



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 : 2024-2025  
N°D'ORDRE : 146

CANDIDAT  
Nom : KONAN  
Prénom : GISLAIN DANMO

## THESE

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

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

**Evaluation des performances des  
systèmes agroforestiers à base de  
cacaoyers pour une durabilité de la  
cacaoculture en Côte d'Ivoire**

## JURY

Président : Madame TRAORE Karidia Epouse OUATTARA, Professeur  
Titulaire, Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : Monsieur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Professeur Titulaire,  
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : Monsieur VROH Bi Tra Aimé, Maître de Conférences,  
Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY

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

Examineur : Monsieur KASSI N'Dja Justin, Professeur Titulaire,  
Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY

Soutenue publiquement  
le 12/07/2025



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 : 2024-2025  
N°D'ORDRE : 146

CANDIDAT  
Nom : KONAN  
Prénom : GISLAIN DANMO

## THESE

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

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

**Evaluation des performances des  
systèmes agroforestiers à base de  
cacaoyers pour une durabilité de la  
cacaoculture en Côte d'Ivoire**

## JURY

Président : Madame TRAORE Karidia Épouse OUATTARA, Professeur  
Titulaire, Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : Monsieur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Professeur Titulaire,  
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : Monsieur VROH Bi Tra Aimé, Maître de Conférences,  
Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY

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

Examineur : Monsieur KASSI N'Dja Justin, Professeur Titulaire,  
Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY

Soutenue publiquement  
le 12/07/2025

## TABLE DES MATIERES

|                                                                            | Page |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLE DES MATIERES .....                                                   | I    |
| DEDICACES .....                                                            | VII  |
| AVANT-PROPOS .....                                                         | VIII |
| REMERCIEMENTS .....                                                        | IX   |
| LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS .....                                     | XI   |
| LISTE DES TABLEAUX.....                                                    | XIII |
| LISTE DES FIGURES.....                                                     | XV   |
| LISTE DES ANNEXES.....                                                     | XVII |
| INTRODUCTION.....                                                          | 1    |
| PARTIE I : GENERALITES .....                                               | 5    |
| Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude .....                         | 6    |
| 1.1. Site de Bonon.....                                                    | 7    |
| 1.1.1. Situation géographique.....                                         | 7    |
| 1.1.2. Climat .....                                                        | 8    |
| 1.1.3. Végétation et flore.....                                            | 9    |
| 1.1.4. Sol, relief et hydrographie.....                                    | 9    |
| 1.1.5. Population et activités économiques.....                            | 10   |
| 1.2. Site de Soubré.....                                                   | 10   |
| 1.2.1. Situation géographique.....                                         | 10   |
| 1.2.2. Climat .....                                                        | 11   |
| 1.2.3. Végétation et flore.....                                            | 12   |
| 1.2.4. Sol, relief et hydrographie.....                                    | 13   |
| 1.2.5. Populations et activités économiques .....                          | 13   |
| 1.3. Site de Biankouma .....                                               | 13   |
| 1.3.1. Situation géographique.....                                         | 13   |
| 1.3.2. Climat .....                                                        | 14   |
| 1.3.3. Relief, sol et hydrographie .....                                   | 15   |
| 1.3.4. Végétation et flore.....                                            | 16   |
| 1.3.5. Populations et activités économiques .....                          | 16   |
| Chapitre 2 : Agroforesterie et durabilité des systèmes agroforestiers..... | 17   |
| 2.1. Agroforesterie .....                                                  | 17   |

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.1. Origine du concept et définition .....                                  | 17        |
| 2.1.2. Classification des systèmes agroforestiers .....                        | 18        |
| 2.1.3. Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers .....                       | 20        |
| 2.1.3.1. Importance des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers .....      | 20        |
| 2.1.3.2. Classification des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....   | 21        |
| 2.2. Durabilité des systèmes agroforestiers.....                               | 22        |
| 2.2.1. Notion de développement durable et de durabilité.....                   | 22        |
| 2.2.2. Agriculture durable.....                                                | 24        |
| 2.2.3. Méthodes et outils d'évaluation multicritère .....                      | 25        |
| 2.2.3.1. Principes et objectifs de l'évaluation multicritère .....             | 25        |
| 2.2.3.2. Etat de l'art des méthodes d'évaluation multicritère .....            | 25        |
| 2.2.3.2.1. Modèle IDEA.....                                                    | 25        |
| 2.2.3.2.2. Modèles INDIGO et EDEN .....                                        | 26        |
| 2.2.3.2.3. Modèle ELECTRE.....                                                 | 26        |
| 2.2.3.2.4. Modèle MASC.....                                                    | 27        |
| <b>PARTIE II : MATERIEL ET METHODES .....</b>                                  | <b>28</b> |
| <b>Chapitre 3 : Matériel .....</b>                                             | <b>29</b> |
| 3.1 Matériel biologique .....                                                  | 29        |
| 3.2 Matériel technique.....                                                    | 29        |
| <b>Chapitre 4 : Méthodes .....</b>                                             | <b>30</b> |
| 4.1. Choix des sites d'études .....                                            | 30        |
| 4.2. Choix des enquêtés.....                                                   | 30        |
| 4.3. Inventaire floristique et mesure dendrométrique dans les cacaoyères ..... | 31        |
| 4.3.1. Inventaire floristique.....                                             | 31        |
| 4.3.1.1. Méthode de relevé de surface .....                                    | 31        |
| 4.3.1.2. Méthode de relevé itinérant .....                                     | 31        |
| 4.3.2. Mesures dendrométriques des ligneux.....                                | 32        |
| 4.3.3. Traitement des données floristiques .....                               | 32        |
| 4.3.3.1. Richesse floristique.....                                             | 32        |
| 4.3.3.2. Composition floristique.....                                          | 32        |
| 4.3.3.3. Espèces à statut particulier .....                                    | 33        |
| 4.3.3.4. Diversité floristique .....                                           | 33        |
| 4.3.3.4.1. Indice de Shannon.....                                              | 33        |
| 4.3.3.4.2. Indice d'équitabilité de Piélou.....                                | 34        |

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.3.4.3. Indice de Simpson.....                                                             | 34 |
| 4.3.3.5. Détermination de la prépondérance des arbres .....                                   | 34 |
| 4.3.3.6. Structure des plantations .....                                                      | 35 |
| 4.3.3.6.1. Densité des ligneux .....                                                          | 35 |
| 4.3.3.6.2. Aire basale.....                                                                   | 35 |
| 4.3.3.6.3. Distribution par classes de hauteur .....                                          | 36 |
| 4.3.3.7. Estimation du taux de carbone séquestré .....                                        | 36 |
| 4.3.3.7.1. Détermination de la biomasse végétale des espèces.....                             | 36 |
| 4.3.3.7.1.1. Détermination de la biomasse aérienne .....                                      | 37 |
| 4.3.3.7.1.2. Détermination de la biomasse souterraine.....                                    | 37 |
| 4.3.3.7.1.3. Détermination de la biomasse totale et du taux de carbone séquestré .....        | 37 |
| 4.4. Détermination des caractéristiques socioéconomiques des producteurs .....                | 38 |
| 4.4.1. Collecte des données d'enquête .....                                                   | 38 |
| 4.4.1.1. Elaboration du questionnaire .....                                                   | 38 |
| 4.4.1.2. Enquête auprès des producteurs .....                                                 | 38 |
| 4.4.2. Evaluation de la productivité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers .....    | 39 |
| 4.4.2.1. Dispositif de collecte des données .....                                             | 39 |
| 4.4.2.2. Collecte de données sur les cacaoyers .....                                          | 39 |
| 4.4.3. Analyse et de traitement des données socioéconomiques .....                            | 40 |
| 4.4.3.1. Traitement des données d'enquête.....                                                | 40 |
| 4.4.3.2. Analyse de la rentabilité des différents systèmes agroforestiers .....               | 40 |
| 4.4.3.2.1. Production en cacao marchand .....                                                 | 41 |
| 4.4.3.2.2. Coût de production .....                                                           | 41 |
| 4.4.3.2.3. Revenu et bénéfice annuel des producteurs .....                                    | 41 |
| 4.5. Evaluation de la durabilité des systèmes agroforestiers.....                             | 42 |
| 4.5.1. Présentation et fonctionnement du modèle DEXiCacao.....                                | 42 |
| 4.5.2. Construction du modèle DEXiCacao.....                                                  | 43 |
| 4.5.2.1. Identification et hiérarchisation des indicateurs spécifiques à la cacaoculture..... | 43 |
| 4.5.2.1.1. Identification des critères.....                                                   | 43 |
| 4.5.2.1.2. Hiérarchisation des critères .....                                                 | 44 |
| 4.5.2.2. Choix des états qualitatifs pour les critères .....                                  | 45 |
| 4.5.2.3. Définitions des règles d'agrégation et des pondérations.....                         | 45 |
| 4.5.3. Collecte des données relatives à l'évaluation de la durabilité.....                    | 46 |
| 4.5.4. Traitement des données de durabilité et renseignement du modèle.....                   | 46 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.6. Analyses statistiques des données .....                                                 | 48 |
| 4.6.1. Analyses univariées.....                                                              | 48 |
| 4.6.2. Analyses multivariées.....                                                            | 48 |
| 4.6.2.1. Analyse factorielle multiple.....                                                   | 49 |
| 4.6.2.2. Classification ascendante hiérarchique.....                                         | 49 |
| PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....                                                    | 29 |
| Chapitre 5 : Résultats .....                                                                 | 51 |
| 5.1. Typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....                          | 51 |
| 5.1.1. Diversité de la flore des cacaoyères.....                                             | 51 |
| 5.1.1.1. Diversité qualitative de la flore.....                                              | 51 |
| 5.1.1.1.1. Richesse floristique.....                                                         | 51 |
| 5.1.1.1.2. Composition floristique.....                                                      | 52 |
| 5.1.1.1.3. Espèces à statut particulier .....                                                | 53 |
| 5.1.1.2. Diversité quantitative de la flore des cacaoyères.....                              | 54 |
| 5.1.2. Détermination des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....                    | 55 |
| 5.1.2.1. Relation entre les variables .....                                                  | 55 |
| 5.1.2.2. Description des variables discriminantes des systèmes agroforestiers.....           | 57 |
| 5.1.2.3. Description des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers .....                   | 58 |
| 5.2. Caractéristiques socioéconomiques des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers ..... | 60 |
| 5.2.1. Caractéristiques des producteurs .....                                                | 60 |
| 5.2.1.1. Origine des producteurs .....                                                       | 60 |
| 5.2.1.2. Age des cacaoculteurs .....                                                         | 61 |
| 5.2.1.3. Niveau d’instruction des producteurs .....                                          | 62 |
| 5.2.1.4. Genre des producteurs .....                                                         | 63 |
| 5.2.1.5. Mode d’acquisition des terres.....                                                  | 64 |
| 5.2.1.6. Nombre d’années d’expérience et encadrement des producteurs.....                    | 65 |
| 5.2.2. Caractéristiques des plantations.....                                                 | 67 |
| 5.2.2.1. Age des plantations.....                                                            | 67 |
| 5.2.2.2. Précédent culturel .....                                                            | 68 |
| 5.2.2.3. Contraintes parasitaires des cacaoyers.....                                         | 69 |
| 5.2.2.4. Superficie des plantations .....                                                    | 71 |
| 5.2.2.5. Entretien des cacaoyères .....                                                      | 73 |
| 5.2.2.6. Rendement et valeur économique des systèmes agroforestiers .....                    | 75 |
| 5.2.2.6.1. Rendement et valeur économique des cacaoyers .....                                | 75 |

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.2.6.2. Valeur économique des cultures associées aux cacaoyers.....                                                     | 77  |
| 5.2.2.6.3. Compte d'exploitation des différents systèmes agroforestiers .....                                              | 79  |
| 5.2.2.6.4. Lien entre l'âge et le rendement des plantations.....                                                           | 80  |
| 5.3. Caractéristiques écologiques des systèmes agroforestiers.....                                                         | 82  |
| 5.3.1. Diversité qualitative de la flore des différents systèmes agroforestiers .....                                      | 82  |
| 5.3.1.1. Richesse floristique.....                                                                                         | 82  |
| 5.3.1.2. Composition floristique.....                                                                                      | 83  |
| 5.3.1.3. Espèces à statut particulier.....                                                                                 | 85  |
| 5.3.2. Diversité quantitative de la flore des différents systèmes agroforestiers.....                                      | 86  |
| 5.3.2.1. Indices de diversité spécifique.....                                                                              | 86  |
| 5.3.2.2. Indice de valeur d'importance des espèces arborescentes dans les différents<br>systèmes agroforestiers .....      | 87  |
| 5.3.2.2. Distribution des individus d'espèces recensés par strate .....                                                    | 89  |
| 5.3.3. Biomasse et taux de carbone séquestré par les cacaoyères.....                                                       | 89  |
| 5.4. Durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....                                                       | 91  |
| 5.4.1. Durabilité économique des systèmes agroforestiers .....                                                             | 91  |
| 5.4.2. Durabilité environnementale des systèmes agroforestiers.....                                                        | 92  |
| 5.4.3. Durabilité sociale des systèmes agroforestiers.....                                                                 | 93  |
| 5.4.4. Durabilité globale des systèmes agroforestiers .....                                                                | 94  |
| Chapitre 6 : Discussion .....                                                                                              | 96  |
| 6.1. Caractéristiques des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers .....                                                | 96  |
| 6.2. Caractéristiques sociodémographiques et agroéconomiques dans les systèmes<br>agroforestiers à base de cacaoyers ..... | 97  |
| 6.2.1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs dans les systèmes agroforestiers .....                         | 97  |
| 6.2.2. Caractéristiques agroéconomiques des systèmes agroforestiers .....                                                  | 98  |
| 6.3. Importance écologique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers .....                                           | 101 |
| 6.3.1. Diversité floristique des espèces associées aux cacaoyers dans les différents<br>systèmes agroforestiers .....      | 101 |
| 6.3.2. Taux de carbone séquestré par les différents systèmes agroforestiers .....                                          | 103 |
| 6.4. Durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....                                                       | 104 |
| 6.4.1. Atouts et limites du modèle DEXiCacao .....                                                                         | 104 |
| 6.4.1.1. Atouts du modèles DEXiCacao .....                                                                                 | 104 |
| 6.4.1.2. Limites du modèle DEXiCacao .....                                                                                 | 105 |
| 6.4.2. Performance des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....                                                    | 106 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| CONCLUSION .....  | 109 |
| REFERENCES .....  | 113 |
| ANNEXES .....     | 133 |
| PUBLICATION ..... | 169 |
| RESUME            |     |

## **DEDICACES**

*A mon défunt père KONAN Koffi Célestin parti trop tôt sans assister à l'aboutissement de toutes ces années de sacrifice*

*A ma mère DJE Brou Thérèse pour le soutien et tous les efforts consentis à mon égard*

## **AVANT-PROPOS**

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet intitulé « Cocoa4future », cofinancé par l'Union Européenne (UE) à travers l'Initiative DeSIRA (Development Smart Innovation through Research in Agriculture) au titre de la convention de subvention n° FOOD/2019/412-132 et par l'Agence Française de Développement (AFD). Le projet « Cocoa4future » fédère de multiples compétences pour répondre aux enjeux de développement de la cacaoculture ouest-africaine. Il rassemble de nombreux partenaires qui ont pour ambition commune d'œuvrer pour remettre l'Humain et l'Environnement au cœur de la cacaoculture de demain. Parmi ces partenaires, figurent le Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), l'Université Jean LOROUGNON GUEDE (UJLoG), l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (UFHB), l'Université NANGUI ABROGOUA (UNA), l'Université du Ghana, l'Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA), Nitidæ et l'Association Pisciculture et Développement Rural en Afrique (APDRA).

