces associées à l'aide de l'outil Shademotion montre que dans l'ensemble des sites étudiés, 65 à 79 p.c. des parcelles sont

sans ombrage ou sous ombrage faible (moins de 25 p.c. d'ombrage). Plusieurs études menées sur l'ombrage des cacaoyères en Côte d'Ivoire ont présenté des résultats similaires. Ruf & Zadi (1998) estimaient déjà à cette époque que 66 p.c. des cacaoyères étaient sans ombrage sur l'ensemble du territoire. Assiri *et al.* (2009) ont mené des études entre les années 2002 et 2003 dans neuf régions de forte production de cacao représentant plus de 80 p.c. du verger ivoirien et ont montré qu'à l'âge adulte, 70 à 90 p.c. des plantations sont conduits en plein soleil ou sous un léger ombrage permanent. Une autre étude menée récemment dans le Centre-Sud de la Côte d'Ivoire par Gala *et al.* (2017) a montré que plus de 70 p.c. des parcelles étudiées sont en plein soleil ou sous un léger ombrage. Ces SAF à cacaoyers se sont développés à la faveur de la mise au point des variétés à haut rendement et résistantes aux maladies fournissant ainsi un meilleur rendement (Gnahoua *et al.*, 2012 ; Ruf, 2011). De ce fait, la plupart des cacaoyères ivoiriennes ont été établies sans ombrage, et les cacaoyers sont donc exposés directement aux rayons solaires, après abattis et brûlis complets des forêts primaires et des défriches forestières (Dufumier, 2016). La cacaoculture sans ombrage a été pratiquée longtemps, bien avant que la recherche ne la propose (Côte *et al.*, 2018). Cependant, ce n'est que dans les années 1970 qu'elle a fortement augmenté, en lien avec les flux massifs d'agriculteurs migrants dont l'objectif principal était l'appropriation de la terre (Ruf, 1995). Malgré la mise en place de programmes de distribution des arbres aux producteurs et des efforts de préservation et de réintroduction des arbres dans les plantations par ces derniers (Koulibaly, 2008 ; Tano, 2012), la culture du cacao sans ombrage ou sous ombrage léger reste dominante dans les cacaoyères en Côte d'Ivoire. Mais, les cacaoyères ne sont pas toujours des monocultures. En effet, certains producteurs maintiennent et introduisent un grand nombre d'arbres dans les plantations.

Dans le département de Daloa, les producteurs associent des espèces ligneuses de dimensions variables aux cacaoyers. Cette situation a permis de distinguer, à travers une Analyse Factorielle Multiple basée sur l'organisation structurale et l'ombrage fourni, 3 types de SAF dans la zone d'étude. Il existe des systèmes agroforestiers sans ombrage qui sont caractérisés par la présence de nombreux arbustes fruitiers, plus petits que le cacaoyer. Cette tendance est commune à d'autres régions d'Afrique occidentale et centrale où beaucoup de producteurs favorisent le développement d'espèces alimentaires (Asare, 2005 ; Koko *et al.*, 2013). Aussi, il y a des systèmes agroforestiers à ombrage léger, caractérisés par la dominance d'espèces spontanée, qui sont des arbres de dimensions moyennes et qui recouvrent plus ou moins la strate cacaoyère. Ces systèmes agroforestiers à cacaoyers sont obtenus par l'association recommandée avec des espèces ligneuses, surtout des légumineuses telles que

Gliricidia sepium, *Albizia adianthifolia* et *Albizia zygia*. Le troisième type concerne des systèmes agroforestiers à ombrage dense, caractérisés par la présence d'espèces forestières de grandes dimensions préservées lors du défrichement de la parcelle pour la prise en compte de l'ombrage et la protection des jeunes cacaoyers contre le rayonnement solaire.

Malgré son premier rang mondial de producteur de cacao, le rendement moyen en cacao marchand de la Côte d'Ivoire reste faible (CCC, 2015). Ce rendement est en baisse depuis l'année 2000 (FAOSTAT, 2020). Les principales causes de ces faibles rendements sont les ravageurs et les maladies, le vieillissement précoce des cacaoyères non ombragées et le manque d'accès aux intrants (Wessel & Quist-Wessel, 2015). D'autres facteurs expliquant ce faible rendement sont le matériel végétal non contrôlé « tout venant », une fréquence de désherbage trop faible et une utilisation de produits phytosanitaires et d'insecticides sous les normes recommandées (Assiri *et al.*, 2009). En 2018, le rendement moyen en Côte d'Ivoire était de 489 kg/ha/an (FAOSTAT, 2020). Malgré toutes ces contraintes, les études menées en milieu paysan dans le département de Daloa ont permis d'obtenir un rendement potentiel moyen en cacao de 1 089, 94 kg/ha/an, variant entre 717,9594 et 1 347,1172 kg/ha/an. Ces résultats montrent que la production des cacaoyers pourrait être améliorée avec l'application des bonnes pratiques agricoles et une bonne gestion des maladies et ravageurs dans les SAF à cacaoyers.

Dans l'optique d'améliorer le rendement en cacao en Côte d'Ivoire, notre étude s'est intéressée aux effets des types systèmes agroforestiers sur le rendement des cacaoyères. En effet, les relations entre les systèmes agroforestiers et le rendement en cacao ne sont pas encore complètement comprises (Snoeck *et al.*, 2016). Les données scientifiques fiables concernant l'impact de l'agroforesterie sur les rendements des systèmes agroforestiers à cacaoyers font notamment défaut au niveau de la Côte d'Ivoire (REDD+, 2018). Les résultats de cette étude montrent que dans la majorité des sites d'études, le nombre moyen de cabosses par cacaoyer dans les différents types de SAF est proche sauf à Doboua où les SAF à ombrage léger présentent des valeurs significativement plus élevées. Ce nombre de cabosses par cacaoyer en une année varie de 22 à 37 dans les SAF à ombrage léger, de 17 à 30 dans les SAF sans ombrage et de 11 à 27 dans les SAF à ombrage dense. Ces valeurs se rapprochent de celles de Young (1994) qui prévoit entre 30 à 40 cabosses par an même si le rendement annuel théorique attendu par arbre se situe aux alentours de 100 à 200 cabosses. Concernant la densité de cacaoyers à l'hectare, dans la majorité des sites d'études, elle est proche dans les différents types de systèmes agroforestiers sauf à Bowaly où les systèmes agroforestiers à ombrage léger présentent les densités significativement plus élevées. La densité a varié de 925

à 1 575 dans les systèmes agroforestiers à ombrage léger, de 578,571 à 1 087,5 dans les systèmes agroforestiers sans ombrage et de 857,8947 à 1 275 dans les systèmes agroforestiers à ombrage dense. S'agissant du rendement en cacao, les systèmes agroforestiers à ombrage léger ont présenté dans l'ensemble des sites étudiés, les rendements potentiels les plus élevés (entre 1014,3 et 1 523,525 kg/ha/an). Ils sont suivis des systèmes agroforestiers à ombrage dense (entre 718,4625 et 1 311,898 kg/ha/an) sauf à Doboua (530,9227 kg/ha/an). Les plus faibles rendements sont observés dans les systèmes agroforestiers sans ombrage variant entre 632,9312 et 1 182,344 kg/ha/an. Ces résultats diffèrent de ceux de Gala *et al.* (2017) à M'Brimbo au Centre-Sud de la Côte d'Ivoire qui avaient montré que les plus hauts rendements étaient obtenus dans les parcelles sans ombrage. Les faibles rendements obtenus dans les systèmes agroforestiers sans ombrage dans notre étude pourraient être en partie dû à l'âge des cacaoyères. En effet, ces cacaoyères ont une moyenne d'âge qui varie entre 15 et 19 ans dans les différents sites. Tandis que les cacaoyères de M'Brimbo avaient un âge compris entre 5 et 10 ans. Cette tranche d'âge correspond au stade physiologique pendant lequel les rendements des cacaoyères sans ombrage sont satisfaisants (Koko *et al.*, 2008). Toutefois, selon Koko *et al.* (2008) et Jagoret *et al.* (2014), ce niveau de rendement reste éphémère, et pourrait être en baisse après environ 15 ans. Pour éviter la baisse des rendements, ce modèle requiert un recours à des intrants synthétiques pour la protection phytosanitaire et la fertilisation (Wood & Lass, 2008). Cependant, les intrants sont difficilement accessibles, car coûteux et beaucoup de producteurs n'ont pas les moyens d'en acheter (Snoeck *et al.*, 2016). Faute d'une fertilisation minérale et d'une protection phytosanitaire suffisantes, les conditions de production se dégradent (Ahenkorah *et al.*, 1987 ; Freud *et al.*, 2000). Pourtant, sans fertilisant, les arbres d'ombrage permettent au moins le maintien de la fertilité (Andres *et al.*, 2016). L'intérêt des pratiques agroforestières pour maintenir, voire restaurer la fertilité du sol, a été observé par Jagoret *et al.* (2012) dans les cacaoyères agroforestières installées sur précédent savane. Au Ghana, des effets favorables des arbres d'ombrage sur la fertilité du sol et le statut nutritionnel des cacaoyers (augmentation de la capacité d'échange cationique et du taux d'azote) ont également été démontrés (Isaac *et al.*, 2007 ; Blaser *et al.*, 2017). Les rendements en cacao des systèmes agroforestiers à ombrage peuvent donc se maintenir à des niveaux satisfaisants sans apport de fertilisants (Jagoret *et al.*, 2011). La présence de certaines espèces végétales notamment de la famille des Fabaceae tels que *Gliricidia sepium*, *Albizia adianthifolia*, *Albizia zygia*, etc... permet la fixation d'azote atmosphérique, jouant ainsi le rôle de fertilisant pour la cacaoyère (Rice & Greenberg, 2000). Les rendements potentiels obtenus dans les systèmes agroforestiers à ombrage montrent qu'il est possible de cultiver le

cacaoyer dans des systèmes agroforestiers à ombrage tout en obtenant des niveaux de rendements supérieurs à ceux des systèmes agroforestiers sans ombrage. Cependant, il est important de très bien gérer l'ombrage dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Ainsi, dans le but de mettre à la disposition des producteurs des résultats plus précis, une courbe de l'évolution du rendement potentiel en fonction de l'ombrage des arbres a été effectuée. Les résultats montrent que les plus hauts rendements potentiels sont obtenus lorsque l'ombrage des arbres est de 20 p.c.. Nos résultats diffèrent de ceux d'Asare *et al.* (2018) qui ont observé un meilleur rendement en cacao avec un niveau d'ombrage de 30 p.c.. Aussi, Blaser *et al.* (2018) ont démontré au Ghana qu'un niveau d'ombrage de l'ordre de 30 p.c. n'affecte pas les rendements en comparaison avec les monocultures. Dans le contexte actuel de baisse de la pluviométrie et d'intensification accrue des sécheresses en Côte d'Ivoire (Dufumier, 2016), les systèmes agroforestiers à ombrage léger avec un ombrage de 20 p.c. caractérisé par la dominance de légumineuses de dimension moyenne (hauteur située entre 4 et 12 m et diamètre situé entre 10 et 40 cm) serait donc les plus performants en termes de rendement.

7.4. Prévalences des infestations dans les SAF à cacaoyers

La cacaoculture est une activité fortement rentable pour la Côte d'Ivoire. Cependant elle fait face à de nombreuses contraintes, en particulier une forte pression des maladies et ravageurs. Ces maladies et ravageurs influencent fortement le rendement et la durabilité des cacaoyères. C'est dans le but de contribuer à une gestion durable des systèmes agroforestiers que notre étude s'est intéressée à l'effet des systèmes agroforestiers sur les infestations. Dans l'ensemble des systèmes agroforestiers à cacaoyers des 4 sites étudiés, huit (8) symptômes de maladies et ravageurs ont été détectés provoquant de nombreux dégâts sur les cacaoyers. Ce sont : la pourriture des cabosses, les foreurs de tiges, les loranthacées, les mousses, les dégâts des mirides, les chancres, les termites et les dégâts des rongeurs. La présence de ces maladies et ravageurs sur nos sites d'études pourrait s'expliquer par le fait que les paysans ne respectent pas les bonnes pratiques agricoles telles que les fréquences de désherbage, la récolte sanitaire, les élagages et une mauvaise utilisation des insecticides. En effet, selon Assiri *et al.* (2009), sur un échantillon de 800 producteurs enquêtés dans dix (10) départements représentatifs des trois (03) grandes zones productrices de cacao en Côte d'Ivoire, il est apparu que 44 p.c. des plantations ne sont pas traitées. Ce faible niveau d'adoption des bonnes pratiques agricoles serait lié à l'analphabétisme et au faible niveau de revenu des producteurs, ainsi qu'au manque d'informations (Assiri *et al.*, 2009). Cela pourrait également s'expliquer par le fait que les planteurs travaillent en société ce qui

favoriserait le transport des spores des maladies comme la pourriture brune. Aussi, les zones d'écabossage ne sont généralement pas nettoyées et constituent ainsi de potentiels réservoirs des maladies. La plupart de ces infestations ont été signalés par d'autres auteurs dans les cacaoyères de Daloa (Koulibaly *et al.*, 2018 ; Siapo *et al.*, 2018) et à l'Ouest de la Côte d'Ivoire (Kouakou *et al.*, 2011 ; Koua *et al.*, 2018). La présence de ces infestations dans plusieurs zones cacaoyères montre le caractère imprévisible et la complexité de ces maladies du cacao (Chelack *et al.*, 1991 ; CNRA, 2012). Les symptômes de maladies et ravageurs les plus fréquemment rencontrés dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa sont la pourriture des cabosses, les chancres et les dégâts de mirides. En effet les proportions de cacaoyers infestés par la pourriture des cabosses ont varié de 48,56 à 72 p.c.. Concernant les chancres, leurs proportions ont varié de 55,36 à 69,24 p.c. de cacaoyers infestés. Les mirides infestent entre 45,17 et 49,69 p.c. de cacaoyers dans les SAF de Daloa. Aussi, ces infestations présentent les plus forts indices de sévérité d'attaque sur les cacaoyers variant de 20,77 à 38,86 pour la pourriture des cabosses, de 14,03 à 19,89 p.c. pour le chancre et de 8,21 à 17,14 pour les dégâts des mirides. La forte infestation des cacaoyères de notre région d'étude par la pourriture des cabosses pourrait s'expliquer par les conditions météorologiques qui prévalent dans le département de Daloa et qui sont favorables au développement de cette maladie (Despréaux *et al.*, 1988 ; Kouakou *et al.*, 2011). L'abondance des saisons pluvieuses serait un facteur de l'influence de la maladie. En effet, les sols contenant des moisissures pourraient infecter les plantes à partir des racines (Khlij & Hajlaoui, 2010). Etant donné que l'inoculum primaire du *Phytophthora palmivora* se trouve généralement dans le sol (Mfegue, 2012), l'éclaboussement vif de l'eau sur le sol permet à l'inoculum d'atteindre les cabosses les plus proches du sol qui vont être infectées et produiront un inoculum secondaire dans les cacaoyères susceptible de provoquer des infections ultérieures. Sa dispersion rapide et sur de longues distances est surtout assurée par l'homme, à travers les récoltes et outils contaminés, également à travers les pas lors de la marche (Guest, 2007 ; Ten Hoopen *et al.*, 2012). Le champignon responsable de la pourriture brune des cabosses sévit dans les régions à forte pluviométrie et à humidité élevée (Sonii, 2005) peut infecter tous les organes du cacaoyer (Acebo-Guerrero *et al.*, 2012). La pourriture des cabosses est la plus répandue de toutes les maladies du cacaoyer (Surujdeo-Maharaj *et al.*, 2016 ; Ploetz, 2016). Les pertes annuelles dues à la pourriture des cabosses sont estimées à 30 p.c. de la récolte mondiale, ce qui représente une perte d'environ 3,8 milliards de dollar américains par an pour les producteurs de cacao du monde entier (Guest, 2007 ; Ploetz, 2016). Ces pertes sont estimées à plus de 44 p.c. en Côte d'Ivoire (Pohé *et al.*, 2013 ; Coulibaly,

2014 ; Coulibaly *et al.*, 2018). Les proportions élevées de chancre sont dues à la forte infestation du champignon *Phytophthora* et des mirides. En effet, les infections de *Phytophthora* et les piqures des mirides sur le tronc et les branches des cacaoyers causes des lésions qui se développent en chancres (Fujinawa *et al.*, 2012 ; Coulibaly *et al.*, 2013). Quant aux mirides, leur forte proportion serait due à la pratique de la cacaoculture en plein soleil ou sous un léger ombrage. En effet, à la maturité sexuelle, les mirides se déplacent vers les endroits plus clairs et ensoleillés où les femelles pondent leurs œufs. A l'éclosion des œufs, les larves se rassemblent pour former des poches de mirides et sous l'effet combiné des attaques des larves et l'évaporation poussée due à l'exposition à la lumière solaire, les cacaoyers se dessèchent et meurent ensuite (Vos *et al.*, 2003). Pourtant, la présence de certains arbres d'ombrage attire les fourmis rouges qui sont de redoutables prédateurs des mirides, des punaises et d'autres insectes nuisibles aux cacaoyers. Les mirides sont essentiellement des insectes piqueurs-suceurs et sont les plus largement rencontrés, sur le cacaoyer en Côte d'Ivoire et les plus préjudiciables à cette culture dans le monde (Piart, 1970 ; Babin *et al.*, 2008). Les pertes de récolte dues aux mirides sont de plus de 25 p.c. en Afrique de l'Ouest (Anikwe *et al.*, 2009). Quatre espèces de Mirides ravageurs du cacaoyer sont présentes en Côte d'Ivoire : *Sahlbergella singularis*, *Distantiella theobromae*, *Bryocoropsis laticollis* et *Helopeltis* sp. (Kouamé *et al.*, 2015). Les pertes provoquées par ces insectes sont près de 30 p.c. dans notre pays (Lavarbe, 1977 ; Siapo *et al.*, 2018). Retenons que les symptômes du Swollen shoot n'ont pas été observés lors de cette étude. Pourtant, Koulibaly *et al.* (2018) ont observé les symptômes de cette maladie dans les plantations de la région de Daloa avec une fréquence d'au moins 50 p.c.. Aussi, Kébé *et al.* (2005) ont signalé la présence du Swollen shoot à Issia, Bouaflé et Sinfra qui sont des zones situées à proximité de notre région d'étude. En Côte d'Ivoire, les dégâts les plus importants ont été enregistrés dans ces zones (Kouakou *et al.*, 2011). L'absence de cette maladie dans les systèmes agroforestiers étudiés montre qu'il y a un ralentissement de sa propagation dans le département de Daloa. Cette situation serait due à une utilisation d'insecticides par les producteurs. Ce qui aurait eu une incidence sur les insectes vecteurs du swollen shoot. En raison des conséquences économiques importantes avec 30 à 40 p.c. des pertes post-récoltes que peut provoquer le Swollen shoot (Dzahini-Obiatey *et al.*, 2010 ; ICCO, 2015), sa régression dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers s'avère importante pour la durabilité de la production cacaoyère en Côte d'Ivoire.

L'étude de l'incidence et de la sévérité des infestations dominantes dans les types de systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa indique que les cacaoyers

présents dans les systèmes agroforestiers sans ombrage font l'objet de nombreuses attaques des mirides et présentent le plus d'impact d'anciennes attaques (chancre). Ces systèmes agroforestiers ont obtenu les incidences et les sévérités les plus élevées de dégâts de mirides et de présence de chancre dans les 4 sites. La forte présence des mirides dans ces systèmes serait due à l'absence d'ombrage. En effet, les cacaoyers cultivés en plein soleil sont très vigoureux et procurent une source d'alimentation aux mirides par rapport aux cacaoyers ombragés (Babin *et al.*, 2010). Ces résultats sont en accords avec une étude menée au Costa Rica qui a démontré que les mirides causent plus de dégâts chez les cacaoyers qui poussent en plein soleil comparativement aux cacaoyers ombragés (Avelino *et al.*, 2011). Les attaques répétées des mirides et aussi des foreurs de tige sur des troncs et des branches des cacaoyers entraînent de nombreuses lésions qui évoluent en chancre. Ainsi, les cacaoyers présents dans les systèmes agroforestiers sans ombrage présentent de nombreux cas de chancre dans les sites d'études. Concernant la pourriture des cabosses, elle a eu les incidences et les sévérités les plus élevées dans les SAF à ombrage dense dans les 4 sites d'études. La forte infestation de ces systèmes par la pourriture des cabosses serait due aux conditions favorables au développement de la maladie. En effet, les travaux réalisés par Monteith & Butler (1979) et Butler (1980) ont montré que la vitesse du vent joue un rôle important dans la durée de condensation de l'eau sur les cabosses, et la durée d'humidité des cabosses affecte l'installation de la pourriture brune. La baisse de la vitesse du vent dans la canopée des cacaoyères par l'augmentation de la densité des arbres d'ombrage peut augmenter le temps d'humidité des cabosses et par ricochet favoriser l'apparition de la pourriture brune. S'agissant des systèmes agroforestiers à ombrage léger, on observe que l'incidence et la sévérité d'aucune des infestations dominantes dans le département de Daloa n'est plus élevée dans l'ensemble des sites. Ce résultat montre que la présence de ces infestations dans les systèmes agroforestiers à ombrage léger est moins importante que dans les autres systèmes agroforestiers à cacaoyers. En effet, l'augmentation de l'ombrage affecte simultanément le développement de la pourriture des cabosses et les dégâts des mirides, en favorisant la pourriture des cabosses et en réduisant l'impact des dégâts de mirides. Tandis que la diminution de l'ombrage aboutit à une baisse de l'incidence et de la sévérité de la pourriture des cabosses et une augmentation des attaques des mirides. Cette situation montre que l'effet de l'ombrage sur les bioagresseurs est complexe, puisque l'ombrage peut favoriser un processus donné du cycle de vie d'un organisme nuisible et empêcher en même temps un autre processus (Avelino *et al.*, 2011). Cependant, les systèmes agroforestiers à ombrage léger semble être capable d'amortir les attaques des maladies et ravageurs des cacaoyers.

**CONCLUSION,
RECOMMANDATIONS ET
PERSPECTIVES**

L'agroforesterie est une alternative qui pourrait permettre à la Côte d'Ivoire de stabiliser les zones cacaoyères existantes, de s'adapter à l'évolution du climat, de limiter la déforestation et de réduire l'impact négatif de la cacaoculture sur l'environnement. Cependant la non-maîtrise de l'ombrage dans les systèmes agroforestiers peut avoir des effets défavorables sur le développement du cacaoyer. La gestion de l'ombrage dans les systèmes agroforestiers s'avère difficile puisqu'il dépend de l'espèce, des dimensions de l'espèce et aussi de l'arrangement de ces dimensions au regard de l'intensité solaire. Pour être en mesure d'accompagner et d'orienter les programmes d'aménagement des cacaoyères, il est utile de comprendre le fonctionnement des systèmes agroforestiers à cacaoyers. C'est dans cette optique que cette étude qui est une contribution à la connaissance des paramètres nécessaires à l'amélioration de la production des systèmes agroforestiers à cacaoyers a été menée.

Dans la première partie des résultats, ce travail présente la diversité floristique et structurale des systèmes agroforestiers à cacaoyers. Les préférences du producteur dans la mise en place des systèmes agroforestiers ont été identifiées non seulement au niveau floristique mais également au niveau structural. La flore ligneuse des systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa est riche de 79 espèces et est diversifiée. Elle renferme des espèces fruitières, spontanées et forestières. Cette flore est dominée par des arbustes appartenant à la zone Guinéo-Congolaise et à la zone de transition entre le domaine Guinéo-Congolais et le domaine Soudano-Zambézien. Malgré l'élimination de plusieurs espèces natives lors de l'installation des systèmes agroforestiers, des arbres de grandes dimensions, généralement des espèces forestières telle que *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis*, *Ricinodendron heudelotii*, *Nesogordonia papaverifera* et *Ceiba pentandra*, sont épargnés. Cette préservation au regard des dimensions indique qu'il existe une stratégie paysanne d'organisation structurale des SAF avec trois niveaux, motivée par la gestion de l'ombrage, qui répartit les espèces en fonction de leur dimension.

Dans la seconde partie des résultats, cette étude identifie les différents types de systèmes agroforestiers en fonction de leur organisation structurale et de l'ombrage fourni par conséquent. La gestion paysanne de l'ombrage permet de définir trois types de systèmes agroforestiers qui sont les systèmes agroforestiers sans ombrage avec la présence de nombreux arbustes fruitiers, les systèmes agroforestiers à ombrage léger qui renferment des plantes spontanées et les systèmes agroforestiers à ombrage dense dominés par les espèces forestières de grandes dimensions.

La troisième partie des résultats met en évidence l'effet des types de systèmes agroforestiers sur le rendement des cacaoyères. Le rendement potentiel moyen des systèmes

agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa demeure élevé avec une moyenne de 1 089,94 kg/ha/an. Un rendement largement supérieur au rendement moyen en Côte d'Ivoire qui est moins de 500 kg/ha/an. Concernant la relation entre les types de systèmes agroforestiers et le rendement, les systèmes agroforestiers à ombrage léger ont présenté les rendements les plus élevés avec un rendement potentiel de plus de 1 000 kg/ha/an dans l'ensemble des 4 sites d'études. Les systèmes agroforestiers à ombrage léger seraient les plus performants en termes de rendement. Pour garantir un bon rendement en cacao dans les systèmes agroforestiers du département de Daloa, il serait recommandé de mettre en place des systèmes agroforestiers à ombrage léger dont l'ombrage est de 20 p.c..

La quatrième partie des résultats met l'accent sur l'incidence et la sévérité des infestations dans les différents types de systèmes agroforestiers à cacaoyers du département de Daloa. Dans l'ensemble des systèmes agroforestiers étudiés, huit (8) symptômes de maladies et ravageurs ont été détectés. La pourriture des cabosses, les chancres et les dégâts des mirides ont présenté les incidences et les sévérités les plus élevées. Les systèmes agroforestiers à ombrage dense sont les plus attaqués par la pourriture des cabosses. Dans les systèmes agroforestiers à ombrage léger, l'incidence et la sévérité de la pourriture des cabosses, des dégâts des mirides et la présence des chancres est généralement moins importante que dans les autres types de systèmes agroforestiers. Les systèmes agroforestiers à ombrage léger semblent être capables d'amortir l'intensité d'attaques des maladies et des ravageurs de cacaoyers et pourraient conduire à un meilleur rendement en cacao dans le contexte de crise climatique actuelle. Il est à noter, que lors de cette étude les symptômes de la maladie du Swollen Shoot n'ont pas été observés. L'application de la stratégie paysanne de préservation des espèces et son modèle de distribution des arbres induirait un meilleur rendement dans des systèmes agroforestiers à ombrage léger. En effet, ces paramètres créent un ombrage favorable et une gestion efficiente des maladies et ravageurs dans les systèmes agroforestiers.

Nos résultats apportent un éclairage nouveau sur la gestion des systèmes agroforestiers à cacaoyers en Côte d'Ivoire dont les effets sur le rendement étaient jusqu'à présent peu étudiés. Cette étude montre que les systèmes agroforestiers sans ombrage ont atteint leurs limites et ne peuvent plus être reproduits dans le contexte actuel. Loin d'être un système archaïque, les systèmes agroforestiers mis au point par les producteurs, apparaissent au contraire comme des systèmes dynamiques productifs qui peuvent être ajustés. Notre étude révèle les préférences du producteur en termes de flore et de structure à travers une stratégie paysanne de gestion de

l'ombrage. Cette approche peut être ajustée par la mise en place de systèmes agroforestiers à ombrage léger (20 p.c., plus rentables et plus résilients).

L'ensemble des résultats et des connaissances produits dans ce travail pourraient servir de référence pour le réaménagement des systèmes agroforestiers à cacaoyers en Côte d'Ivoire. Ainsi, nous recommandons :

Aux autorités.

- ✓ de tenir compte des préférences structurales du producteur et de la valeur de diversité pour organiser la réintroduction des arbres dans les plantations ;

- ✓ d'intégrer les résultats de recherche tels que les trois niveaux d'organisation structurale et un ombrage de 20 p.c. aux programmes d'aménagement des systèmes agroforestiers à cacaoyers pour un aménagement équilibré de la flore et de la structure au regard de la stratégie paysanne.

Aux structures d'encadrement.

- ✓ de donner aux producteurs une diversité d'espèces (espèces de grandes dimensions, espèces de dimensions moyennes et espèces de petites dimensions) qui permet de mettre en place les trois niveaux d'organisation structurale des systèmes agroforestiers au regard de la stratégie paysanne ;

- ✓ de vulgariser les résultats de recherche sur l'importance de la mise en place d'un ombrage léger de 20 p.c. afin de maximiser le rendement des systèmes agroforestiers à cacaoyers ;

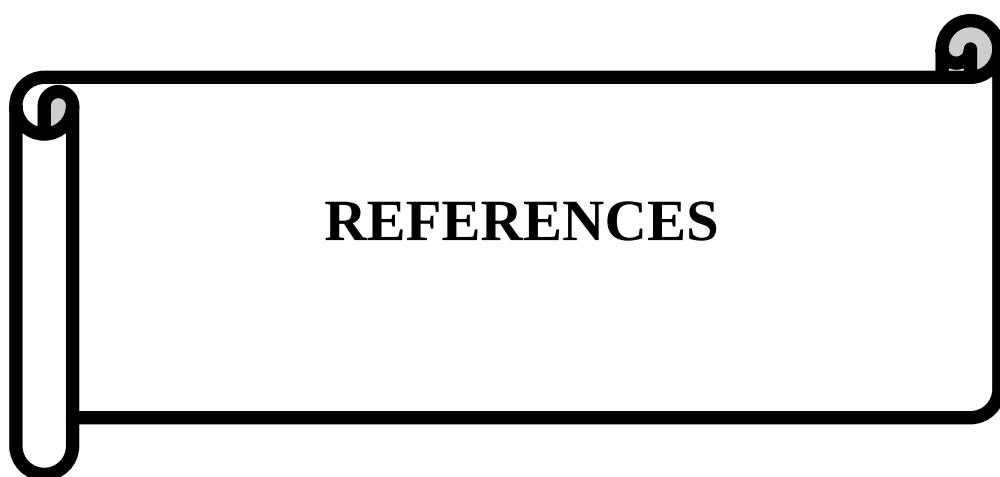
- ✓ d'aider les producteurs à lutter efficacement contre la pourriture des cabosses et les mirides en facilitant l'accès aux produits phytosanitaires et en aidant les producteurs dans l'application de ces produits dans les plantations (Formation des producteurs sur l'utilisation des produits ou en mettant à leurs dispositions des applicateurs).

Aux producteurs

- ✓ de continuer à associer d'autres espèces ligneuses aux cacaoyers ;
- ✓ de maintenir un ombrage léger de 20 p.c. et d'appliquer les consignes de lutte contre la pourriture des cabosses et les mirides pour améliorer le rendement en cacao.

Il serait judicieux d'étendre notre étude à plusieurs zones productrices de cacao. De plus, le microclimat affectant les mécanismes de régulation du cycle de vie des agents vecteurs des maladies et des ravageurs, ainsi que des cacaoyers. Il serait également important d'étudier l'impact des paramètres tels que la température, l'humidité, la vitesse du vent et la lumière sur les maladies et les ravageurs et le rendement en cacao des systèmes agroforestiers. Aussi, au regard de l'importance de la régulation de l'ombrage dans les systèmes

agroforestiers, la mise en place d'un outil de mesure simple et précis de l'ombrage reste une orientation importante de notre perspective.



- Acebo-Guerrero Y., Hernandez-Rodriguez A., Heydrich-Perez M., Jazir I.E.J.M. & Lauzardo H.A.N. (2012). Management of black pod rot in cacao (*Theobroma cacao* L.): a review. *Fruits*, 67(01): 41-48.
- Adja A.M., Tokro P.G., Aidara S., Tahi 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.
- Adjakpa B.J., Yedomonhan H., Ahoton L.E., Weesie P.D.M. & Akpo E.L. (2013). Structure et diversité floristique des îlots de forêts riveraines communautaires de la vallée de la Sô du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 65 : 4902-4913.
- 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, Côte d'Ivoire), 100 p.
- Adou Yao C.Y. (2005). Pratiques paysannes et dynamiques de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Ecole doctorale Sciences de la Nature et de l'Homme, Evolution et Ecologie, Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris, France) en cotutelle avec Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 248 p.
- Adou Yao C.Y., Kpangui K.B., Koua K.J., Vroh B.T.A. & N'Guessan K.E. (2013). Diversité floristique et valeur de la forêt sacrée Bokasso (Est de la Côte d'Ivoire) pour la coservation. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 13(1): 1-15.
- 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*, 9: 20 p.
- Aguilar P., Paulin D., N'kamleu G., Raillard A., Deheuvels O., Pétithuguenin P. & Gockowski J. (2003). L'évolution des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire entre 1995 et 2002. *Actes de la 14^{ème} conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 13-18 Octobre 2003, Accra, Ghana, pp 1167-1175.
- Ahenkorah Y., Akrofi G.S. & Adri A.K. (1974). The end of the first cacao shade and manurial experiment at the Cacao Research Institute of Ghana. *Journal of Horticultural Sciences*, 49 : 43-51.
- Ahenkorah Y., Appiah M.R. & Halm B.J. (1987). Production and utilisation of cocoa pod husk as source of potash fertilizer. *Proceedings of the 10th International Cocoa Conference*, 17-23 May 1987, Santo Domingo, Dominican Republic, pp 843-848.

- Aké-Assi L. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire : Etude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 1206 p.
- Aké-Assi L. & Boni D. (1988). Développement agricole et protection de la forêt. Quel avenir pour la forêt ? *Mitteilungen aus dem Institut für Allgemeine Botanik*, 23(a) : 169-176.
- 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.
- Alary V. (1996). Incertitude et prise de risque en période d'ajustement: le comportement des producteurs de cacao du Cameroun avant et après 1994. Thèse de doctorat, Département Sciences économiques, Université de Paris I Sorbone, (Paris, France), 754 p.
- Alibert H. (1946). Note préliminaire sur une nouvelle maladie du cacaoyer le « swollen shoot ». *Agronomie Tropicale*, 1: 34-43.
- Allouin G. (1947). « Géographie Humaine de la Subdivision de Daloa ». *Bulletin IFAN*, 9 : 45 p.
- Amon A.D.E. (2014). Les Loranthaceae (guis), hémiparasites vasculaires des arbres et des arbustes des agroécosystèmes de la région du Sud-Comoé, en zone de forêt dense sempervirente de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, UFR Agroforesterie, Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 213 p.
- Andres C., Comoé H., Beerli A., Schneider M., Rist S. & Jacobi J. (2016). Cocoa in monoculture and dynamic agroforestry. *Sustainable Agriculture Reviews*, 19: 121-153.
- Anikwe J.C., Asogwa E.U., Ndubuaku T.C.N. & Okelana F.A. (2009). Evaluation of the toxicity of Actara 25 WG for the control of the cocoa mirid *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 8: 14528-14535.
- Anikwe J.C. (2010). Feeding preference and morphometrics of *Sahlbergella singularis* (Hemiptera: miridae) on Cocoa Pods at different Stages of Physiological Development. *Academic Journal of Entomology*, 3 (1): 39-44.
- 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 (2020). Source des données de SODEXAM. Station de Daloa.
- APG IV (2016). Órdenes, Familias, Subfamilias y Géneros representados en la flora ornamental española, según el sistema. Elaborado por José Manuel Sánchez de Lorenzo Cáceres. www.arbolesornamentales.es, 11 p.
- Asare R. (2005). Cocoa Agroforests in West Africa: a look at activities on preferred trees in the farming systems. N^o6. *Forest & Landscape Denmark*, Hørsholm (Danemark), 89 p.
- Asare R., Markussen B., Asare A.R. & Anim-Kwapong G. (2018). On-farm cocoa yields increase with canopy cover of shade trees in two agroecological zones in Ghana. *Climate and Development*, 11(5): 435-445.
- Asare U. & Tetteh D. (2010). Le rôle des SAF complexes dans la conservation de la diversité des essences forestières et de la structure dans le sud du Ghana. *Agroforestry 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., Deheuvels O., Kébé B. I. & Petithuguenin P. (2005). Techniques paysannes de réhabilitation cacaoyère en Côte d'Ivoire. *Actes de la 14^{ème} conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 13-18 Octobre 2003, Accra, Ghana, pp 1151-1156.
- 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 cocoa* L.) orchards in Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Plant Science*, 2(1): 55-66.
- 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.
- Atangana A., Khasa D., Chang S. & Degrande A. (2014). Tropical agroforestry. *Springer Science + Business Media*, Dordrecht (Netherlands), 412 p.
- Avelino J., Ten Hoopen G.M. & De-Clerck F. (2011). Ecological mechanisms for pest and disease control in coffee and cacao agroecosystems of the Neotropics. In: *Ecosystem Services from Agriculture and Agroforestry: Measurement and Payment*. Rapidel Bruno (ed.), Le coq Jean-François (ed.), Beer John (ed.), Londres (Royaume-Uni): 91-117.
- Babin R., Bisseleua B.H.D., Dibog L. & Lumaret J.P. (2008). Rearing method and life table data for the cocoa mirid bug *Sahlbergella singularis* Haglund (Hemiptera: Miridae). *Journal of Applied Entomology*, 132: 366-374.

- Babin R. (2009). Contribution à l'amélioration de la lutte contre le miride du cacaoyer *Sahlbergella singularis* Haglund (Hemiptera : Miridae). Influence des facteurs agroécologiques sur la dynamique des populations du ravageur. Thèse de doctorat, Département Biologie, Ecologie et Environnement, Spécialité Biologie des Populations et Ecologie, Université Montpellier III-Paul Valéry (Montpellier, France), 202 p.
- Babin R., Gerben ten Hoopen M., Cilas C., Enjalric F., Yede, Gendre.P. & Lumaret J.P., 2010. Impact of shade on the spatial distribution of *Sahlbergella singularis* in traditional cocoa agroforests. *Agricultural and forest entomology*, 12(1): 66-79.
- BAD (2020). Diagnostic-pays sur le financement à long terme (LTF) pour la Côte d'Ivoire, Rapport final, Côte d'Ivoire, 56 p.
- Badegana A.M., Amang J. & Mpé J.M. (2005). Préférence alimentaires de *sahlbergella singularis* hangl (Hemiptera : miridae) vis-à-vis de quelques clones de cacaoyers (*Theobroma cacao* L), *tropicultura*, 23(1): 24-28.
- Ballé S. & Hallé N. (1961). Les Loranthaceae de la Côte d'Ivoire. *Adansonia*, nouvelle série, 1 : 210-265
- Ballé S. (1982). Loranthaceae. In: *Flore du Cameroun*. Satabié B, Leroy JF (eds). Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique, Yaoundé (Cameroun). 23: 82 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.
- Bamba M. (2020). « Analyse genrée des stratégies de production des riziculteurs en fonction de leurs moyens d'existence: cas des poles rizicoles des régions du poro et du gôh en Côte d'Ivoire ». Mémoire de fin d'étude à l'Ecole Supérieure d'Agronomie de l'INP-HB (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire), 117 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.
- Beer J., Muschler R., Kass D. & Somarriba E. (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38: 139-164.
- Bene J.G., Beall H.W. & Côté A. (1977). Trees, Food and People: Land Management in the Tropics. *International Development Research Centre*, Ottawa (Canada), 52 p.
- Blaser W.J., Oppong J., Yeboah E. & Six J. (2017). Shade trees have limited benefits for soil fertility in cocoa agroforests. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 243: 83-91.

- Blaser W.J., Oppong J., Hart S.P., Landolt J., Yeboah E. & Six J. (2018). Climate-smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests. *Nature Sustainability*, 1(5): 234-239.
- BNETD (2015). Evolution de la végétation ivoirienne de 1990 à 2015. Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement.
- 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.
- Boko B.B. (2022). 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. Thèse de Doctorat, UFR environnement, Spécialité Ecologie, Biodiversité et Evolution, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 210 p.
- Bos M.M., Steffan-Dewenter I. & Tscharntke T. (2006). Shade tree management affects fruit abortion, insects pests and pathogens of cacao. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120: 201-205.
- Boussim I.J. (2002). Les Phanérogames parasites du Burkina Faso: inventaire, taxonomie, écologie, et quelques aspects de leur biologie: Cas particulier des Loranthaceae parasites du karité. Thèse de Doctorat, Département des Sciences Naturelles, Université de Ouagadougou, (Ouagadougou, Burkina Faso), 285 p.
- Boussim I.J., Yonli D., Medah N.M., Guinko S. & Sallé G. (2012). Prospects for an integrated of Loranthaceae species parasitizing *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn in Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(1): 355-364.
- Bouxin G. (2011). Evolution de la végétation macrophytique et trophie dans les deux ruisseaux du bassin hydrographique de la molignée (Condroz, Belgique). *Revue des sciences de l'eau*, 24: 253-266.
- Braudeau J. (1969). Le cacaoyer. Collection Techniques agricoles et productions tropicales. P.Maisonneuve & Larose, Paris (France), 304 p.
- Brooks T., Balmford A., Burgess N., Fjeldsa J., Hansen L. A., Moore J., Rahbek C. & Williams P. (2001). Toward a blueprint for conservation in Africa. *Bioscience*, 51 : 613-624.
- Butler D.R. (1980). Dew and thermal lag: a model for cocoa pods. *Journal of the Royal Meteorological Society*, 1065: 39-550.

- Caplong P., Paulin D., Alauzet C. & Decazy B. (1993). Le foreur du tronc du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lépidoptère Cossidae), un ravageur potentiellement dangereux en cacaoculture. *Actes de la 11^{ème} Conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 18-24 Juillet 1993, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, pp 215-221.
- CCC. (2015). Manuel technique de cacaoculture durable ; à l'attention du technicien, 166 p.
- CEPRASS. (2002). Les pratiques de travail dans la production de cacao en Côte d'Ivoire. IITA/BIT, Côte d'Ivoire, 108 p.
- Champaud J. (1973). Mom, terroir bassa (Cameroun). In: *Atlas des Structures agraires au Sud du Sahara*. Orstom-Mouton, Berlin (Allemagne): 1-59 p.
- Chelack W.S., Borsa J., Marquardt R. & Frohlich A.A. (1991). Role of the competitive microbial flora in the radiation-induced enhancement of ochratoxin production by *Aspergillus alutaceus* var. *alutaceus* NRRL3174. *Applied and Environmental Microbiology*, 57: 2492-2496.
- 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.
- Clay J. (2004). World agriculture and the environment. *Island Press*, Washington DC (USA), 570 p.
- CNRA. (2012). Les programmes de recherches 2014-2015. 38 p.
- CNTIG. (2011). Carte administrative (Nouveau découpage). Direction des projets/ sous-direction des projets spéciaux, 1 p.
- CNUCED. (2008). Intégration verticale et concentration horizontale dans la filière et conséquences sur le droit et la politique de la concurrence dans les pays producteurs de cacao. Rapport des travaux sur la filière du cacao et du chocolat. Données primaires et de missions d'études, 74 p.
- Côte F-X., Poirier-Magona E., Perret S., Rapidel B., Roudier P., Thirion M-C. (2018). La Transition agro-écologique des agricultures du Sud. In: *Agricultures et défis du monde*. Éditions Quæ, France, 368 p.
- Coulibaly K., Kebe I.B., Koffi N.K., Mpika J. & Kone D. (2013). Caractérisation des isolats de *Phytophthora* spp du verger cacaoyers de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 70: 5567-5579.
- Coulibaly K. (2014). Étude de la structure des populations de *Phytophthora* spp, agent de la pourriture brune des cabosses de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire.

- Thèse de Doctorat, Spécialité Pathologie et Physiologie Végétales. Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 190 p.
- Coulibaly K., Aka R. A., Camara B., Kassin E., Kouakou K., Kébé B. I., Koffi N. K., Tahi M. G., Walet N. P., Guiraud S. B., Assi M. E., Kone B., N'Guessan K. F. & Koné D. (2018). Molecular Identification of *Phytophthora palmivora* in the Cocoa Tree Orchard of Côte d'Ivoire and Assessment of the Quantitative Component of Pathogenicity. *Internationale journal of science*, 7 (8): 7-15.
- Dahlquist R.M., Whelan M.P., Winowiecki L., Polidoro B., Candela S., Harvey C.A., Wulforst 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.
- Dajoz R. (1985). Précis d'écologie. *Bordas*, Paris, France, 504 p.
- Dajoz R. (2003). Précis d'écologie. *Dunod*, Paris, France, 615 p.
- Daramola A.M. (1978). Insect pests of kola in Nigeria. *Cocoa Research Institute of Nigeria*, N°3 CRIN, Ibadan (Nigeria), 33 p.
- Daymond A.J., Giraldo Mendez D., Hadley P. & Bastide P. (2022). Un guide mondial sur les systèmes de culture cacao. International Cocoa Organisation. *Daymond, A.J., Giraldo Mendez, D., Hadley, P. and Bastide, P. (Editors)*, Abidjan (Côte d'Ivoire), 30 p.
- De Almeida A.A.F. & Valle R.R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4): 425-448.
- De Oviedo y Valdes G.F. (1551-1555). Historia general y natural de las Indias. 4 vols. Madrid : imprenta de la real Academia de la Historia, 108 p.
- De Planhol X. (1947). Le cacao en Côte d'Ivoire, étude de géographie régionale. *L'information géographique*, 11: 50-57.
- Declert C. (1990). Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale : cultures de Côte d'Ivoire. Rapport final, 333 p.
- Deheuvels O. (2003). Dynamiques de plantation / replantation cacaoyères en Côte d'Ivoire : comparaison de choix techniques avec Olympe. Séminaire « Olympe », Montpellier, France, 13p.
- Deheuvels O., Assiri A.A., Petithuguenin P., Kébé B.I. & Flori A. (2003). Production cacaoyère en cote d'ivoire : état actuel du verger et pratiques paysannes. *Actes de la 14^{ème} conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 13-18 Octobre 2003, Accra, Ghana, pp 1157-1166.

- Deheuvels O. (2007). Dynamiques de plantation replantation cacaoyères en Côte d'Ivoire : comparaison de choix techniques avec Olympe. In : *Modélisation économique des exploitations agricoles : modélisation, simulation et aide à la décision avec le logiciel Olympe*. Penot Eric (ed.), Deheuvels Olivier (ed.). L'Harmattan, Paris (France): 49-61.
- Demangeot J. (1997). La Biodiversité Tropicale. *Finisterra XXXII*, 63: 107-113.
- Despréaux D., Cambrony D., Clément D. & Partiot M. (1988). Etude de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun : définition de nouvelles méthodes de lutte. *Actes de la 10^{ème} conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 17-23 Mai 1987, Santo Domingo, République dominicaine, pp 407-412.
- Dibong S. D., Mony R., Ndiang Z., Ondoua J.M., Boussim I. J., Bilong B. & Amougou A. (2010). The struggle against *Phragmanthera capitata* (Sprengel) S. Balle (Loranthaceae) parasite of agroecosystems' fruit trees in Cameroon, *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 2 (5) : 76-81
- 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, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 61 p.
- Diomandé V.P.A., Koulibaly A., Voui Bi B.N.B., Boko B.B., Dramane K.B., Kouadio N.K.C. & Traoré K. (2021). Strategie paysanne de preservation de la flore ligneuse associée dans les plantations de cacaoyers de la zone cacaoyère de Djêkro (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 33(1): 29-39.
- Donald P.F. (2004). Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation Biology*, 18 : 17-37.
- Dufour B. (1987). Utilisation d'une méthode de transmission pour l'identification des formes Togolaises du swollen shoot du cacaoyer: Premiers résultats. *Actes de la 10^{ème} conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 17-23 Mai 1987, Santo Domingo, République dominicaine, pp 521-526.
- Dufour B., Djiekpor E.K., Paulin D. & Cilas C. (1993). Méthode de criblage pour la résistance au virus du swollen shoot: Amélioration de la transmission par cochenilles. *Actes de la 11^{ème} Conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 18-24 Juillet 1993, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, pp 243-244.
- Dufrêne M. & Legendre P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 : 345-366.

- Dufumier M. (2016). L'adaptation de la cacaoculture ivoirienne au dérèglement climatique : L'agroécologie pourrait-elle être une solution ? Plate-Forme pour le Commerce Equitable, 16 p.
- Dzahini-Obiatey H., Owusu D. & Amoah F.M. (2010). Over seventy years of a viral disease of cocoa in Ghana: From researchers perspective. *African Journal of Agricultural Research*, 5(7): 476-485.
- Eldin M. (1971). Le climat. In : *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM*, 50, Paris (France): 73-108.
- Elomo amya B.E. (2015). Impact des attaques des mirides (*Salhbergella singularis*) sur la production du cacaoyer dans la region du Centre du Cameroun. Mémoire d'Ingenieur Agronome, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, (Dschang, Cameroun), 86 p.
- Entwistle P.F. (1972). Pests of cocoa. *Longman Group Ltd*, London, (Royaume-Uni), 779 p
- Esso J.L. (2009). Politique économique et développement : dynamique des recettes du café et du cacao en Côte d'Ivoire. *Centre Ivoirien de Recherches Economiques et Sociales*, Abidjan (Côte d'Ivoire), 19 p.
- Essola E.L.C. (2014). Évaluation des rendements potentiels en cacao (*Theobroma cacao* L) dans les SAF complexes en zone forestière à pluviométrie bimodale du Centre Cameroun. Mémoire d'Ingénieur Agronome, option Productions Végétales, Université de Dschang, (Dschang, Cameroun) 78 p.
- EUFIG. (2016). Un avenir prometteur pour le cacao. European Food Information Council, 18 p.
- FAOSTAT. (2020). Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAO Statistical Databases. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (13/08/2020).
- Felfili J.M., Silva Júnior M.C., Sevilha A.C., Fagg C.W., Walter B.M.T., Nogueira P.E. & Rezende A.V. (2004). Diversity, floristic and structural patterns of cerrado végétation in Central Brazil. *Plant Ecology*, 175 : 37-46.
- Fior Markets. (2021). Rapport 419438, 224 p.
- Fountain A.C. & Huetz-Adams F. (2022). Baromètre du cacao 2022, 131 p.
- Franzen M. & Borgerhoff M.M. (2007). Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. *Biodiversity and Conservation*, 16: 3835-3849.
- Freeman G.H. (1964). Present nursery and establishment methods for cocoa in Western Nigeria. Annual Report of West African Cocoa Research Institute, (Nigeria) : 13-24.

- Freud E.H., Petithuguenin P. & Richard J. (2000). Les champs de cacao : un défi de compétitivité Afrique-Asie. *Editions Karthala et CIRAD*, Paris (France), 210 p.
- Frontier S., Pichod-Viale D., Leprêtre A., Davoult D. & Luczak C. (2008). Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. 4^{ème} édition. *Dunod*, Paris (France), 558 p.
- Fujinawa F.M., Nadson D.C.P., Carmo E.S.D.S., Antonio D.G. & Helson M.M.D.V. (2012). First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing stem rot disease of begonia (*Begonia x elatior hort.*) in Brazil. *Australas. Plant Pathology*, 7: 163-166.
- 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.
- Gnagbo A., Kpangui K.B. & Adou Yao C.Y. (2015). Distribution des épiphytes de Côte d'Ivoire: effets des zones phytogéographiques et des variations pluviométriques. *Afriques sciences*, 11 (1) : 175-186.
- Gnahoua G.M., Ouallou K. & Balle P. (2012). Les légumineuses à croissance rapide comme plantes d'ombrage dans la replantation des cacaoyers en zone de forêt semi décidue de Côte d'Ivoire. *Proceeding of the INAFORESTA symposium, Cocoa based Agroforestry: Sustainability and Environment*, 21-22 Octobre 2012, Yaoundé, Cameroun, pp 21-22.
- Gockowski J., Tchatat M., Dondjang J.P., Hietet G. & Fouda T. (2010). An empirical analysis of the biodiversity and economic returns to cocoa agroforests in southern Cameroon. *Journal of Sustainable Forestry*, 29: 638-670.
- Goetze D., Koulibaly A., Porembski S. & Traoré D. (2010). La dynamique récente de la végétation. In : *Biodiversity Atlas of West Africa*, Konaté, S. & Kampmann, D. (eds.), Côte d'Ivoire, Vol. 3: 342-344.
- Gómez-Pompa A., Salvador F.J. & Aliphath F.M. (1990). The Sacred Cacao Groves of the Maya. *Latin American Antiquity*, 1(3): 247-257.
- Goreaud F. (2000). Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes. Thèse de doctorat, Département des Sciences forestières, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (Paris, France), 362p.
- Guest D. (2007). Black pod: Diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. *Phytopathology*, 97: 1650-1653.
- Guillaumet J.L. & Adjanooun E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM*, 50, Paris (France): 161-263.

- Hartemink A.E. (2005). Nutrient stocks, nutrient cycling and soil changes in cocoa ecosystems: a review. *Advances Agronomy*, 86: 227-253.
- Holcman R. (2006). L'ordre sociologique, élément structurant de l'organisation du travail: l'exemple des bureaucraties professionnelles, ordre soignant contre ordre dirigeant à l'hôpital. Thèse de doctorat, Département des Sciences de gestion, Conservatoire National des Arts et Métiers (Paris, France), 330 p.
- Hughes J.D., Adomako D. & Ollennu L.A.A. (1995). Evidence from the virobacterial agglutination test for the existence of eight serogroups of cocoa swollen shoot virus. *Annals of Applied Biology*, 127 (2): 297-307.
- Huston M.A. (1994). Biological diversity: The coexistence of species on changing landscapes. *Cambridge University Press*, Cambridge (Royaume Uni), 681 p.
- Hutcheon W.F. (1976). Photosynthesis of cocoa : photosynthesis in relation to the light and plant nutrient status. *Report Cocoa Research Institute of Ghana*, 74 : 186-188.
- ICCO. (2008). Rapport Annuel 2007/2008. International Cocoa Organization, Londres, Royaume Uni, 40 p.
- ICCO. (2015). What are the effects of intensive commercial production of cocoa on the environnement? International Cocoa Organization, Rapport Annuel, Londres, Royaume Uni, 25p.
- ICCO. (2016). ICCO monthly review – February 2016. International Cocoa Organization, Londres, Royaume Uni, 2 p.
- ICCO. (2017). Annual report 2014/2015. International Cocoa Organization, Londres, Royaume Uni, 76 p.
- ICCO. (2020). Rapport annuel 2019/2020. International Cocoa Organization (ICCO), Londres, Royaume Uni, 5 p.
- ICCO. (2021). Cocoa market report, November 2021. International Cocoa Organization (ICCO), Londres, Royaume Uni, 2 p.
- Inoussa T.M., Ismaila T.I., Gbègbo M.C. & Sinsin B. (2013). Structure et composition floristiques des forêts denses sèches des Monts Kouffé. *Journal of Applied Biosciences*, 64 : 4787-4796.
- INS. (2022). Données socio-démographiques et économiques des localités. Institut National de la Statistique : Résultats globaux 2021. Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Côte d'Ivoire, 37 p.

- Isaac M.E., Timmer V.R. & Quashie-Sam S.J. (2007). Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: Biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 78(2): 155-165.
- Jagoret P., Ngogue H.T., Bouambi E., Battini J.L. & Nyassé S. (2009). Diversification des exploitations agricoles à base de cacaoyer au Centre Cameroun : mythe ou réalité ? *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13(2): 271-280
- Jagoret P. (2011). Analyse et évaluation de SAF complexes sur le long terme : Application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au Centre Cameroun. Thèse de doctorat, agronomie, Fonctionnement des Ecosystèmes Naturels et Cultivés, Montpellier, Supagro, 236 p.
- Jagoret P., Michel-Dounias I. & Malézieux E. (2011). Long term dynamics of cocoa agroforests: a case study in central Cameroun. *Agroforestry Systems*, 81: 267-278.
- Jagoret P., Michel-dounias I., Snoeck D., Ngogue H.T. & Malézieux E. (2012). Afforestation of savannah with cocoa agroforestry systems: a small-farmer innovation in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 86: 493-504.
- Jagoret P., Deheuvelds O. & Bastide P. (2014). Production durable de cacao ; S'inspirer de l'agroforesterie. La Recherche Agronomique pour le Développement, *perspective*, 27: 4 p.
- Jean-Michel N.W. (2006). Méthodes d'étude de la végétation. Méthode du relevé floristique, Introduction (première partie), Université de Louis Pasteur, Strasbourg (France), 23 p.
- Kébé I. B., N'goran J. A.K., Tahi G.M., Paulin D., Clément D. & Eskes A.B. (1996). Pathology and breeding for resistance to black pod in Côte d'Ivoire. *Proceeding of the International Workshop on the Contribution of disease Resistance to cocoa Variety Improvement*. 24th- 26th November 1996, Salvador, Bahia (Brazil), pp 135-139.
- Kébé B.I. & N'Guessan K.F. (2003). Rapport de la mission de prospection du swollen shoot. Centre National de Recherche Agronomique, 11-13 Septembre 2003, Divo, Côte d'Ivoire, 7 p.
- Kébé B.I., Koffi N., Konan A., N'Guessan K.F., N'goran J. & Irié B.Z. (2005). Bien cultiver le cacaoyer: Fiche technique. Centre National de Recherche Agronomique, Août 2005, Côte d'Ivoire, 4p.
- Kébé B.I., Kouakou K., N'Guessan N.F., Assiri A.A., Adiko A., Aké S. & Anno A.P. (2006). Le swollen shoot en Côte d'Ivoire : situation actuelle et perspectives. *Proceeding of the 15ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, San José, Costa Rica, pp 907-922.

- Khlij A. & Hajlaoui M.R. (2010). Identification des espèces de phytophthora responsables de la pourriture racinaire dans les vergers d'agrumes tunisiens et évaluation de leur densité d'inoculum. *Annales de l'INRAT*, 83: 142-153.
- Koffié K., Kebe B.I., Kouassi N., Anno A.P., Ake S. & Muller E. (2011). Impact de la maladie virale du swollen shoot du cacaoyer sur la production de cacao en milieu paysan à bazré (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 43: 2947-2957.
- Koffié-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. (2008). Influence des caractères morphopédologiques et chimiques des sols sur la dégradation précoce des cacaoyers dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire : Cas de Méagui et de San-Pedro. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 120 p.
- Koko L.K., Yoro R.G., N'Goran K. & Assa A. (2008). Evaluation de la fertilité des sols sous cacaoyers dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20(1): 81-95.
- Koko L.K., Kassin K. E., Yoro G., N'goran K., Assiri A.A. & Yao-Kouamé A. (2009). Corrélations entre le vieillissement précoce des cacaoyers et les caractéristiques morphopédologiques dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 24: 1508-1519.
- Koko L.K., Snoeck D., Lekadou T.T. & Assiri A.A. (2013). Cacao-fruit tree intercropping effects on cocoa yield, plant vigour and light interception in Côte d'Ivoire. *Agroforestry systems*, 87(5): 1-10.
- 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.
- Konan G.D., Kpangui K.B., Kouakou K.A. & Barima Y.S.S. (2023). Typologie des SAF à base de cacaoyers selon le gradient de production cacaoyère en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(2): 378-391.
- Konaté Z. (2008). Etude comparative des pratiques paysannes de plantation ou de replantation cacaoyère en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 91 p.

- Konaté S. & Kampmann D. (2010). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest. Tome III (III). *Edition Konaté S. & Kampmann D.*, Abidjan, Côte d'Ivoire & Frankfurt/Main, 560 p.
- Konaté Z., Assiri A.A., Messoum F.G., Sekou A., Camara M. & Yao-kouame A. (2015). Antécédents culturels et identification de quelques pratiques paysannes en replantation cacaoyère en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 27(3): 301-314.
- Koua H.S., Coulibaly M.D.A.N. & Alloue M.A.W.B. (2018). Caractérisation des vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire : cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(3): 5706-5714.
- Kouadio K.K.H., Doudou D.T., Tschannen A., Dao D. & Girardin O. (2011). Techniques agroforestières à base de *Gliricidia sepium* à l'Est de la Côte d'Ivoire: impacts et perspectives. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 11: 1374-1379.
- Kouadio K.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., Koulibaly A., Coulibaly S., Boko B.B., Dramane K.B., Diomandé V.P-A. & Kouadio Y.J. (2021). Potentiel de régénération naturelle des espèces ligneuses associées dans les agrosystèmes cacaoyers traditionnels de la zone rurale de Djèkro (Daloa, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 33(1): 97-108.
- Kouadio N.K.C., Koulibaly A., N'Guessan K.R., Boko B.B., Dramane K.B., Diomandé V.P-A. & Diaby F. (2022). Connaissance des plantes médicinales et lieux d'approvisionnement d'intérêt: cas des producteurs de cacao et leurs familles de la localité de Gonaté (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *Pharmacopée et médecine traditionnelles africaines*, 21(1): 20-32.
- Kouakou K., Kébé B.I., Kouassi N., Anno A.P., Aké S. & Muller E. (2011). Impact de la maladie virale du swollen shoot du cacaoyer sur la production de cacao en milieu paysan à Bazré (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 43: 2947-2957.
- Kouakou K., Kébé B.I., Kouassi N., Aké S., Cilas C. & Muller E. (2012). Geographical distribution of Cacao swollen shoot virus molecular variability in Côte d'Ivoire. *Plant Disease*, 96(10): 1445-1450.
- 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 de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 227 p.
- Kouamé N.N., N'Guessan F.K., N'Guessan H.A., N'Guessan P.W. & Tano Y. (2014). Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région de l'Indénie-Djuablin en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 83 : 7595-7605
- Kouamé N.N., N'Guessan F.K., N'Guessan H.A., N'Guessan P.W. & Tano Y. (2015). Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1) : 3787-3798.
- Koulibaly.A.V., (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, UFR Biosciences, Spécialité Botanique, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 150 p.
- Koulibaly A., Goetze D., Porembski S. & Traoré D. (2010). Agroforesterie en fonction des zones éco-climatiques de la Côte d'Ivoire. In : *Biodiversity Atlas of West Africa*. Konaté, S. & Kampmann, D. (eds.), Côte d'Ivoire, 3: 358-361.
- Koulibaly A., Monian M., Ackah J.A.A.B., Koné M.W. & Traoré Karidia. (2016). 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., Vouli 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., Vroh B.T.A., Goné B.Z.B. & Adou Yao C.Y. (2015). 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.