## REMERCIEMENTS

Ce présent travail résulte de la collaboration entre différentes personnes physiques et morales auxquelles nous tenons à témoigner notre reconnaissance.

Nous sommes reconnaissants à l'Union Européenne (UE) et l'Agence Française de Développement (AFD) pour l'appui financier qui a permis la réalisation de cette étude.

Nous remercions l'équipe dirigeante de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE avec à sa tête la Présidente, Professeur ADOHI Krou Viviane, pour avoir autorisé notre inscription en thèse. A sa suite, nos reconnaissances vont à l'endroit de Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) Environnement, pour avoir favorisé le bon déroulement des travaux au sein de son UFR.

Nous disons merci au Professeur KOFFI Béné Jean-Claude, Responsable du Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale (BioEcoTrop), pour tous les efforts consentis pour le bon fonctionnement de ce Laboratoire auquel nous appartenons.

Nous adressons nos sincères remerciements au Professeur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Coordinateur du Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement (GRIEPE) et Directeur scientifique de cette thèse. Ses conseils, ses critiques ainsi que sa rigueur scientifique ont été indispensables à l'aboutissement de ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude aux membres du comité de suivi de cette thèse, en particulier au Professeur AKAFFOU Doffou Sélastique, Président du comité de suivi, pour ses critiques constructives et son regard scientifique sur ce travail.

Nous remercions tout particulièrement Docteur KAREN Lammoglia, Chercheur au Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), pour sa disponibilité et sa précieuse contribution au traitement des données de cette thèse. Nous lui resterons profondément reconnaissants.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude aux rapporteurs de cette thèse, les Docteurs VROH Bi Tra Aimé, TOURE Awa et AKEDRIN Tetchi Nicaise, Maîtres de Conférences, pour leur précieuse contribution à l'amélioration de ce travail.

Je remercie tout particulièrement le Professeur TRAORE Karidia, Epouse OUATTARA, d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

J'adresse également mes sincères remerciements au Professeur KASSI N'Dja Justin et au Docteur KOUAME Djaha, Maître de conférences, examinateurs de cette thèse, pour leurs remarques et leurs suggestions qui ont permis d'améliorer la qualité de ce document.

Nous tenons également à exprimer toute notre gratitude aux Docteurs SANGNE Yao Charles, BAMBA Issouf et KPANGUI Kouassi Bruno, Maîtres de Conférences ; aux Docteurs KOFFI N'Guessan Achille, N'GOURAN Kobenan Pierre, KOUAKOU Kouassi Apollinaire, KOUAKOU Akoua Tamia Madeleine, Maîtres-Assistants ; au Docteur ZANH Golou Gisèle, Chargée de recherches ; aux Docteurs ASSALE Adjo Annie Yvette, KOUA Kadio Attey Noël, KOUMAN Kouamé Jean-Marc et TIMITE Nakouana, ainsi qu'à tous les membres du GRIEPE, pour leur regard scientifique qui a contribué à améliorer la qualité de cette thèse.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude aux Docteurs BAYALA Roger, Maître-Assistant, TOPKA Lisette Zeh, Chargée de recherche, ainsi qu'aux Docteurs ADJI Beda Innocent et PAGNY Franck Placide Junior, pour leurs précieux conseils et leurs critiques tout au long de la réalisation de ces travaux.

Nous remercions tous les étudiants du GRIEPE, notamment Mesdemoiselles HOUPHOUET Aya Diane Larissa et KOUADIO Kayeli Anaïs Laurence pour leur bonne collaboration et les encouragements dont nous avons bénéficié tout au long de ces travaux.

Nous remercions particulièrement Messsieurs KONATE N'Golo, KAMBIRE Beh, GONSSAN Dedo Pacôme, AKAFFOU Tangui Eric, GOLI Kouadio Elysée, ABOZAN Abozan Edouard, KONAN Ezechiel, KOUASSI Privard, TOUBOUI Jean Clément Dominic, ZEGBE Paulin, ainsi que Mesdemoiselles AGYAPONG Claire Deborat et SAHIRI Stéphanie Olive pour leur contribution à la collecte des données ayant servi à la réalisation de cette thèse.

Nous exprimons notre sincère gratitude envers tous les guides et résidents des divers villages que nous avons visités. Leur accueil chaleureux et leur hospitalité durant la période des travaux ont été très appréciés. Leur confiance en notre équipe et le temps qu'ils ont généreusement consacré a grandement contribué à la réussite de nos missions.

Nos remerciements vont à l'endroit de tous nos amis en particulier Monsieur KOUMAN Kouame Bouatini Angelo, Monsieur EDI Fredy De sales et Mademoiselle GOGBEU Marie-Laure pour le soutien et les encouragements tout au long de ce parcours.

Nous ne saurions conclure sans exprimer notre profonde gratitude à toutes nos sœurs ainsi qu'à toute la famille KONAN pour la confiance le soutien financier et moral dont nous avons bénéficiés. Leurs efforts ont été inestimables, et nous leur adressons, à travers ces lignes, nos sincères remerciements pour tout ce qu'ils ont accompli

## LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

|                 |   |                                                                                                                                                                   |
|-----------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AGB             | : | Above Ground Biomass ou Biomasse aérienne                                                                                                                         |
| AFM             | : | Analyse Factorielle Multiple                                                                                                                                      |
| ANADER          | : | Agence Nationale d'Appui au Développement Rural                                                                                                                   |
| BGB             | : | Below Ground Biomass ou Biomasse souterraine                                                                                                                      |
| CAH             | : | Classification Ascendante Hiérarchique                                                                                                                            |
| CIFOR           | : | Center for International Forestry Research ou Centre de Recherche Forestière Internationale.                                                                      |
| CIRAD           | : | Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement                                                                               |
| CNRA            | : | Centre National de Recherche Agronomique                                                                                                                          |
| CO <sub>2</sub> | : | Dioxyde de Carbone                                                                                                                                                |
| D               | : | Indice de diversité de Simpson                                                                                                                                    |
| DeR             | : | Densité Relative                                                                                                                                                  |
| DoR             | : | Dominance Relative                                                                                                                                                |
| E               | : | Indice d'équitabilité de Piélou                                                                                                                                   |
| EDEN            | : | Evaluation de la Durabilité des Exploitations                                                                                                                     |
| ELECTRE         | : | Elimination et Choix Traduisant la Réalité                                                                                                                        |
| EN              | : | Endangered species ou Espèces en danger                                                                                                                           |
| Epi             | : | Epiphyte                                                                                                                                                          |
| FAO             | : | Food & Agriculture Organisation ou Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture                                                            |
| FR              | : | Fréquence Relative                                                                                                                                                |
| G               | : | Geophyte                                                                                                                                                          |
| GC              | : | Taxon 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                                                                 |
| GCW             | : | Taxon endémique au bloc forestier à l'Ouest du Togo comprenant le Ghana, la Côte d'Ivoire, le Liberia, la Sierra Leone, la Guinée Bissau, la Gambie et le Sénégal |
| GIEC            | : | Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat                                                                                                    |
| GPS             | : | Global Positionning System ou Système de Positionnement Global                                                                                                    |

|        |   |                                                                                   |
|--------|---|-----------------------------------------------------------------------------------|
| GRIEPE | : | Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement |
| H      | : | Indice de diversité de Shannon                                                    |
| I      | : | Taxon introduit ou cultivé                                                        |
| ICCO   | : | International Cocoa Organization                                                  |
| ICRAF  | : | World Agroforestry Center                                                         |
| IDEA   | : | Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles                             |
| IVI    | : | Indice de Valeur d'Importance                                                     |
| INS    | : | Institut Nationale de Statistique                                                 |
| LR     | : | Low risk of extinction ou Risque faible de disparition                            |
| LmP    | : | Liane mésophanérophyte                                                            |
| Lmp    | : | Liane microphanérophyte                                                           |
| MASC   | : | Multi-attribute Assessment of the Sustainability of Cropping systems              |
| MP     | : | Mégaphanérophyte (taxon dont la hauteur est supérieure à 32 m)                    |
| mP     | : | Mésophanérophyte (taxon dont la hauteur est comprise entre 8 et 32 m)             |
| mp     | : | Microphanérophyte (taxon dont la hauteur est comprise entre 2 et 8 m)             |
| np     | : | Nanophanérophyte (taxon dont la hauteur est comprise entre 0,25 et 2 m)           |
| RGPH   | : | Recensement Général de la Population et de l'Habitat                              |
| SAF    | : | Systèmes Agroforestiers                                                           |
| SZ     | : | Taxon de la région Soudano-Zambézienne                                            |
| TB     | : | Total Biomass ou Biomasse totale                                                  |
| UFR    | : | Unité de Formation et de Recherche                                                |
| UICN   | : | Union Internationale pour la Conservation de la nature                            |
| UJLOG  | : | Université Jean LOROUGNON GUEDE                                                   |
| VU     | : | Vulnerable species ou espèces Vulnérables                                         |

## LISTE DES TABLEAUX

|                                                                                                                                     | Page |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tableau I : Présentation de quelques fonctions d'utilité du logiciel DEXi.....                                                      | 43   |
| Tableau II : Proportions des espèces les plus rencontrées dans les plantations .....                                                | 52   |
| Tableau III : Espèces à statut particulier recensées dans l'ensemble des cacaoyères .....                                           | 54   |
| Tableau IV : Indice de diversité et caractéristiques structurales des plantations cacaoyères .....                                  | 55   |
| Tableau V : Valeurs propres et contribution des groupes de variables descriptives des plantations..                                 | 56   |
| Tableau VI : Variables quantitatives caractéristiques des différents groupes de plantations .....                                   | 59   |
| Tableau VII : Variable qualitative caractéristique des différents groupes de plantations.....                                       | 60   |
| Tableau VIII : Répartition des producteurs selon leur origine dans les différents systèmes identifiés..                             | 61   |
| Tableau IX : Répartition des producteurs par système agroforestier selon les classes d'âges.....                                    | 62   |
| Tableau X : Proportion (%) des producteurs de chaque système agroforestier selon le niveau<br>d'instruction .....                   | 63   |
| Tableau XI : Répartition des producteurs en fonction du genre dans les systèmes agroforestiers .....                                | 64   |
| Tableau XII : Proportion (%) des producteurs de chaque système agroforestier selon<br>le mode d'acquisition des terres .....        | 65   |
| Tableau XIII : Proportion (%) des producteurs encadrés selon les systèmes agroforestiers.....                                       | 66   |
| Tableau XIV : Proportion (%) des plantations de chaque système agroforestier selon<br>l'âge des plantations .....                   | 67   |
| Tableau XV : Proportion (%) des plantations de chaque système agroforestier selon le précédent cultural..                           | 68   |
| Tableau XVI : Proportion (%) des plantations de chaque système agroforestier selon les<br>contraintes parasitaires rencontrées..... | 71   |
| Tableau XVII : Proportion (%) des plantations de chaque système agroforestier, selon les<br>classes de superficies.....             | 72   |
| Tableau XVIII : Proportion (%) des plantations par système agroforestier, selon le mode d'entretien..                               | 74   |
| Tableau XIX : Nombre d'entretiens et quantité de produits utilisée dans les cacaoyères<br>selon les systèmes agroforestiers .....   | 75   |
| Tableau XX : Récapitulatif de la valeur économique des cacaoyères par système agroforestier.....                                    | 76   |
| Tableau XXI : Rendement cacaoyers des systèmes agroforestiers selon les classes d'âges.....                                         | 77   |
| Tableau XXII : Récapitulatif de la valeur économique des cultures associées aux cacaoyers par<br>système agroforestier .....        | 79   |
| Tableau XXIII : Compte d'exploitation des producteurs de chaque système agroforestier .....                                         | 80   |
| Tableau XXIV : Proportions (%) des espèces les plus rencontrées dans les différents<br>systèmes agroforestiers .....                | 83   |

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau XXV : Répartition des individus d'espèces selon la richesse et la composition floristiques<br>dans chaque système agroforestier..... | 84 |
| Tableau XXVI : Espèces à statut particulier recensées dans les cacaoyères de chaque<br>système agroforestier .....                           | 85 |
| Tableau XXVII : Indices de diversité floristique des différents systèmes agroforestiers.....                                                 | 86 |
| Tableau XXVIII : Répartition des individus de chaque strate dans les différents systèmes agroforestiers...                                   | 89 |
| Tableau XXIX : Biomasse et taux de carbone séquestré par les espèces ligneuses de chaque<br>système agroforestier .....                      | 90 |