- Lachenaud P. (1984). Une méthode d'évaluation de la production de fèves fraîches applicable aux essais entièrement randomisés. *Café Cacao Thé*, 1(2): 21-30.
- Lachenaud P. (1991). Facteurs de la fructification chez le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.): Influence sur le nombre de graines par fruit. Thèse de doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon (Paris, France), 188 p.
- Lavabre E.M. (1977). Importance économique des mirides dans la cacaoculture mondiale. In: *Les mirides du cacaoyer. Institut Français du café et du cacao*, Paris (France), pp 141-153.
- Lavabre E.M. (1992). Ravageurs des cultures tropicales. Le Technicien d'Agriculture Tropicale. *Maisonneuve & Larose*, Paris (France), 178 p.
- Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J.P. & Trommetter M. (2008). Agriculture et biodiversité : des synergies à valoriser. Rapport final, INRA, 739 p.
- Leakey R., Tchoundjeu Z., Schreckenberg K., Shackleton S.E. & Shackleton C.M. (2005). Agroforestry Tree Products: Targeting Poverty Reduction and Enhanced Livelihoods. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 3(1): 1-23.
- Leakey R. (1996). « Definition of agroforestry revisited ». *Agroforestry Systems*, 8: 5-7.
- 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, Centre National d'Etude Agronomique des Régions Chaudes (Montpellier, France), 109 p.

- Lemée G. (1955). Influence de l'alimentation en eau et de l'ombrage sur l'économie hydrique et la photosynthèse du cacaoyer. *Agronomie Tropicale*, 10(5): 592-603.
- 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.
- Lot H., Djiepor E. & Jacquemond M. (1991). Characterization of the genome of cacao swollen shoot virus. *Journal of General Virology*, 2: 1735-1739.
- Madountsap T.N., Zapfack L., Chimi D.C., Kabelong B., Tsopmejo T.I., Forbi P.F. & Nasang J.M. (2017). Biodiversity and carbon stock in the SODECAO Agroforestry System of Center Region of Cameroon: Case of Talba Locality. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 5(4): 121-129.
- Malézieux E., Deheuvels O., Jagoret P., Lamanda N. & Michel I. (2009). How can agronomy deal with agroforests? *Proceeding of the Book of abstracts of the 2nd World Congress of Agroforestry: Agroforestry, the future of global land use*, 23-28 August 2009, Nairobi, Kenya, pp 1-50.
- Manyong V.M., Smith J., Weber G., Jagtap S.S. & Oyewole B. (1996). Macro characterization of agricultural systems in West Africa: An overview. *Resource and Crop Management Monograph*, 21: 74 p.
- Massein G. (2000). Impact des variations de prix du cacao sur les stratégies de plantation des producteurs de la Lékié Centre-Cameroun. Etude de cas à Ntsan (arrondissement d'Obala). Mémoire d'ingénieur agronome, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier (Montpellier, France), 119 p.
- Mfegue V. (2012). Origine et mécanismes de dispersion des populations de *Phytophthora megakarya*, pathogène du cacaoyer au Cameroun. Thèse de doctorat, Spécialité Biologie Intégrative des Plantes, Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques (Montpellier, France), 186 p.
- Missa K., Silué P.A., Koffi K.J. & Soro K. (2023). Evaluation du potentiel floristique des espèces lianescentes dans le Centre de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 57(1): 10414-10424.
- Mohamed S.Z., Abbasher A.A. & Eldur B.Z. (2013). Incidence and severity of the mistletoe *Tapinanthus globiferus* on guava and lime and its mechanical control in the Gezira State, Sudan. *Journal of Science and Technology*, 14: 44-51.

- Monteith J.L. & Butler D.R. (1979). Dew and thermal lag: measurements and estimate wetness duration on cocoa pods. *Journal of the Royal Meteorological Society*, 105: 207-215.
- Mossu G. (1990). Le cacaoyer. Série : Le technicien d'Agriculture tropicale. Ed. G.P. Maisonneuve et Larose, 160 p.
- Mossu G. (1992). Cocoa. The MacMillan Press Ltd, 103 p.
- Muller E. (2008). Cocoa swollen shoot. In: *Characterization, Diagnosis and Management of Plant Viruses. Industrial Crops*, pp 423-444.
- 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.
- N'Guessan K.F. & Coulibaly N. (2000). Dynamique des populations de mirides et de quelques autres déprédateurs du cacaoyer dans la région Ouest de la Côte d'Ivoire. *Proceeding of the 13ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, Kota Kinabalu, Malaisie, pp 425-436.
- N'Guessan K.F. (2005). Lutte contre les mirides et les autres insectes nuisibles du cacaoyer en Côte d'Ivoire. *Proceeding of the formation des agents du FDPCC sur les techniques de culture, de protection et de traitements post-récoltes du cacao en Côte d'Ivoire*, CNRA, cahier du stagiaire, Côte d'Ivoire, pp 28-48.
- N'Guessan K.F. 2006. The cocoa stem borer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lepidoptera: Cossidae) and others new potentially dangerous Lepidopteran pests of cocoa. *Proceeding of the 15ème Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère*, 9 au 14 Octobre 2006, San José, Costa Rica, pp 1079-1086.
- N'Guessan A.H., N'Guessan K.F., Kouassi K.P., Kouame 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*, 83: 7606-7614.
- Nair P.K.R. (1993). An introduction to agroforestry. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht (Netherlands), 489 p.
- Ndubuaku T.C.N. (1989). Economic insect pests of kola. In : *Progress in Tree Crop Research*, 2nd edition, CRIN, Ibadan, Nigeria: 111-114.
- Noiha N.V., Zapfack L. & Mbade L.F. (2015). Biodiversity management and plant dynamic in a cocoa agroforest (Cameroon). *International Journal of Plant & Soil Science*, 6(2): 101-108.

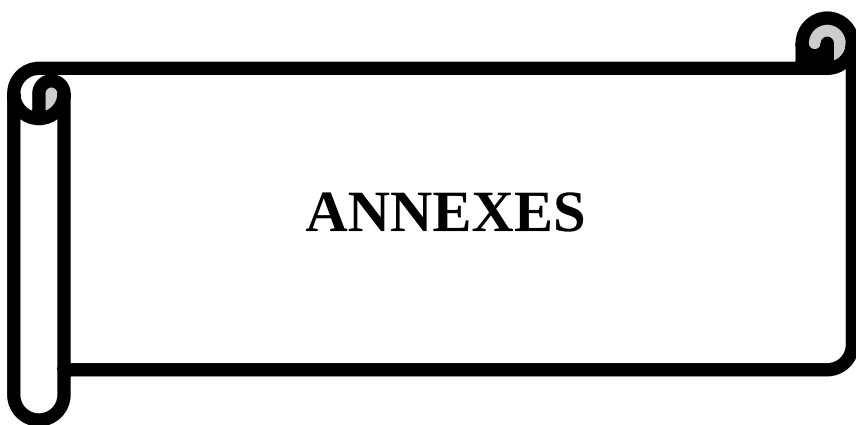
- Ojo A.A. (1981). Investigations into the control of the kola stem borer, *Phosphorus virescens* Oliver (Cerambycidae : Coleoptera) in Western Nigeria. *Turrialba*, 31(3): 267-270.
- Okali, D.U.U. & Owusu, J.K. 1975. Growth analysis and photosynthetic rates of cocoa (*Theobroma cacao*, L.) seedlings in relation to varying shade and nutrient regimes. *Ghana Journal of Agricultural Sciences*, 8: 51-67.
- 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. Thèse de Doctorat, Spécialité : Epidémiologie végétale des maladies transmises par vecteur, Montpellier, 262 p.
- Osei-Bonsu K., Ameyaw O.C. & Tetteh J.P. (2005). Traditional cocoa agroforestry: 1. Species encountered in the cocoa ecosystem of a typical cocoa growing region District in Ghana. *Proceedings of the 14th international cocoa research conference*, COPAL, Lagos, Nigeria, pp 531-538.
- Ouattara D., Kouamé D., Tiebre M-S., Kouadio Y.J-C. & N'Guessan K.E. (2016). Biodiversité végétale et valeur d'usage en zone soudanienne de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(3): 1122-1138.
- Perraud A. (1971). Les sols de la Côte d'Ivoire. In : *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoire ORSTOM, 50, Paris (France) : 269-389.
- Piart J. (1970). Etude de quelques caractéristiques biologiques du miride du cacaoyer (*Distantiella theobromae* Dist.) au moyen d'un élevage au laboratoire. *Café Cacao Thé*, 14(1): 28-38.
- 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.
- Piélou E.C. (1966). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theories and Biology*, 10(2): 370-383.
- 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, Spécialité Agroécologie, Université Libre de Bruxelles (France), 86 p.

- Ploetz R. (2016). The impact of diseases on cacao production: a global overview. In *Cacao diseases: a history of old enemies and new encounters*. Eds. Bailey B.A. & Meinhardt L.W.: 33-59.
- Pohé J., Pohé S., Steve W. & Okou S.F.F. (2013). L'huile des graines de neem, un fongicide alternatif à l'oxyde de cuivre dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses de cacaoyer en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 16(3): 2362-2368.
- Posnette A.F. (1940). Transmission of swollen shoot disease of cacao. *Tropical Agriculture*, 17(5): 98 p.
- Posnette A.F. (1941). Swollen shoot virus disease of cocoa. *Tropical Agriculture*, 19: 87-90.
- Posnette A.F. (1950). Virus diseases of cacao in West Africa: VII. virus transmission by different vector species. *Annals of Applied Biology*, 37(3): 378-384.
- Ratnadass A., Fernandes P., Avelino J. & Habib R. (2012). Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32: 273-303.
- Raunkiaer C. (1934). The life form of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. *Clarendon press*, Oxford, Londre (Royaume-Uni), 632 p.
- REDD+. (2018). Production durable de cacao en Côte d'Ivoire : besoins et solutions de financement pour les petits producteurs. Rapport, 48 p.
- Rice R.A. & Greenberg R. (2000). Cocoa Cultivation and the Conservation of Biological Diversity. *Journal of the Human Environment*, 29(3): 167-173.
- Ruf F. (1995). Booms et crises du cacao: les vertiges de l'or brun. Ministère de la coopération, *Edition Karthala et CIRAD-SAR*, Paris, France, 459 p.
- Ruf F. & Zadi H. (1998). Cacao: from deforestation to reforestation. *Proceedings of the first international workshop on Sustainable Cocoa Growing*, 29 Mars au 03 Avril 1998, Panama City, Panama, 8 p.
- Ruf F. & Schroth G. (2004). Chocolate forest and monocultures: a historical review of cocoa growing and its conflicting role in tropical deforestation and forest conservation. In: *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington DC (USA): 107-134.
- Ruf F. (2011). The Myth of Complex Cocoa Agroforests : The Case of Ghana. *Human Ecology*, 39(3): 373-388.

- 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.
- Saj S., Jagoret P., Etoa L.E., Eteckji F.E., Tarla J.N., Essobo N.J.D. & Mvondo S.K. (2017). Lessons learned from the long-term analysis of cacao yield and stand structure in central Cameroonian agroforestry systems. *Agricultural Systems*, 156: 95-104.
- Sallé G., Tuquet C. & Raynal-Roques A. (1998). Biologie des Phanérogames parasites: les phanérogames parasites. Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie et de ses Filiales, France, pp 9-36.
- 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. *Island Press*, Washington DC (USA), 525 p.
- Sebillotte M. (1974). Agronomie et agriculture: Essai des analyse des tâches de l'agronome. *Cahier de l'ORSTOM Série Biologie*, 24: 3-25.
- Shannon C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3): 379-423.
- Siapo Y.M., Tahiri A., Ano E.J. & Diby Y.K.S. (2018). Evaluation des pratiques phytosanitaires paysannes dans les vergers de cacao dans le département de Daloa, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14(33): 267-280.
- Snoeck D., Koko L., Joffre J., Bastide P. & Jagoret P. (2016). Cacao Nutrition and Fertilization. *Sustainable Agriculture Reviews*, 19(4): 155-202.
- Somarriba E., Zamora R., Gonzalez J., Malek M., Vargas E., Sinclair F. & Quesada F. (2020). ShadeMotion: the analisis of tree shade patterns.Tutorial. Manual técnico 145, CATIE, Turrialba (Costa Rica), 50 p.
- Sonii D. (2005). A la découverte de la production durable du cacaoyer : guide de formation participative des planteurs. Sustainable Tree Crops Program, International Institute of Tropical Agriculture. Yaoundé (Cameroun), Version mars 2005, 45 p.
- 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(1-2): 41-55.
- Sonwa D.J., Nkongmeneck B.A., Weise S.F., Tchatat M., Adesina A.A. & Jansens M.J.J. (2007). Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 16: 2385-2400.

- Surujdeo-Maharaj S., Sreenivasan T.N., Motilal L.A. & Umaharan P. (2016). Black Pod and Other Phytophthora Induced Diseases of Cacao: History. *In: Cocoa Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. Bryan A. Bailey, Lyndel W. Meinhardt (Editors), Springer, Beltsville (USA): 213-266.
- Tano A.M. (2012). Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji au Sud- Ouest ivoirien. Thèse de Doctorat, Unité Mixte de Recherche (UMR) Dynamiques Rurales, Université Toulouse 2 (Toulouse, France), 261 p.
- Tchatat M., Ndoeye O. & Nasi R. (1999). Produits forestiers autres que le bois d'œuvre : place dans l'aménagement durable des forêts denses humides d'Afrique Centrale. Rapport d'étude pour le compte du programme de la région de l'Afrique Central pour l'Environnement, Projet FORAFRI n°18, Montpellier, France, 95 p.
- Temgoua L.F., Dongmo W., Nguimdo V. & Nguena C. (2018). Diversité Ligneuse et Stock de Carbone des SAF 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 SAF Cacaoyers du Littoral Cameroun : Cas de l'Arrondissement de Loum. *European Scientific Journal*, 15(9): 1857-1881.
- Ten Hoopen G.M., Deberdt P., Mbenoun M. & Cilas C. (2012). Modelling cacao pod growth: implications for disease control. *Annals of Applied Biology*, 160(3): 260-272.
- 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.
- Torquebiau E. (2007). L'agroforesterie: Des arbres et des champs. Biologie, Ecologie, Agronomie. *L'Harmattan*, Paris (France), 156 p.
- Van der Maarel E. (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39 : 97-144.
- Varlet F. & Tchiat L. (1991). Dynamique de plantation et stratégies des planteurs dans les zones cacaoyères et caféières de Makénéné et Ndikiniméki (Centre Cameroun). Rapport de stage effectué pour SODECAO, Tome 2: Traitement des résultats d'enquêtes à Makénéné, Yaoundé, Cameroun, 316 p.
- Vernon A.J. (1967). Yield and light relationship in cocoa. *Tropical Agriculture*, 44(3): 223-228.

- Vos J.G.M., Ritchie B.J. & Flood J. (2003). A la decouverte du cacao: un Guide pour la formation des facilitateurs. *Cabi Bioscience*, Englefield Green (Royaume Uni), 24 p.
- Vroh B.T.A., Cissé A., Adou Yao C.Y., Kouamé D., Koffi K.J., Kpangui K.B. & Koffi B.J.C. (2015). Relations 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.
- Wessel M. & Quist-Wessel F.P.M. (2015). Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *Wageningen Journal of Life Sciences*, 74(1): 1-7.
- Wood G.A.R. & Lass R.A. (2008). Cocoa. Tropical Agriculture Series. *Edition Longman Group*, Iowa (USA), 620 p.
- Wright H. (1999). Cocoa or Theobroma cacao: Its botany, cultivation, chemistry and diseases. *Edition Biotech Books*, Dehli (Inde), 249 p.
- Yaméogo G. (2009). Les ressources ligneuses et leur gestion dans le terroir de Vipalogo, province du Kadiogo, Burkina Faso. Thèse de doctorat, UFR Bioscience, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 258 p.
- Young A.M. (1994). The chocolate tree: a natural history of cacao. *Edition Smithsonian Institution Press*, Washington DC (USA), 215 p.
- Zapfack L., Chimi D.C., Noiha N.V., Zekeng J.C., Meyan-ya D.G.R. & Tabue M.R.B. (2016). Correlation between associated trees, cocoa trees and carbon stocks potential in cocoa agroforests of Southern Cameroon. *Sustainability in Environment*, 1(2): 71-84.
- Zébri T.J. (1949). «Origine du nom Daloa». *La Côte d'Ivoire chrétienne*, 115: 2 p.
- Zoukou B.P. (1941). Monographie de la subdivision de Daloa, vie et moeurs des habitants. In: *Cahier Ecole William-Ponty*, Sébikhotane (Sénégal), 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.
- Zuidema P.A., Leffelaar P.A., Gerritsma W., Mommer L. & Anten N.P.R. (2005). A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems*, 84(2): 195-225.



ANNEXES

Annexe 1: Fiche d'inventaire et de mesures dendrométriques

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			

Annexe 2 : Fiche de mesure des paramètres de l'ombrage

Site et coordonnées GPS :

Collecteur :

Date :

N° de fiche :

Description du milieu :

N° ordre	Espèces	Circonférence du tronc	Hauteur totale	Hauteur tronc	du	Densité de la canopée	Forme de la canopée	Diamètre de la canopée	
								Nord-Sud	Est-Ouest
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Annexe 3 : Fiche de comptage des cabosses de cacao

Site et coordonnées GPS :

Date :

Collecteur :

N° de fiche :

Description du milieu :

N° ordre cacaoyers	Nombre de cabosses					Densité de cacaoyers
	Passage 1	Passage 2	Passage 3	Passage 4	Passage 5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Annexe 4 : Fiche de relevée des infestations

Site et coordonnées GPS :

Collecteur :

Date :

N° de fiche :

Description du milieu :

N° Ordre	Espèces	Swollen shoot	Loranthacee	Pourriture des cabosses	Chancre	Foreurs de tige	Mousses	Termite	Dégâts des rongeurs	Dégâts des mirides
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										

Annexe 5 : Flore ligneuse des SAF à cacaoyers du département de Daloa

N° ordre	Espèces	Familles	Types biologiques	Chorologie
1	<i>Acacia auriculiformis</i> Cunn.ex Benth.	Fabaceae	mP	i
2	<i>Adansonia digitata</i> Linn.	Malvaceae	mP	SZ
3	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.F. Wright	Fabaceae	mP	GC
4	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Fabaceae	mP	GC-SZ
5	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
6	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	MP	GC
7	<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms	Fabaceae	MP	GC
8	<i>Anacardium occidentale</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	i
9	<i>Annona muricata</i> Linn.	Annonaceae	mp	GC
10	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC
11	<i>Baphia bancoensis</i> Aubrév.	Fabaceae	mp	GCi
12	<i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	mP	GC-SZ
13	<i>Bombax buenopozense</i> P. Beauv.	Malvaceae	MP	GC
14	<i>Carapa procera</i> DC. De Wilde	Meliaceae	mp	GC-SZ
15	<i>Cassia siamea</i> Lam.	Fabaceae	mp	i
16	<i>Ceiba pentandra</i> (Linn.) Gaerth.	Malvaceae	MP	GC-SZ
17	<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Cannabaceae	mP	GC
18	<i>Chassalia kolly</i> (Schumach.) Hepper	Rubiaceae	np	GC
19	<i>Citrus limon</i> Burn. f.	Rutaceae	mp	i
20	<i>Citrus maxima</i> (Burm.) Merr.	Rutaceae	mp	i
21	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	mp	i
22	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	mp	i
23	<i>Coffea canephora</i> A. Froehner	Rubiaceae	mp	GC
24	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	Malvaceae	mP	GC-SZ
25	<i>Cola gigantea</i> A. Chev. var. <i>glabrescens</i> Brenan & Keay	Malvaceae	mP	GC-SZ

26 <i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Malvaceae	mP	GC
27 <i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae	MP	GC
28 <i>Ficus capensis</i> Thunb.	Moraceae	mp	GC-SZ
29 <i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	mp	GC-SZ
30 <i>Ficus goliath</i> A.Chev.	Moraceae	mp	GC
31 <i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	mp	GC
32 <i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	mP	GC
33 <i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	mP	GC
34 <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	Fabaceae	mp	i
35 <i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Lamiaceae	mp	i
36 <i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	Hypericaceae	mp	GC
37 <i>Hevea brasiliensis</i> (Kunth) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mP	i
38 <i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Dur. & Schinz var. <i>floribunda</i>	Apocynaceae	mP	GC-SZ
39 <i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Irvingiaceae	MP	GC
40 <i>Jatropha curcas</i> Linn.	Euphorbiaceae	np	GC-SZ
41 <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	Meliaceae	MP	GC
42 <i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bignoniaceae	mp	GC-SZ
43 <i>Lannea acida</i> A. Rich.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
44 <i>Leptonychia pubescens</i> Keay	Malvaceae	mp	GC
45 <i>Mallotus oppositifolius</i> (Geisel.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
46 <i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	mP	i
47 <i>Mansonia altissima</i> (A. Chev.) A. Chev. var. <i>altissima</i>	Malvaceae	mp	GC
48 <i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	mp	GC-SZ
49 <i>Milicia excelsa</i> (Welw.) Benth.	Moraceae	MP	GC
50 <i>Millettia rhodontha</i> Baill.	Fabaceae	mP	GCW
51 <i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	mp	GC-SZ
52 <i>Moringa oleifera</i> Lam	Moringaceae	mp	GC-SZ
53 <i>Morus mesozygia</i> Stapf	Moraceae	mp	GC

54	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Urticaceae	mp	GC
55	<i>Myrianthus libericus</i> Rendle	Urticaceae	mp	GC
56	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.& T. Durand) Merrill	Rubiaceae	MP	GC
57	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R. Capuron	Malvaceae	MP	GC
58	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Bignoniaceae	mp	GC
59	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.	Fabaceae	mp	SZ
60	<i>Pentadesma butyracea</i> Sabine	Clusiaceae	mP	GC-SZ
61	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	mp	i
62	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Millne-Redhead	Fabaceae	mp	GC-SZ
63	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Fabaceae	MP	GC
64	<i>Psidium guajava</i> Linn.	Myrtaceae	mp	i
65	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	Myristicaceae	mP	GC
66	<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Apocynaceae	mp	GC-SZ
67	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	mP	GC
68	<i>Solanum rugosum</i> Dun.	Solanaceae	mp	GC
69	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	mP	GC
70	<i>Spondias mombin</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
71	<i>Sterculia rhinopetala</i> K. Schum.	Malvaceae	MP	GC
72	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Malvaceae	mP	GC-SZ
73	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	Combretaceae	MP	GC
74	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	MP	GC
75	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Cannabaceae	mp	GC-SZ
76	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J.de Wilde	Meliaceae	mp	GC
77	<i>Vernonia amygdalina</i> Del	Asteraceae	mp	GC-SZ
78	<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	Asteraceae	mp	GC-SZ
79	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	Rutaceae	mp	GC-SZ

Annexe 6 : Flore ligneuse des SAF à cacaoyers de la localité de Bantikro

N° ordre	Espèces	Familles	Types biologiques	Chorologie
1	<i>Acacia auriculiformis</i> Cunn.ex Benth.	Fabaceae	mP	i
2	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.F. Wright	Fabaceae	mP	GC
3	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Fabaceae	mP	GC-SZ
4	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
5	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	MP	GC
6	<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms	Fabaceae	MP	GC
7	<i>Anacardium occidentale</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	i
8	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC-SZ
9	<i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	mP	GC-SZ
10	<i>Bombax buenopozense</i> P. Beauv.	Malvaceae	MP	GC
11	<i>Cassia siamea</i> Lam.	Fabaceae	mp	i
12	<i>Ceiba pentandra</i> (Linn.) Gaerth.	Malvaceae	MP	GC-SZ
13	<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Cannabaceae	mP	GC
14	<i>Citrus limon</i> Burn. f.	Rutaceae	mp	i
15	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	mp	i
16	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	mp	i
17	<i>Coffea canephora</i> A. Froehner	Rubiaceae	mp	GC
18	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	Malvaceae	mP	GC-SZ
19	<i>Cola gigantea</i> A. Chev. var. <i>glabrescens</i> Brenan & Keay	Malvaceae	mP	GC-SZ
20	<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae	MP	GC
21	<i>Ficus capensis</i> Thunb.	Moraceae	mp	GC-SZ
22	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	mp	GC-SZ
23	<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	mp	GC
24	<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	mP	GC
25	<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	mP	GC

26 <i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	Hypericaceae	mp	GC
27 <i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Dur. & Schinz var. <i>floribunda</i>	Apocynaceae	mP	GC-SZ
28 <i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bignoniaceae	mp	GC-SZ
29 <i>Lannea acida</i> A. Rich.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
30 <i>Mallotus oppositifolius</i> (Geisel.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
31 <i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	mP	i
32 <i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	mp	GC-SZ
33 <i>Milicia excelsa</i> (Welw.) Benth.	Moraceae	MP	GC
34 <i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	mp	GC-SZ
35 <i>Morus mesozygia</i> Stapf	Moraceae	mp	GC
36 <i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.& T. Durand) Merrill	Rubiaceae	MP	GC
37 <i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R. Capuron	Malvaceae	MP	GC
38 <i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Bignoniaceae	mp	GC
39 <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.	Mimosaceae	mp	SZ
40 <i>Pentadesma butyracea</i> Sabine	Clusiaceae	mP	GC-SZ
41 <i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	mp	i
42 <i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Millne-Redhead	Fabaceae	mp	GC-SZ
43 <i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Fabaceae	MP	GC
44 <i>Psidium guajava</i> Linn.	Myrtaceae	mp	i
45 <i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Apocynaceae	mp	GC-SZ
46 <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	mP	GC
47 <i>Solanum rugosum</i> Dun.	Solanaceae	mp	GC
48 <i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	mP	GC
49 <i>Sterculia rhinopetala</i> K. Schum.	Malvaceae	MP	GC
50 <i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Malvaceae	mP	GC-SZ
51 <i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	MP	GC
52 <i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Cannabaceae	mp	GC-SZ
53 <i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J.de Wilde	Meliaceae	mp	GC

54	<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	Asteraceae	mp	GC-SZ
55	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	Rutaceae	mp	GC-SZ

Annexe 7 : Flore ligneuse des systèmes agroforestiers à cacaoyers de la localité de Doboua

N° ordre	Espèces	Familles	Types biologiques	Chorologie
1	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.F. Wright	Fabaceae	mP	GC
2	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Fabaceae	mP	GC-SZ
3	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
4	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	MP	GC
5	<i>Anacardium occidentale</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	i
6	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	mp	GC
7	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC
8	<i>Bombax buenopozense</i> P. Beauv.	Malvaceae	MP	GC
9	<i>Carapa procera</i> DC. De Wilde	Meliaceae	mp	GC-SZ
10	<i>Cassia siamea</i> Lam.	Fabaceae	mp	i
11	<i>Ceiba pentandra</i> (Linn.) Gaerth.	Malvaceae	MP	GC-SZ
12	<i>Citrus limon</i> Burn. f.	Rutaceae	mp	i
13	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	mp	i
14	<i>Coffea canephora</i> A. Froehner	Rubiaceae	mp	GC
15	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	Malvaceae	mP	GC-SZ
16	<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Malvaceae	mP	GC
17	<i>Ficus capensis</i> Thunb.	Moraceae	mp	GC-SZ
18	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	mp	GC-SZ
19	<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	mp	GC
20	<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	mP	GC
21	<i>Gmelina arborea</i>	Lamiaceae	mp	i

22	<i>Hevea brasiliensis</i> (Kunth) Müll.Arg	Euphorbiaceae	mP	i
23	<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Dur. & Schinz var. <i>floribunda</i>	Apocynaceae	mP	GC-SZ
24	<i>Jatropha curcas</i> Linn.	Euphorbiaceae	np	GC-SZ
25	<i>Lannea acida</i> A. Rich.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
26	<i>Leptonychia pubescens</i> Keay	Malvaceae	mp	GC
27	<i>Mallotus oppositifolius</i> (Geisel.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
28	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	mP	i
29	<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	mp	GC-SZ
30	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	mp	GC-SZ
31	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Urticaceae	mp	GC
32	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R. Capuron	Malvaceae	MP	GC
33	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Bignoniaceae	mp	GC
34	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	mp	i
35	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Millne-Redhead	Fabaceae	mp	GC-SZ
36	<i>Psidium guajava</i> Linn.	Myrtaceae	mp	i
37	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	Myristicaceae	mP	GC
38	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	mP	GC
39	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	mP	GC
40	<i>Spondias mombin</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
41	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Malvaceae	mP	GC-SZ
42	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	Combretaceae	MP	GC
43	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	MP	GC
44	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Cannabaceae	mp	GC-SZ
45	<i>Vernonia amygdalina</i> Del	Asteraceae	mp	GC-SZ
46	<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	Asteraceae	mp	GC-SZ
47	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	Rutaceae	mp	GC-SZ

Annexe 8 : Flore ligneuse des SAF à cacaoyers de la localité de Bowaly

N° ordre	Espèces	Familles	Types biologiques	Chorologie
1	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.F. Wright	Fabaceae	mP	GC
2	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Fabaceae	mP	GC-SZ
3	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
4	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	MP	GC
5	<i>Anacardium occidentale</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	i
6	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC
7	<i>Bombax buenopozense</i> P. Beauv.	Malvaceae	MP	GC
8	<i>Cassia siamea</i> Lam.	Fabaceae	mp	i
9	<i>Ceiba pentandra</i> (Linn.) Gaerth.	Malvaceae	MP	GC-SZ
10	<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Cannabaceae	mP	GC
11	<i>Citrus limon</i> Burn. f.	Rutaceae	mp	i
12	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	mp	i
13	<i>Coffea canephora</i> A. Froehner	Rubiaceae	mp	GC
14	<i>Ficus capensis</i> Thunb.	Moraceae	mp	GC-SZ
15	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	mp	GC-SZ
16	<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	mp	GC
17	<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	mP	GC
18	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	Fabaceae	mp	i
19	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Lamiaceae	mp	i
20	<i>Mallotus oppositifolius</i> (Geisel.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
21	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	mP	i
22	<i>Mansonia altissima</i> (A. Chev.) A. Chev var. <i>altissima</i>	Malvaceae	mp	GC
23	<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	mp	GC-SZ
24	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	mp	GC-SZ
25	<i>Morus mesozygia</i> Stapf	Moraceae	mp	GC