## LISTE DES FIGURES

|                                                                                                                                                     | Page |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figure 1 : Localisation des sites d'étude .....                                                                                                     | 7    |
| Figure 2 : Situation géographique de la zone de Bonon.....                                                                                          | 8    |
| Figure 3 : Diagramme ombrothermique de la zone de Bonon de 1993 à 2022.....                                                                         | 9    |
| Figure 4 : Situation géographique de la zone de Soubré .....                                                                                        | 11   |
| Figure 5 : Diagramme ombrothermique de la zone de Soubré de 1993 à 2022 .....                                                                       | 12   |
| Figure 6 : Situation géographique du site de Biankouma.....                                                                                         | 14   |
| Figure 7 : Diagramme ombrothermique de la sous-préfecture de Biankouma de 1993 à 2022 .....                                                         | 15   |
| Figure 8 : Catégorisation des systèmes agroforestiers en fonction de la nature des composants .....                                                 | 19   |
| Figure 9 : Les trois piliers du développement durable .....                                                                                         | 23   |
| Figure 10 : Schéma du dispositif d'échantillonnage et de sélection des cacaoyers suivis .....                                                       | 39   |
| Figure 11 : Présentation de l'architecture du modèle DEXiCacao.....                                                                                 | 47   |
| Figure 12 : Spectre de répartition des espèces selon les familles.....                                                                              | 51   |
| Figure 13 : Spectre de répartition des espèces selon les types morphologiques .....                                                                 | 53   |
| Figure 14 : Spectre de répartition des espèces selon l'affinité chorologique .....                                                                  | 53   |
| Figure 15 : Carte factorielle et cercle de corrélation des groupes de variables utilisées dans<br>l'analyse factorielle multiple .....              | 57   |
| Figure 16 : Classification ascendante hiérarchique des placettes .....                                                                              | 59   |
| Figure 17 : Spectre de répartition des enquêtés selon leur origine .....                                                                            | 60   |
| Figure 18 : Spectre de répartition des producteurs selon leurs classes d'âges.....                                                                  | 61   |
| Figure 19 : Spectre de répartition des producteurs selon le niveau d'instruction.....                                                               | 62   |
| Figure 20 : Spectre présentant la répartition des producteurs en fonction du genre .....                                                            | 63   |
| Figure 21 : Spectre de répartition des enquêtés en fonction du mode d'acquisition des terres.....                                                   | 64   |
| Figure 22 : Histogramme de répartition des enquêtés, de chaque système agroforestier, selon<br>le nombre d'années d'expérience en cacaoculture..... | 66   |
| Figure 23 : Spectre de répartition des plantations selon leurs classes d'âges .....                                                                 | 67   |
| Figure 24 : Spectre de répartition des plantations selon le précédent cultural .....                                                                | 68   |
| Figure 25 : Spectre de répartition des plantations selon les contraintes parasitaires rencontrées<br>dans les systèmes agroforestiers .....         | 69   |
| Figure 26 : Présentation de quelques contraintes parasitaires des cacaoyères.....                                                                   | 70   |
| Figure 27 : Histogramme présentant la superficie moyenne des plantations au niveau des<br>systèmes agroforestiers.....                              | 72   |

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 28 : Répartition du revenu issu de la vente des cultures associées dans les différents systèmes agroforestiers .....          | 78 |
| Figure 29 : Evolution du rendement des cacaoyers selon l'âge des plantations dans les différents systèmes agroforestiers .....       | 82 |
| Figure 30 : Histogramme présentant les espèces les plus abondantes au niveau du système agroforestier 1 à Biankouma.....             | 87 |
| Figure 31 : Histogramme présentant les espèces les plus abondantes au niveau du système agroforestier 2 à Bonon .....                | 88 |
| Figure 32 : Histogramme présentant les espèces les plus abondantes au niveau du système agroforestier 3 à Soubré.....                | 88 |
| Figure 33 : Durabilité économique des différents systèmes agroforestiers.....                                                        | 91 |
| Figure 34 : Durabilité économique des différents systèmes agroforestiers en tenant compte des trois branches principales .....       | 91 |
| Figure 35 : Durabilité environnementale des différents systèmes agroforestiers.....                                                  | 92 |
| Figure 36 : Durabilité environnementale des différents systèmes agroforestiers en tenant compte des trois branches principales ..... | 93 |
| Figure 37 : Durabilité sociale des différents systèmes agroforestiers .....                                                          | 94 |
| Figure 38 : Durabilité sociale des différents systèmes agroforestiers en tenant compte des trois branches principales .....          | 94 |
| Figure 39 : Durabilité globale des différents systèmes agroforestiers .....                                                          | 95 |
| Figure 40 : Durabilité globale des systèmes agroforestiers en tenant compte des dimensions de durabilité. . .                        | 95 |

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Fiche d'enquête

Annexe 2 : Structure finale de DEXiCacao

Annexe 3 : Résultats de l'analyse multicritère

Annexe 4 : Liste générale des espèces recensées

# INTRODUCTION

Les plantations cacaoyères en Afrique estimées à 3,3 millions d'hectares en 1961 occupaient une superficie de plus de 7 millions d'hectares en 2022 (FAO, 2022). Ainsi, la production africaine de cacao est passée de 865 000 tonnes (Braudeau, 1969) à plus de 3 millions de tonnes (FAO, 2022). Cette situation a permis de confirmer la place importante du continent africain en générale dans la cacaoculture mondiale et en particulier celle de la Côte d'Ivoire et du Ghana qui satisfont à eux seules plus de 60 % de la demande mondiale. Ceux-ci sont suivis par le Nigéria et le Cameroun avec une production annuelle d'environ 300 000 tonnes chacun (ICCO, 2021).

En 2017, la Côte d'Ivoire a atteint la production record de 2 millions de tonnes de cacao, soit 42 % de fèves produites (ICCO, 2019), confirmant ainsi sa place de premier producteur mondial de fèves de cacao. Dans ce pays, la cacaoculture représente 40 % des recettes d'exportation et contribue à hauteur de 10 % à la formation du Produit Intérieur Brut (Koné, 2023). Aussi, ce secteur fait vivre environ 6 millions de personnes et emploie près d'un million de producteurs en Côte d'Ivoire (Koné, 2023).

Depuis son introduction à la fin du 19<sup>e</sup> siècle au Sud-Est du pays, la cacaoculture ivoirienne s'est développée de manière extensive dans un système de culture itinérante sur des défriches et brûlis de la forêt primaire (Deheuvels, 2007). Cette pratique a entraîné une forte déforestation en Côte d'Ivoire. Ainsi, la superficie forestière qui était estimée à 16 millions d'hectares en 1960 ne représentait qu'environ 2,97 millions d'hectares en 2020 (Plancheron *et al.*, 2023).

La réduction du couvert forestier, couplée aux variations climatiques a entraîné la progression de l'économie cacaoyère des zones de production de l'Est du pays vers les régions forestières du Centre-Ouest puis du Sud-Ouest à partir des années 1970 (Brou & Chelard, 2007). Par ailleurs, entre 1970 et 1980, d'importantes vagues migratoires en provenance des zones de production de l'Est et du Centre-Ouest vers le Sud-Ouest du pays ont favorisé l'intégration de cette région dans l'économie cacaoyère (Tano, 2012). De plus, à la suite de la crise politico-militaire de 2002, la région Ouest encore relativement forestière a fait son entrée dans l'économie cacaoyère ivoirienne (Vroh *et al.*, 2019 ; Kpangui *et al.*, 2021 ; Koua, 2021).

Cette dynamique d'extension de la cacaoculture a provoqué de nombreuses modifications dans le paysage forestier et socio-culturel ivoirien. En effet, le déplacement de l'économie cacaoyère a entraîné, dans les nouvelles zones de production, une augmentation des pressions sur les forêts, menant à l'épuisement des ressources forestières et à la réduction des surfaces forestières dans les espaces protégés (Brou & Chaléard, 2007). Par ailleurs, ce déplacement de

l'épicentre de la production cacaoyère a été aussi à la base de la prolifération des conflits fonciers dans les zones de production (Brou & Chaléard, 2007).

La décennie de crise politico-militaire de 2000 à 2010 marquée par le dysfonctionnement de l'administration, l'insécurité et surtout par l'absence de surveillance des forêts classées et des aires protégées a accentué les pressions sur les ressources forestières rurales et domaniales (Assalé *et al.*, 2016).

Par ailleurs, plusieurs travaux témoignent du vieillissement des cacaoyères, de la perte de la fertilité des sols et d'une répartition inégale des pluies dues aux variations climatiques (Kouamé *et al.*, 2006 ; Koko *et al.*, 2009). A ces défis, s'ajoute la présence de la maladie du Swollen shoot qui constitue une véritable menace pour les cacaoyères ivoiriennes. De plus, la tendance globale au changement climatique prévoit de fortes variations interannuelles du rendement des cacaoyères et une limitation et/ou un déplacement des zones propices de production cacaoyère (Métangbo *et al.*, 2023).

Face à ces nombreuses difficultés que connaît la cacaoculture ivoirienne, plusieurs structures de recherches agricoles (CIFOR, ICRAF) préconisent la pratique de l'agroforesterie. Cette approche permet de concilier productivité agricole et conservation des écosystèmes, contribuant directement à l'Objectif de Développement Durable n°2 (ODD 2), qui vise à garantir la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir une agriculture durable. En effet, la pratique de l'agroforesterie constitue un moyen efficace pour compenser les effets néfastes des activités agricoles par la conservation des habitats et de la biodiversité (Béné *et al.*, 2018 ; Madountsap *et al.*, 2020 ; Fomekong *et al.*, 2023). Elle permet aussi d'assurer une production durable de l'exploitation et la conservation de l'environnement (Adingra, 2014 ; Jarrett *et al.*, 2021, Suárez *et al.*, 2021). Par ailleurs, les systèmes agroforestiers permettent la conservation des espèces locales ainsi que la lutte contre le réchauffement climatique (Tschora & Cherubini, 2020 ; Afele *et al.*, 2021 ; Supriadi *et al.*, 2022).

En Côte d'Ivoire, les études sur les systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers sont abondantes (Cissé *et al.*, 2016 ; Kougbo *et al.*, 2019 ; Konan *et al.*, 2023 ; Joncas *et al.*, 2024). Elles explorent le rôle écologique des systèmes agroforestiers en matière de conservation des espèces végétales (Kpangui *et al.*, 2015a ; Adjé *et al.*, 2020 ; Plas, 2020 ; Kougbo *et al.*, 2023) et de séquestration du carbone (Vroh *et al.*, 2015 ; Kougbo *et al.*, 2019 ; Joncas *et al.*, 2024). Ces études décrivent également les systèmes complexes (Kpangui *et al.*, 2015a ; Cissé *et al.*, 2016 ; Konan *et al.*, 2023), révélant l'existence de nombreuses pratiques agroforestières. Ces pratiques varient généralement en fonction de la localité, des espèces associées, de la variété cultivée et/ou de l'âge des plantations. Cependant, la durabilité de ces différents

systèmes reste méconnue, limitant leur adoption dans l'ensemble des zones de production cacaoyères ivoiriennes. Autrement dit la capacité du système à répondre aux besoins économiques, sociaux tout en préservant l'environnement reste méconnue.

Dans ce contexte, il est nécessaire de s'interroger sur le niveau de durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers pratiqués en Côte d'Ivoire.

L'hypothèse qui sous-tend cette étude est que les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers, qui présentent un plus grand nombre d'espèces locales, une meilleure performance agroéconomiques et favorisant le bien-être des producteurs sont les plus durables.

Cette étude a pour objectif général d'évaluer la durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers en Côte d'Ivoire en vue de garantir une production cacaoyère respectueuse de l'environnement, socialement acceptable par les producteurs et économiquement viable.

De façon spécifique, il s'agit de :

- (1) établir une typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers ;
- (2) identifier les caractéristiques socioéconomiques des différents systèmes agroforestiers à base de cacaoyers ;
- (3) déterminer les caractéristiques écologiques des différents systèmes agroforestiers à base de cacaoyers ;
- (4) analyser la durabilité de chaque système agroforestier à base de cacaoyers identifié.

Outre l'introduction et la conclusion, le présent mémoire comprend trois grandes parties. La première partie est consacrée aux généralités. La deuxième partie présente le matériel et les différentes méthodes utilisées. Enfin, la troisième présente les résultats et la discussion.

# **PARTIE I : GENERALITES**

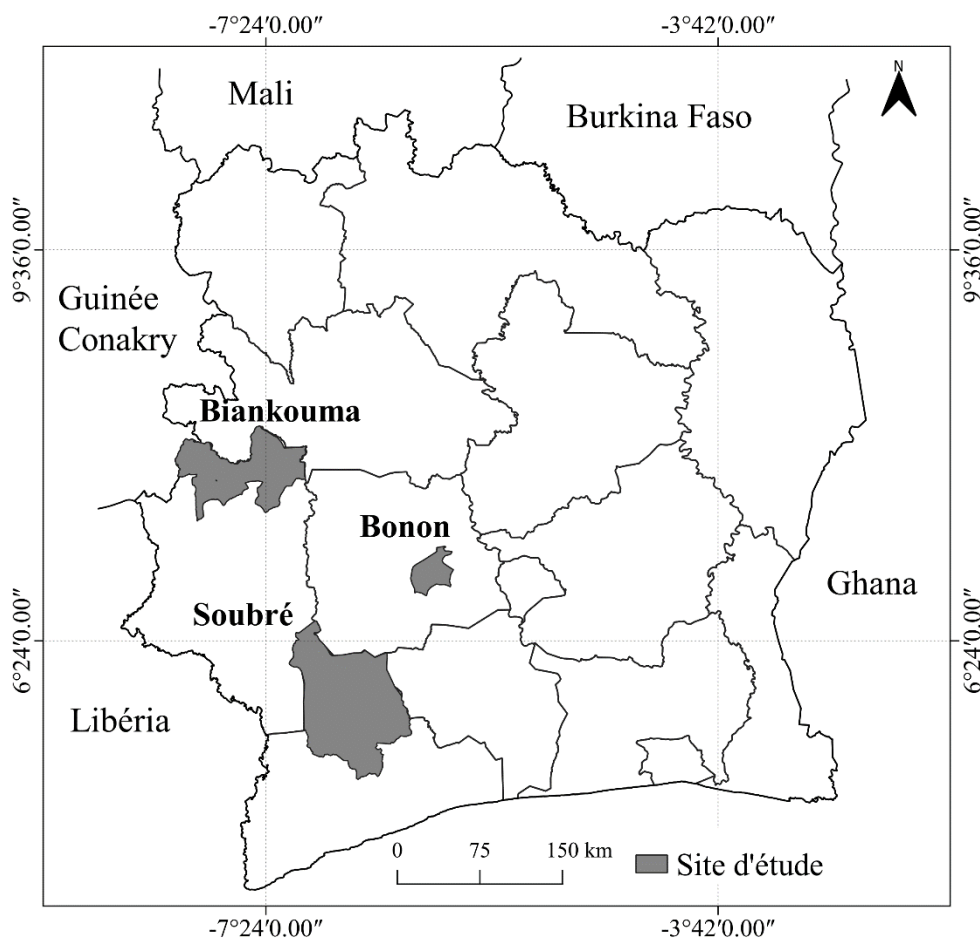
## Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Cette recherche a été menée en Côte d'Ivoire, pays d'Afrique de l'Ouest, situé entre 4° et 11° de latitude Nord et entre 2° et 9° de longitude Ouest, avec une superficie de 322 462 km<sup>2</sup>. La Côte d'Ivoire partage ses frontières avec le Burkina Faso et le Mali au Nord, le Ghana à l'Est ainsi que le Libéria et la Guinée Conakry à l'Ouest (Figure 1).

Les sites d'étude couvrent la zone cacaoyère s'étendant du Centre-Ouest à l'Ouest du pays, située entre 4° et 8° de latitude Nord et entre 2° et 7° de longitude Ouest (Figure 1). Le choix de ces sites se justifie par le fait que la cacaoculture ivoirienne a été marquée par un déplacement successif des zones de production cacaoyères depuis le Sud-Est jusqu'à atteindre actuellement l'Ouest du pays. En effet, les premières cacaoyères ont été installées entre 1910 et 1950 à l'Est de la Côte d'Ivoire, dans les régions de Bongouanou et de Dimbokro (Ruf, 2011). Le développement de cette culture a attiré de nombreux migrants originaires des régions savanicoles (Dabin *et al.*, 1960). Cependant, la dégradation des conditions climatiques en 1970 ainsi que le vieillissement des vergers ont provoqué le déplacement de la production cacaoyère de l'Est vers le Centre-Ouest (Brou & Chelard, 2007). De plus, la construction d'infrastructures routières, notamment le pont de Soubré sur le fleuve Sassandra, a favorisé des déplacements massifs de populations vers les régions du Sud-Ouest, faisant de cette région le troisième épiscentre de production cacaoyère (Tano, 2012). Depuis quelques années, plusieurs travaux témoignent de la création d'une quatrième boucle de production cacaoyère dans les régions montagneuses de l'Ouest (Sanial, 2018 ; Vroh *et al.*, 2019 ; Kpangui *et al.*, 2021 ; Koua, 2021).

Les sites d'études sont :

- la zone de Bonon au Centre-Ouest, représentant le deuxième épiscentre de production ;
- la zone de Soubré au Sud-Ouest, représentant le troisième épiscentre de production ;
- la zone de Biankouma à l'Ouest, représentant la nouvelle zone de production.

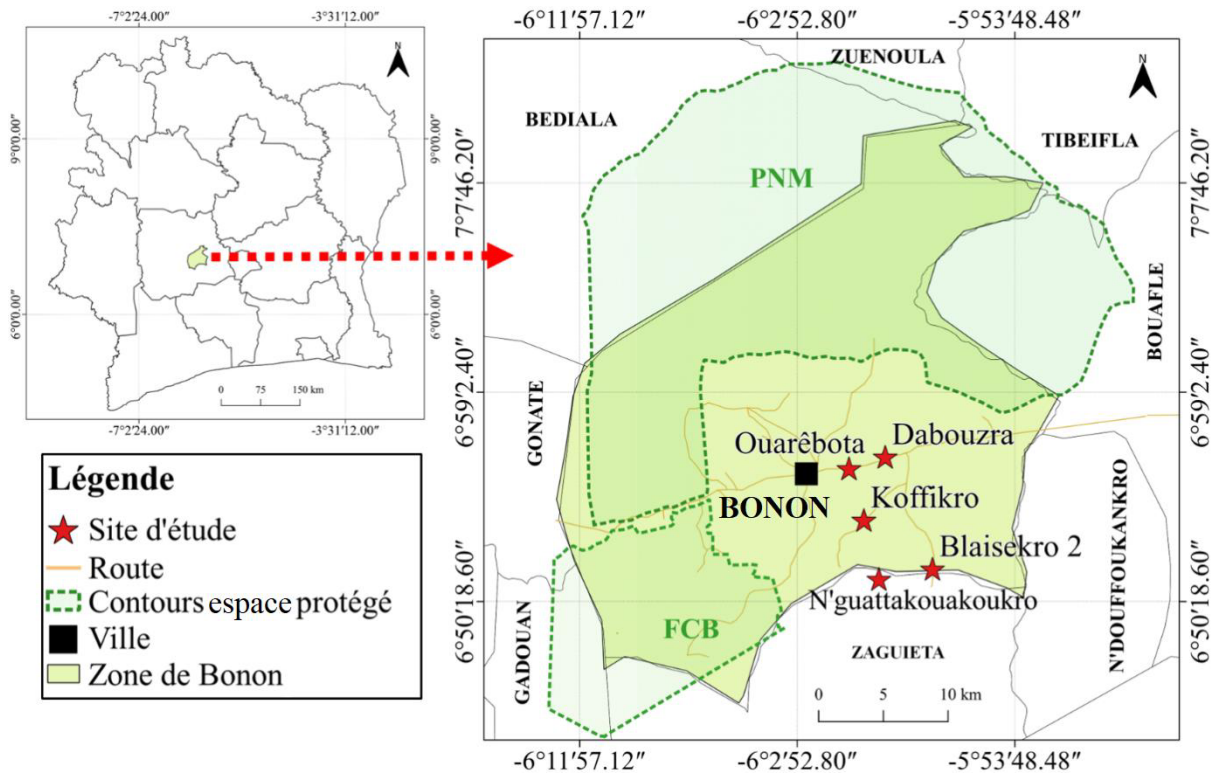


**Figure 1 : Localisation des sites d'étude**

## 1.1. Site de Bonon

### 1.1.1. Situation géographique

La zone de Bonon est située dans la région de la Marahoué entre 5°53'48,48" et 6°11'57,12" de longitude Ouest et 6°50'18,60" et 7°7'56,20" de latitude Nord. Elle est située à environ 350 km d'Abidjan et à 70 km de la capitale politique, Yamoussoukro. La zone de Bonon est limitée au Nord par la sous-préfecture de Bediala et le département de Zuenoula, au Sud par la sous-préfecture de Zaguieta, à l'Est par les sous-préfectures de N'Douffoukankro, de Tibeifla et département de Bouaflé et à l'Ouest par les sous-préfectures de Gonaté et Gadouan. L'étude s'est déroulée dans cinq localités à savoir Dabouzra, Ouarébota, Blaisekro 2, N'guattakouakoukro et Koffikro (Figure 2).



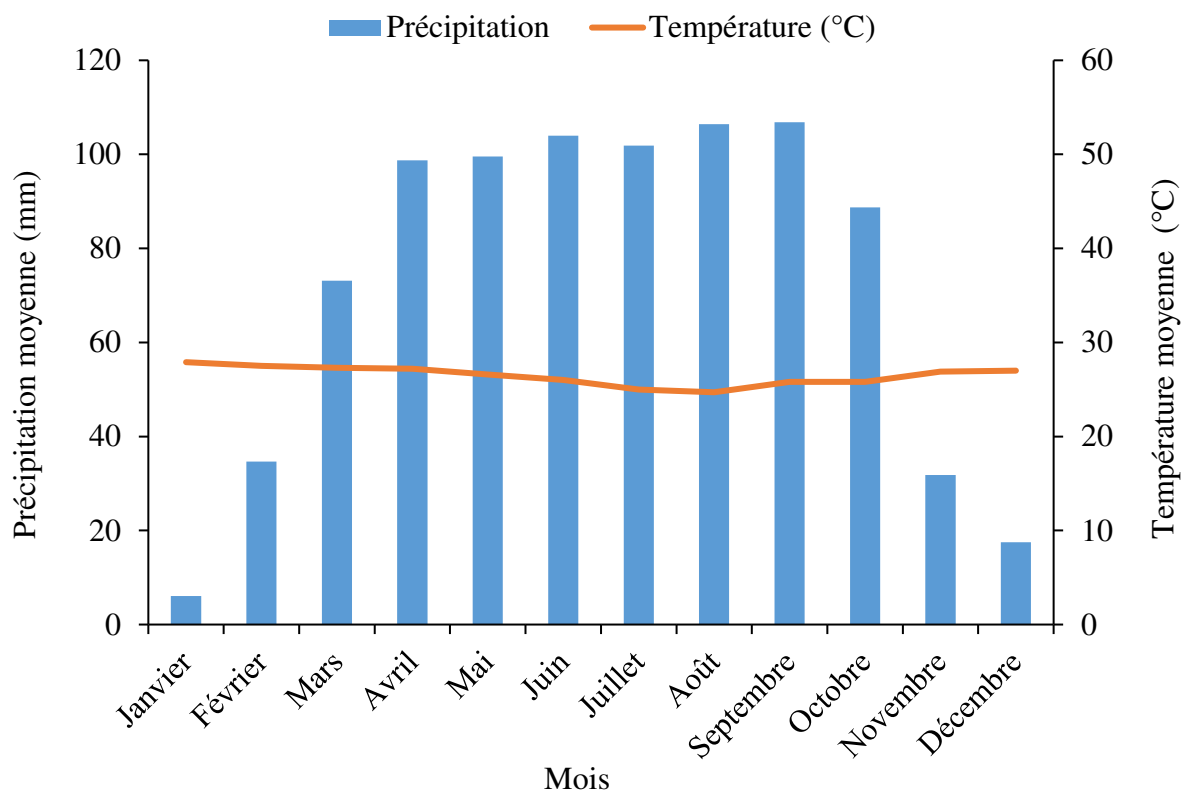
**Figure 2 :** Situation géographique de la zone de Bonon

PNM : Parc national de la Marahoué

FCB : Forêt classée de Bouaflé

### 1.1.2. Climat

Le diagramme ombrothermique réalisé à partir de la pluviométrie moyenne et la température moyenne mensuelle de ces 30 dernières années montre deux grandes saisons : une saison pluvieuse et une saison sèche (Figure 3). La saison sèche s'étend de Novembre à Février avec une pluviométrie moyenne mensuelle comprise entre 6,06 mm et 34,69 mm et une température moyenne mensuelle comprise entre 25,8 °C et 27,9 °C. Quant à la saison pluvieuse, elle s'étend de Mars à Octobre avec un pic de précipitation en Septembre de 106,80 mm et une température maximale de 27,5°C en Mars.



**Figure 3 :** Diagramme ombrothermique de la zone de Bonon de 1993 à 2022

(Sources des données : [www.Tutitempo.net](http://www.Tutitempo.net))

### 1.1.3. Végétation et flore

La zone de Bonon se trouve dans la zone de forêt dense semi-décidue (Guillaumet & Adjanooun, 1971). Elle est couverte par une forêt dense à dominance de *Celtis* sp et *Triplochiton scleroxylon* K. Schum dont la plus haute strate ligneuse avoisine 30 m et la strate moyenne varie entre 5 et 20 m. Les arbustes, les graminées et les herbacées constituent la strate inférieure. Ce type de forêt est marquée par la perte périodique des feuilles d'une partie des grands arbres pendant la saison sèche. On y retrouve généralement d'autres espèces telles que *Mansonia altissima* A. Chev, *Sterculia rhinopetala* K. Schum, *Pterygota macrocarpa* K. Schum, *Milicia excelsa* (Welw.) Benth, *Chrysophyllum giganteum* A. Chev, etc. La zone de Bonon compte également des forêts galeries que l'on rencontre le long des cours d'eaux.

### 1.1.4. Sol, relief et hydrographie

La zone de Bonon fait partie du secteur mésophile caractérisé d'une part par la présence de roches métamorphiques schisteuses et les roches basiques du complexe volcano-sédimentaire responsables des massifs de collines du Centre (Perraud, 1971). D'autre part, cette zone est marquée par la présence de roches granitiques. Les sols rencontrés dans la zone de

Bonon sont issus de l'altération des roches. Les sols sont pour la plupart ferralitiques, moyennement désaturés à dominance argilo-sableux. Ces sols se caractérisent par un horizon humifère peu épais mais riche en matières organiques, faiblement acide et bien structurés (Kouakou *et al.*, 2018).

La zone de Bonon est constituée de plateaux et de plaines (Avenard, 1971). C'est aussi le domaine des glacis schisteux ou granitiques où l'altitude varie de 200 m à 300 m avec une moyenne de 260 m.

Le réseau hydrographique de la zone de Bonon est dominé en grande partie par des cours d'eau temporaires qui alimentent de nombreux bas-fonds et des bassins versants courts et étroits qui se raccordent aux affluents de la Marahoué (Gohourou, 2020).

### **1.1.5. Population et activités économiques**

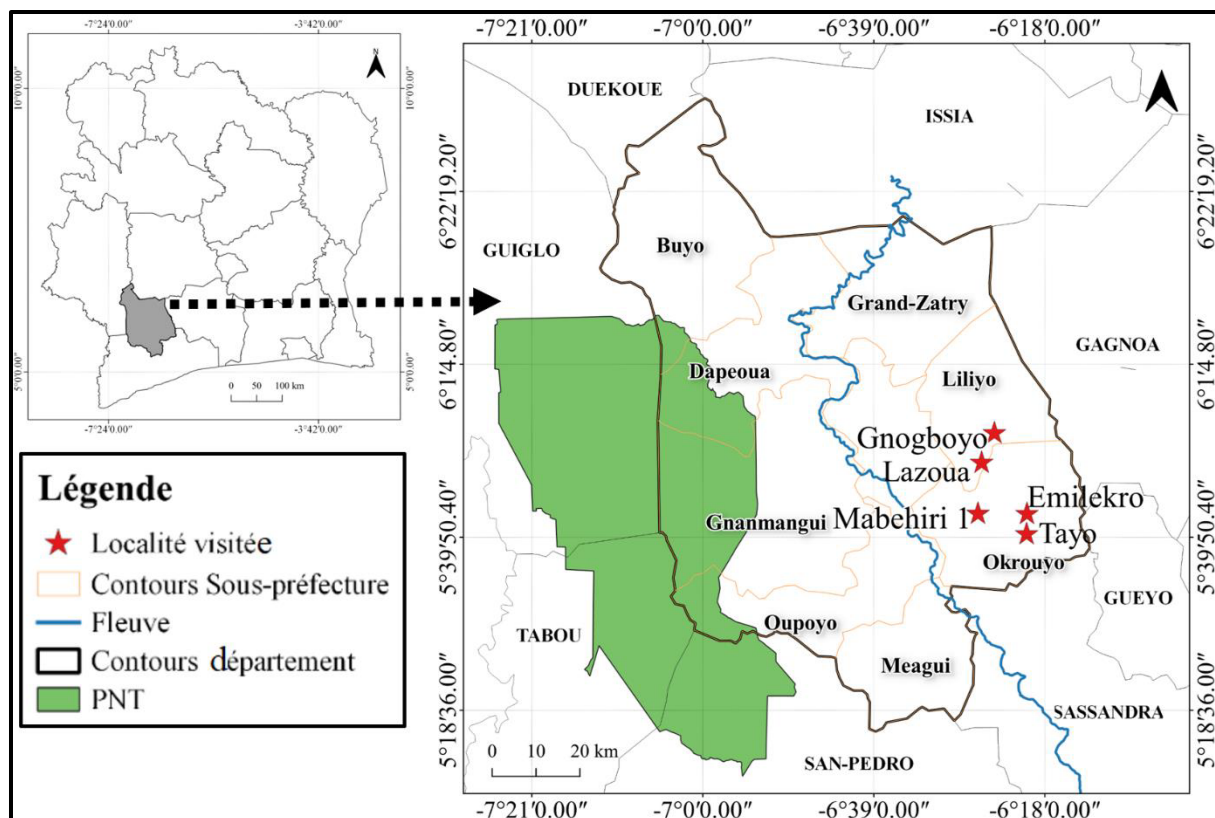
La population de la zone de Bonon est estimée à 116 871 habitants (INS, 2021). Cette population est composée d'autochtones, d'allochtones et d'allogènes. Les autochtones de la zone de Bonon sont les Gouro. La population allochtone est composée essentiellement de Baoulé, Sénoufo et de Koulango. En ce qui concerne les allogènes, ils regroupent les Burkinabé, Malien, Béninois, etc (Gohourou, 2020).