26	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Urticaceae	mp	GC
27	<i>Myrianthus libericus</i> Rendle	Urticaceae	mp	GC
28	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Bignoniaceae	mp	GC
29	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	mp	i
30	<i>Psidium guajava</i> Linn.	Myrtaceae	mp	i
31	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	Myristicaceae	mP	GC
32	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	mP	GC
33	<i>Solanum rugosum</i> Dun.	Solanaceae	mp	GC
34	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	mP	GC
35	<i>Spondias mombin</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
36	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Malvaceae	mP	GC-SZ
37	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	Combretaceae	MP	GC
38	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	MP	GC
39	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Cannabaceae	mp	GC-SZ
40	<i>Vernonia amygdalina</i> Del	Asteraceae	mp	GC-SZ
41	<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	Asteraceae	mp	GC-SZ
42	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	Rutaceae	mp	GC-SZ

Annexe 9 : Flore ligneuse des SAF à cacaoyers de la localité de Zepreguhé

N° ordre	Espèces	Familles	Types biologiques	Chorologie
1	<i>Adansonia digitata</i> Linn.	Malvaceae	mP	SZ
2	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.F. Wright	Fabaceae	mP	GC
3	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Fabaceae	mP	GC-SZ
4	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
5	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	MP	GC
6	<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms	Fabaceae	MP	GC

7 <i>Anacardium occidentale</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	i
8 <i>Annona muricata</i> Linn.	Annonaceae	mp	GC
9 <i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC
10 <i>Baphia bancoensis</i> Aubrév.	Fabaceae	mp	GCi
11 <i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	mP	GC-SZ
12 <i>Bombax buenopozense</i> P. Beauv.	Malvaceae	MP	GC
13 <i>Cassia siamea</i> Lam.	Fabaceae	mp	i
14 <i>Ceiba pentandra</i> (Linn.) Gaerth.	Malvaceae	MP	GC-SZ
15 <i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Cannabaceae	mP	GC
16 <i>Chassalia kolly</i> (Schumach.) Hepper	Rubiaceae	np	GC
17 <i>Citrus limon</i> Burn. f.	Rutaceae	mp	i
18 <i>Citrus maxima</i>	Rutaceae	mp	i
19 <i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	mp	i
20 <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	mp	i
21 <i>Coffea canephora</i> A. Froehner	Rubiaceae	mp	GC
22 <i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Malvaceae	mP	GC
23 <i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae	MP	GC
24 <i>Ficus capensis</i> Thunb.	Moraceae	mp	GC-SZ
25 <i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	mp	GC-SZ
26 <i>Ficus recurvata</i> De Wild.	Moraceae	mp	GC
27 <i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	mp	GC
28 <i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	mP	GC
29 <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	Fabaceae	mp	i
30 <i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Lamiaceae	mp	i
31 <i>Hevea brasiliensis</i> (Kunth) Müll.Arg	Euphorbiaceae	mP	i
32 <i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Dur. & Schinz var. <i>floribunda</i>	Apocynaceae	mP	GC-SZ
33 <i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Irvingiaceae	MP	GC
34 <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	Meliaceae	MP	GC

35	<i>Mallotus oppositifolius</i> (Geisel.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
36	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	mP	i
37	<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	mp	GC-SZ
38	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) Benth.	Moraceae	MP	GC
39	<i>Millettia rhodantha</i> Baill.	Fabaceae	mP	GCW
40	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	mp	GC-SZ
41	<i>Moringa oleifera</i> Lam	Moringaceae	mp	GC-SZ
42	<i>Morus mesozygia</i> Stapf	Moraceae	mp	GC
43	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Urticaceae	mp	GC
44	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R. Capuron	Malvaceae	MP	GC
45	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Bignoniaceae	mp	GC
46	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	mp	i
47	<i>Psidium guajava</i> Linn.	Myrtaceae	mp	i
48	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	mP	GC
49	<i>Spondias mombin</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ
50	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Malvaceae	mP	GC-SZ
51	<i>Terminalia superba</i> EngI. & Diels	Combretaceae	MP	GC
52	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Cannabaceae	mp	GC-SZ
53	<i>Vernonia amygdalina</i> Del	Asteraceae	mp	GC-SZ
54	<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	Asteraceae	mp	GC-SZ

Annexe 10 : Résumé de la méthode IndVal du site de Bantikro

Multilevel pattern analysis

Association function: IndVal.g

Significance level (alpha): 0.05

Total number of species: 34

Selected number of species: 8

Number of species associated to 1 group: 8

Number of species associated to 2 groups: 0

List of species associated to each combination:

GROUPE 1

codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Alb_adi	<i>Albizia adianthifolia</i>	1	0	0	1	0.7071068	0.330
Alch_cor	<i>Alchornea cordifolia</i>	1	0	0	1	0.7071068	0.330
Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	1	0	0	1	0.8885233	0.090
Cit_lim	<i>Citrus limon</i>	1	0	0	1	0.7071068	0.275
Cit_ret	<i>Citrus reticulata</i>	1	0	0	1	0.8371497	0.150
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	1	0	0	1	0.9666572	0.015
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	1	0	0	1	0.8660254	0.115
Fic_cap	<i>Ficus capensis</i>	1	1	0	4	0.7559289	0.560
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	1	1	1	7	1.0000000	NA
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	1	0	0	1	0.8082239	0.235
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	1	0	0	1	0.7071068	0.330
Pen_but	<i>Pentadesma butyracea</i>	1	0	0	1	0.7071068	0.330
Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	1	0	0	1	0.7071068	0.330
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	1	0	0	1	0.7071068	0.330

GROUPE 2

codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	1	1	0	4	0.7559289	0.515
Ent_ang	<i>Entandrophragma angolense</i>	0	1	1	3	0.7947194	0.320
Gay_kol	<i>Gaycinia kola</i>	0	1	0	2	0.8164966	0.155
Fun_afr	<i>Funtumia africana</i>	0	1	0	2	0.8164966	0.150
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	1	1	1	7	0.9428090	NA
New_lae	<i>Newbouldia laevis</i>	0	1	1	6	0.6324555	0.420
Par_big	<i>Parkia biglobosa</i>	0	1	0	2	0.8164966	0.150
Per_ame	<i>Persea americana</i>	1	1	1	7	0.9428090	NA
Ste_rhi	<i>Sterculia rhinopetala</i>	0	1	1	6	0.6324555	0.430
Ver_col	<i>Vernonia colorata</i>	0	1	1	6	0.6324555	0.430

GROUPE 3

codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Als_boo	<i>Alstonia boonei</i>	0	0	1	3	1.0000000	0.040
Ant_afr	<i>Antiaris africana</i>	0	0	1	3	0.9555331	0.070
Ant_tox	<i>Antiaris toxicaria</i>	0	0	1	3	1.0000000	0.040
Bom_cos	<i>Bombax costatum</i>	0	0	1	3	1.0000000	0.040
Cei_pen	<i>Ceiba pentandra</i>	0	0	1	3	1.0000000	0.040
Lan_aci	<i>Lannea acida</i>	0	0	1	3	1.0000000	0.040
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	0	0	1	3	0.9393364	0.070
Pil_tho	<i>Piliostigma thonningii</i>	0	0	1	3	1.0000000	0.040
Ric_heu	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	0	0	1	3	0.9710083	0.070
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	0	0	1	3	1.0000000	0.040

Annexe 11 : 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: 26

Selected number of species: 9

Number of species associated to 1 group: 6

Number of species associated to 2 groups: 3

List of species associated to each combination:

GROUPE 1

codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Cit_lim	<i>Citrus limon</i>	1	0	0	1	1.0000000	0.040
Alc_cor	<i>Alchornea cordifolia</i>	1	0	0	1	1.0000000	0.040
Fic_cap	<i>Ficus capensis</i>	1	0	0	1	0.9258201	0.050
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	1	0	0	1	0.9534626	0.040
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	1	0	0	1	0.9449112	0.040
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	1	1	0	4	0.9128709	0.090
Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	1	1	0	4	0.9803903	0.035

GROUPE 2

codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Alb_adi	<i>Albizia adianthifolia</i>	1	1	0	4	0.9714227	0.065
Col_nit	<i>Cola nitida</i>	0	1	1	6	0.7559289	0.550
Car_pro	<i>Carapa procera</i>	0	1	1	6	0.5345225	1.000
New_lae	<i>Newbouldia laevis</i>	0	1	1	6	0.5345225	1.000
Per_ame	<i>Persea americana</i>	0	1	1	6	0.9258201	0.120
Gme_arb	<i>Gmelina arborea</i>	0	1	1	6	0.8451543	0.280

Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	1	1	0	4	0.7955573	0.390
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	1	1	1	7	0.8164966	NA
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	0	1	0	2	0.7071068	0.360
Ann_mur	<i>Annona muricata</i>	0	1	0	2	0.7071068	0.360
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	1	1	0	4	0.7071068	0.475
Myr_arb	<i>Myrianthus arboreus</i>	1	1	0	4	0.8770580	0.280

GROUPE 3

codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	Index	stat	p.value
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.160
Lan_aci	<i>Lanea acida</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.160
Ric_heu	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.160
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.130
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.130
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	0	0	1	3	0.8770580	0.110
Pil_tho	<i>Piliostigma thonningii</i>	0	0	1	3	0.9644856	0.025

Annexe 12 : Résumé de la méthode IndVal du site de Bowaly

Multilevel pattern analysis

Association function: IndVal.g

Significance level (alpha): 0.05

Total number of species: 23

Selected number of species: 5

Number of species associated to 1 group: 4

Number of species associated to 2 groups: 1

List of species associated to each combination:

GROUPE 1

Codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	1	1	0	4	0.8164966	0.415
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	1	0	0	1	1.0000000	0.020
Gli_sep	<i>Gliricidia sepium</i>	1	0	0	1	0.8164966	0.220
Mal_opp	<i>Mallotus oppositifolius</i>	1	0	0	1	1.0000000	0.020
Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	1	0	0	1	1.0000000	0.020

GROUPE 2

Codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	0	1	0	2	1.0000000	0.040
Fag_zan	<i>Fagaria zanthoxyloides</i>	1	1	1	7	0.6666667	NA
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	0	1	0	2	0.8660254	0.125
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	0	1	1	6	0.5773503	1.000

Gme_arb	<i>Gmelina arborea</i>	0	1	0	2	0.7453560	0.220
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	0	1	1	6	0.9548637	0.105
Myr_arb	<i>Myrianthus arboreus</i>	1	0	1	5	0.5773503	1.000
New_lae	<i>Newbouldia laevis</i>	0	1	1	6	1.0000000	0.020
Per_ame	<i>Persea americana</i>	1	1	1	7	1.0000000	NA
GROUPE 3							
Codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Ant_tox	<i>Antiaris toxicaria</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.250
Cei_pen	<i>Ceiba pentandra</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.250
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	0	0	1	3	0.7453560	0.250
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	0	1	1	6	0.8164966	0.365
Myr_lib	<i>Myrianthus libericus</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.250
Spa_cam	<i>Spathodea campanulata</i>	1	0	1	5	0.8871511	0.125
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	1	0	1	5	0.8333333	0.680
Ter_ivo	<i>Terminalia ivorensis</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.250
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.250

Annexe 13 : Résumé de la méthode IndVal du site de Zeprehu

Multilevel pattern analysis

Association function: IndVal.g

Significance level (alpha): 0.05

Total number of species: 42

Selected number of species: 3

Number of species associated to 1 group: 0

Number of species associated to 2 groups: 3

List of species associated to each combination:

GROUPE 1							
Codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Alb_adi	<i>Albizia adianthifolia</i>	1	0	0	1	0.8164966	0.310
Als_boo	<i>Alstonia boonei</i>	1	1	0	4	0.7071068	0.670
Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	1	0	0	1	0.8164966	0.270
Ann_mur	<i>Annona muricata</i>	1	1	0	4	0.7071068	0.670
Cit_lim	<i>Citrus limon</i>	1	0	0	1	0.7071068	0.670
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	1	0	0	1	1.0000000	0.060
Hev_bra	<i>Hevea brasiliensis</i>	1	0	0	1	0.8164966	0.310
Irv_gab	<i>Irvingia gabonensis</i>	1	0	0	1	0.8164966	0.270
Mil_rho	<i>Milletia rhodontha</i>	1	0	0	1	0.8164966	0.270
Ver_amy	<i>Vernonia amygdalina</i>	1	0	0	1	0.8660254	0.295

Ver_col	<i>Vernonia colorata</i>	1	0	0	1	0.8164966	0.310
GROUPE 2							
Codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Bap_ban	<i>Baphia bancoensis</i>	0	1	0	2	0.8944272	0.150
Cit_ret	<i>Citrus reticulata</i>	1	1	0	4	0.7071068	0.670
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	1	1	0	4	0.7071068	0.670
Col_nit	<i>Cola nitida</i>	1	1	0	4	0.5773503	1.000
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	1	1	1	7	0.8164966	NA
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	1	1	0	4	0.6666667	0.470
Fun_afr	<i>Funtumia africana</i>	1	1	0	4	0.5773503	1.000
Gli_sep	<i>Gliricidia sepium</i>	1	1	0	4	0.8164966	0.335
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	1	1	0	4	0.8164966	0.390
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	0	1	0	2	0.8164966	0.280
Mor_ole	<i>Moringa oleifera</i>	0	1	0	2	0.8164966	0.240
Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	1	1	0	4	0.7071068	0.670
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	0	1	0	2	0.8164966	0.240
GROUPE 3							
Codes	Species	s.G1	s.G2	s.G3	index	stat	p.value
Ada_dig	<i>Adansonia digitata</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.285
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	1	1	1	7	0.6666667	NA
Amp_pte	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.275
Ant_afr	<i>Antiaris africana</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.285
Ant_tox	<i>Antiaris toxicaria</i>	0	0	1	3	0.9128709	0.095
Cel_zen	<i>Celtis zenkeri</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.275
Cit_max	<i>Citrus maxima</i>	0	1	1	6	0.9128709	0.195
Ent_ang	<i>Entandrophragma angolense</i>	0	0	1	3	0.7745967	0.275
Fic_gol	<i>Ficus goliath</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.275
Kha_ivo	<i>Khaya ivorensis</i>	1	0	1	5	0.5773503	1.000
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	0	1	1	6	0.9449112	0.120
Mil_exc	<i>Milicia excelsa</i>	0	0	1	3	0.7071068	0.670
Myr_arb	<i>Myrianthus arboreus</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.285
Nes_pap	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	1	1	1	7	0.5773503	NA
New_lae	<i>Newbouldia laevi</i>	0	0	1	3	0.8164966	0.285
Per_ame	<i>Persea americana</i>	1	1	1	7	0.9428090	NA
Ric_heu	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	1	1	1	7	0.8819171	NA
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	1	1	1	7	1.0000000	NA

INDEX ALPHABETIQUE DES TAXONS CITES

A

- Acacia kamerunensis* Gand, Mimosaceae, 20,
Acroceras gabunense (Hack.) Clayton, Poaceae, 20,
Adansonia digitata Linn., Malvaceae, 66,
Albizia adianthifolia (Schumach.) W.F. Wright, Fabaceae, 56, 64, 66, 95, 97,
Albizia zygia (DC.) J.F. Macbr., Fabaceae, 54, 58, 64, 65, 94, 95, 97,
Alstonia boonei De Wild., Apocynaceae, 10, 55, 94,
Anacardium occidentale Linn., Anacardiaceae, 2, 54, 56, 59, 64,
Annona muricata Linn., Annonaceae, 59, 66,
Annona senegalensis Pers., Annonaceae, 20,
Anthocleista nobilis G. Don, Gentianaceae, 10,
Antiaris toxicaria var. *welwitschii* (Engl.) Corner, Moraceae, 10, 55, 60, 64, 65, 94,

B

- Bombax buenopozense* P. Beauv., Malvaceae, 10, 55, 64, 94,
Borassus aethiopum Mart., Arecaceae, 20,
Bridelia ferruginea Benth., Euphorbiaceae, 20,

C

- Ceiba pentandra* (Linn.) Gaerth., Malvaceae, 10, 55, 58, 64, 65, 91, 94, 103,
Celtis sp., Cannabaceae, 20,
Chromolaena odorata (L.) R.M.King & H.Rob., Asteraceae, 20,
Citrus limon Burn. f., Rutaceae, 10, 54, 56, 59, 64, 66, 94,
Citrus reticulata Blanco, Rutaceae, 66,
Citrus sinensis (L.) Osbeck, Rutaceae, 10, 54, 56, 58, 63, 65,
Cocos nucifera Linn., Arecaceae, 10,
Coffea canephora A. Froehner, Rubiaceae, 54, 56, 58, 59, 63, 64, 65, 66,
Coffea sp., Rubiaceae, 2,
Cola nitida (Vent.) Schott & Endl., Malvaceae, 10,
Combretum sp., Combretaceae, 20,

D

- Dacryodes klaineana* (Pierre) H.J. Lam, Burseraceae, 10,

E

- Elaeis guineensis* Jacq., Arecaceae, 10,
Entandrophragma angolense (Welw.) C. DC., Meliaceae, 10, 66,

F

- Ficus exasperata* Vahl, Moraceae, 58, 59, 64, 65, 66, 91,
Ficus goliath. A.Chev., Moraceae, 66,
Ficus vogelii (Miq.) Miq., Moraceae, 56,
Funtumia africana (Benth.) Stapf, Apocynaceae, 54, 64,

G

- Garcinia kola* Heckel, Clusiaceae, 10,
Geophila obvallata (Schumach.) Didr., Rubiaceae, 20,
Gliricidia sepium (Jacq.)Walp., Fabaceae, 9, 95, 97,

H

- Hevea brasiliensis* (Kunth) Müll.Arg, Euphorbiaceae, 2,

I

- Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill., Irvingiaceae, 10,

K

- Khaya ivorensis* A. Chev., Meliaceae, 60, 66,

L

- Lannea acida* A. Rich., Anacardiaceae, 56, 65,
Lophira lanceolata van Tiegh. ex Keay, Ochnaceae, 20,

M

- Mallotus oppositifolius* (Geisel.) Müll. Arg., Euphorbiaceae, 65,
Mangifera indica L., Anacardiaceae, 10,
Manihot esculenta Crantz, Euphorbiaceae, 9,
Margaritaria discoidea (Baill.) Webster, Phyllanthaceae, 64, 66,
Mezoneuron benthamianum Baill., Fabaceae, 20,
Milicia excelsa (Welw.) Benth., Moraceae, 10, 60
Morinda lucida Benth., Rubiaceae, 59,
Moringa oleifera Lam, Moringaceae, 59, 66,

Morus mesozygia Stapf , Moraceae, 91,
Musa paradisiaca Linn., Musaceae, 10,
Musanga cecropioides R. Br., Urticaceae, 20,
Myrianthus arboreus P. Beauv., Urticaceae, 20, 56, 58, 64, 65,
Myrianthus libericus Rendle, Urticaceae, 91,

N

Nesogordonia papaverifera (A. Chev.) R. Capuron, Malvaceae, 10, 20, 91, 103,
Newbouldia laevis (P. Beauv.) Seemann ex Bureau, Bignoniaceae, 54, 56, 58, 64, 65, 94,

P

Persea americana Mill., Lauraceae, 10,
Petersianthus macrocarpus (P. Beauv.) Liben, Lecythidaceae, 10,
Piliostigma thonningii (Schum.) Millne-Redhead, Fabaceae, 20, 56, 65
Psidium guajava Linn., Myrtaceae, 10, 54, 58, 65, 94,
Pycnanthus angolense (Welw.) Warb, Myristicaceae, 10,

R

Ricinodendron heudelotii (Baill.) Pierre ex Heckel, Euphorbiaceae, 10, 55, 56, 60, 64, 65, 91,
94, 103,

S

Spathodea campanulata P. Beauv., Bignoniaceae, 58, 65,
Spondias mombin Linn., Anacardiaceae, 10,
Sterculia rhinopetala K. Schum., Malvaceae, 54, 94,
Sterculia tragacantha Lindl., Malvaceae, 10, 56, 59, 64, 66,
Streptogyna crinita P. Beauv., Poaceae, 20,

T

Terminalia ivorensis A. Chev., Combretaceae, 10, 58, 65, 91, 103,
Terminalia schimperiana Hochst., Combretaceae, 20,
Terminalia superba Engl. & Diels, Combretaceae, 20, 55, 56, 58, 60, 65, 91, 94, 103,
Theobroma bicolor Humb. & Bonpl., Malvaceae, 9,
Theobroma cacao L., Malvaceae, 2, 7,
Trema guineensis (Schumach. & Thonn.) Ficalho, Cannabaceae, 20,
Triplochiton scleroxylon K. Schum., Malvaceae, 10, 20,

V

Vernonia amygdalina Del, Asteraceae, 64,

Vitellaria paradoxa C.F.Gaertn., Sapotaceae, 2,

Vitex doniana Sweet, Lamiaceae, 20,

Z

Zanthoxylum zanthoxyloides (Lam.) Zepern. & Timler, Rutaceae, 58, 65,



Résumé

La cacaoculture constitue un moteur de croissance pour l'économie de la Côte d'Ivoire, qui occupe le rang de premier producteur mondial avec une fourniture de plus de 45 p.c. de l'offre mondiale. L'intensification de la cacaoculture a conduit à une réduction de la surface forestière et à une baisse continue du nombre de ligneux dans les plantations de cacaoyers. Pour garantir une production durable de cacao dans le contexte actuel du changement climatique, la Côte d'Ivoire a opté pour l'adoption de pratiques agroforestières. Pourtant, l'effet du système agroforestier sur la productivité du cacao demeure peu connu. Dans l'objectif de contribuer à une meilleure production de cacao dans les SAF, notre étude s'est focalisée sur l'organisation des espèces ligneuses dans les SAF, les types de SAF à cacaoyers, leurs effets sur le rendement et leur résilience face aux infestations. La collecte de données floristiques et dendrométriques, des comptages de cabosses sur les cacaoyers et la détection de maladies et ravageurs de cacaoyers ont été effectués. La flore des SAF à cacaoyers est riche de 78 espèces réparties entre 66 genres et 27 familles. Cette flore riche et diversifiée renferme des espèces fruitières, spontanées et forestières. Une stratégie paysanne motivée par la gestion de l'ombrage a été révélée dans tous les sites d'étude avec trois niveaux d'organisation de la structure des SAF. Au regard de la gestion paysanne de l'ombrage, trois types de SAF ont été définis. Ce sont les SAF sans ombrage avec la présence de nombreux arbustes, les SAF à ombrage léger qui renferment des espèces avec des dimensions moyennes et les SAF à ombrage dense dominés par des espèces de grandes dimensions. Les SAF à ombrage léger ont présenté les rendements les plus élevés (> 1000 kg/ha/an) et semblent être les plus résilients face aux attaques des mirides et de la pourriture des cabosses qui sont les infestations les plus fréquentes et causant le plus de dégâts dans les SAF à cacaoyers de Daloa. Ces résultats peuvent permettre de promouvoir des SAF à cacaoyers performants afin d'assurer la durabilité de l'économie cacaoyère.

Mots clés : Agroécologie, Biodiversité, Culture de rente, Infestations, Stratégie paysanne.

Abstract

Cocoa cultivation is a growth engine for the economy of Côte d'Ivoire, which is ranked as the world's leading producer with a supply of more than 45 p.c. of global supply. The intensification of cocoa cultivation has led to a reduction in forest area and a continuous decrease in the number of foresters in cocoa plantations. To ensure sustainable cocoa production in the current context of climate change, Côte d'Ivoire must choose to adopt agroforestry practices. However, the impact of the agroforestry system on cocoa productivity remains unknown. In order to contribute to a better production of cocoa in Agroforestry Systems, our study focused on the organization of forest species in Agroforestry systems, the types of Cocoa Forestry Systems and their effects on yields and their resilience to infestations. The collection of floristic and dendrometric data, caboss counting on cocoa trees and the detection of disease and pests of cocoa plants were carried out. The flora of the Agroforestry Systems with cocoa trees is rich with 78 species spread over 66 genus and 27 families. This rich and diverse flora contains fruitful, spontaneous and forested species. A peasant strategy motivated by shadow management was revealed in all study sites with three levels of organization of the structure of Agroforestry Systems. With regard to the peasant management of the shade, three types of Agroforestry Systems have been defined. These are the Shadowless Agroforestry Systems with the presence of many bushes, the Light Shadow Agroforester Systems that contain species with medium dimensions, and the Density Shade Agroforests with large species dominated. Light Shaded Agroforestry Systems showed the highest yields (> 1000 kg/ha/year) and appear to be the most resilient to myrrh attacks and caboss rotting, which are the most frequent and damaging infestations in the Daloa Cocoa Farm Agroforests Systems. These results can help to promote efficient Cocoa Farm Agroforestry Systems in order to ensure the sustainability of the cocoa economy.

Keywords: Agroforestry system with cocoa trees, Biodiversity, Shadow, Productivity, Daloa, Côte d'Ivoire.

DETERMINANTS DU NIVEAU D'OMBRAGE DES SYSTEMES AGROFORESTIERS CACAOYERS TRADITIONNELS DE LA REGION DE DALOA (CENTRE-OUEST, COTE D'IVOIRE)

B.K. DRAMANE¹, A. KOULIBALY² ET B. B. BOKO³

^{1, 3} Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

² Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

Email : dkbakus26@gmail.com

RESUME

La Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de fèves de cacao. Une baisse de la production est cependant enregistrée ces dernières années, due à des systèmes de cultures qui n'offrent pas des conditions optimales pour le développement du cacaoyer. Parmi ces conditions, se trouve l'ombrage des arbres associés aux cacaoyers, dont l'estimation pour une bonne production de cacao demeure inconnue. Notre étude se propose d'analyser l'influence des paramètres floristiques et structuraux sur le niveau d'ombrage afin de contribuer à une meilleure estimation du taux d'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers. Les données ont été collectées dans 60 parcelles de 400m² chacune, à l'intérieur desquelles un inventaire des espèces ligneuses a été effectué. Le taux d'ombrage a été également apprécié, en considérant tous les individus ligneux de hauteur égale ou supérieure à 8m. Sur chaque individu considéré, la circonférence à 1,30 m au-dessus du sol, le diamètre de la canopée, la hauteur totale, la hauteur du tronc ont été mesurées, et la densité de la canopée a été estimée. Les résultats ont montré que la flore était riche de 58 espèces réparties entre 51 genres et 22 familles. Les espèces qui ont présentées les plus forts taux d'ombrage étaient des fruitières telles que *Persea americana* (22,68 %), *Ricinodendron heudelotii* (19,52 %) et *Mangifera indica* (13,31 %). L'analyse de corrélation a montré que plus le diamètre d'un arbre est grand, plus son ombrage est élevé. Aussi, plus l'arbre est haut, plus son ombrage est élevé. Au niveau de la parcelle, l'aire basale a présenté une forte corrélation positive avec le taux d'ombrage tandis qu'une corrélation est moins forte avec le nombre d'espèces et le nombre d'individus. La maîtrise de l'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers passerait donc par l'agencement des espèces associées en fonction de la dimension du tronc. Ces résultats montrent que le diamètre de l'arbre constitue un paramètre déterminant pour la régulation du niveau d'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers traditionnels.

Mots clés : Biodiversité, Couverture végétale, Gestion durable, Production agricole, Systèmes agroforestiers

ABSTRACT

Côte d'Ivoire is the world's leading producer of cocoa beans. However, a decline in production has been recorded in recent years, due to cropping systems that do not offer optimal conditions for cocoa tree development. Among these conditions, is the shade of trees associated with cocoa trees, whose estimation for a good cocoa production remains unknown. Our study proposes to analyze the influence of floristic and structural parameters on the level of shade in order to contribute to a better estimation of the shade rate in cocoa agrosystems. Data were collected in 60 plots of 400m² each, in which an inventory of woody species was made. The shade ratio was also assessed by considering all woody individuals of height equal to or greater than 8m. For each individual considered, the circumference at 1.30 m above the ground, the diameter of the canopy, the total height, the height of the trunk were measured, and the density of the canopy was estimated. The results showed that the flora was rich in 58 species distributed among 51 genera and 22 families. The species that presented the highest shading rates were fruit trees such as *Persea americana* (22.68%), *Ricinodendron heudelotii* (19.52%)

and *Mangifera indica* (13.31%). The correlation analysis showed that the larger the diameter of a tree, the higher its shading. Also, the taller the tree, the higher its shading. At the plot level, basal area showed a strong positive correlation with shading rate while there was no correlation with either the number of species or the number of individuals. The control of shading in cocoa agrosystems would therefore require the arrangement of associated species according to the size of the trunk. These results show that the diameter of the tree constitutes a determining parameter for the regulation of the level of shading in traditional cocoa agrosystems.

Key words : , Biodiversity, Plant cover, Sustainable management, Agricultural production, Agroforestry systems

INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de fèves de cacao avec aujourd'hui une production annuelle estimée à 43% de l'offre mondiale (ICCO, 2017). La cacaoculture contribue à 15 % au Produit Intérieur Brut (PIB) et procure plus de 50 % des recettes d'exportations (BAD, 2020). Cependant, une baisse de la production est enregistrée ces dernières années, due à des systèmes de cultures qui n'offrent pas des conditions optimales pour le développement du cacaoyer (CCC, 2015 ; Dufumier, 2016; Vroh *et al.*, 2019). Parmi ces conditions, l'ombrage produit par les arbres associés aux cacaoyers représente un facteur important (Jagoret *et al.*, 2014). En effet, le cacaoyer étant une espèce de sous-bois, l'ombrage fourni par les arbres dans les plantations de cacaoyers lui est naturellement favorable. Il faut noter cependant que l'excès de l'ombrage dans la plantation peut avoir des effets défavorables sur le développement du cacaoyer (CCC, 2015). L'ombrage modifie la quantité de lumière, les températures et les mouvements d'air dans la cacaoyère et affecte directement la photosynthèse, la croissance et le rendement du cacaoyer (Zuidema *et al.*, 2005). C'est donc en contrôlant le niveau d'ombrage dans son exploitation que le producteur pourra équilibrer les effets favorables et défavorables liés à l'association d'arbres avec les cacaoyers (OIT, 2013). La difficulté de gestion de l'ombrage dans les agrosystèmes a abouti à prôner des plantations avec zéro ombrage dans plusieurs régions de production de cacao.

L'installation des agrosystèmes cacaoyers s'est faite par un mode extensif, sur des défriches forestières entraînant une forte dégradation du couvert forestier (Schroth, 2004; FAO, 2005 ; Koulibaly, 2008 ; Chatelain, 2014). Dans le contexte actuel du changement climatique, l'Etat ivoirien a fait le choix de promouvoir des pratiques

agricoles durables notamment l'agroforesterie (Higonnet *et al.*, 2019 ; ICF, 2020), qui se définit comme l'introduction ou la rétention délibérée d'arbres dans les plantations par des arrangements spatiaux ou temporels (Bene *et al.*, 1977 ; Nair, 1993 ; Leakey, 1996 ; Torquebiau, 2007 ; Atangana *et al.*, 2014). Cet engagement s'est traduit par des campagnes de distribution de nombreux plants d'arbres à associer aux cacaoyers dans les plantations (Dufumier, 2016 ; Sanial *et al.*, 2020). Cependant, aucune recommandation technique précise n'est fournie aux producteurs alors que l'ombrage de la plantation est un paramètre extrêmement variable (Jagoret, 2020). Afin de contribuer à une meilleure estimation de l'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers, notre étude se propose d'identifier les déterminants du niveau d'ombrage des plantations. Il s'agira de : (1) calculer le taux d'ombrage des espèces ligneuses associées aux cacaoyers, (2) analyser la relation entre le taux d'ombrage de l'arbre et ses paramètres dendrométriques et (3) analyser la relation entre le niveau d'ombrage et des paramètres de la parcelle.