L'activité économique principale de la population est l'agriculture. Elle est basée sur la culture du cacao, du café et des cultures vivrières telle que la banane plantain, le riz, l'igname et le maïs. Récemment, la culture de l'anacarde a vu le jour du fait de l'augmentation du taux de mortalité des cacaoyers face à la dégradation des conditions climatiques. Depuis quelques années, l'élevage de bovins prend de l'importance du fait des transformations paysagères. Cette activité constitue un bon complément économique aux activités agricoles (Gohourou, 2020).

## **1.2. Site de Soubré**

### **1.2.1. Situation géographique**

Située au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, la zone de Soubré est distante de 380 km d'Abidjan, entre 5°18'36,00" et 6°22'19,20"et de latitude Nord et 6°18'0,00"et 7°21'0.00" de longitude Ouest (Figure 4). Elle est limitée au Nord par les départements de Issia et Duekoue, au Sud par les départements de San-Pedro, Sassandra et Gueyo, à l'Est par le département de Gagnoa et ceux de Guiglo et Tabou à l'Ouest. Nos travaux se sont déroulés dans cinq (5) localités réparties entre deux (2) sous-préfectures. Il s'agit des localités de Gnogboyo, Lazoua dans la Sous-préfecture de Liliyo et des localités de Emilekro, Mabehiri 1 et Tayo dans la Sous-préfecture de Okrouyo.

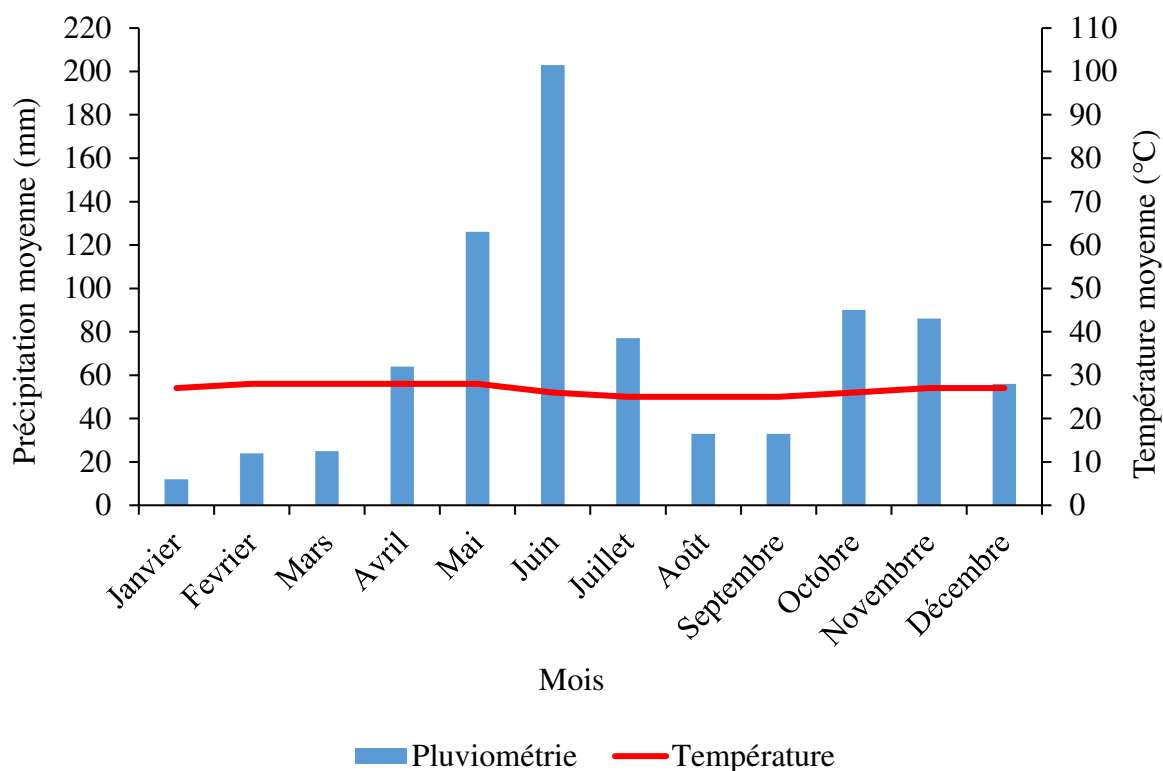


**Figure 4 :** Situation géographique de la zone de Soubré

PNT : Parc National de Taï

### 1.2.2. Climat

Quatre (4) saisons ont été enregistrées dans la zone de Soubré à savoir deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La première saison pluvieuse s'étend d'Avril à Juillet et la seconde d'Octobre à Décembre avec une pluviométrie moyenne mensuelle comprise entre 56 mm et 203 mm. La saison sèche s'étend d'Août à Septembre pour la première période et de Janvier à mars pour la seconde. Par ailleurs, les températures moyennes durant cette période oscillent entre 25° C et 28° C (Figure 5).



**Figure 5 :** Diagramme ombrothermique de la zone de Soubré de 1993 à 2022

(Sources des données : [www.Tutiempo.net](http://www.Tutiempo.net))

### 1.2.3. Végétation et flore

La zone de Soubré est dominée par une végétation de forêt dense humide sempervirente à *Eremospatha macrocarpa* (G. Mann & H. Wendl.) H. Wendl. et *Dracaena mannii* Baker (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). Cette région est marquée par la présence du Parc national de Taï qui compte plus de 1200 espèces de plantes vasculaires dont 273 espèces classifiées comme rares ou endémiques (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). On enregistre également la présence de plusieurs forêts classées dont les forêts de Niegré (1 965 ha), de la Davo et de la Niouniourou, les monts Kouroumabahi (3 350 ha), les rapides Grah dans la partie Nord (127 000 ha). Dans ces forêts, on rencontre des espèces telles que *Diospyros* sp. et *Mapania* sp. Aujourd'hui, du fait des activités anthropiques, la plupart de ces forêts a été défrichée et remplacée par de vastes plantations de culture pérenne.

#### **1.2.4. Sol, relief et hydrographie**

Le relief de Soubré se compose de plateaux surmontés par endroits de quelques élévations comme le Mont Trokoi (Okrouyo) et le Mont Zatro dans la ville de Grand Zattri (Perraud, 1971).

Le sol de cette région est de type ferralitique, moyennement désaturé et à texture variant entre le limon argileux et le sable limoneux (Avenard, 1971). Ce sol développé sur des roches éruptives anciennes est profond et perméable. Le type de sol présent dans le département de Soubré est généralement bien adapté à tous types de cultures vivrières et industrielles.

L'eau coule en abondance dans la zone de Soubré. En effet, cette région enregistre la présence d'un fleuve composé de plusieurs affluents importants. Il s'agit du fleuve Sassandra, constitué d'une succession de plans d'eau calmes entrecoupés de rapides et de chutes dont les fameuses chutes de la Nawa (Soubré). Les principaux affluents du fleuve Sassandra sont la Davo, le N'Zo et le Goh. On note également la présence de plusieurs cours d'eau au niveau du territoire de Gueyo à savoir la Takro, la Niegré, le Louabo, la Debo et la Davo (CRN, 2016).

#### **1.2.5. Populations et activités économiques**

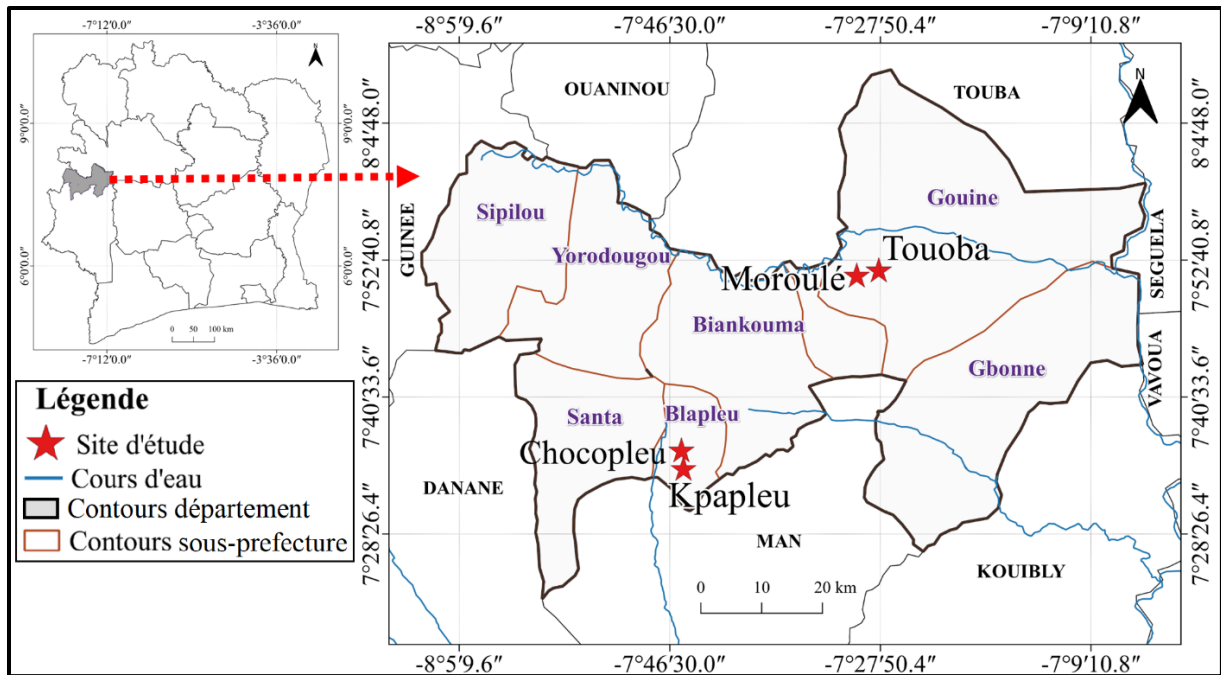
Le recensement général de la population de 2021 a révélé que la zone de Soubré comptait 587 441 habitants (INS, 2021). Cette population est composée d'autochtone Bété, d'allochtones (Baoulé, Senoufo, Agni, etc.) et d'allogènes (Burkinabé, Malien, Beninois, etc.).

L'activité économique de ces populations est dominée par l'agriculture notamment la culture du cacao, de l'hévéa et du palmier à huile. La zone de Soubré constitue actuellement la plus importante région de production cacaoyère du pays. En plus de l'agriculture, la pratique de la pêche s'est développée suite à la construction du barrage hydroélectrique de Soubré.

### **1.3. Site de Biankouma**

#### **1.3.1. Situation géographique**

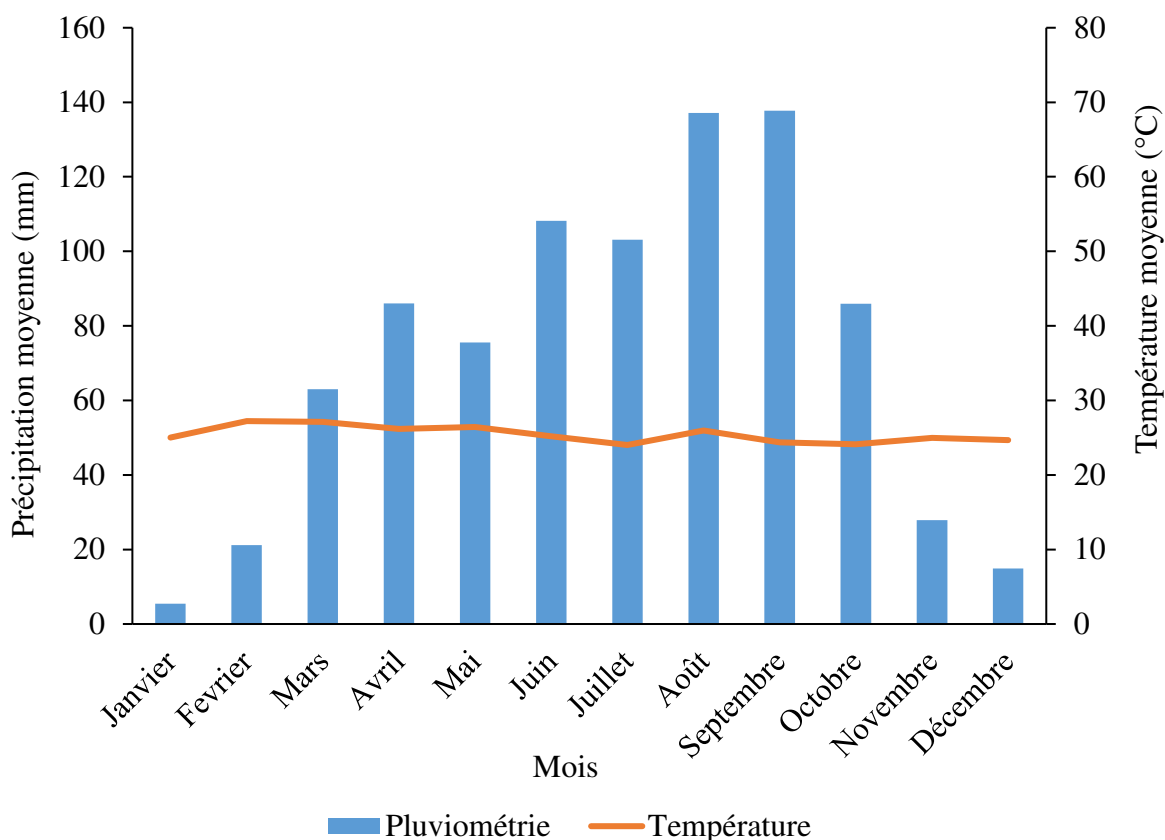
La zone de Biankouma est située à l'Ouest de la Côte d'Ivoire, dans la région du Tonpki entre 7°28'26,4' et 8°4'48,0" et de latitude Nord et 7°9'10,8" et 8°5'9,6" de longitude Ouest (Figure 6). Il est distant de 622 km d'Abidjan et de 46 km de Man, Chef-lieu de région. Le département est limité au Nord par les départements de Touba et Ouaninou, au Sud par les départements de Man et Kouibly, par les départements de Séguéla et Vavoua à l'Est et par la Guinée Conakry et le département de Danané à l'Ouest. La présente étude s'est déroulée dans quatre (4) localités réparties en deux Sous-préfectures à savoir Touoba et Moroulé dans la Sous-préfecture de Gouéné, Klapleu et Chocopleu dans la Sous-préfecture de Blapleu.



**Figure 6 :** Situation géographique du site de Biankouma

### 1.3.2. Climat

Le zone de Biankouma bénéficie d'un climat particulier dit de montagne lié à la présence de montagnes dans la région (Eldin, 1971). Ce climat compte deux saisons. Il s'agit d'une saison sèche qui s'étale de Novembre à Février et d'une saison pluvieuse qui s'étend de Mars à Octobre. La température moyenne de la région varie entre 24°C et 28°C (Figure 7). Le mois de Février constitue le mois le plus chaud avec une température moyenne de 28°C. Les précipitations varient entre 05 et 150 mm/an. Le mois de Septembre est le mois le plus humide avec une précipitation moyenne de 137,72 mm (Figure 7).



**Figure 7 :** Diagramme ombrothermique de la sous-préfecture de Biankouma de 1993 à 2022  
(Sources des données : [www.Tutiempo.net](http://www.Tutiempo.net))

### 1.3.3. Relief, sol et hydrographie

La zone de Biankouma est caractérisée par un relief montagneux situé sur la dorsale guinéenne, à cheval entre la Guinée et la Côte d'Ivoire. La région est essentiellement composée de formations granitiques (Laugnie, 2007). On y distingue les Monts Toura et le Mont Sangbé culminant à 1 072 mètres au Sud ; au Nord, une succession de collines aux sommets tabulaires, entre 600 et 700 mètres d'altitude, surplombant de vastes plateaux granitiques rattachés à la région de Touba ; à l'Est, la vallée du Sassandra, bordée de terrasses érodées et de bas-fonds sableux ; et enfin, la dépression du Bafing, d'une altitude inférieure à 500 mètres, traverse les Monts Toura et le Sud-Ouest de la zone.

Le sol de Biankouma est principalement de type ferralitique fortement désaturé, caractérisé par sa profondeur, une décomposition rapide de la matière organique et une altération prononcée des minéraux (Perraud, 1971). Des sols hydromorphes sont présents dans les bas-fonds tandis que les montagnes abritent des sols minéraux bruns.

Le réseau hydrographique de notre zone d'étude comprend plusieurs cours d'eau. Les principaux cours d'eau sont le Bafing et le N'Zo, affluents du fleuve Sassandra. De nombreuses rivières prennent également leur source dans les montagnes environnantes (Koua, 2021).

#### 1.3.4. Végétation et flore

Les forêts denses humides semi-décidues et les savanes constituent les principales formations végétales rencontrées dans la zone de Biankouma (Guillaumet & Adjanohoun, 1971).

Les forêts semi-décidues sont du type *Aubrevillea kerstingii* et *Khaya grandifoliola* constituées de trois strates à savoir une haute strate (plus de 16 m), une strate moyenne (entre 8 et 15 m) et une basse strate (moins de 8 m). Les espèces caractéristiques de ces forêts sont entre autres : *Ceiba pentandra* L., *Terminalia superba* Engl. & Diels, *Triplochiton scleroxylon* K. Schum, *Bombax buonopozense* P. Beauv., *Funtumia elastica* (Preuss) Stapf, *Ricinodendron heudelottii* (Baill.) Pierre ex Heckel, *Ficus exasperata* Vahl, *Mallotus oppositifolius* (Geiseler) Müll. Arg., *Olex subscorpioide* Oliv. et *Baphia nitida* Lodd. (Guillaumet & Adjanohoun, 1971).

Les savanes sont généralement présentes sur les flancs des montagnes. Il s'agit de savanes arbustives et de savanes herbeuses. Les savanes arbustives sont dominées par *Terminalia glaucescens* Planch. ex Benth., *Sarcocephalus latifolius* (Sm.) E.A. Bruce, *Margaritaria discoidea* (Baill.) G.L. Webster tandis que *Pennisetum purpureum* Schumacher et *Loudetia simplex* (Nees) C.E. Hubb dominent les savanes herbeuses (Koné, 2015).

#### 1.3.5. Populations et activités économiques

La zone de Biankouma compte une population de 238 714 habitants (INS, 2021). Cette population est composée des ethnies Yacouba, Toura, Mahouka qui constituent les peuples autochtones. L'on note également la présence de populations allochtones constituées de communautés Baoulé, Lobi, Senoufo, Malinké et Agni ainsi que de populations allogènes dominées fortement par les Burkinabé (Oura *et al.*, 2018).

Ces populations pratiquent principalement l'agriculture (Tableau I). Les principales cultures sont le riz, l'igname, le café et depuis peu, la culture du cacao. Le commerce est devenu l'une des activités essentielles à cause de la proximité de la zone de Biankouma avec la Guinée (Oura *et al.*, 2018). On note également la pratique de l'élevage, ainsi que le développement des activités minières et de l'exploitation forestière (Loupe & Ouattara, 2013 ; Coulibaly, 2013).

## **Chapitre 2 : Agroforesterie et durabilité des systèmes agroforestiers**

### **2.1. Agroforesterie**

#### **2.1.1. Origine du concept et définition**

Les pratiques agroforestières ne sont pas nouvelles en agriculture (Torquebiau *et al.*, 2002). Elles ont été largement utilisées par les agriculteurs par le passé, mais sont tombées en désuétude avec l'intensification de l'agriculture moderne (Nair, 2007 ; Dussault, 2008).

Au XX<sup>e</sup> siècle, l'explosion démographique, notamment en zone intertropicale, a engendré une demande accrue en produits alimentaires (Chweya & Ezaguirre, 1999). Cette situation a réduit les superficies dédiées aux cultures de subsistance à cause de l'intensification des cultures industrielles d'exportation sur les sols fertiles. L'intensification de ces cultures d'exportation a non seulement réduit la couverture forestière mais a aussi déséquilibré les systèmes de production locaux à travers la diminution des périodes de jachère (Leakey, 2001). Les conséquences environnementales liées au développement des cultures industrielles d'exportations ont été nombreuses : déforestation, érosion, désertification, perte de biodiversité et contamination de l'eau (Altieri & Pengue, 2006).

Face à ces enjeux, l'agriculture moderne doit répondre aux besoins d'une population croissante tout en atténuant ses impacts négatifs sur l'environnement, afin de préserver les ressources pour les générations futures (Chevallier *et al.*, 2015). Ainsi, les débats scientifiques ont vu l'émergence de deux concepts : l'économie des terres ou "land-sparing" et le partage des terres ou "land-sharing" (Green *et al.*, 2005, Phalan *et al.*, 2011, Vaast & Somarriba, 2014). Le premier favorise une agriculture intensive sur une zone spécifique, en préservant d'autres zones naturelles. La seconde mise sur une agriculture diversifiée, moins productive et nécessitant plus d'espaces. Green *et al.* (2005) suggèrent que ces deux modes peuvent offrir la même biodiversité, mais tout dépend de la relation entre production et conservation. De plus, les travaux de Phalan *et al.* (2011) ont révélé un niveau de biodiversité nettement supérieur dans le cas de la stratégie de "land sparing". Cependant, cette idée ne fait pas l'unanimité. Ainsi, pour harmoniser les différents points de vue, plusieurs chercheurs ont proposé l'agroforesterie comme une alternative à la fois écologiquement durable et économiquement viable (Nair, 1993 ; Schroth *et al.*, 2004). L'agroforesterie a traditionnellement été abordée sous deux angles : agronomique, qui se concentre sur la conservation et l'amélioration des sols, et botanique, qui reconnaît les pratiques complexes d'association arbres-cultures menant à de véritables forêts cultivées.

L'agroforesterie, combinant foresterie, agronomie, écologie, pédologie, élevage, aquaculture, gestion du territoire, économie et sociologie (Alexandre, 2002), présente une

définition complexe et variable selon les divers domaines de recherche. Les multiples définitions proposées ne sont pas toujours concordantes (Sinclair, 1989 ; Alexandre, 2002). Selon Nair (1993), l'agroforesterie est une pratique agricole intégrée qui combine la gestion des arbres et des cultures ou des animaux sur une même zone de terre, de manière simultanée ou séquentielle, visant à maximiser les interactions bénéfiques entre ces composantes tout en conservant les ressources naturelles. Pour Leakey (1996), l'agroforesterie est un système dynamique et écologique combinant arbres, cultures et animaux, visant des bénéfices socio-économiques et environnementaux. Par ailleurs, elle est désignée comme une approche intégrée qui combine la sylviculture et l'agriculture pour optimiser les bénéfices économiques tout en améliorant la qualité de l'environnement (Sinclair, 1989). Aussi, l'agroforesterie a été définie par Schroth *et al.* (2004), comme un système de gestion des terres qui implique la culture d'arbres et/ou d'arbustes avec des cultures agricoles et/ou des animaux, de manière à tirer parti des interactions écologiques et économiques entre eux.

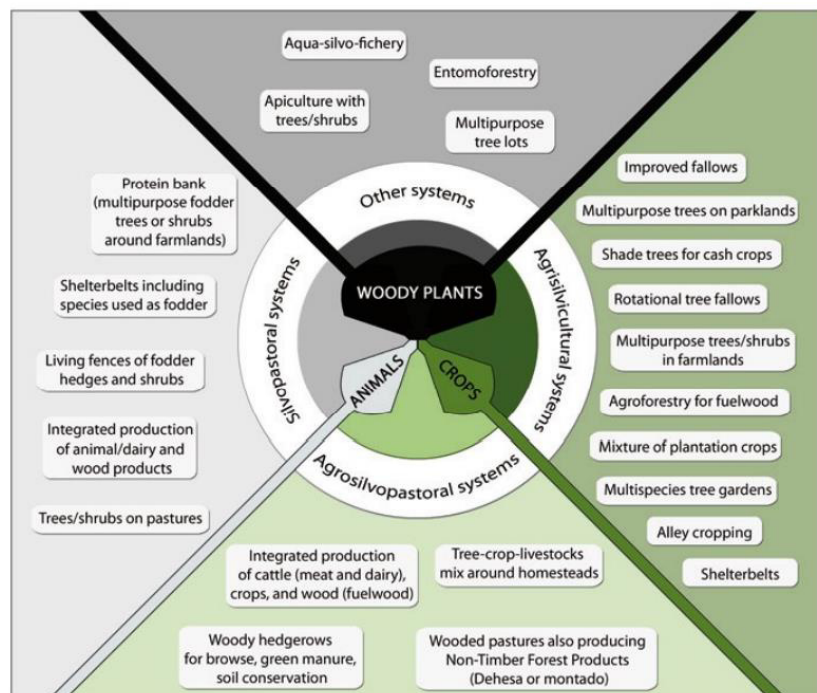
Pour cette étude, nous avons adopté la définition de Lundgren & Raintree (1982) qui semble la mieux adaptée pour nos travaux. Selon ces auteurs, l'agroforesterie est une utilisation combinée du territoire où des espèces ligneuses pérennes coexistent avec des cultures agricoles ou des animaux, dans une organisation spatiale ou temporelle, engendrant des interactions écologiques et économiques.

### **2.1.2. Classification des systèmes agroforestiers**

La classification des systèmes agroforestiers (SAF) est primordiale afin d'offrir un cadre permettant d'évaluer ces systèmes et d'élaborer des plans d'action pour leur amélioration (Nair, 1985 ; Torquebiau *et al.*, 2002). En raison de leur complexité, un unique système de classification ne saurait les décrire de manière exhaustive. Ainsi, diverses classifications répondant à différents objectifs ont été suggérées au fil de différentes études (Lundgren & Raintree, 1982 ; Torres, 1983). Ces systèmes de classification reposent souvent sur la structure des composants (Nair, 1985), leurs fonctions (Dussault, 2008), les considérations socioéconomiques (Alexandre, 2002) et les conditions climatiques (Nair, 1993).

Les systèmes agroforestiers se composent de trois éléments principaux : les arbres, les cultures agricoles et les animaux d'élevage. Une classification basée sur ces composants a débouché sur quatre systèmes agroforestiers (Figure 8) : l'agrosylviculture, le sylvopastoralisme, l'agrosylvopastoralisme et une catégorie regroupant les autres systèmes (Nair, 1985). Cette dernière catégorie englobe des systèmes agroforestiers moins courants comme l'apisylviculture ainsi que des dispositifs plus simples tels que les haies brise-vent qui servent à réduire l'érosion

et la vitesse du vent. De plus, les dispositions temporelles et spatiales sont des critères essentiels pour la classification des systèmes agroforestiers (Torquebiau *et al.*, 2002). La dynamique de la végétation au sein d'un système agroforestier n'étant pas toujours uniforme, les divers arrangements évoluant avec le temps peuvent être considérés comme des systèmes agroforestiers à part entière (Nair, 1993). Les classifications centrées sur la fonction mettent l'accent sur la production et la durabilité des systèmes, signifiant que le système possède à la fois des fonctions de production et des fonctions de services (Nair, 1985). Ainsi, on peut identifier des systèmes dédiés à la production de céréales, de bois d'œuvre ou de fourrage. Des systèmes axés sur la conservation et la restauration de l'intégrité écologique, comme ceux qui favorisent la conservation de la fertilité du sol, réduisent l'érosion et préservent la biodiversité, ont également été décrits (Dussault, 2008). Outre la structure et les fonctions, les systèmes agroforestiers ont aussi été classifiés selon des critères socioéconomiques et climatiques. Sur le plan socioéconomique, ils peuvent être distingués en systèmes de subsistance intermédiaires ou commerciaux (Nair, 1993, Alexandre, 2002). Sur le plan climatique, des systèmes tempérés, méditerranéens et tropicaux ont été identifiés.