Ces résultats pourraient contribuer à un aménagement adapté des agrosystèmes cacaoyers pour une production durable de cacao. Notre étude a été réalisée dans la zone de Bantikro, située dans la région du Haut-Sassandra, deuxième zone de production de fèves de cacao en Côte d'Ivoire (Nguessan *et al.*, 2014).

MATERIEL ET METHODES

ZONE D'ETUDE

La zone cacaoyère de Bantikro est située à 25 Km de la ville de Daloa, dans la région du Haut-Sassandra au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.

Cette région est caractérisée par une végétation de forêt semi-décidue avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1100 mm (Eldin, 1971; Declert, 1990 ; Anonyme, 2017). La température oscille entre 29 et 30,8 °C avec une moyenne de 29,67 °C. 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 et Kra, 2013). Les sols sont de types ferralitiques d'origine granitique faiblement dénaturés (Perraud, 1971; Lecomte, 1990). En plus des sols ferralitiques, cette région compte des sols peu évolués (d'apport alluvial, et/ou colluvial) et des sols hydromorphes. Les sols de composition ferralitique présentent de bonnes aptitudes agricoles et se prêtent à tous les types de cultures.

INVENTAIRE ET MESURE DES PARAMETRES DE L'OMBRAGE

Lors de cette étude, 60 parcelles de 20 m x 20 m (400 m²) ont été installées de façon aléatoire dans les zones les plus homogènes des agrosystèmes cacaoyers de plus de 8 ans (Figure 1). Dans chaque parcelle délimitée, toutes les espèces ligneuses ont été inventoriées. Le taux d'ombrage a été calculé pour tous les individus ligneux de hauteur égale ou supérieure à 8 m. Pour chaque individu considéré, la circonférence à 1,30m au-dessus du sol, la hauteur totale, la hauteur du tronc et le diamètre de la canopée ont été mesurés. La densité de la canopée quant à elle a été estimée à partir d'une échelle variant de 0 p.c. à 100 p.c.. 0 p.c. représentant une canopée laissant passer 100 p.c. de la lumière et 100 p.c. représentant une canopée ne laissant pas passer la lumière.

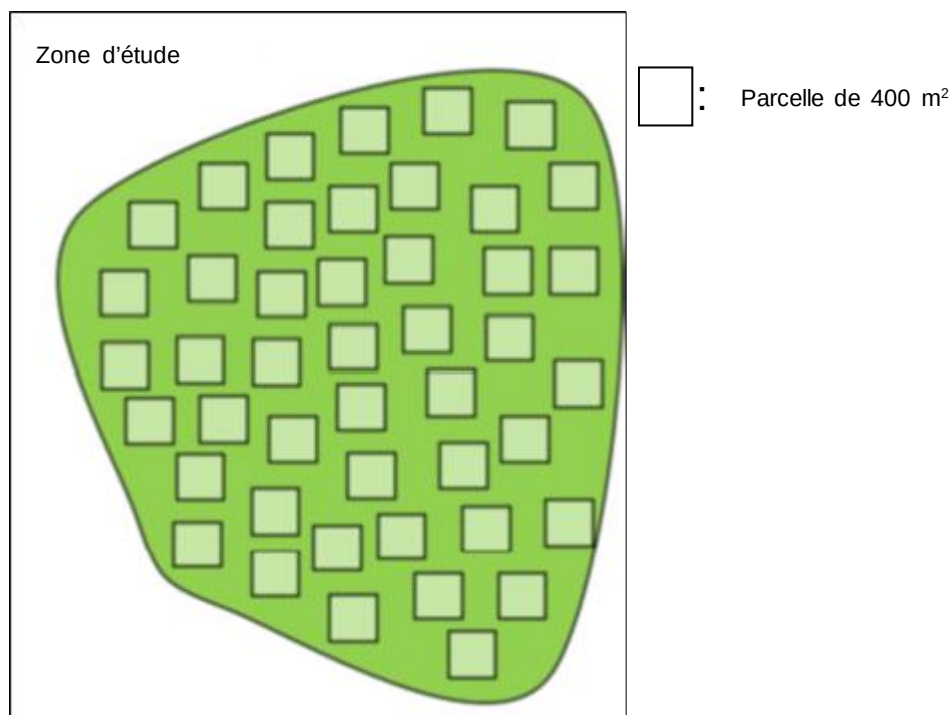


Figure 1 : Dispositif de relevés.

Survey device.

CALCUL DU TAUX D'OMBAGE

La circonférence à 1,30 m au-dessus du sol, la hauteur totale, la hauteur du tronc, le diamètre

de la canopée et la densité de la canopée ont permis de calculer le recouvrement (r) au sol de la canopée des individus ligneux associés aux cacaoyers à l'aide du logiciel

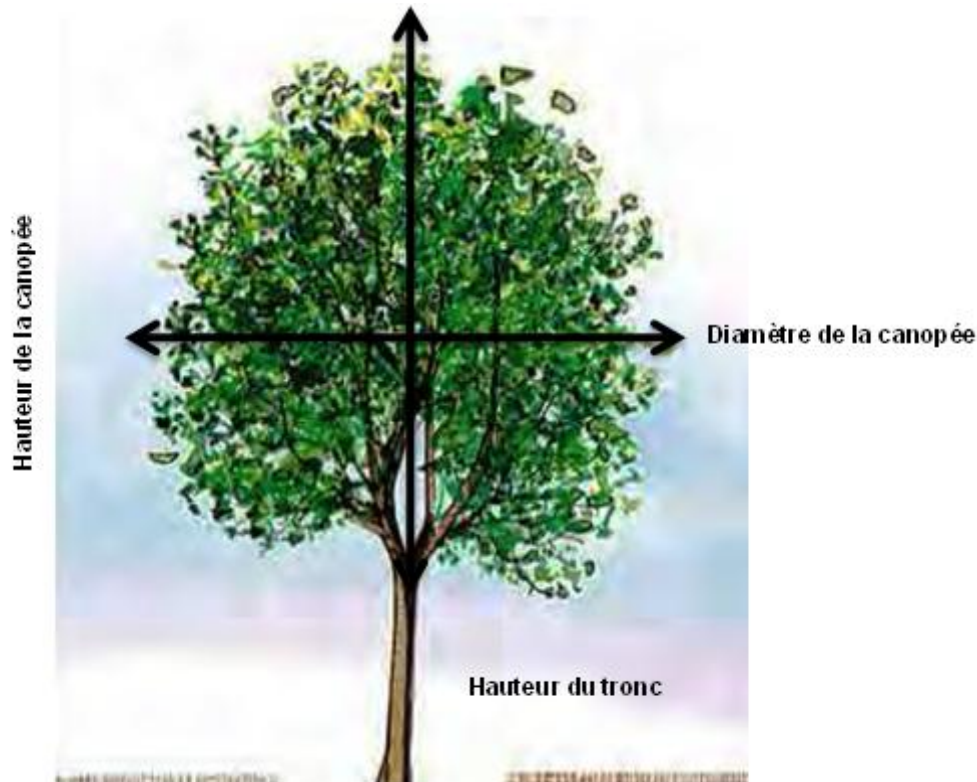


Figure 2 : Mesure des arbres d'ombrage.

Shade tree measurement.

Shademotion 4.0.30 . Le logiciel a été programmé pour calculer l'ombrage produit par l'arbre à midi. Le taux d'ombrage (To) de chaque individu ligneux associé a été calculé à partir de la formule suivante :

$$To = \frac{r}{S} \times 100$$

Avec r = Recouvrement en m²

S = parcelle de 400 m²

ANALYSE STATISTIQUE

Pour étudier le lien entre le taux d'ombrage de l'arbre et les paramètres dendrométriques de l'arbre (diamètre et hauteur) et aussi entre le taux d'ombrage des parcelles et la surface terrière, le nombre d'individus et le nombre espèces des parcelles, une régression linéaire a été utilisée. Cette analyse a permis de déterminer le facteur qui influence le plus le taux

d'ombrage. Tous les tests ont été effectués à l'aide du logiciel R 4.0.3.

RESULTATS

TAUX D'OMBAGE DE LA FLORE LIGNEUSE ASSOCIEE AUX CACAOYERS

La liste des espèces ligneuses recensées dans les agrosystèmes cacaoyers a permis de relever, au total, 58 espèces réparties entre 51 genres et 22 familles. Dans l'ensemble de ces agrosystèmes, 6 familles ont présentées une importance en termes d'espèces. Ce sont les Moraceae (12p.c.), les Sterculiaceae (9 p.c.), les Rutaceae (9 p.c.), les Mimosaceae (8 p.c.), les Euphorbiaceae (7 p.c.) et les Apocynaceae (7 p.c.) voir Figure 3. L'étude du taux d'ombrage de la flore ligneuse associée aux cacaoyers est présentée dans le Tableau 1. Les espèces fruitières telles que *Persea americana*,

Ricinodendron heudelotii et *Mangifera indica*, sont celles qui participent le plus à l'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers de la zone avec respectivement 22,68 p.c., 19,52 p.c. et 13,31 p.c.. Tandis que les espèces forestières telles que *Bombax costatum*, *Ceiba pentandra*, *Antiaris toxicaria* et *Entandrophragma angolense*

possèdent les plus grands taux d'ombrage par individus avec respectivement 2,94 p.c., 2,78 p.c., 2,23 p.c. et 2,04 p.c. de taux d'ombrage. Ce dernier résultat a montré que le taux d'ombrage élevé des espèces fruitières est influencé par leurs nombres d'individus élevés dans les agrosystèmes cacaoyers.

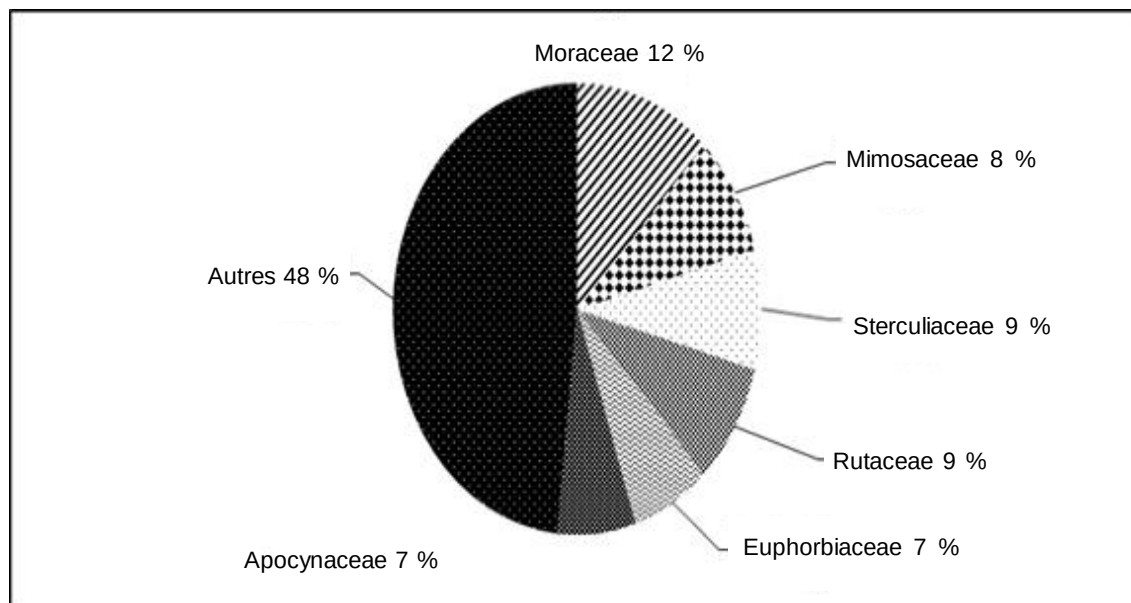


Figure 3 : Spectre des familles dominantes en termes de nombre d'espèces.

Spectrum of dominant families in terms of number of species.

Tableau 1: Espèces participants à l'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers de Bantikro
Species involved in shading in the cocoa agrosystems of Bantikro

Espèces	Nombre d'individus (%)	Taux Ombrage (%)	Taux Ombrage moyen par individus (%)
<i>Persea americana</i>	26,92	22,68	1,08
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	7,69	19,52	3,25
<i>Mangifera indica</i>	11,54	13,31	1,48
<i>Antiaris africana</i>	10,26	11,07	1,38
<i>Bombax costatum</i>	3,85	8,81	2,94
<i>Ceiba pentandra</i>	2,56	5,56	2,78
<i>Margaritaria discoidea</i>	3,85	3,35	1,12
<i>Ficus exasperata</i>	11,54	3,01	0,33
<i>Antiaris toxicaria</i>	1,28	2,23	2,23
<i>Entandrophragma angolense</i>	1,28	2,04	2,04
<i>Piliostigma thonningii</i>	1,28	1,46	1,46
<i>Lannea acida</i>	2,56	0,97	0,49
<i>Vernonia colorata</i>	1,28	0,95	0,95
<i>Sterculia rhinopetala</i>	1,28	0,9	0,90
<i>Terminalia superba</i>	1,28	0,83	0,83
<i>Gaycinia kola</i>	1,28	0,56	0,56
<i>Alstonia boonei</i>	1,28	0,51	0,51
<i>Albizia zygia</i>	1,28	0,49	0,49
<i>Funtumia africana</i>	1,28	0,41	0,41
<i>Ficus capensis</i>	1,28	0,39	0,39
<i>Newbouldia laevis</i>	1,28	0,29	0,29
<i>Parkia biglobosa</i>	1,28	0,27	0,27
<i>Citrus reticulata</i>	1,28	0,22	0,22
<i>Ficus vogelii</i>	1,28	0,17	0,17

RELATION ENTRE LE TAUX D'OMBRAGE DE L'ARBRE ET SES PARAMETRES DENDROMETRIQUES

L'analyse de l'influence des paramètres dendrométriques sur le taux d'ombrage de l'arbre a été appréciée à l'aide d'une analyse de corrélation. Le résultat du test de corrélation a

montré une forte corrélation positive entre le taux d'ombrage de l'individu et sa hauteur ($R^2 = 0,8052$) voir Figure 4A. Une forte corrélation positive est aussi observée entre le taux d'ombrage de l'arbre et le diamètre des individus ($R^2 = 0,8432$) voir Figure 4B. La hauteur et le diamètre de l'arbre ont une influence notable sur le taux d'ombrage.

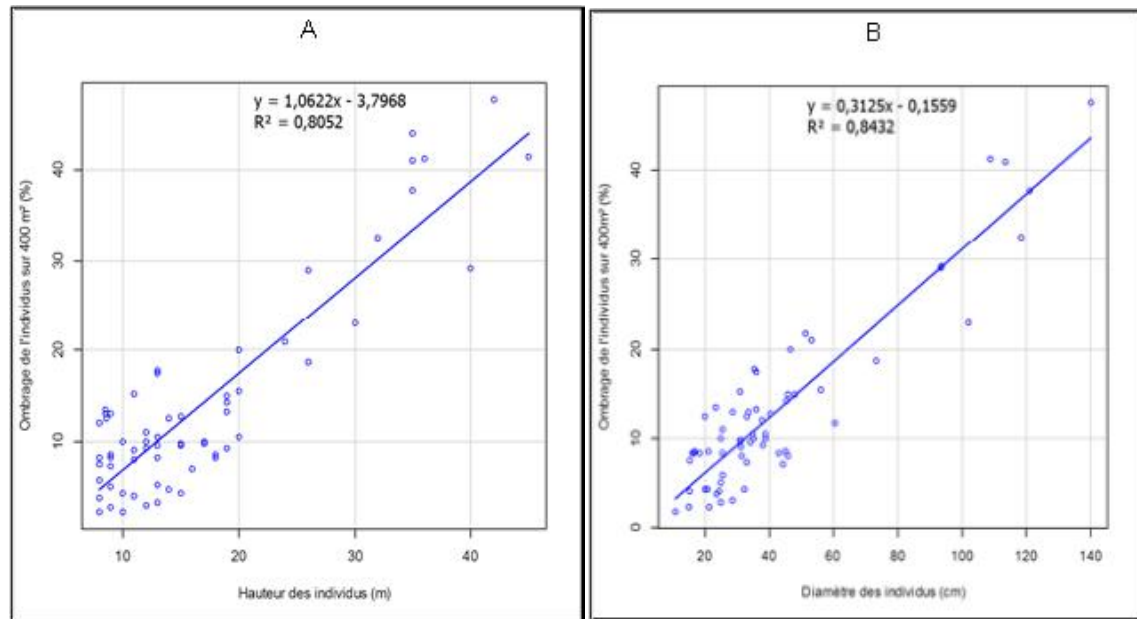


Figure 4 : Relation entre le taux d'ombrage de l'arbre et ces paramètres structuraux. (A) Paramètre structural Hauteur ; (B) Paramètre structural Diamètre.

Relationship between tree shading rate and these structural parameters. (A) Structural parameter Height; (B) Structural parameter Diameter.

RELATION ENTRE LE TAUX D'OMBRAGE DE LA PARCELLE ET SES PARAMETRES FLORISTIQUES ET STRUCTURAUX

L'étude de l'influence des paramètres floristiques et structuraux sur le taux d'ombre de la parcelle a été évaluée à travers le test de corrélation. Les résultats ont permis de mettre en évidence une forte corrélation positive entre le taux d'ombrage de la parcelle et sa surface terrière ($R^2 = 0,8802$) voir Figure 5A. Par contre,

l'analyse de la corrélation entre le taux d'ombrage de la parcelle et le nombre d'individus ($R^2 = 0,667$) voir Figure 5B et entre le taux d'ombrage de la parcelle et le nombre d'espèces de la parcelle ($R^2 = 0,6459$) voir Figure 5C montrent que le taux d'ombrage de la parcelle est moyennement corrélé au nombre d'individus et aux nombre d'espèces de la parcelle. Ces résultats montrent que la surface terrière est le paramètre qui influence le plus le taux d'ombrage de la parcelle.

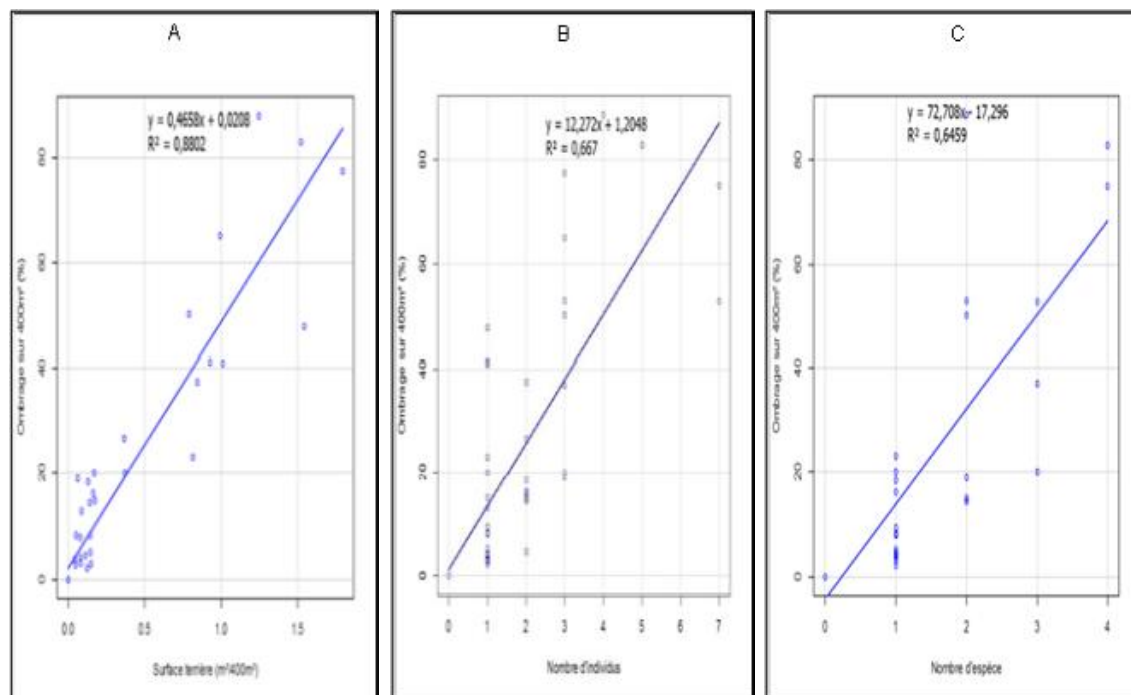


Figure 5 : Relation entre le taux d'ombrage de la parcelle et ses paramètres floristiques et structuraux. (A) Surface terrière, (B) Nombre individus, (C) Nombre d'espèces.

Relationship between plot shade rate and its floristic and structural parameters. (A) Basal area, (B) Number of species.

DISCUSSION

La flore des agrosystèmes cacaoyers de Bantikro est riche de 58 espèces réparties entre 51 genres et 22 familles. Parmi les familles recensées, 6 sont les plus importantes en termes d'espèces. Ce sont les Moraceae, les Sterculiaceae, les Rutaceae, les Mimosaceae, les Euphorbiaceae et les Apocynaceae. Ces familles ont été citées dominante dans les agrosystèmes de Doboua (Boko *et al.*, 2020). Les Moraceae et les Euphorbiaceae ont été cités dominantes par Konan *et al.* (2011) et les Sterculiaceae ont aussi été cités dominantes au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire par Kouadio (2018). Ces six familles ont été notées comme dominantes dans des agrosystèmes au Cameroun par Temgoua *et al.* (2018). Les familles dominantes étaient similaires dans la grande bande des systèmes agroforestiers traditionnels de cacao en Afrique de l'Ouest.

Les espèces fruitières ont présenté les taux d'ombrage les plus élevés dans les parcelles étudiées. Ce taux d'ombrage élevé de ces espèces s'explique bien par leurs nombres élevés d'individus dans les agrosystèmes cacaoyers. En effet, lors du défrichement des

plantations, quelques arbres forestiers sont conservés pour assurer un ombrage aux jeunes cacaoyers et plus tard, pour leur valeur économique (Kouadio *et al.*, 2016). Tout au long du développement de la plantation, les agriculteurs introduisent plusieurs espèces fruitières. L'introduction d'arbres fruitiers vise, en plus de l'autoconsommation et à la vente des fruits (Plas, 2020), à l'établissement d'un ombrage propice au bon développement végétatif des cacaoyers (Jagoret *et al.*, 2008). Ces espèces croissent en association avec les cacaoyers et les espèces forestières conservées (Jagoret *et al.*, 2009).

Le taux d'ombrage moyen par individu le plus élevé, est plutôt enregistré pour des espèces forestières. En effet, les espèces forestières préservées par les producteurs sont celles qui présentent le plus d'ombrage pour la protection des jeunes cacaoyers. Ainsi, les arbres forestiers moins grands sont éliminés pour réduire la compétition et aussi pour la vente du bois (Koulibaly *et al.*, 2016). L'élimination des arbres forestiers entraîne une simplification de la structure des cacaoyères et une perte notable de la phytodiversité pendant la phase de production maximale (Koulibaly, 2019). Cette situation indique que la trajectoire agricole est

dirigée vers le modèle technique préconisé par les structures d'encadrement c'est-à-dire les systèmes sans ombrage.

La hauteur et le diamètre des individus influencent fortement l'ombrage de l'arbre. Cependant, la surface terrière apparaît comme est le paramètre qui exprime la plus forte corrélation avec la variation de l'ombrage des arbres dans les plantations. Cette grandeur dépend à la fois de la valeur du diamètre et du nombre d'arbres présent dans les parcelles. Selon Essola (2014), elle est corrélée au couvert des arbres, ce qui permet de quantifier les conditions d'éclairement du sol (ombrage). Bien que le nombre d'individus et le nombre d'espèces soient corrélés avec l'ombrage, leurs corrélations sont largement inférieures à celle de la surface terrière. Cependant, les structures d'encadrement des producteurs utilisent pour la plupart le nombre d'arbres à l'hectare comme indicateur du niveau d'ombrage (CCC, 2015). En effet, elles recommandent pour une plantation cacaoyère un minimum de 18 arbres natifs par hectare afin d'obtenir un ombrage de 30 à 40 % (OIT, 2013 ; Sanial et al., 2020). Dans certains cas, les structures d'encadrement définissent l'ombrage à atteindre par les producteurs sans même donner un indicateur à ces derniers pour atteindre ces proportions recommandées (Sanial et al., 2020). Pourtant, la surface terrière pourrait permettre de déterminer avec plus de précision l'ombrage dans les parcelles. Le diamètre étant fortement corrélé au taux d'ombrage de l'arbre et étroitement lié à la surface terrière, s'avère être un puissant outil simple à mesurer qui pourrait permettre une gestion de l'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers.

CONCLUSION

Les travaux conduits dans la zone cacaoyère de Bantikro montrent que la flore des agrosystèmes cacaoyer est semblable à ceux de l'Afrique de l'ouest. Les agriculteurs introduisent de nombreuses espèces fruitières pour l'établissement d'un ombrage favorable au bon développement végétatif des cacaoyers. Tandis qu'ils éliminent les espèces forestières en ne préservant que celles qui présentent le plus d'ombrage pour la protection des jeunes cacaoyers. Cette situation entraîne une perte importante de la phytodiversité pendant la phase de production maximale des cacaoyers. La hauteur et le diamètre des individus influencent

fortement l'ombrage de l'arbre et la surface terrière quant à elle est le paramètre qui a la plus forte corrélation avec l'ombrage des arbres dans les parcelles. Le diamètre étant une variable permettant de calculer la surface terrière, il apparaît comme un outil de gestion fiable de l'ombrage dans les agrosystèmes. La maîtrise de l'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers passerait donc par l'agencement des espèces associées en fonction de la dimension du tronc. Ces résultats montrent que le diamètre de l'arbre constitue un paramètre déterminant pour la régulation du niveau d'ombrage dans les agrosystèmes cacaoyers traditionnels.

REFERENCES

- Aké Assi L. et 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.
- 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, pp 20-22.
- Anonyme. 2017. Source des données de SODEXAM (Société d'exploitation de développement aéroportuaire aéronautique météo). Station de Daloa.
- Assiri A. A. Kacou E. A. Assi F. A. Ekra S. Dji K. F. Couloud J. Y. Yapo AR. 2012. Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *J. Anim. Plant Sci.* 14 (2):939-1951.
- 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 cocoa* 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. Springer Publishing. 412pp. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7723>
- BAD. 2020. Le rapport dénommé Diagnostic-pays sur le financement à long terme (LTF) pour la Côte d'Ivoire. 56 p.
- Bene J.G. Beall H.W. Côté A. 1977. Trees, Food and People: Land Management in the Tropics. Ottawa, Canada, IDRC-084e, 52 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 (IJRSAS), 6(12), pp. 1-11, <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0612001>
- CCC. 2015. MANUEL TECHNIQUE DE CACAOCULTURE DURABLE ; à l'attention du technicien. 166p
- Declert C. 1990. Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale : cultures de Côte d'Ivoire. 333p
- Dufumier M. 2016. L'adaptation de la cacaoculture ivoirienne au dérèglement climatique : L'agroécologie pourrait-elle être une solution ? Plate-Forme pour le Commerce Equitable. 16 p.
- Duguma B. Gockowski J. Bakala J. 2001. Smallholder cacao (*Theobroma cacao* Linn.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: Challenges and opportunities. *Agrofor Syst*, 51; pp. 177–188.
- Eldin M. 1971. Le climat. In : *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM*, 50, Paris France, pp 73-108.
- FAO. 2005. Evaluation des ressources forestières mondiales, progrès vers la gestion forestière durable : Rome, Italie, 40.
- FAO. 2009. Harmonized world soil database (HWSD), Rome, Italy, 38.
- Freud E. H. Pétithuguenin P. Richard J. 2000. Les champs de cacao : un défi de compétitivité Afrique-Asie. Editions Karthala et CIRAD. Paris. 207 p.
- Gala Bi T. J. Bohoussou N. Y. Akotto 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), 18.
- ICCO. 2017. Annual report 2014/2015. International Cocoa Organization, 76pp.
- ICCO. 2015. What are the effects of intensive commercial production of cocoa on the environment? Westgate House W5 1YY, United Kingdom. Rapport Annuel ICCO. 25p.
- ICF. 2020. Bilan partiel de la phase pilote de l'initiative cacao et forêts janvier 2018 – décembre 2019. Côte d'Ivoire. 46 p
- Jagoret P., Todem Ngnogue H., Bouambi E., Battini J.L., Nyassé S. 2009. Diversification des exploitations agricoles à base de cacaoyer au Centre Cameroun : mythe ou réalité ? Biotechnologie, agronomie, société et environnement, 13(2) : 271-280.
- Jagoret P. Deheuvels O. Bastide P. 2014. Production durable de cacao ; S'inspirer de l'agroforesterie. La Recherche Agronomique pour le Développement, perspective. N° 27 : 4p
- Koffié-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), 8
- 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 d'Etat en botanique (Option : Aménagement et Ressources Naturelles), Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire), 151 p.
- Koulibaly A. Kouamé N'F. Traoré D. & Porembski S. 2010. 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., 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. 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.
- Konaté Z., Assiri A.A., Messoum F.G., Sekou A., Camara M. & Yao-Kouamé A. 2015. Antécédents culturels et identification de quelques pratiques paysannes en replantation cacaoyère en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 27: 301-314.
- Kouadjo J. M., Kého Y., Mosso R. A., Toutou K. G. 2002. Production et offre du cacao et du café en Côte d'Ivoire. Rapport d'enquêtes, ENSEA Abidjan. 100 p.
- 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.

- Kouadio K.H., Gala B.T.J., Assiri A.A. et 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*, Volume 3; Issue 10; pp. 145-152.
- 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.
- Leakey R. 1996. « Definition of agroforestry revisited ». *Agroforestry Systems* 8 : 5-7.
- Nair P.K.R. 1993. An introduction to agroforestry. Published by Kluwer Academic Publishers, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, 489 p.
- N'guessan A.H. N'Guessan K.F. Kouassi K.P. Kouame 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.
- Ruf F.O. & Zadi H. 1998. *Cocoa: From Deforestation to Reforestation*. Conférence sur la production durable du cacao au Panama, 30 Mars au 21 avril 1998, 8 p.
- 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.
- OIT. 2013. Manuel du producteur relais sur les techniques d'accroissement de la productivité du cacao / IPEC; Organisation internationale du Travail, Programme international pour l'abolition du travail des enfants Genève: ISBN: 978 92 2 227286 0 (Print); 978 92 2 227287 7
- Perraud A. 1971. Les sols. In : *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoires ORSTOM 50 : 69-390.
- Ruf F. Bini S. Ampadu K. 2009. Stratégies des planteurs de cocotiers au Ghana face à la maladie du jaunissement mortel. *Revue OCL : Journal français des Oléagineux, Corps Gras, Lipides*. 16 (2) : 76 - 86.
- Ruf F. & Schroth G. 2004. Chocolate forest and monocultures: a historical review of cocoa growing and its conflicting role in tropical deforestation and forest conservation. In: Schroth, G. et al (eds) *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical*
- Torquebiau E. 2007. *L'Agroforesterie. Des arbres et des champs*. Eds. L'Harmattan landscapes. Island Press, Washington, DC, USA, pp 107-134.
- Vroh B. T. A. 2013. Evaluation de la dynamique de la végétation dans les zones agricoles d'Azaguié (Sud-est, Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, UFR Biosciences, Université Cocody, (Abidjan, Côte d'Ivoire). pp. 208.
- Vroh B. T. A. ABROU N.E.J. GONE 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. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 7 (1): 99-109
- Zuidema P.A. Leffelaar P.A. Gerritsma W. Mommer L. Anten N.P.R. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems* 84 : 195-225.

Impact of Cropping Systems on the Yield of Cocoa Trees in the Daloa Department

Dramane Koffi Bakari¹, Koulibaly Annick² et Boko Brou Bernard³

^{1,3} Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

² Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Abstract: Since 1978, Côte d'Ivoire has been the world's leading cocoa produce. However, cocoa farming today is faced with numerous constraints due to unsustainable cropping systems. Some authors advocate agroforestry as a solution. But, the relationship between agroforestry systems and cocoa productivity has not been well established. Our study aims to present the floristic richness, the cropping systems and the impact of these systems on yield. Data was collected in 60 plots of 400 m² each in which an inventory, dendrometric measurements and counting of the number of cocoa trees and pods were carried out. The study found that cocoa farms are rich in 55 species divided into 46 genera and 24 families. The analyses made it possible to define three cropping systems in the cocoa farms. These are systems without shade with the lowest yields and composed mainly of fruit species, light shade systems dominated by spontaneous species with the highest yields and dense shade systems dominated by forest species with yields between 500 kg/ha/year and 1000 kg/ha/year.

Keywords: Agroforestry, cropping systems, Peasant preservation, Sustainable management, Daloa

1. Introduction

Côte d'Ivoire, like most African countries, inherited the role of cocoa exporter in 1912 and made it the pillar of its economic development (Duguma *et al.*, 2001). It has been the world's leading producer of cocoa beans since 1978, with annual production now estimated at 43 percent of world supply (ICCO, 2017). This culture plays an important role in the economic and social development of the country. At the social level, cocoa farming occupies an agricultural population of more than one million farmers and provides many jobs in the secondary and tertiary sectors (ICCO, 2015). Economically, cocoa contributes more than 15 p.c. to the Gross Domestic Product (GDP) and provides more than 50 p.c. of export earnings (BAD, 2020). However, the development of this crop has been extensive, to the detriment of forest areas (Freud *et al.*, 2000). This has led to a shift from multi-layered agroforestry systems to crops grown under moderate shade or even full sun. Today, the sustainability of Ivorian cocoa production is threatened by several constraints, notably the ageing of orchards and the difficulties of renewing them in the face of the shortage of forest, the action of diseases and insect pests of the cocoa tree and the harmful effects of climatic disturbances (Freud *et al.*, 2000). Faced with this situation, the Ivorian government has committed to several programmes, including the international REDD+ mechanism in 2011 and the Cocoa and Forests Initiative (CFI) with some thirty companies in the cocoa and chocolate industry (ICF, 2020). These commitments to agroforestry and sustainability have led to investments in certification and the initiation of tree distribution campaigns by environmental organisations including the Rainforest Alliance (RA) and Utz (Sanial *et al.*, 2020). Agroforestry seems to be an ecologically sustainable, socially acceptable and economically profitable alternative (Agroforestry Systems, 1982 ; Jagoret *et al.*, 2020). However, there are mixed views on the logic of combining trees with crops, especially after a long period of removing them from cocoa farms. On the one hand, some

recent publications (Steffan-Dewenter, 2007 ; Clough *et al.*, 2011 ; Jagoret *et al.*, 2020) show that the presence of trees in cocoa farms does not prevent good yields. On the other hand, cocoa agroforestry systems are criticised for having lower yields than monocultures. According to some authors, the associated trees would induce competition for light, water and mineral elements, to the detriment of the cocoa trees. Thus, reducing shading in cocoa farms entering production would have a beneficial effect on productivity (Zuidema *et al.*, 2005 ; Snoeck, 2010). In Côte d'Ivoire, despite the fact that agroforestry practices are very old, direct relationships between agroforestry systems and cocoa yield have not really been established (Vroh *et al.*, 2019). However, it is important to find a compromise that reconciles good yields and the longevity of cocoa farms for sustainable cocoa farm management. This article presents the floristic diversity, cropping systems and the impact of cropping systems on the yield of cocoa farms. This approach aims to highlight the best performing cropping system in terms of yield in the current context of increased drought in Côte d'Ivoire (Dufumier, 2016) and the limitation of areas suitable for cocoa production (Jagoret *et al.*, 2020). Our study was carried out in the locality of Zepreguhé, located in the Haut-Sassandra region, the second largest cocoa bean production area in Côte d'Ivoire. This study took place in the locality of Zepreguhé in Daloa in the Centre-West of Côte d'Ivoire in the Haut-Sassandra region (Nguessan *et al.*, 2014).

2. Materials and methods

2.1. Description of the study site

This study took place in the locality of Zepreguhé located in Daloa in the Centre-West of Côte d'Ivoire in the Haut-Sassandra region (Figure 1). This region is characterised by semi-deciduous forest vegetation with an average annual rainfall of 930.60 mm for the last 30 years (Anonyme, 2020). The temperature varies between 27.46 and 28.16 °C

with an average of 26.47 °C. The relief consists largely of plateaus with numerous valleys. Hydrographically, the region is influenced by the Sassandra River and its tributaries (the Lobo and the Davo) and the Buyo dam lake (Koffié-bikpo & Kra, 2013). The soils are ferralitic of granitic origin and slightly denatured (Perraud, 1971 ; Lecomte, 1990). In addition to the ferralitic soils, this region

has poorly developed soils (from alluvial and/or colluvial deposits) and hydromorphic soils. Soils with a ferralitic composition have good agricultural potential and are suitable for all types of crops.

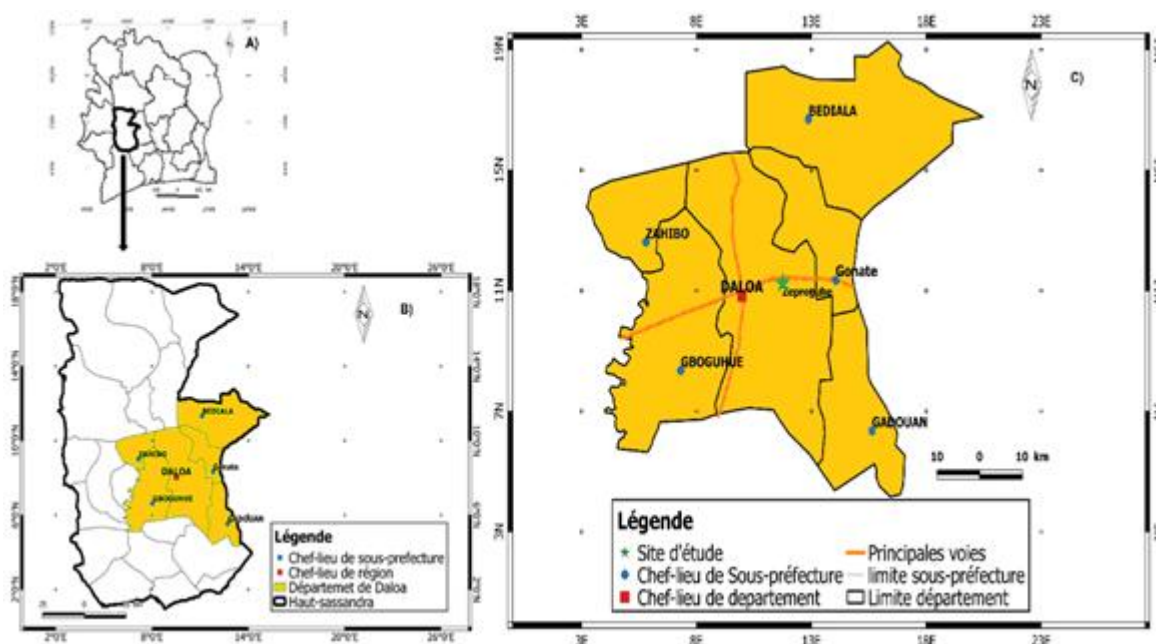


Figure 1: Location of the Haut-Sassandra region in Côte d'Ivoire (A), the department of Daloa (B) and the study site (C)

2.2. Inventory and dendrometric measurements

Floristic and structural data were collected in 60 plots of 20 m x 20 m (400 m²) installed randomly in the most homogeneous areas of cocoa farms older than 8 years. In each delimited plot, all woody species were inventoried. Then the total height of all woody individuals other than cocoa trees, greater than or equal to 2 m and the circumference at 1.30 m from the ground were measured.

2.3. Measurement of shading and yield parameters

The shading rate was calculated for all woody individuals whose height is greater than the cocoa trees. For each individual considered, the circumference at 1.30 m above the ground, the total height, the height of the trunk and the diameter of the canopy were measured. The density of the canopy was estimated on a scale ranging from 0 to 100 per cent. Yield was assessed by counting and marking the pods with paint. The average number of pods per cocoa tree (Nbcab) was estimated from counting the number of fruits longer than ten centimetres on eight (8) cocoa trees in each 400 m² plot Bos *et al.*, 2006 as cited by Jagoret, 2011. In addition to the counting and marking of the pods, a count of all the cocoa trees was carried out.

2.4. Calculation of the recovery rate of cocoa trees

The area covered by the canopy of woody individuals associated with cocoa trees was calculated using Shademotion 4.0.3 software. The software was programmed to calculate the shade produced by the tree at noon. The

cover rate of each associated woody individual (r_i) was calculated from the following formula :

With r_i = Cover of the woody plant percent
 s = area covered by the canopy of the associated woody individual
 S = plot of 400 m²

2.5. Evaluation of the potential yield of a cocoa

The potential yield of a cocoa farm (Q) depends on the average number of pods per cocoa tree and the density of the cocoa trees. It was calculated according to Lachenaud (1984) by the following mathematical relationship:

Where

Q = marketable cocoa yield (kg ha⁻¹)

$Nbcab$: average number of pods per cocoa tree

0.115 : average mass of fresh beans per pod (kg)

0.35 : transformation coefficient mass of fresh beans/mass of marketable cocoa

d : number of cocoa trees ha⁻¹

2.6. Statistical analysis

To characterise the structural organisation of the woody flora of the agrosystems, a Correspondence Factorial Analysis (CFA) was carried out on the basis of the species encountered and their dimensions (diameter and height). The CFA was coupled with the Hierarchical Ascending Classification (HAC) to classify the different groups obtained. For each group, indicator species were identified

using the IndVal method. To determine the cropping systems, a CFA was carried out based on the species encountered, their dimensions (diameter and height) and the types of cocoa tree cover. The CFA was coupled with an AHC in order to classify the different groups obtained. In order to determine the best performing cropping systems in terms of yield, a AHC was performed. All these analyses were carried out using the R 4.0.3 software.

3. Results

3.1. Floristic composition of cocoa farms

The list of species found in cocoa farms contains 55 species in 46 genera and 24 families. The most dominant families in terms of number of species are: Moraceae with 15 percent, followed by Euphorbiaceae (9 percent), Fabaceae and Rutaceae with 7 percent each, Anacardiaceae and Apocynaceae with 6 percent and finally Bombacaceae (5 percent) see Figure 2. The species encountered during this study were of four biological types, the most dominant of which in terms of number of species were microphanerophytes with 55 percent (Figure 3).

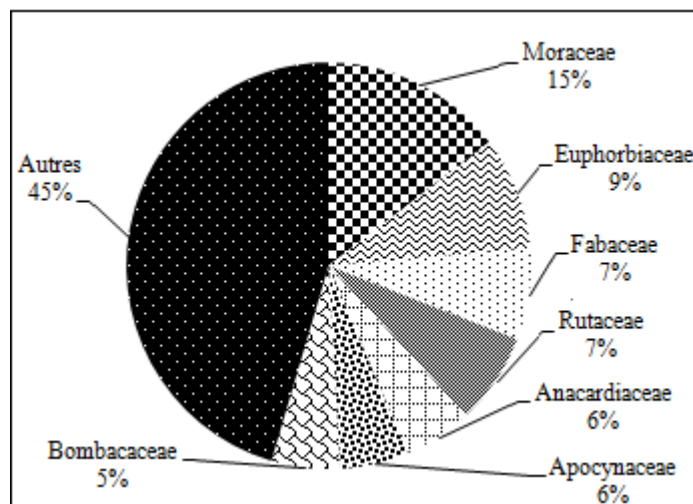


Figure 2: Spectrum of dominant families in cocoa agrosystems in the Zepreguhé zone

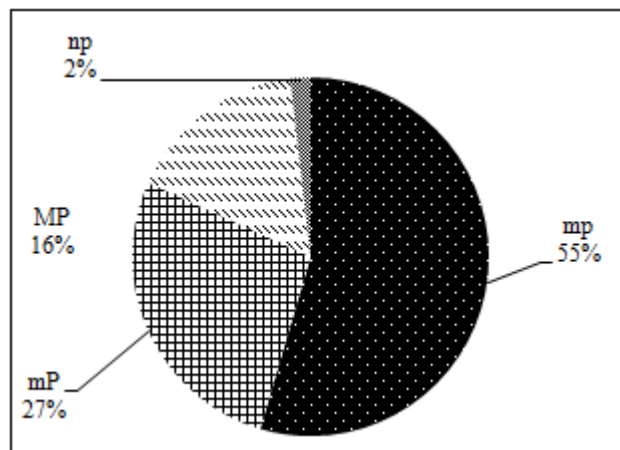


Figure 3: Spectrum of biological types of cocoa agrosystems in the Zepreguhé zone.

Microphanerophyte; np: Nanophanerophyte; mP: Mesophanerophyte; MP: Megaphanerophyte

3.2. Structural organisation of woody species in cocoa farms

The study of the structural organisation of cocoa farms revealed three groups of species. Each group is characterised by an indicator species which has been revealed from the Indval method (Figure 4). Group 1 with *Coffea canephora* is characterised by species with small diameters (less than 10 cm) and small heights (less than 8 m). These species are mainly fruit trees such as: *Citrus limon*, *Annona muricata*, *Anacardium occidentale*, *Coffea canephora*, etc. Group 2 with *Sterculia tragacantha* consists of species with diameters between 10 and 30 cm and heights that vary between 8 and 12 m. This group is characterised by spontaneous species such as *Ficus exasperata*, *Morinda lucida*, *Sterculia tragacantha*, *Ficus vogelii*, etc. Group 3 with *Antiaris toxicaria* includes species with large diameters (greater than or equal to 30 cm) and heights greater than 12 m. These are mainly forest species such as *Ricinodendron heudelotii*, *Terminalia superba*, *Milicia excelsa*, *Khaya ivorensis*, *Entandrophragma angolense*, *Antiaris toxicaria*, etc.

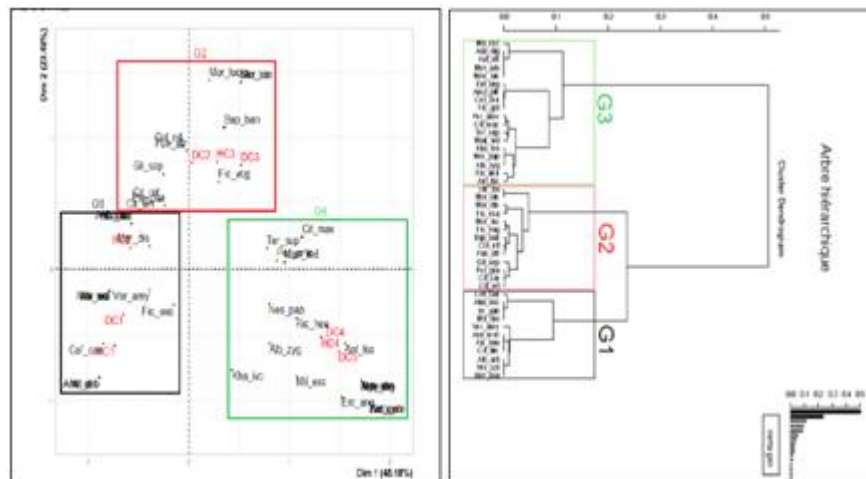


Figure 4: Graphical representation of species and dimensions along axes 1 and 2 of the CFA and HAC.

DC1 : < 10 cm ; DC2 : [10 - 20 cm ; DC3 : [20 - 30 cm ; DC4 : [30 - 40 cm [and DC5 : ≥ 40

HC1: [2 - 4 m ; HC2: [4 - 8 m ; HC3: [8 - 12 m [and HC4: ≥ 12 m.

Codes	species	Groups	Codes	species	Groups
Alb_adi	<i>Albizia adianthifolia</i>	G1	Mor_ole	<i>Moringa oleifera</i>	G2
Als_boo	<i>Alstonia boonei</i>	G1	Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	G2
Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	G1	Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	G2
Ann_mur	<i>Annona muricata</i>	G1	Ada_dig	<i>Adansonia digitata</i>	G3
Cit_lim	<i>Citrus limon</i>	G1	Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	G3
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	G1	Amp_pte	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	G3
Hev_bra	<i>Hevea brasiliensis</i>	G1	Ant_afr	<i>Antiaris africana</i>	G3
Irv_gab	<i>Irvingia gabonensis</i>	G1	Ant_tox	<i>Antiaris toxicaria</i>	G3
Mil_rho	<i>Millettia rhodontha</i>	G1	Cel_zen	<i>Celtis zenkeri</i>	G3
Ver_amy	<i>Vernonia amygdalina</i>	G1	Cit_max	<i>Citrus maxima</i>	G3
Ver_col	<i>Vernonia colorata</i>	G1	Ent_ang	<i>Entandrophragma angolense</i>	G3
Bap_ban	<i>Baphia bancoensis</i>	G2	Fic_gol	<i>Ficus goliath</i>	G3
Cit_ret	<i>Citrus reticulata</i>	G2	Kha_ivo	<i>Khaya ivorensis</i>	G3
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	G2	Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	G3
Col_nit	<i>Cola nitida</i>	G2	Mil_exc	<i>Milicia excelsa</i>	G3
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	G2	Myr_arb	<i>Myrianthus arboreus</i>	G3
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	G2	Nes_pap	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	G3
Fun_afr	<i>Funtumia africana</i>	G2	New_lae	<i>Newbouldia laevi</i>	G3
Gli_sep	<i>Gliricidia sepium</i>	G2	Per_ame	<i>Persea americana</i>	G3
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	G2	Ric_heu	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	G3
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	G2	Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	G3

3.3. Shade tree cover in cocoa farms

The analysis of shade tree cover shows that cocoa farms are managed according to four types of cover (Figure 5). In this locality, 20 percent of the plots studied do not combine trees with cocoa trees. Plots with trees represent 80 percent. For the latter, plots under light shade are the most represented with 45 percent of the area. They are followed by medium shade plots with 22 percent of the area. Cocoa trees under strong shade are the least represented with 13 percent of the areas studied.

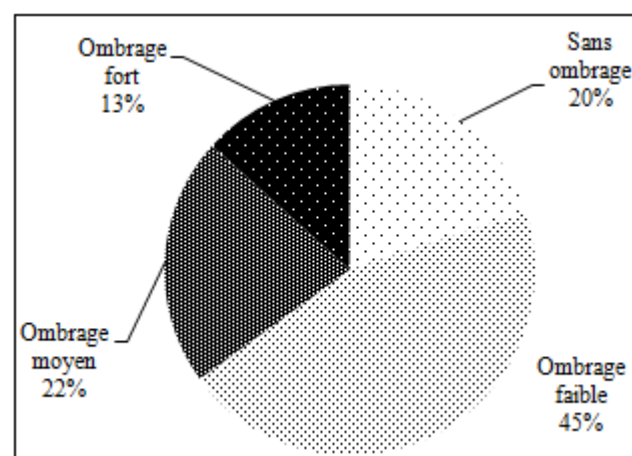


Figure 5: Proportion of shade tree cover types in cocoa agrosystems

3.4. Cropping systems encountered in cocoa farms

The characterisation of cropping systems in cocoa farms revealed three cropping systems (Figure 6). The density of each cropping system has been defined in Table I. Group 1 with *Coffea canephora* is composed of small fruit species found mainly in unshaded plots with a density of 56 ($\pm 50,4$) individuals/ha. These systems are said to be unshaded.

Group 2 with *Sterculia tragacantha* consists of medium-sized spontaneous species found in plots with less than 25 percent shade and a density of 45 ($\pm 19,61$) individuals/ha. These are light shade systems. Group 3 with *Antiaris toxicaria* comprises large forest species present in plots with a shade of more than 25 percent and a density of 87 ($\pm 39,79$) individuals/ha. These are dense shade systems.

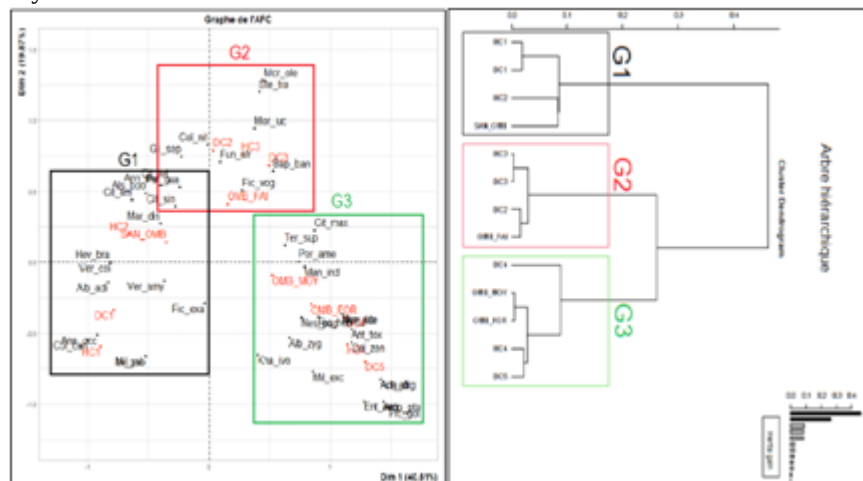


Figure 6: Graphical representation of species, height and diameter classes according to axes 1 and 2 of the CFA and HAC.

DC1 : < 10 cm ; DC2 : [10 - 20 cm [; DC3 : [20 - 30 cm [; DC4 : [30 - 40 cm [and DC5 : ≥ 40

HC1: [2 - 4 m [; HC2: [4 - 8 m [; HC3: [8 - 12 m [and HC4: ≥ 12 m.

SAN_OMB=No shading, OMB_FAI=Low shading, OMB_MOY=Medium shading, OMB_FOR=High shading.

Table I: Density of cropping systems.

Cropping systems	Average number of individuals/ha of associated species
Unshaded system	56 $\pm$ 50,4
Lightweight shading system	45 $\pm$ 19,61
Dense shade system	87 $\pm$ 39,79

Table II: Average potential yield and its components in Zepreguhé site according to the Pearson test.

Parameters	Average values
Number of pods/individual/year	35 $\pm$ 10,03
Number of cocoa trees/ha	804,01 $\pm$ 298,95
Yield Potential	1092,61 $\pm$ 450,82

3.5. Potential market cocoa yield and its components

The average potential yield of merchantable cocoa in Zepreguhé is 1092.61 ($\pm 450,82$) kg/ha/year. The average density of cocoa trees is 804.01 ($\pm 298,95$) individuals/ha with a production of 35 pods per individual over the year (Table II)

3.6. Yield of cropping systems

The performance of the cropping systems was revealed from a hierarchical ascending classification (HAC) see (Figure 7). Three groups were identified from this analysis. Group 1 associates systems without shading with potential yields below 500 kg/ha/year. Group 2 shows a correlation between dense shade systems and potential yields between 500 and 1000 kg/ha/year. Group 3 links light shade systems to potential yields of over 1000 kg/ha/year.

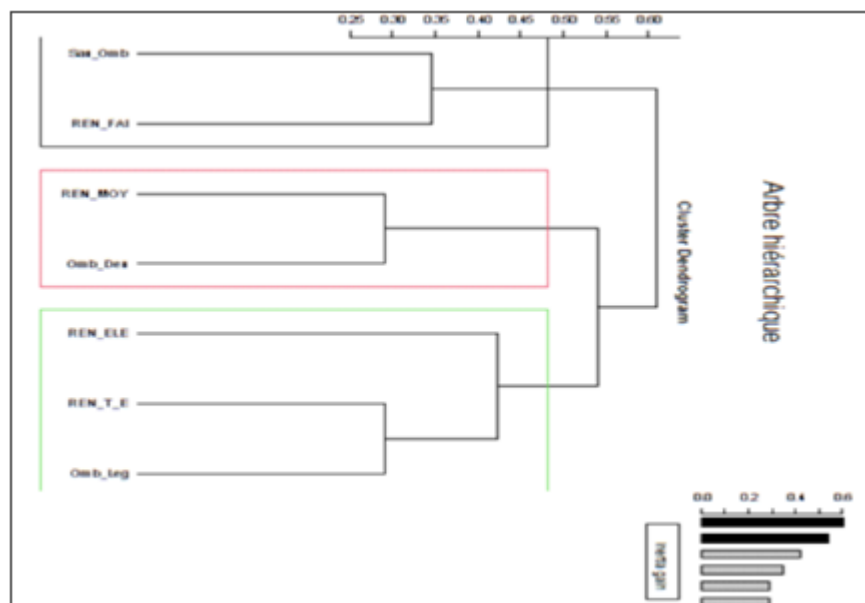


Figure 7: Graphical representation of cropping systems and cocoa yields from a HAC.

San_Omb=No shade, Omb_Leg=Light shade, Omb_Den=Dense shade.

REN_FAI=low yield, REN_MOY=average yield, REN_ELE=high yield, REN_T_EL=very high yield

4. Discussion

4.1. Floristic diversity and cropping systems

Work carried out in the locality of Zepreguhé has shown that the cocoa plantations are rich in 55 species divided into 46 genera and 24 families. These results corroborate several previous works that highlight the introduction and preservation of a significant number of species in cocoa farms in recent years (Koulibaly, 2008 ; Tondoh *et al.*, 2015). The species richness obtained in these areas is close to that found by Boko *et al.* (2020) in the cocoa farms of Doboua in the Department of Daloa (central-western Côte d'Ivoire) which was 59 species. The most dominant families are : Moraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Rutaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae and Bombacaceae. This family sequence has also been cited as dominant in the cocoa agrosystems of Daloa in west-central Côte d'Ivoire by Boko *et al.* (2020). Moraceae and Euphorbiaceae were cited as dominant by Konan *et al.* (2011) and Apocynaceae were cited as dominant in cocoa farms in Cameroon by Temgoua *et al.* (2018). The presence of these families could be explained by the location of our study area, which is in a semi-deciduous forest zone, a favourite area for these families (Aké-Assi, 2002). In terms of biological types, microphanerophytes were the most dominant. This dominance of microphanerophytes would be due to their perennial life form including vegetative regrowth, which is the quantitatively important mode of regeneration in cocoa agrosystems as reported in the Oumé department and the Lamto reserve region (Piba *et al.*, 2011 ; Koulibaly *et al.*, 2016). The structural organisation of species associated with cocoa trees showed that the fruiting and volunteer species were shrubs. While the forest species were large trees. This organisation of species in cocoa farms is thought to be due to a farmers' preservation strategy. Indeed, according to Kouadio *et al.* (2016), when plantations are cleared, large forest trees are retained to provide shade for young cocoa trees and later for their economic value. Whereas fruiting

and volunteer species appear later in the development of the plantation. Producers in the Zepreguhé locality retain and introduce shade trees into the cocoa fields in different proportions. In this locality, 20 percent of the plots are without shade and 45 per cent are under weak shade (less than 25 percent of shade). Several studies conducted on shading in Côte d'Ivoire have shown similar results. Ruf & Zadi. (1998) already estimated at that time that 66 percent of cocoa plantations throughout the country were unshaded. Another study recently conducted in the Centre-South of Côte d'Ivoire by Gala bi *et al.* (2017) showed that more than 70 percent of the plots studied were in full sun or light shade. This low level of shade in cocoa farms is thought to be due to the fact that most of these systems were established after complete felling and burning of primary forests and forest clearings (Dufumier, 2016). In the cocoa farms, three (3) cropping systems were detected. The first type is the unshaded system, which is characterised by an abundance of fruit species with diameters of less than 10 cm and heights of less than 8 m with a density of 56 individuals/ha. In this system, there is no real shading. It is the work of many research centres, including the National Agricultural Research Centre (NARC) with the selection of hybrids for the development of high-yield and disease-resistant varieties (Gnahoua *et al.*, 2012). The second type, the light shade system, is characterised by the dominance of spontaneous species with diameters of between 10 and 30 cm and heights of between 8 and 10 m. The density per hectare is 45 individuals with a cover of less than 25 percent. This system is also the result of practices developed by the NARC, which, when planting crops, recommends associating young cocoa trees with legumes (*Gliricidia sepium*, *Sterculia tragacantha*, *Albizia adianthifolia*, *Albizia zygia*, etc.). The third type is the dense shade system which is characterised by the presence of a large number of forest species with diameters greater than 40 cm and heights greater than 12 m with a density of 87 individuals/ha. In this system, the coverage is greater than 25 percent. This is a system where producers use empirical orchard maintenance

techniques as described by Adou Yao & N'Guessan (2006) and Assiri (2007). Cocoa disease and pest control and fertiliser use are almost absent (Adou Yao, 2011).

4.2. Sustainable production of cocoa agrosystems

Despite being the world's largest cocoa producer, Côte d'Ivoire's average marketable cocoa yield is low (CCC, 2015). This performance has been declining since 2000 (FAOSTAT, 2020). In 2018, the average yield in Côte d'Ivoire was 489 kg/ha/year (FAOSTAT, 2020). However, studies carried out in the locality of Zepreguhé have made it possible to obtain an average potential cocoa yield of 1092.61 kg/ha/year. This yield is well above the average yield in Côte d'Ivoire. This result shows that cocoa yields could be improved with the application of good agricultural practices and good pest and disease management in cocoa farms. The effect of cropping systems on cocoa yield was observed in this study through a HAC. This analysis shows that the unshaded systems had the lowest potential cocoa yields. While the highest potential yields were obtained in light shade systems. These results differ from those of Gala bi *et al.* (2017) at M'Brimbo in south-central Côte d'Ivoire, which showed that the highest yields were obtained in unshaded plots. The low yields of pure cocoa in our study could be partly due to the age of the cocoa farms. Indeed, these cocoa farms had an average age of 15 years. While the M'Brimbo cocoa farms were between 5 and 10 years old. This age range corresponds to the physiological stage when yields in unshaded cocoa farms are satisfactory (Koko *et al.*, 2008). However, according to Jagoret *et al.* (2014), this level of performance remains ephemeral, and may be declining after about 15 years. Our results are similar to those of Asare *et al.* (2018) who observed a doubling of yield from a full sun cocoa farm to a 30 percent shade level. It should be noted that the dense shade systems showed potential yields of 500-1000 kg/ha/year, higher than those of the unshaded systems. According to Jagoret *et al.* (2011), these systems can maintain a satisfactory level of yield without fertilize inputs. In the current context of climate change, which could lead to a reduction in areas suitable for cocoa production in West Africa (Läderach *et al.*, 2013), and the scarcity of forest areas, which limits the installation of new orchards, complex agroforestry systems could be a solution for stabilising existing cocoa-growing areas, adapting to climate change, limiting deforestation and reducing the negative impact of cocoa production on the environment, while at the same time producing acceptable yields for cocoa producers.