**Figure 8 :** Catégorisation des systèmes agroforestiers en fonction de la nature des composants  
(Modifié d'après Nair, 1985)

### **2.1.3. Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers**

#### **2.1.3.1. Importance des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers**

Un système agroforestier à base de cacaoyers est un modèle d'agroforesterie où les cacaoyers sont cultivés en association avec divers arbres et/ou animaux dans une même unité de gestion des terres. Ces systèmes présentent une grande diversité de conceptions, mais intègrent souvent des arbres d'ombrage, des cultures vivrières, ou d'autres cultures commerciales en complément des cacaoyers.

Plusieurs travaux ont mis en évidence l'importance des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers (Seraphin *et al.*, 2021 ; Ndah *et al.*, 2023 ; Dramane *et al.*, 2023). Cette importance se manifeste à la fois sur le plan socioéconomique et environnemental.

D'un point de vue socioéconomique, les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sont essentiels. Ils occupent une place significative dans l'économie mondiale et offre de nombreux avantages aux populations rurales (ICCO, 2021). De plus, la production mondiale de cacaoyers a triplé au cours des dernières années, atteignant plus de 5,6 millions de tonnes de fèves de cacao séchées en 2020 générant ainsi un revenu estimé à 8 milliards de dollars (FAO, 2020). Diverses études ont révélé la diversité des produits issus des SAF (Munjeb *et al.*, 2021 ; Kougbo *et al.*, 2023, Indratna *et al.*, 2023). C'est les cas des travaux de Indratna *et al.* (2023) qui ont permis d'identifier deux types de produits issus de ces agroforêts : les produits ligneux et les produits non ligneux. Plusieurs travaux ont décrit différentes espèces, notamment fruitières et des espèces destinées à la production de bois, dans ces systèmes (Zequeira-Larios *et al.*, 2021 ; Koné *et al.*, 2022 ; Kougbo *et al.*, 2023). De plus, l'importance des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers est renforcée par le fait que ces plantations constituent un patrimoine familial transmissible aux générations futures (Camara *et al.*, 2009 ; Adingra, 2014).

Par ailleurs, en raison de leur structure souvent complexe, similaire à celle des forêts naturelles et de leur composition floristique, de nombreuses études mettent en avant leurs avantages du niveau environnemental (Béné *et al.*, 2018 ; Suárez *et al.*, 2021, Dimobe & Bayala., 2023). En effet, ces systèmes contribuent à la préservation des sols (Suárez *et al.*, 2021), du climat local et régional (Dimobe & Bayala., 2023), ainsi que de la biodiversité (Béné *et al.*, 2018). Cependant, l'impact positif de la présence d'arbres dans ces systèmes dépend du type d'arbres. En fait, plusieurs travaux de recherche recommandent l'association de légumineuses telles que *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wilt avec les cacaoyers pour améliorer la fertilité des sols (Moura *et al.*, 2020 ; Wartenberg *et al.*, 2020 ; Vargas-Tierras *et al.*, 2021). Par ailleurs, plusieurs études ont également révélé la vulnérabilité des systèmes à ombrage zéro face aux bioagresseurs ou aux vecteurs de maladie

(Armengot *et al.*, 2020 ; Niether *et al.*, 2020). Les inventaires réalisés dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers ont révélé une grande diversité floristique et animale (Béné *et al.*, 2018 ; Fomekong *et al.*, 2023), démontrant ainsi l'importance des espèces conservées dans ces plantations. De plus, ces études ont montré que ces systèmes contribuent non seulement à fournir de la nourriture et un habitat pour la faune, mais qu'ils maintiennent également la connectivité entre les fragments de forêts (Asare *et al.*, 2014 ; Béné *et al.*, 2018 ; Jarrett *et al.*, 2021). De plus, plusieurs recherches (Nijmeijer *et al.*, 2019 ; Tschora & Cherubini, 2020 ; Supriadi *et al.*, 2022) ont démontré que les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers peuvent offrir des opportunités pour atténuer le changement climatique grâce au carbone qu'ils séquestrent. Ce taux de séquestration varie en fonction de la complexité du système, qui peut être influencée par sa composition floristique, sa structure, son âge, son historique agricole et le type d'association culturelle (Adingra & Kassi, 2016 ; Faradilla *et al.*, 2020 ; Blaser-Hart *et al.*, 2021 ; Fomekong *et al.*, 2023).

#### **2.1.3.2. Classification des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers**

Différents travaux se sont penchés sur la classification des systèmes agroforestiers pour faciliter leur compréhension (Ruf & Zadi, 1998 ; Johns, 1999 ; Moguel & Toledo, 1999 ; Rice & Greenberg, 2000 ; Somarriba & Lachenaud, 2013 ; Kpangui *et al.*, 2015a, Adjai *et al.*, 2020). Plusieurs auteurs, dont Johns (1999), Moguel & Toledo (1999) et Rice & Greenberg (2000), ont proposé des classifications basées sur la structure de la végétation et le type d'association culturelle. A partir de ces critères, cinq systèmes agroforestiers ont été identifiés : deux modernes et trois traditionnels. Les systèmes traditionnels englobent les polycultures commerciales avec diverses combinaisons (cacao-hévéa, cacao-café, cacao-cocotier, cacao-bananiers, cacao-palmiers, etc.), les cultures sous ombrage mixte comprenant des légumineuses telles que *Albizia* sp., *Glyricidia* sp., *Inga* sp., *Erythrina* sp., etc. et les systèmes sous éclaircie de forêt qui ressemblent davantage à des forêts naturelles (Michon *et al.*, 2007 ; Sonwa *et al.*, 2007). Ces systèmes se distinguent par leur diversité structurale et leur production cacaoyère élevée (Deheuvels *et al.*, 2012). Quant au système moderne, il regroupe les plantations créées sous plein soleil (sans ombrage) et celles créées sous ombrage spécialisé, constitué de légumineuses.

Cependant, cette classification ne fait pas l'unanimité. Somarriba & Beer (2011) ont notamment souligné que la complexité des systèmes agroforestiers peut varier en fonction de divers facteurs, allant de la région à la parcelle elle-même. Ainsi, la composition floristique, la diversité spécifique et la structure doivent être envisagées dans leur contexte physique, technique et socioéconomique.

En Côte d'Ivoire, diverses variables ont été utilisées pour distinguer les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. Par exemple, en se basant sur la variété cultivée, Adou Yao *et al.*, 2016 ont identifié deux systèmes opposés : le premier, avec les cacaoyers de la variété Amelonado, souvent associés à des structures complexes et une haute diversité floristique, et le second, avec des variétés hybrides, caractéristiques des structures simples et une faible diversité floristique. Kpangui *et al.* (2015a) ont également défini trois systèmes, en tenant compte du contexte environnemental et social, en plus de la variété cultivée. Il s'agit du SAF simple avec une canopée ouverte et une densité élevée de bananiers, caractérisés par les variétés hybrides ; du SAF jeune complexe avec une grande diversité d'espèces et une canopée ouverte ; et du SAF complexe vieille à canopée fermée, caractérisé par la variété Amelonado.

En outre, Konan *et al.* (2023) ont distingué trois systèmes agroforestiers à base de cacaoyers en Côte d'Ivoire, en se basant sur les paramètres structuraux et l'âge des cacaoyères. Ces résultats révèlent l'existence de trois SAF selon les zones de production. Il s'agit des SAF complexes jeunes à canopée ouverte, rencontrés à l'Ouest, caractérisés par une forte densité d'arbres associés ; du SAF simple à forte densité de cultures pérennes associées, présents au Centre-Ouest ; et du SAF simple à cacaoyères vieillissantes, caractéristiques des parcelles du Sud-Ouest âgés de 30 ans en moyenne se localisant au Sud-Ouest.

Au vu de sa complexité, différentes classifications des systèmes agroforestiers à cacaoyers ont vu le jour dans le but de comprendre son fonctionnement. Ces classifications étaient généralement fonction de la zone, des caractéristiques biophysiques, de la variété cultivée, du type d'association culturale et de l'âge des cacaoyères.

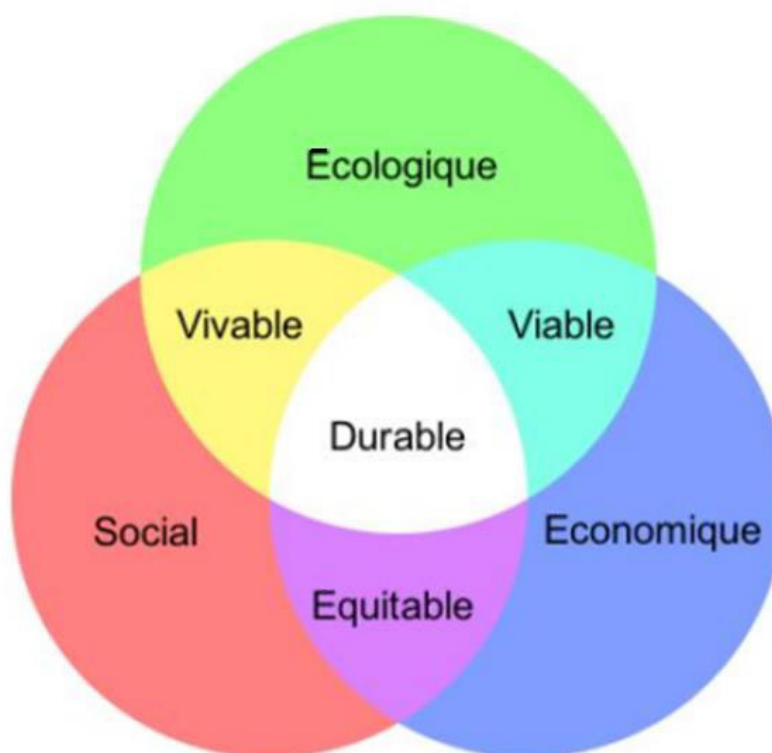
## **2.2. Durabilité des systèmes agroforestiers**

### **2.2.1. Notion de développement durable et de durabilité**

Le développement durable se définit comme un processus dynamique ayant pour vocation d'améliorer le bien-être des générations actuelles et futures, tout en préservant la qualité des écosystèmes (Brundtland, 1987). Il est aujourd'hui perçu comme un concept universellement reconnu pour sa pertinence et son impératif caractère (Trabelsi, 2017). Les activités anthropiques posent en effet de graves menaces écologiques et sociales pour les générations futures. En effet, elles pourraient entraîner une raréfaction des ressources naturelles et de l'espace, ainsi que des changements significatifs au niveau de l'équilibre écologique. De nombreux travaux ont également souligné l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et les risques majeurs de changements climatiques qui pourraient en découler. A

l'heure actuelle, face à la nécessité de réduire ou de limiter autant que possible la consommation énergétique humaine, le développement durable s'impose comme une nécessité.

Le concept de développement durable a été articulé autour de trois piliers lors du troisième sommet de la Terre à Rio en 1992 (Figure 9). Un développement qualifié de durable doit être économiquement efficace, socialement équitable et respectueux de l'environnement (Lichtfouse *et al.*, 2009). Selon Lairez *et al.* (2015), la durabilité est une notion distincte du développement durable. En effet, ces auteurs définissent la durabilité comme le caractère soutenable d'un modèle, qu'il soit économique, social, technique, etc. De plus, la durabilité caractérise l'état d'un système et sa capacité à perdurer dans le temps. Le développement durable représente le concept, tandis que la durabilité évoque l'état d'un système par rapport au développement durable (Augis, 2017).



**Figure 9** : Les trois piliers du développement durable

Source : Augis (2017)

### 2.2.2. Agriculture durable

A l'instar du développement durable, l'agriculture durable demeure un concept très varié. Certains auteurs la définissent comme un ensemble de stratégies de gestion répondant aux principales préoccupations sociétales concernant la qualité des aliments et la protection de l'environnement (Francis *et al.*, 1987). D'autres considèrent l'agriculture comme durable en se basant sur la capacité du système agricole à maintenir la productivité des cultures sur le long terme (Ikerd, 1993). Un autre groupe d'auteurs base son jugement sur un facteur principal de durabilité, par exemple, la flexibilité, qui est la capacité d'adaptation de l'agriculture aux changements futurs (Gafsi *et al.*, 2006). Cependant, tous ces auteurs s'accordent sur l'intervention des trois piliers de la durabilité : les approches environnementales, économiques et sociales. Une agriculture est donc dite durable lorsqu'elle est économiquement viable, écologiquement sûre et socialement équitable (Lichtfouse *et al.*, 2009).

L'agriculture durable se caractérise selon deux approches (Boiffin *et al.*, 2004). La première se situe au niveau de l'exploitation agricole. Dans ce contexte, l'agriculture doit perdurer tout en préservant la fertilité des sols, en protégeant les eaux souterraines, en développant les énergies renouvelables et en trouvant des solutions pour adapter les systèmes agricoles au changement climatique (Lichtfouse *et al.*, 2009). La seconde approche considère que l'agriculture doit jouer un rôle dans le développement durable des régions et des communautés riveraines (Lichtfouse *et al.*, 2009). Elle doit, par exemple, aider les métropoles dans la gestion de leurs déchets grâce au recyclage des boues d'épuration urbaines, en créant de l'emploi rural ou en offrant aux citoyens un paysage rural.