5. Conclusion

Studies conducted in the locality of Zepreguhé show that cocoa agrosystems have a rich flora composed of fruit, volunteer and forest species. Despite the elimination of several native species during the installation of cocoa farms, we note the presence of large forest species such as *Ricinodendron heudelotii*, *Terminalia superba*, *Milicia excelsa*, *Khaya ivorensis*, *Entandrophragma angolense*, *Antiaris toxicaria*, etc... In this locality, cocoa farms are established under three types of systems dominated by light shade systems which showed the highest potential yields. The systems without shading have the lowest yields, thus confirming the limits of this practice in cocoa farms in Côte

d'Ivoire. The yields obtained in the dense shade systems show that with the adoption of appropriate agroforestry techniques, cocoa farming could be conducted sustainably on the same soils with satisfactory yields. Our results shed new light on cocoa agroforestry systems in Côte d'Ivoire, the effects of which on yield were little studied until now. Far from being archaic, these systems developed by producers are, on the contrary, dynamic and allow for the sustainable production of cocoa with yield levels that are generally higher than what is commonly accepted and, above all, without mineral fertilization.

References

- [1] Duguma B., Gockowski J., Bakala J. (2001). Smallholder cacao (*Theobroma cacao* Linn.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: Challenges and opportunities. *Agrofor Syst*, 51; pp. 177–188.
- [2] ICCO. (2017). Annual report 2014/2015. International Cocoa Organization, 76 p.
- [3] ICCO. (2015). What are the effects of intensive commercial production of cocoa on the environment? Westgate House W5 1YY, United Kingdom. Rapport Annuel ICCO. 25 p.
- [4] BAD. 2020. Le rapport dénommé Diagnostic-pays sur le financement à long terme (LTF) pour la Côte d'Ivoire, 56 p.
- [5] Freud E. H., Pétithuguenin P., Richard J. (2000). Les champs de cacao : un défi de compétitivité Afrique-Asie. Editions Karthala et CIRAD. Paris, 207 p.
- [6] ICF (Initiative Cacao-Forêt). (2020). Bilan partiel de la phase pilote de l'initiative cacao et forêts janvier 2018 – décembre 2019. Côte d'Ivoire, 46 p.
- [7] Sanial E., Fountain A.C., Hoefsloot H. & Jezeer R. (2020): L'agroforesterie dans le secteur du cacao, un besoin d'approches de paysage collaboratives ambitieuses. *Document de consultation pour le Baromètre du Cacao 2020*. Rapport, 12 p.
- [8] Agroforestry Systems. (1982). Editorial-What is Agroforestry? *Agrof. Syst.*, 1: pp. 7-12.
- [9] Jagoret P., Saj S. & Carimentrand A. (2020). Cacaoculture agroforestière en Afrique : l'art de concilier production durable et services écologiques. *La Recherche Agronomique pour le Développement, perspective*. N° 54, 4 p.
- [10] Steffan-Dewenter I., Kessler M., Barkmann J., Bos M.M., Buchori D., Erasmi S., Faust H., Gerold G., Glenk K., Gradstein S.R., Guhardja E., Hartevelde M., Hertel D., Hohn P., Kappas M., Kohler S., Leuschner C., Maertens M., Marggraf R., Migge-Kleian S., Mogeja J., Pitopang R., Schaefer M., Schwarze S., Sporn S.G., Steingrebe A., Tjitrosoedirdjo S.S., Tjitrosoemito S., Twele A., Weber R., Woltmann L., Zeller M. & Tschardt T., (2007). Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 : pp. 4973–4978.
- [11] Clough Y., Barkmann J., Jührbandt J., Kessler M., Cherico Wanger T., Anshary A., Buchori D., Cicuzza D., Darras K., Dwi Putra D., Erasmi S.,

- Pitopang R., Schmidt C., Schulze C.H., Seidel D., Steffan-Dewenter I., Stenchly K., Vidal S., Weist M., Wielgoss A.C. & Tschardt T. (2011). Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *PNAS*, 108(20): pp. 8311–8316.
- [12] Zuidema P.A., Leffelaar P.A., Gerritsma W., Mommer L. & Anten N.P.R. (2005). A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems* 84 : pp. 195–225.
- [13] Snoeck D., Abolo D. & Jagoret P. (2010). Temporal changes in VAM fungi in the cocoa agroforestry systems of central Cameroon. *Agroforestry Systems* 78 : pp. 323–328.
- [14] Vroh B. T. A., Abrou N.E.J., Gone B. 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. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 7 (1): pp. 99–109.
- [15] N'guessan A.H., N'Guessan K.F., Kouassi K.P., Kouame 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.
- [16] Anonyme. (2020). Source des données de SODEXAM (Société d'exploitation de développement aéroportuaire aéronautique météo). Station de Daloa.
- [17] Koffie-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 : pp. 95–103.
- [18] Perraud A. (1971). Les sols. In *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoires ORSTOM N° 50, ORSTOM, Paris, France : pp. 265–391.
- [19] 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.
- [20] Bos M.M., Steffan-Dewenter I. & Tschardt T. (2006). Shade tree management affects fruit abortion, insects pests and pathogens of cacao. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120 : pp. 201–205.
- [21] 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 Ecosystèmes Naturels et Cultivés, Montpellier, Supagro, 236 p.
- [22] Lachenaud P. (1984). Une méthode d'évaluation de la production de fèves fraîches applicable aux essais entièrement randomisés. *Café Cacao Thé*, 1 (2) : pp. 21–30.
- [23] Koulibaly A.V. (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 de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 137 p.
- [24] Tondoh J.E., Kouamé F.N., 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: pp. 575–595
- [25] 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 (IJRSAS)*, 6(12) : pp. 1–11, <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0612001>
- [26] 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* (07) : pp. 59–79.
- [27] 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 : pp. 12269–12281.
- [28] Aké-Assi L. (2002). *Flore de la Côte d'Ivoire 2*, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et Jardin Botanique de Genève (Suisse) ; *Boissieria*, 58, 441p.
- [29] 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* (07) : pp. 80–96.
- [30] Koulibaly A., Kouamé D., Grogan 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) : pp. 7792–7799.
- [31] 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*, Volume 3; Issue 10 : pp. 145–152.
- [32] Ruf F.O. & Zadi H. (1998). Cocoa: From Deforestation to Reforestation. Conférence sur la production durable du cacao au Panama, 30 Mars au 21 avril 1998, 8 p.
- [33] Gala Bi T. J., Bohoussou N. Y., F, Akotto O. F. & Yao-Kouamé 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) : pp. 164–181.
- [34] Dufumier M. (2016). L'adaptation de la cacaoculture ivoirienne au dérèglement climatique : L'agroécologie pourrait-elle être une solution? *Plate-Forme pour le Commerce Equitable*, 16 p.
- [35] Gnahoua G.M., Ouallou K. & Balle P. (2012). Les légumineuses à croissance rapide comme plantes d'ombrage dans la replantation des cacaoyers en zone de forêt semi décidue de Côte d'Ivoire. *INAFORSTA symposium, Cocoa based Agroforestry: Sustainability and Environment*. Yaoundé : pp. 21–22.

- [36] Adou Yao C.Y. & N'Guessan K.E. (2006). Diversité floristique spontanée des plantations de café et de cacao dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 157: pp. 31–36.
- [37] Assiri A.A. (2007). Identification des pratiques paysannes dans la conduite des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire. Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies, UFR STRM, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 56 p.
- [38] Adou Yao C.Y. (2011). Production durable du cacao ivoirien: caractérisation, évaluation des performances et valeur de conservation pour la biodiversité des agroforêts à cacao du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Projet PASRES, 25 p.
- [39] CCC (Conseil du Café-Cacao). (2015). Manuel technique de cacaoculture durable ; à l'attention du technicien, 166p.
- [40] FAOSTAT. (2020). *FAO Statistical Databases*. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (13/08/20).
- [41] Koko K.L., Yoro R.G., Ngoran K. & Assa A. (2008). Evaluation de la fertilité des sols sous cacaoyers dans le sud-ouest de la côte d'ivoire. CNRA / Programme Cacao, Station de Recherche de Divo. Université de Cocody-Abidjan, UFR-STRM / Laboratoire Agro-pédologie, 15 p.
- [42] Jagoret P., Deheuvels O. & Bastide P. (2014). Production durable de cacao ; S'inspirer de l'agroforesterie. La Recherche Agronomique pour le Développement, *perspective*. N° 27, 4p.
- [43] Asare R., Markussen B., Asare A.R. & Anim-Kwapong G. (2018). On-farm cocoa yields increase with canopy cover of shade trees in two agroecological zones in Ghana. *Clim. Dev.* 11(5) : pp. 435–445.
- [44] Jagoret P., Michel-Dounias I. & Malézieux E. (2011). Long term dynamics of cocoa agroforests : a case study in central Cameroun. *Agroforestry Systems*, 81 : pp. 267–278.
- [45] Läderach P.A., Martinez-Valle A., Schroth G. & Castro N. (2013). Predicting the future climatic suitability for cocoa farming of the world's leading producer countries, Ghana and Côte-d'Ivoire. *Climatic Change*, 119 : pp. 841–854.

Effet des différents types de Systèmes Agroforestiers Traditionnels sur le rendement en cacao (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)

[Effect of different types of Cocoa Traditional Agroforestry Systems on yield (Central West, Côte d'Ivoire)]

Dramane Koffi Bakari¹, Koulibaly Annick², Kouadio N'Dah Kouamé Cyriac², Boko Brou Bernard¹, and Soro Gnénéma³

¹UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

³Cabinet Agroplus, BP 1150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Cacaoculture intensification has led to a reduction of the forest area and a continuous decline of woody trees number in cocoa plantations. In the context of climate change, Côte d'Ivoire, the world's largest producer of cocoa beans, has opted for agroforestry practices to ensure sustainable cocoa production. However, the impact of this choice on cocoa production is not evaluated, let alone the characteristics of existing agroforestry systems. Our objective is to study the effect of different types of agroforestry systems on cocoa yield. Data on flora, DBH diameter, total height of the trees as well as on cocoa pod were collected in 60 plots of 400 m² each. In addition, tree shading, and potential yield were calculated. The results showed that the diversity of agroforestry systems with cocoa trees includes 47 plant species distributed between 41 genera and 20 families. Factorial Multiple Analysis based on associated tree diversity, dimensions and shading has identified three types of agroforestry systems. Light shading systems had the highest cocoa yields (> 1000 kg/ha/year) while the yield with a dense shading varied from 500 to 1000 kg/ha/year. The absence of shading has a negative effect leading to less than 500 kg/ha/year. These results could help promote efficient Cocoa Agroforestry Systems.

KEYWORDS: Sustainable agriculture, Agroforestry, Biodiversity, Shade, Productivity.

RESUME: L'intensification de la cacaoculture a conduit à une réduction de la surface forestière et à une baisse continue du nombre de ligneux dans les plantations de cacaoyers. Dans le contexte actuel du changement climatique, la Côte d'Ivoire, premier producteur mondial de fèves de cacao, a opté pour l'adoption de pratiques agroforestières afin de garantir une production durable de cacao. Cependant, les conséquences de ce choix sur la production de cacao n'est pas évalué, encore moins les caractéristiques des systèmes agroforestiers existants. Notre objectif est d'étudier l'effet de différents types de systèmes agroforestiers sur le rendement en cacao. Les données sur la flore, le diamètre (DBH), la hauteur totale des arbres ainsi que sur les cabosses ont été collectées dans 60 parcelles de 400 m² chacune. En plus, l'ombrage des arbres et le rendement potentiel ont été calculés. Les résultats ont montré que la diversité des systèmes agroforestiers à cacaoyers comprend 47 espèces végétales réparties entre 41 genres et 20 familles. L'analyse Factorielle Multiple basée sur la diversité, les dimensions et l'ombrage des espèces associées aux cacaoyers a permis d'identifier trois types de Systèmes Agroforestiers. Les systèmes à ombrage léger ont présenté les valeurs les plus élevées de rendements en cacao (> 1000 kg/ha/an) tandis que le rendement à l'ombrage dense a varié de 500 à 1000 kg/ha/an. L'absence d'ombrage a un effet négatif conduisant à moins de 500 kg/ha/an. Ces résultats pourraient permettre de promouvoir des Systèmes Agroforestiers à cacaoyers performants.

MOTS-CLEFS: Agriculture durable, Agroforesterie, Biodiversité, Ombrage, Productivité.

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire, comme la plupart des pays africains, a hérité du rôle d'exportateur de cacao en 1912 et se positionne comme premier producteur mondial de fèves de cacao depuis 1978 avec une production annuelle estimée à près de 47 p.c. de l'offre mondiale ([1], [2], [3]). Cette culture est très importante dans le développement économique et social du pays. En effet, la cacaoculture occupe une population agricole de plus d'un million de planteurs et procure de nombreux emplois dans les secteurs secondaire et tertiaire [4]. La vente du cacao contribue à plus de 15 p.c. au Produit Intérieur Brut (PIB) et procure plus de 50 p.c. des recettes d'exportation [4], [1], [5]. Ces bénéfices ont cependant été obtenus à travers l'installation de plantations de cacaoyer par un mode extensif, sur des défriches forestières [6]. Aussi, l'intensification de la cacaoculture ces dernières années a conduit au passage des systèmes agroforestiers pluristratifiés, à des cultures sous ombrage modéré ou même en plein soleil. Ceci a fait de la cacaoculture l'une des principales causes de la réduction du couvert forestier et de la perte de la biodiversité [7], [8], [9], [10], [11]. Cette situation serait également responsable de l'apparition de nombreuses contraintes de production dont le vieillissement des plantations [12], [13], [14], la baisse de fertilité des sols, l'augmentation des attaques d'insectes tels que les mirides et les foreurs de tige [15], l'apparition de maladies virulentes comme le Swollen shoot [16], [17] et le phénomène de dégradation précoce des plantations de cacaoyers entraînant la baisse du rendement en cacao [18].

Face à cette situation, le retour aux Systèmes Agroforestiers (SAF) semble être une bonne alternative [19], [20], [21], [22], [23]. En effet, l'agroforesterie se définit comme étant « l'intégration simultanée ou séquentielle d'arbres et d'autres végétaux ligneux, ou d'animaux, sur les exploitations et dans le paysage agricole, dans le but d'en améliorer les bénéfices sociaux, économiques et environnementaux » [24], [25], [26], [27], [28]. L'état ivoirien s'est donc engagé dans plusieurs programmes dont le mécanisme international REDD+ en 2011 et l'Initiative Cacao et Forêts (ICF) avec une trentaine d'entreprises de l'industrie du cacao et du chocolat [29]. Ces engagements en faveur de l'agroforesterie et de la durabilité ont conduit à des investissements dans la certification et l'initiation de campagnes de distribution d'arbres par les organisations environnementalistes dont *Rainforest alliance* (RA) et *Utz* [1], [30].

En Côte d'Ivoire, les travaux réalisés sur les systèmes agroforestiers signalent la préservation et l'introduction d'espèces ligneuses dans les plantations de cacaoyers [10], [31], [32], [33]. Ils montrent que la richesse floristique des plantations de cacaoyers est plus élevée dans les premières années [9], [34]. Puis au cours de son développement, la plantation de cacaoyers présente trois phases principales de modification de sa composition floristique avec une période critique entre 6 et 20 ans [35]. Ceci conduit à une réduction sévère de la flore dont la diversité varie en fonction de plusieurs facteurs tels que l'âge de la plantation, la variété des cacaoyers cultivés, l'origine ethnique, l'âge et les besoins du producteur [36], [37], [33]. Ces espèces ligneuses associées aux cacaoyers servent à assurer les besoins quotidiens des populations locales dans divers domaines tels que l'alimentation, la fourniture en bois et la médecine traditionnelle [36], [38]. Il a été aussi démontré que l'utilisation des arbres fixateurs d'azote entraîne une amélioration rapide de la fertilité du sol au bout de 3 à 4 ans, au lieu de 10 à 15 ans pour des jachères naturelles [39]. Cependant, l'influence de l'ombrage sur le rendement en cacao dans les SAF demeure peu étudiée. Notre étude qui s'est déroulée dans la région du Haut-Sassandra, deuxième zone de production de fèves de cacao en Côte d'Ivoire [40] s'est fixée pour objectif général de contribuer à une meilleure production de cacao dans les Systèmes Agroforestiers. Il s'est donc agi de (1) décrire les caractéristiques de la flore ligneuse des SAF à cacaoyers (2) définir une typologie des SAF sur la base de l'ombrage fourni, (3) déterminer l'effet des types de SAF sur le rendement en cacao.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

Cette étude s'est déroulée dans la localité de Doboua situé à Daloa au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire dans la région du Haut-Sassandra (Figure 1). Cette région est caractérisée par une végétation de forêt semi-décidue avec une pluviométrie moyenne annuelle de 930,60 mm depuis les trente (30) dernières années [41], [42], [43]. La température oscille entre 27,46 et 28,16 °C avec une moyenne de 26,47 °C. 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 [44]. Les sols sont de types ferralitiques d'origine granitique faiblement dénaturés [45], [46]. En plus des sols ferralitiques, cette région compte des sols peu évolués (d'apport alluvial, et/ou colluvial) et des sols hydromorphes. Les sols de composition ferralitique présentent de bonnes aptitudes agricoles et se prêtent à tous les types de cultures.

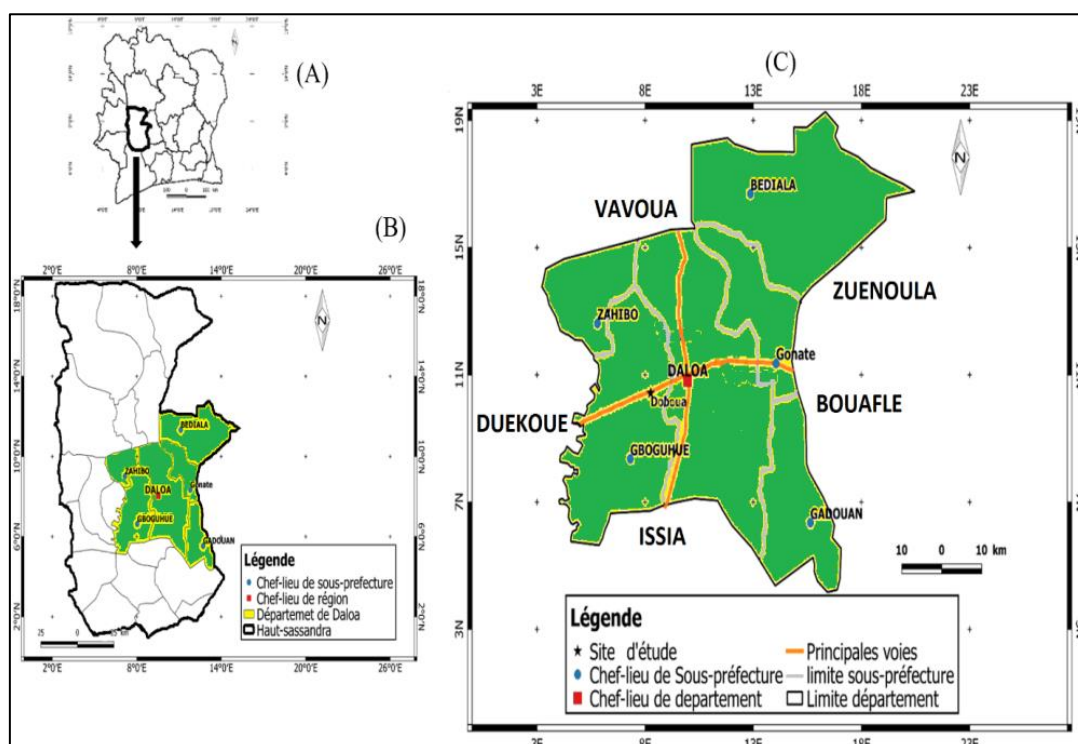


Fig. 1. Localisation de la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire (A), du département de Daloa (B) et du site d'étude (C)

2.2 INVENTAIRE ET MESURES DENDROMÉTRIQUES

La collecte des données floristiques et structurales s'est effectuée dans 60 parcelles de 20 m x 20 m (400 m²) installées de façon aléatoire dans les zones les plus homogènes des agrosystèmes cacaoyers de plus de 8 ans. Dans chaque parcelle délimitée, toutes les espèces ligneuses ont été inventoriées. Ensuite, la hauteur totale de tous les individus ligneux autres que les cacaoyers, supérieur ou égal à 2 m et la circonférence à 1,30 m du sol ont été mesurées.

2.3 MESURE DES PARAMÈTRES DE L'OMBRAGE ET DU RENDEMENT

Le taux d'ombrage a été calculé pour tous les individus ligneux dont la hauteur est supérieure aux cacaoyers environnants. Pour chaque individu considéré, la circonférence à 1,30 m au-dessus du sol, la hauteur totale, la hauteur du tronc et le diamètre de la canopée ont été mesurés. La densité de la canopée quant à elle a été estimée à partir d'une échelle variant de 0 p.c. à 100 p.c.

0 p.c. représentant une canopée laissant passer 100 p.c. de la lumière et 100 p.c. représentant une canopée ne laissant pas passer la lumière.

L'évaluation du rendement s'est effectuée par comptage et marquage des cabosses à la peinture. Le nombre moyen de cabosses par cacaoyer (Nbcab) a été estimé à partir du comptage du nombre de fruits d'une longueur supérieure à dix centimètres effectués sur huit (8) cacaoyers dans chaque parcelle de 400 m². Ces fruits ne sont plus susceptibles d'être atteints par le wilt physiologique référence [47] cités par la référence [48] et nous ferons l'hypothèse que leur développement ira à son terme. En plus du comptage et du marquage de cabosse qui ont été effectués, un comptage de tous les cacaoyers et un étiquetage sur lequel est inscrit le numéro de la parcelle et celui du pied de cacaoyer ont été effectués.

2.4 CLASSIFICATION DE L'OMBRAGE

Le taux de recouvrement au sol ou ombrage des espèces ligneuses autres que le cacaoyer a été calculé à l'aide du logiciel Shademotion 4.0.30. Le logiciel a été programmé pour calculer l'ombrage produit par l'arbre à midi. L'ombrage de la parcelle a été apprécié à partir de l'échelle modifiée de Braun-Blanquet [49], « r » désignant l'ombrage exprimé en pourcentage (p.c.):

- 1: (Sans ombrage ou plein soleil) pour $r = 0$ p.c.;
- 2: (Ombrage faible) pour r compris entre] 0 p.c.– 25 p.c.];
- 3: (Ombrage moyen) pour r compris entre] 25 p.c. – 50 p.c.];
- 4: (Ombrage fort) pour $r > 50$ p.c.

2.5 EVALUATION DU RENDEMENT POTENTIEL

Le rendement potentiel d'une cacaoyère (R_{dtcm}) est exprimé en kg de cacao marchand ha^{-1} et dépend du nombre moyen de cabosses par cacaoyer et de la densité des cacaoyers. Il a été calculé selon la référence [50] par la relation mathématique suivante:

$$Q = N_{cab} \times 0,115 \times 0,35 \times d$$

Où

Q = rendement en cacao marchand ($kg\ ha^{-1}$)

N_{cab} : nombre moyen de cabosses par cacaoyer

0,115: Masse moyenne de fèves fraîches par cabosse (kg)

0,35 : coefficient de transformation masse de fèves fraîches/masse de cacao marchand

d : nombre de cacaoyers ha^{-1}

2.6 CLASSIFICATION DU RENDEMENT POTENTIEL

Les rendements potentiels calculés ont été appréciés à partir de l'échelle suivant:

- 1: (Rendement faible) pour $Q < 500\ kg/ha/an$;
- 2: (Rendement moyen) pour Q compris entre] 500 – 1000 $kg/ha/an$];
- 3: (Rendement élevé) pour $Q > 1000\ kg/ha/an$.

2.7 ANALYSE STATISTIQUE

Pour déterminer les types de SAF à cacaoyers, nous avons réalisé une Analyse Factorielle Multiple (AFM) mettant en relation d'une part les espèces et leurs dimensions et d'autre part les modalités d'ombrage correspondantes dans chaque parcelle.

Pour déterminer le rendement potentiel des types de SAF à cacaoyers, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été effectuée à partir des types de SAF auquel correspondent les parcelles et leurs rendements potentiels.

3 RESULTATS

3.1 COMPOSITION FLORISTIQUE DES SAF À CACAOYERS

La flore des SAF à cacaoyers de Doboua renferme au total, 47 espèces réparties entre 41 genres et 20 familles. Dans les SAF étudiés, 7 familles ont été dominantes en termes de nombre d'espèces. Ce sont: les Malvaceae avec 15 p.c. suivies des Euphorbiaceae (11 p.c.), ensuite viennent les Fabaceae et les Anacardiaceae avec 9 p.c. chacune, les Moraceae (8 p.c.) et les Apocynaceae et les Rutaceae avec 6 p.c. chacune (Figure 2). Les espèces rencontrées lors de cette étude se sont présentées sous 4 types biologiques qui sont les microphanérophytes (mp), les mésophanérophites (mP), les mégaphanérophites (MP) et les nanophanérophites (np) voir Figure 3. Les microphanérophytes sont les plus dominants en nombre d'espèce avec 57 p.c.

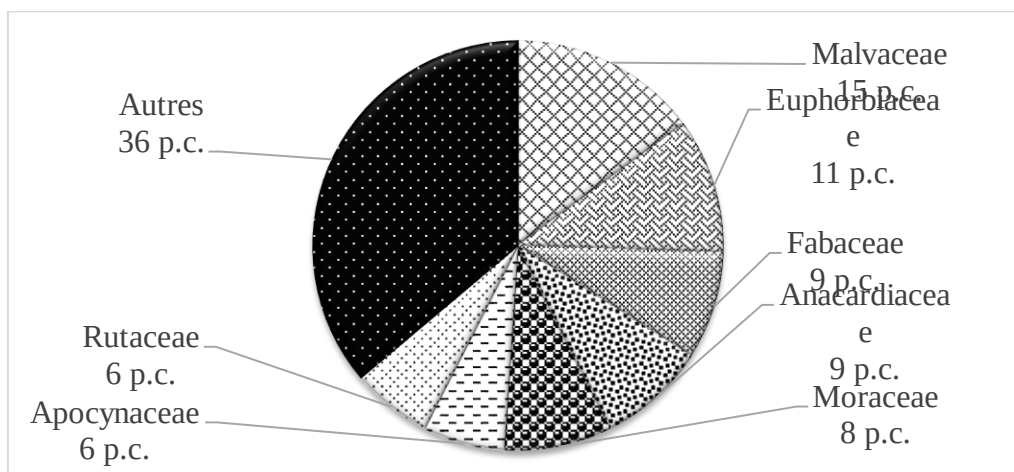


Fig. 2. Spectre des familles dominantes des SAF à cacaoyers

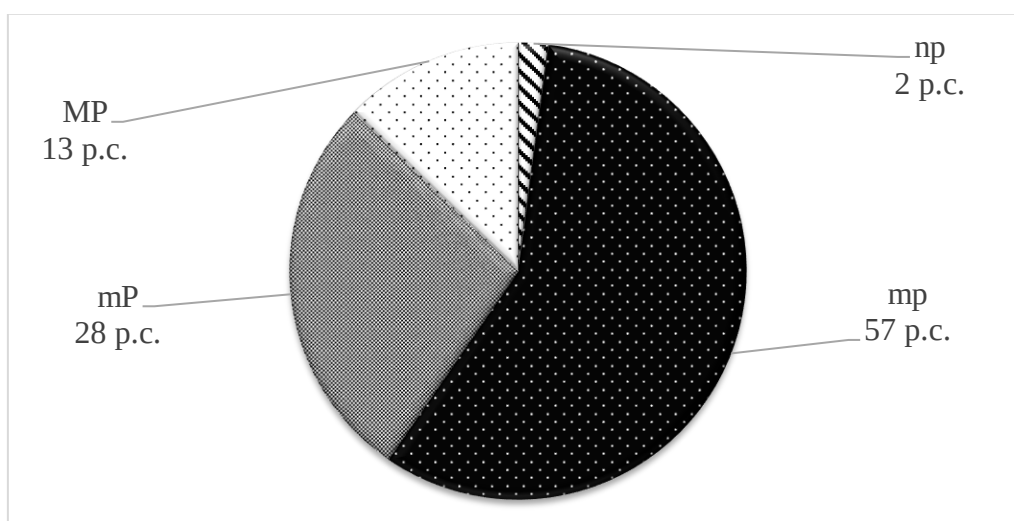


Fig. 3. Spectre des types biologiques des SAF à cacaoyers

mp: Microphanérophyte; np: Nanophanérophyte; mP: Mésophanérophyte; MP: Mégaphanérophyte.

3.2 MODALITÉS D'OMBRAGE DANS LES SAF À CACAoyERS

La classification de l'ombrage indique que les SAF à cacaoyers sont conduits selon quatre modalités (Figure 4). Dans 38 p.c. des parcelles il n'y a pas d'arbres plus grands que les cacaoyers. Ces parcelles sont dites « Sans ombrage », alors que 62 p.c. sont dites « sous ombrage ». Les parcelles sous ombrage ont présenté un ombrage faible (27 p.c.), un ombrage moyen (23 p.c.) et un ombrage fort (12 p.c.).

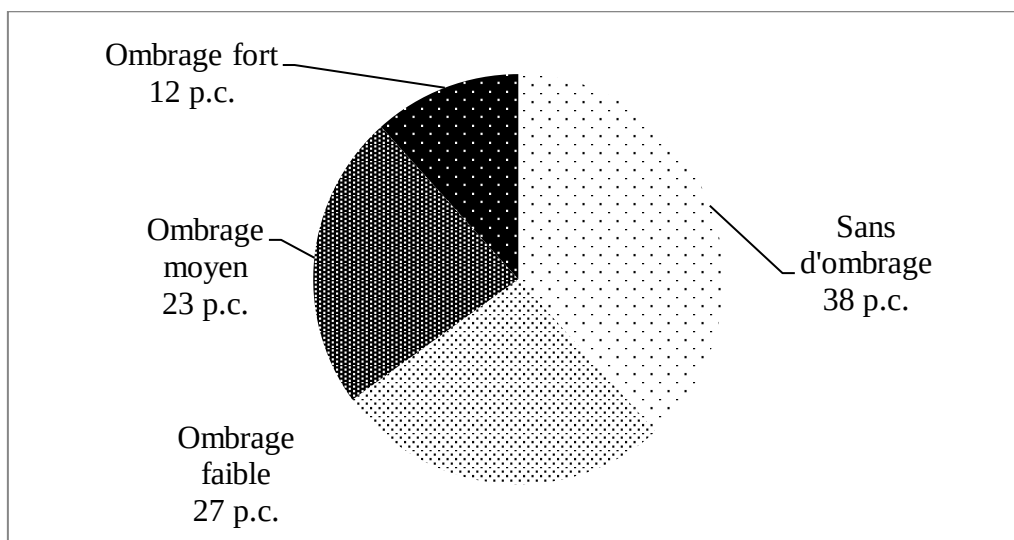


Fig. 4. Proportion des modalités d'ombrage des SAF à cacaoyers

3.3 TYPES DE SAF À CACAOYERS RENCONTRÉS

L'analyse factorielle multiple (AFM) basée sur les paramètres de la variabilité structurale et les modalités d'ombrage a permis de distinguer trois groupes distincts (Figure 5). Les deux premiers axes mis ensemble représentent 62,29 p.c. de l'information avec 33,67 p.c. pour l'axe 1 et 28,62 p.c. pour l'axe 2. Le résultat présente deux graphes divisés chacun en quatre (4) secteurs superposables. Le groupe 1 correspondant à un type de SAF sans ombrage (0 p.c.), renferme des espèces de petites dimensions (hauteur < 4 m et diamètre < 10 cm) telles que *Citrus sinensis*, *Coffea canephora*, *Anacardium occidentale*, *Ficus exasperata* etc... Le groupe 2 correspond à un type de SAF à ombrage léger (< 25p.c.), renferme des espèces de dimensions moyennes (hauteur située entre 4 et 12 m et diamètre situé entre 10 et 30 cm) comme *Sterculia tragacantha*, *Myrianthus arboreus*, *Albizia zygia*, *Newbouldia laevis*, *Margaritaria discoidea*, etc... Le groupe 3 renfermant le type de SAF à ombrage fort (> 25p.c.) avec des espèces de grandes dimensions (hauteur > 12 m et diamètre > 30 cm) telles que *Terminalia superba*, *Piliostigma thonningii*, *Lannea acida*, *Ricinodendron heudelotii* etc...

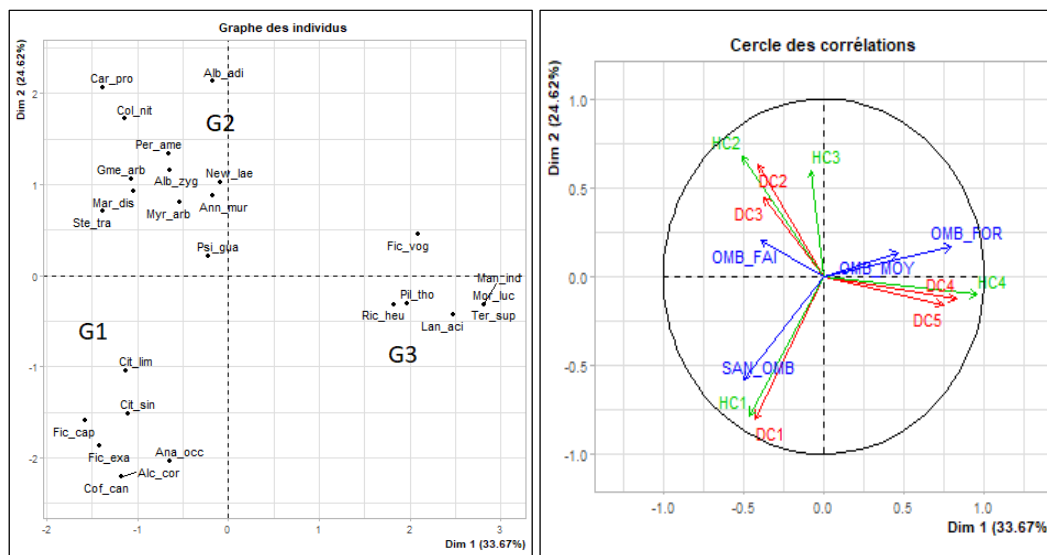


Fig. 5. Représentation graphique des espèces, des modalités d'ombrage et des classes hauteur et de diamètres selon les axes 1 et 2 de l'Analyse Factorielle Multiple (AFM)

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

HC1: [2 – 4 m]; HC2: [4 – 8 m]; HC3: [8 – 12 m] et HC4: ≥ 12 m.

SAN_OMB=Sans ombrage, OMB_FA=Ombrage faible, OMB_MOY=Ombrage moyen, OMB_FOR=Ombrage fort.

Codes	Espèces	Groupes	Types de SAF
Cit_lim	<i>Citrus limon</i>	G1	SAF sans ombrage
Alc_cor	<i>Alchornea cordifolia</i>	G1	
Fic_cap	<i>Ficus capensis</i>	G1	
Fic_exa	<i>Ficus exasperata</i>	G1	
Cof_can	<i>Coffea canephora</i>	G1	
Cit_sin	<i>Citrus sinensis</i>	G1	
Ana_occ	<i>Anacardium occidentale</i>	G1	SAF à ombrage léger
Alb_adi	<i>Albizia adianthifolia</i>	G2	
Col_nit	<i>Cola nitida</i>	G2	
Car_pro	<i>Carapa procera</i>	G2	
New_lae	<i>Newbouldia laevis</i>	G2	
Per_ame	<i>Persea americana</i>	G2	
Gme_arb	<i>Gmelina arborea</i>	G2	
Psi_gua	<i>Psidium guajava</i>	G2	
Alb_zyg	<i>Albizia zygia</i>	G2	
Mar_dis	<i>Margaritaria discoidea</i>	G2	
Ann_mur	<i>Annona muricata</i>	G2	
Ste_tra	<i>Sterculia tragacantha</i>	G2	
Myr_arb	<i>Myrianthus arboreus</i>	G2	SAF à ombrage dense
Ter_sup	<i>Terminalia superba</i>	G3	
Lan_aci	<i>Lannea acida</i>	G3	
Ric_heu	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	G3	
Fic_vog	<i>Ficus vogelii</i>	G3	
Pil_tho	<i>Piliostigma thonningii</i>	G3	
Man_ind	<i>Mangifera indica</i>	G3	
Mor_luc	<i>Morinda lucida</i>	G3	

3.4 RENDEMENT POTENTIEL ET SES COMPOSANTES

La densité moyenne des cacaoyers des SAF est de 1213,33 individus/ha avec une production de 20 cabosses par individu sur toute l'année. Concernant le rendement potentiel moyen en cacao des SAF de Doboua, il est de 988,07 kg/ha/an (Tableau I).

Tableau 1. Rendement potentiel moyen en cacao et ses composantes à Doboua

Paramètres	Valeurs moyennes
Nombre de cabosse/individus/an	20 ± 9,89
Nombre de cacaoyers/ha	1213,33 ± 289,17
Rendement Potentiel	988,05 ± 580,69

3.5 RELATION ENTRE LES TYPES DE SAF ET LE RENDEMENT POTENTIEL EN CACAO

Concernant l'étude de l'effet des SAF sur le rendement potentiel en cacao, il a été révélé à travers l'Analyse Factorielle des correspondances (AFC) basée sur les variables « types de SAF » et « rendement potentiel » (Figure 6). Les deux premiers axes mis ensembles représentent 54 p.c. de l'information avec 28,28 p.c. pour l'axe 1 et 25,72 p.c. pour l'axe 2. L'analyse a montré que les SAF à ombrage léger ont un rendement potentiel en cacao de plus 1000 kg/ha/an. Les SAF à ombrage dense ont quant à eux un rendement potentiel en cacao compris entre 500 et 1000 kg/ha/an. S'agissant des rendements potentiels des SAF sans ombrage, ils sont inférieurs à 500 kg/ha/an.

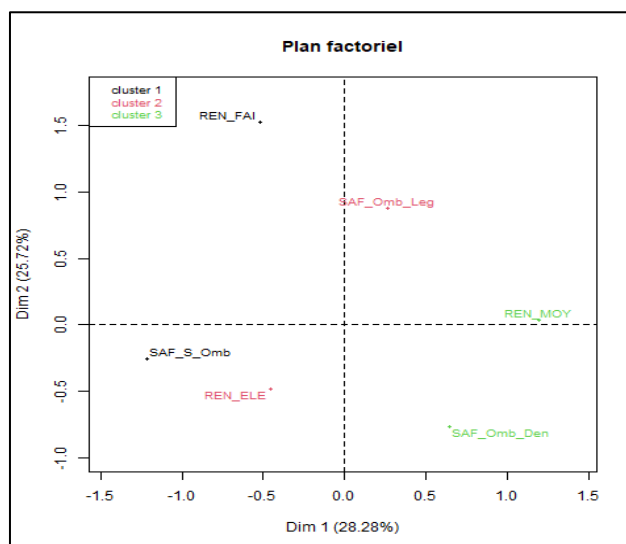


Fig. 6. Regroupement graphique des systèmes de culture et le rendement des cacaoyères à partir du plan factoriel de l'AFC

REN_FAI=Rendement faible, REN_MOY=Rendement moyen, REN_ELE=Rendement élevé.

SAF_S_Omb=SAF sans ombrage, SAF_Omb_Leg= SAF à ombrage léger, SAF_Omb_Den= SAF à ombrage dense.

3.6 NIVEAU D'OMBRAGE FAVORABLE AU RENDEMENT

L'analyse de l'évolution du rendement potentiel en fonction de l'ombrage des parcelles effectuée à partir d'une courbe de moyenne mobile indique que le meilleur rendement potentiel moyen est obtenu à 20 p.c. d'ombrage (Figure 7).

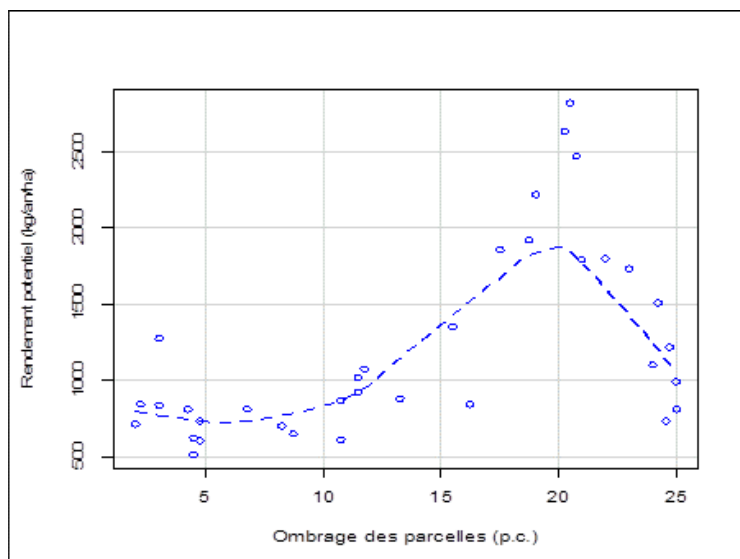


Fig. 7. Courbe de l'évolution de l'ombrage des parcelles en fonction du rendement potentiel dans les SAF à cacaoyers

4 DISCUSSION

4.1 DIVERSITÉ FLORISTIQUE ET STRUCTURALE DES SAF À CACAoyERS

Les travaux réalisés dans la localité de Doboua ont montré que les SAF à cacaoyers sont riches de 47 espèces réparties entre 41 genres et 21 familles. La liste floristique a révélé des espèces telles que *Ceiba pentandra*, *Ficus exasperata*, *Myrianthus libericus*, *Ricinodendron heudelotii*, *Morus mesozygia*, *Terminalia superba* qui sont citées par la référence [51] comme caractéristiques d'une forêt en reconstitution. Leur présence dans ces SAF à cacaoyers informe de l'installation de ces SAF suite

à des coupes dans les forêts [9], [31], [32]. La richesse spécifique obtenue dans cette localité se rapproche de celle trouvée par les références [23], [52], [53] respectivement dans les cacaoyères de Doboua, de Bantikro et de Zepreguhé dans le Département de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) qui était de 59, 58 et 55 espèces. Elle est par contre largement supérieure à celles obtenues par la référence [54] dans de la région de M'Brimbo (14 à 26 espèces), au Centre-Sud de la Côte d'Ivoire.

Les familles les plus dominantes dans les SAF à cacaoyers de Doboua sont: les Malvaceae, les Euphorbiaceae (11 p.c.), les Fabaceae, les Anacardiaceae, les Moraceae, les Apocynaceae et les Rutaceae. Ce cortège de famille a été aussi cité dominant dans les agrosystèmes cacaoyers de Daloa au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire par la référence [23]. Les Moraceae et les Euphorbiaceae ont été cités dominantes par la référence [34] et les Fabaceae, les Rutaceae, les Anacardiaceae et les Bombacaceae ont quant à elles été cités dominantes dans des SAF à cacaoyers de Zepreguhé par la référence [53]. La dominance de ces familles pourrait s'expliquer par la localisation de notre région d'étude, qui est en zone de forêt semi-décidue, domaine de prédilection de ces familles [55]. En effet, ces familles ont été signalées comme caractéristique de la zone forestière du continent africain et des forêts ivoiriennes [56]. Concernant les types biologiques, les microphanérophytes étaient les plus dominants. 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 agrosystèmes cacaoyers comme rapporté dans le département d'Oumé et la région de la réserve de Lamto [36], [57].

4.2 PRATIQUES AGRICOLES PAYSANNES RENCONTRÉES DANS LA LOCALITÉ DE DOBOUA

Les producteurs de la localité de Doboua conservent et introduisent des arbres d'ombrage dans les cacaoyères à des proportions différentes. Dans cette localité, 38 p.c. des parcelles sont sans ombrage et 27 p.c. sont sous un ombrage faible (moins de 25 p.c. d'ombrage). Plusieurs études menées sur l'ombrage en Côte d'Ivoire ont présenté des résultats similaires. La référence [58] estimait déjà à cette époque que 66 p.c. des plantations cacaoyères étaient sans ombrage sur l'ensemble du territoire. Une autre étude menée récemment dans le Centre-Sud de la Côte d'Ivoire par la référence [54] a montré que plus de 70 p.c. des parcelles étudiées sont en plein soleil ou sous un léger ombrage. Ces systèmes se sont développés à la faveur de la mise au point des variétés à haut rendement et résistantes aux maladies fournissant ainsi un meilleur rendement [59], [60]. Ce faible taux d'ombrage dans les SAF à cacaoyers ivoiriens serait dû au fait que la plupart de ces systèmes ont été établies sans ombrage, et les cacaoyers sont donc pour la plupart exposés directement aux rayons solaires, après abattis et brûlis complets des forêts primaires et des défriches forestières [1]. Malgré la mise en place de programme de distribution des arbres aux producteurs, des efforts de préservation et de réintroduction des arbres dans les plantations par ces derniers [9], [31], la culture du cacao sans ombrage ou sous ombrage léger reste dominante dans les agrosystèmes cacaoyers en Côte d'Ivoire.

Dans la localité de Doboua, les producteurs associent des espèces ligneuses de dimensions variables aux cacaoyers. Cette situation a permis de distinguer, à travers une Analyse Factorielle Multiple basée sur l'organisation structurale et l'ombrage fourni, 3 types de SAF dans la zone d'étude. Il existe des SAF sans ombrage qui sont caractérisés par la présence de nombreux arbustes fruitiers, plus petits que le cacaoyer. Cette tendance est commune à d'autres régions d'Afrique occidentale et centrale où beaucoup de producteurs favorisent le développement d'espèces alimentaire [61], [62], [63]. Des SAF à ombrage léger caractérisés par la dominance d'espèces spontanées qui sont des arbres de dimensions moyennes et qui recouvrent plus ou moins la strate cacaoyère sont obtenus par l'association recommandée avec des espèces ligneuses, surtout des légumineuses telles que *Gliricidia sepium*, *Albizia adianthifolia* et *Albizia zygia*. Le troisième type concerne des SAF à ombrage dense, caractérisés par la présence d'espèces forestières de grandes dimensions préservées lors du défrichement de la parcelle pour la prise en compte de l'ombrage et la protection des jeunes cacaoyers contre le rayonnement solaire.

4.3 PRODUCTION DURABLE DES SAF À CACAoyERS

Malgré son premier rang mondial de producteur de cacao, le rendement moyen en cacao marchand de la Côte d'Ivoire est faible [64]. Ce rendement est à la baisse depuis l'année 2000 [65]. En 2018, le rendement moyen en Côte d'Ivoire était de 489 kg/ha/an [65]. Cependant, les études menées en milieu paysan dans la localité de Doboua ont permis d'obtenir un rendement potentiel moyen en cacao de 988,07 kg/ha/an. Ce rendement est largement supérieur au rendement moyen en Côte d'Ivoire. Ce résultat montre que le rendement des cacaoyers pourrait être améliorée avec l'application des bonnes pratiques agricoles et une bonne gestion des maladies et ravageurs dans les agrosystèmes.

Concernant le rendement des cacaoyères, Les SAF à ombrage léger ont présenté les rendements potentiels les plus élevés avec plus 1000 kg/ha/an. Ils sont suivis des SAF à ombrage dense avec des rendements potentiels situés entre 500 et 1000 kg/ha/an. Les plus faibles rendements sont observés dans les SAF sans ombrage avec des rendements potentiels inférieurs à 500 kg/ha/an. Ces résultats diffèrent de ceux de la référence [54] à M'Brimbo au Centre-Sud de la Côte d'Ivoire qui avaient

montré que les plus hauts rendements étaient obtenus dans les parcelles sans ombrage. Les faibles rendements obtenus dans les SAF sans ombrage dans notre étude pourraient être en partie dû à l'âge des cacaoyères. En effet, les cacaoyères étudiées dans cette étude ont une moyenne d'âge de 19 ans. Tandis que les cacaoyères de M'Brimbo avaient un âge compris entre 5 et 10 ans. Cette tranche d'âge correspond au stade physiologique pendant lequel les rendements des cacaoyères sans ombrage sont satisfaisants [66]. Toutefois, selon les références [66], [67], ce niveau de rendement reste éphémère, et pourrait être en baisse après environ 15 ans. Les rendements potentiels obtenus dans les SAF à ombrage montrent qu'il est possible de cultiver le cacaoyer dans des SAF à ombrage tout en obtenant des niveaux de rendements supérieurs à ceux des SAF sans ombrage. Cependant, il est important de très bien gérer l'ombrage dans les SAF à cacaoyers. Ainsi, dans le but de mettre à la disposition des producteurs des résultats plus précis, une courbe de l'évolution du rendement potentiel en fonction de l'ombrage des arbres a été effectuée. Les résultats montrent que les plus hauts rendements potentiels sont obtenus lorsque l'ombrage des arbres est de 20 p.c. Nos résultats diffèrent de ceux de la référence [68] qui a observé un meilleur rendement en cacao avec un niveau d'ombrage de 30 p.c. Aussi, la référence [69] a démontré au Ghana qu'un niveau d'ombrage de l'ordre de 30 p.c. n'affecte pas les rendements en comparaison avec les monocultures. Dans le contexte actuel de baisse de la pluviométrie et d'intensification accrue des sécheresses en Côte d'Ivoire (Dufumier, 2016), les SAF à ombrage léger avec un ombrage de 20 p.c. caractérisé par la dominance de légumineuses serait donc les plus performants en termes de rendement.

5 CONCLUSION

Les études menées dans la localité de Doboua montrent que les SAF à cacaoyers ont une flore riche et semblable à ceux de l'Afrique de l'ouest avec des espèces fruitières, spontanées et forestières. Malgré l'élimination de plusieurs espèces natives lors de l'installation des cacaoyères, on note la présence d'espèces forestières de grandes dimensions telles que *Ricinodendron heudelotii*, *Terminalia superba*, *Ceiba pentandra*, etc... Il existe une stratégie paysanne d'organisation structurale des SAF avec trois niveaux, motivée par la gestion de l'ombrage, qui répartie les espèces en fonction de leur dimension. La gestion paysanne de l'ombrage permet de définir trois types de SAF qui sont les SAF sans ombrage avec la présence de nombreux arbustes fruitiers, les SAF à ombrage léger qui renferment des plantes spontanées et les SAF à ombrage dense dominés par les espèces forestières de grandes dimensions. Les SAF à ombrage léger ont présenté les rendements les plus élevés avec un rendement potentiel de plus de 1000 kg/ha/an. Pour garantir un bon rendement en cacao dans les SAF du département de Daloa, il serait recommandé de mettre en place des SAF à ombrage léger dont l'ombrage est de 20 p.c.

Nos résultats apportent un éclairage nouveau sur la gestion des SAF à cacaoyers en Côte d'Ivoire dont les effets sur le rendement étaient jusqu'à présent peu étudié. Cette étude montre que les SAF sans ombrage ont atteint leurs limites et ne peuvent plus être reproduit dans le contexte actuel.

REFERENCES

- [1] Dufumier M. (2016). L'adaptation de la cacaoculture ivoirienne au dérèglement climatique: L'agroécologie pourrait-elle être une solution ? Plate-Forme pour le Commerce Equitable, 16 p.
- [2] ICCO. (2017). Annual report 2014/2015. International Cocoa Organization, 76 p.
- [3] ICCO. (2020). Rapport annuel 2019/2020. International Cocoa Organization (ICCO), Londres WC1A (Royaume Uni), 5 p.
- [4] ICCO. (2015). What are the effects of intensive commercial production of cocoa on the environnement? Westgate House W5 1YY, United Kingdom. Rapport Annuel ICCO, 25p.
- [5] BAD (2020). Le rapport dénommé Diagnostic-pays sur le financement à long terme (LTF) pour la Côte d'Ivoire, 56 p.
- [6] 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.
- [7] Aké-Assi L. & Boni D. (1988). Développement agricole et protection de la forêt. Quel avenir pour la forêt ? *Mitteilungen aus dem Institut für Allgemeine Botanik*, 23 (a): 169-176.
- [8] 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.
- [9] Koulibaly A.V., (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 de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 137 p.
- [10] Koulibaly A., Kouamé N.F., Traoré D. & Porembski S. (2010). 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.

- [11] Konaté Z., Assiri A.A., Messoum F.G., Sekou A., Camara M. & Yao-kouame A. (2015). Antécédents culturels et identification de quelques pratiques paysannes en replantation cacaoyère en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 27 (3): 301-314.
- [12] Aguilar P., Paulin D., N'kamleu G., Raillard A., Deheuvels O., Pétithuguenin P. & Gockowski J. (2003). L'évolution des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire entre 1995 et 2002. In: COPAL. Actes de la 14^{ème} conférence internationale sur la recherche cacaoyère. Accra, Ghana: 1167-1175.
- [13] Konaté Z. (2008). Etude comparative des pratiques paysannes de plantation ou de replantation cacaoyère en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA. UFR STRM, Université de Cocody- Abidjan (Côte d'Ivoire), 91 p.
- [14] 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.
- [15] N'guessan K. F. & Coulibaly N. (2000). Dynamique des populations de mirides et de quelques autres déprédateurs du cacaoyer dans la région Ouest de la Côte d'Ivoire. In: COPAL. Actes de la 13^{ème} conférence internationale sur la recherche cacaoyère. Kota Kinabalu, Malaisie: 425-436.
- [16] Kébé B.I., Kouakou K., N'Guessan N.F., Assiri A.A., Adiko A., Aké S. & Anno A.P. (2006). Le swollen shoot en Côte d'Ivoire: situation actuelle et perspectives. In: 15^{ème} conférence internationale sur la recherche cacaoyère, San José, Costa Rica: 907-922.
- [17] Koffié K., Kebe B.I., Kouassi N., Anno A.P., Ake S. & Muller E. (2011). Impact de la maladie virale du swollen shoot du cacaoyer sur la production de cacao en milieu paysan à bazré (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 43: 2947-2957.
- [18] Koko L. K., Kassin K. E., Yoro G., N'goran K., Assiri A. A., Yao-Kouamé A. (2009). Corrélations entre le vieillissement précoce des cacaoyers et les caractéristiques morphopédologiques dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 24: 1508-1519.
- [19] Rice R.A. & Greenberg R. (2000). Cocoa Cultivation and the Conservation of Biological Diversity. *AMBIO: Journal of the Human Environment*, 29: 167-173.
- [20] Leakey R., Tchoundjeu Z., Schreckenberg K., Shackleton S.E. & Shackleton C.M. (2005). Agroforestry Tree Products: Targeting Poverty Reduction and Enhanced Livelihoods. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 3 (1): 1-23.
- [21] Sonwa D.J., Bernard A., Nkongmeneck A., Weise F., Tchatat M., Akin A.A. & Janssens M.J.J. (2007). Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 16: 2385-2400.
- [22] 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.
- [23] 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 (IJRSAS)*, 6 (12): 1-11. <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0612001>.
- [24] Bene J.G., Beall H.W. & Côté A. (1977). Trees, Food and People: Land Management in the Tropics. Ottawa, Canada, IDRC-084e, 52 p.
- [25] Nair P.K.R. (1993). An introduction to agroforestry. Published by Kluwer Academic Publishers, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, 489 p.
- [26] Leakey R. (1996). « Definition of agroforestry revisited ». *Agroforestry Systems*, 8: 5-7.
- [27] Torquebiau E. (2007). L'Agroforesterie. Des arbres et des champs. Eds. L'Harmattan.
- [28] Atangana A., Khasa D., Chang S. & Degrande A. (2014). Tropical Agroforestry. Springer Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7723-1>.
- [29] ICF (Initiative Cacao-Forêt). (2020). Bilan partiel de la phase pilote de l'initiative cacao et forêts janvier 2018 – décembre 2019. Côte d'Ivoire, 46 p.
- [30] Sanial E., Fountain A.C., Hoefsloot H. & Jezeer R. (2020): L'agroforesterie dans le secteur du cacao, un besoin d'approches de paysage collaboratives ambitieuses. Document de consultation pour le Baromètre du Cacao 2020. Rapport, 12 p.
- [31] Tano A.M. (2012). Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji au Sud- Ouest ivoirien. Doctorat de l'Université Toulouse 2 Le Mirail, 261 p.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 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.

- [35] Koulibaly A., Kouamé D., Grogan 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.
- [36] 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.
- [37] Kpangui K.B., Vroh B.T.A., Goné B.Z.B. & Adou Yao C.Y. (2015). 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.
- [38] Koulibaly A., Monian M., Ackah J.A.A.B., Koné M.W. & Traoré Karidia. (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.
- [39] Kouadio K.K.H., Doudou D.T., Tschannen A., Dao D. et Girardin O. (2011). Techniques agroforestières à base de *Gliricidia sepium* à l'Est de la Côte d'Ivoire: impacts et perspectives. *Journal of Animal & Plant Sciences* 11, 1374-1379.
- [40] N'guessan A.H., N'Guessan K.F., Kouassi K.P., Kouame 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*, 83: 7606-7614.
- [41] Eldin M. (1971). Le climat. In: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM*, 50, Paris France: 73-108.
- [42] Declert C. (1990). Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale: cultures de Côte d'Ivoire. Rapport final, 333 p.
- [43] Anonyme (2020). Source des données de SODEXAM (Société d'exploitation de développement aéroportuaire aéronautique météo). Station de Daloa.
- [44] Koffié-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.
- [45] Perraud A. (1971). Les sols. In: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mémoires ORSTOM* 50: 69-390.
- [46] 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.
- [47] Bos M.M., Steffan-Dewenter I. & Tscharntke T. (2006). Shade tree management affects fruit abortion, insects pests and pathogens of cacao. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120: 201-205.
- [48] Jagoret P., Michel-Dounias I. & Malézieux E. (2011). Long term dynamics of cocoa agroforests: a case study in central Cameroun. *Agroforestry Systems*, 81: 267-278.
- [49] Jean-Michel N.W. (2006). Méthodes d'étude de la végétation. Méthode du relevé floristique: Introduction (première partie), 23 p.
- [50] Lachenaud P. (1984). Une méthode d'évaluation de la production de fèves fraîches applicable aux essais entièrement randomisés. *Café Cacao Thé*, 1 (2): 21-30.
- [51] Guillaumet J.L. & Adjanohoun E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. *Mémoires ORSTOM* 50: 161-263.
- [52] Dramane K.B., Koulibaly A.V. & Boko B.B. (2021). Déterminants du niveau d'ombrage des Systèmes Agroforestiers cacaoyers traditionnels de la région de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 33 (1): 51-60.
- [53] Dramane K.B., Koulibaly A.V. & Boko B.B. (2022). Impact of Cropping Systems on the Yield of Cocoa Trees in the Daloa Department. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 11 (3): 996-1004.
- [54] 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.
- [55] Aké-Assi L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue systématique, biogéographique et écologie. Conservatoire et jardin botanique Genève (Suisse), 401 p.
- [56] 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.
- [57] Koulibaly A., Kouamé D., Grogan 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.
- [58] Ruf F. & Zadi H. (1998). Cacao: from deforestation to reforestation. Conférence sur la production durable du cacao au Panama, 30 Mars au 21 Avril 1998, 8 p.
- [59] Gnahoua G.M., Ouallou K. & Balle P. (2012). Les légumineuses à croissance rapide comme plantes d'ombrage dans la replantation des cacaoyers en zone de forêt semi décidue de Côte d'Ivoire. *INAFORSTA symposium, Cocoa based Agroforestry: Sustainability and Environment*. Yaoundé, 21-22.

- [60] Ruf F. (2011). The Myth of Complex Cocoa Agroforests: The Case of Ghana. *Human Ecology*, 39 (3): 373-388. <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9392-0>.
- [61] Asare R. (2005). Cocoa Agroforests in West Africa: a look at activities on preferred trees in the farming systems. *Forest and Landscape*, 6: 89 p.
- [62] Koko L.K., Snoeck D., Lekadou T.T., Assiri A.A. (2013) Cacao-fruit tree intercropping effects on cocoa yield, plant vigour and light interception in Côte d'Ivoire. *Agroforestry systems*, 87 (5): 1-10.
- [63] Sonwa D.J., Weise S.F., Schroth G., Janssens M.J. & Shapiro H. (2014). Market and Livelihoods demand implications on plant diversity management inside cocoa agroforest in forest landscape of West and Central Africa. *Agroforestry Systems*, (special cocoa issue).
- [64] CCC (Conseil Café-Cacao). (2015). Manuel technique de cacaoculture durable; à l'attention du technicien, 166 p.
- [65] FAOSTAT. (2020). FAO Statistical Databases. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (13/08/20).
- [66] Koko L.K., Yoro R.G., N'Goran K. & Assa A. (2008). Evaluation de la fertilité des sols sous cacaoyers dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (1): 81-95.
- [67] Jagoret P., Deheuvels O. & Bastide P. (2014). Production durable de cacao; S'inspirer de l'agroforesterie. La Recherche Agronomique pour le Développement, *perspective*, 27: 4 p.
- [68] Asare R., Markussen B., Asare A.R. & Anim-Kwapong G. (2018). On-farm cocoa yields increase with canopy cover of shade trees in two agroecological zones in Ghana. *Climate and Development*, 11 (5): 435-445.
- [69] Blaser W.J., J. Oppong S.P. Hart J. Landolt E. Yeboah & J. Six. (2018). Climate-smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests. *Nature Sustainability*, 1 (5): 234-239. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0062-8>.