Aujourd'hui, au-delà de la production, l'agriculture assume de multiples fonctions, telles que l'entretien du paysage, la gestion et la lutte contre les risques naturels, ou le maintien de la spécificité des territoires (Lairez *et al.*, 2015). L'enjeu n'est donc plus de produire plus, mais mieux. Dans cette optique, les campagnes portant sur des pratiques agricoles plus durables, comme la réduction des intrants, la limitation du travail du sol (l'agriculture de conservation), une réflexion approfondie sur les rotations culturales ou l'optimisation des services écosystémiques, se multiplient. Face aux nouvelles orientations de l'agriculture, la nécessité d'évaluer la durabilité des systèmes de cultures se fait de plus en plus sentir. C'est ainsi que de nombreux outils d'évaluation de la durabilité des systèmes de culture ont vu le jour, en tenant compte des trois dimensions de la durabilité : économique, sociale et environnementale.

### **2.2.3. Méthodes et outils d'évaluation multicritère en agriculture**

#### **2.2.3.1. Principes et objectifs de l'évaluation multicritère**

L'évaluation multicritère telle que définie par Lairez *et al.* (2017), est une activité qui prend en compte plusieurs critères (comme la rentabilité économique, la qualité de vie, la contribution au réchauffement climatique, etc.) pour comparer, hiérarchiser ou évaluer des options. Grâce à la combinaison de plusieurs critères élémentaires, l'analyse multicritère offre une vision globale du sujet étudié. L'aide à la décision multicritère vise à accompagner le gestionnaire dans sa prise de décisions, en tenant compte de nombreux critères qui peuvent parfois être divergents (Zanakis *et al.*, 1998). Cette méthode d'évaluation révèle les atouts et les faiblesses d'un système (Lairez *et al.*, 2015). De plus, les méthodes et outils d'évaluation multicritères sont conçus pour évaluer la contribution d'un système à la durabilité.

#### **2.2.3.2. Etat de l'art des méthodes d'évaluation multicritère**

A partir des années 1990, les pays du Nord ont vu l'émergence de nombreuses méthodes d'évaluation prenant en compte divers critères (Auberger *et al.*, 2016). C'est dans ce contexte que plusieurs outils et méthodes d'évaluation multicritère, basés sur des ensembles d'indicateurs ont été développés dont les modèles IDEA, INDIGO, EDEN, ELECTRE et MASC.

##### **2.2.3.2.1. Modèle IDEA**

La méthode d'Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles (IDEA) offre une analyse de la durabilité des exploitations agricoles par autoévaluation (Briquel *et al.*, 2001). Fondée sur les échelles agro-écologiques, socio-territoriales et économiques, cette méthode, grâce à des indicateurs, permet d'appréhender les aspects positifs et négatifs d'un système agricole. De plus, IDEA aide à identifier les domaines où des améliorations sont nécessaires pour s'orienter vers un développement durable. Initialement conçu pour évaluer les grands systèmes agricoles français, ce modèle visait à mesurer la durabilité des exploitations de polyculture-élevage (Zahm, 2013). La version 4 d'IDEA compte 53 indicateurs, répartis entre 19 indicateurs au niveau agro-écologique, 23 au niveau socio-territorial et 11 au niveau économique (Zahm *et al.*, 2019). Ces indicateurs sont exprimés sous forme de scores, sur des échelles variables, allant de 0 à 3 jusqu'à 0 à 25. La somme de la valeur des indicateurs donne en premier lieu la valeur de durabilité pour chaque dimension. Ensuite, la plus forte valeur de dimension obtenu constitue la valeur de la durabilité globale (Auberger *et al.*, 2016). Pour faciliter la mise en œuvre du modèle IDEA, plusieurs outils, sous forme de tableurs Excel, ont été développés ([idea.chlorofil.fr/utilisation/outils-dapplication.html](http://idea.chlorofil.fr/utilisation/outils-dapplication.html)).

#### **2.2.3.2.2. Modèles INDIGO et EDEN**

Le modèle INDIGO élaboré par Bockstaller & Girardin (2006) pour les exploitations françaises, évalue les impacts environnementaux d'un système, que ce soit à mi-parcours ou lors de sa création, tout en identifiant des pistes d'amélioration. Conçu pour évaluer une ou plusieurs parcelles destinées à la production végétale, INDIGO a été paramétré pour les grandes cultures, les prairies et la vigne (Bockstaller & Rabolin, 2011). Il se compose de 8 indicateurs, exprimés sous forme de scores sur une échelle de 0 (impact inacceptable) à 10 (impact faible ou nul), dont 7 correspondent à une valeur de référence (Bockstaller & Rabolin, 2011). Un outil logiciel appelé INDIGO a été développé pour calculer ces indicateurs (Auberger *et al.*, 2016).

La méthode d'Evaluation de la Durabilité des Exploitations (EDEN) est destinée à mesurer la durabilité des exploitations laitières et céréalières (Kanyarushoki *et al.*, 2011). Elle calcule 18 indicateurs, divisés entre 6 indicateurs environnementaux, 8 économiques et 4 sociaux. Les indicateurs économiques et sociaux, inspirés d'IDEA, sont exprimés en scores, tandis que les indicateurs environnementaux sont exprimés en valeurs.

#### **2.2.3.2.3. Modèle ELECTRE**

Le modèle ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) est une analyse décisionnelle multicritère, basée sur la comparaison, critère par critère, en mettant en avant une préférence/indifférence d'un critère par rapport à un autre, aboutissant à une matrice de surclassement (Figueira, 2005). Elle a été présentée par Beneyoun et ses collègues de la société de conseil SEMA au milieu des années 1960 (Roy, 1968). Depuis sa première application en 1965, la méthode ELECTRE visait à sélectionner la meilleure action parmi un ensemble donné d'actions, mais elle a rapidement été associée à trois problèmes fondamentaux : le choix, le classement et le tri. La méthode ELECTRE est reconnue pour ses relations de surclassement permettant de classer un ensemble de choix (Dodgson *et al.* 2009).

Cette méthode est considérée comme étant relativement complexe, la principale raison étant qu'un grand nombre de paramètres spécialisés sont pris en compte dans cette méthode, et que le calcul adopté est quelque peu complexe en comparaison (Fei *et al.* 2019). Depuis quelques années plusieurs variantes du modèle ELECTRE (ELECTRE II, ELECTRE III, etc.) regroupant le vocable de famille ELECTRE ont vu le jour. Comparativement aux autres modèles d'analyse multicritère en agriculture, les modèles ELECTRE sont très peu utilisés.

Des outils informatiques fonctionnant sous Windows ont été développés pour la mise en œuvre des méthodes ELECTRE par le Laboratoire d'Analyse et de Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision (Nafi & Wery, 2009).

#### **2.2.3.2.4. Modèle MASC**

MASC (Multi-attribute Assessment of the Sustainability of Cropping systems) a été conçu pour permettre aux chercheurs et aux conseillers agricoles d'évaluer et de classer des systèmes de culture. Il identifie les atouts et les faiblesses d'un système de culture à partir d'une grille d'évaluation basée sur les trois dimensions de la durabilité : sociale, environnementale et économique (Craheix *et al.*, 2012). Ce système d'évaluation se compose de 39 critères qualitatifs structurés de manière arborescente (Reau, 2011). Le logiciel DEXi, qui agrège des valeurs qualitatives et le logiciel CRITER, destiné au calcul des critères de base de MASC, ont été développés pour faciliter son application (Reau, 2011). MASC peut être utilisé a posteriori ou a priori, et permet aussi d'évaluer des systèmes alternatifs (Augis, 2017). Plusieurs modèles ont été développés sur la base de MASC, notamment DEXiPM® (Pelzer *et al.*, 2012) pour les grandes cultures, DEXiFruits (Alaphilippe *et al.*, 2013) pour les systèmes de culture à pépins ou à noyaux et DEXiCacao (Konan *et al.*, 2022) pour les systèmes de culture à base de cacaoyers. Néanmoins, toutes ces méthodes partagent une structure commune (Angevin *et al.*, 2017).

# **PARTIE II : MATERIEL ET METHODES**

## **Chapitre 3 : Matériel**

Le matériel utilisé pour la réalisation de cette étude était composé de matériel biologique et de matériel technique.

### **3.1 Matériel biologique**

Le matériel biologique était composé :

- d'espèces végétales présentes dans les cacaoyères ;
- de l'Herbier de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE qui a servi de guide d'identification des échantillons de plantes non déterminées sur le terrain.

### **3.2 Matériel technique**

Le matériel technique est composé de matériel pour la réalisation de l'enquête, de l'inventaire floristique, de collecte de données sur les cacaoyers et de traitement des données collectées.

Le matériel d'enquête était composé de tablette numérique dans laquelle a été intégré un questionnaire.

L'inventaire floristique a nécessité l'utilisation :

- d'un GPS (Global Positioning System) pour l'enregistrement des coordonnées des placettes, la délimitation des plantations et la navigation sur le terrain ;
- d'un appareil photographique numérique pour les prises de vue des différents échantillons d'espèces végétales ;
- d'un pentadécamètre pour la délimitation des placettes ;
- d'un ruban gradué pour la mesure des diamètres à hauteur de poitrine (dbh) des individus d'espèces végétales ;
- d'un sécateur pour le prélèvement des échantillons d'espèces végétales ;
- d'un télémètre pour la mesure de la hauteur des arbres ;
- de papiers journaux pour la confection d'herbiers.

Le matériel de collecte de données sur les cacaoyers se composait de :

- peintures et de pinceaux pour le marquage des cacaoyers ;
- balises en ruban rouge-blanc pour le marquage des parcelles de suivi ;
- balance électronique utilisée pour déterminer la masse des fèves de cacao.

Pour le traitement des données, le matériel utilisé se composait :

- d'un tableur Excel version 2016 pour l'organisation et la manipulation des données ;
- du logiciel Qgis version 3.10 pour la réalisation des cartes ;

- des logiciels MVSP pour le calcul des indices de diversité ;
- le logiciel R pour le traitement statistique des données d'enquête et floristiques ;
- du logiciel DEXI pour la modélisation de la durabilité des systèmes agroforestiers.

## **Chapitre 4 : Méthodes**

La méthodologie adoptée dans cette étude se décline en plusieurs étapes. La première étape a consisté à sélectionner les sites d'étude, suivie de la sélection des cacaoculteurs. Ensuite, des inventaires floristiques, accompagnés de mesures dendrométriques, ont été réalisés pour identifier les différents types de systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers et en déterminer les caractéristiques écologiques. Par la suite, des enquêtes auprès des producteurs, couplées à des mesures sur les cacaoyers, ont permis de déterminer les caractéristiques socioéconomiques des cacaoculteurs de chaque SAF. Une analyse multicritère a également été menée pour identifier le SAF le plus durable. Toutefois, les données collectées ont été soumises à différentes analyses statistiques.

### **4.1. Choix des sites d'études**

Dans cette étude, les sites visités font partie de l'observatoire de Daloa mis en place dans le cadre du projet Cocoa4future. Le choix des sites d'étude a été effectué à la suite d'entretiens avec plusieurs structures d'encadrement (ANADER, CNRA). Suite à ces entretiens, les localités de Dabouzra, Ouarêbota, Koffikro, Blaisekro 2 et N'Guattakouakoukro ont été choisies dans la zone de Bonon. Les localités de la zone de Soubré regroupaient Gnogboyo, Mabehiri, Emilekro, Tayo et Lazoua. Enfin, la zone de Biankouma était composée des localités de Klapleu, Chocopleu, Touoba et Moroulé. Le choix de ces localités se justifie par leur forte production cacaoyère et leur accessibilité.

### **4.2. Choix des enquêtés**

La sélection des cacaoculteurs a été faite à partir d'une enquête préliminaire auprès des chefs d'exploitations cacaoyères. A la suite de ces enquêtes, cinquante (50) producteurs par site (soit un total de 150 producteurs) conformément aux exigences du projet Cocoa4future ont été sélectionnés de manière aléatoire sur la base de différents critères. Les critères retenus sont les suivants : la présence d'arbres dans la parcelle, la possession d'au moins une plantation en production, une expérience de plus de 5 ans en cacaoculture et la volonté du producteur de participer à l'étude.

### **4.3. Inventaire floristique et mesure dendrométrique dans les cacaoyères**

#### **4.3.1. Inventaire floristique**

Les inventaires floristiques ont été réalisés dans toutes les cacaoyères détenues par l'ensemble des producteurs précédemment sélectionnés. Ils ont débuté par la délimitation des contours des plantations à l'aide d'un GPS afin de déterminer la superficie de chaque plantation.

Deux méthodes complémentaires d'inventaire floristique ont été employées : les relevés de surface et les relevés itinérants. La combinaison de ces deux approches a permis de recenser un maximum d'espèces présentes dans les plantations. Pendant ces relevés, des mesures dendrométriques ont également été effectuées sur les espèces ligneuses rencontrées dans les parcelles visitées.

Au total 157 plantations ont été inventoriées sur l'ensemble des sites étudiés. Plus précisément, 52 plantations ont été visitées dans les zones de Bonon et aussi de Soubré, et 53 plantations dans la zone de Biankouma.

##### **4.3.1.1. Méthode de relevé de surface**

La méthode de relevé floristique de surface, qui consiste à recenser tous les taxons rencontrés sur des superficies carrées, rectangulaires ou circulaires, a été utilisée. Dans cette étude, les données ont été collectées dans des parcelles de 625 m<sup>2</sup> (25 m x 25 m) installées au sein des cacaoyères. Trois (3) placettes de 625 m<sup>2</sup>, équidistantes de 200 m, ont été installées en moyenne par plantation, soit un total de 411 placettes. Par ailleurs, l'installation des placettes a été guidée par la superficie des plantations ainsi que l'âge des cacaoyers.

Au sein des placettes, toutes les espèces végétales ligneuses, ainsi que les palmiers et bananiers, ont été identifiées. Les feuilles et des organes fertiles des espèces non identifiées sur le terrain ont été collectés en vue de constituer un herbier pour une identification ultérieure. De plus, l'âge des cacaoyers dans chaque placette a été également noté.

##### **4.3.1.2. Méthode de relevé itinérant**

Le relevé itinérant, utilisé dans plusieurs études botaniques, visait à compléter les listes floristiques obtenues lors du relevé de surface. Il a consisté à parcourir la cacaoyère dans toutes les directions en notant et géoréférençant toutes les espèces végétales rencontrées.

#### **4.3.2. Mesures dendrométriques des ligneux**

Les mesures dendrométriques réalisées au sein des différentes placettes, ont consisté à déterminer la circonférence et la hauteur des individus d'espèces.

La circonférence a été mesurée pour les arbres ligneux dont le diamètre à 1,30 m du sol était supérieur ou égal à 2,5 cm (environ 8 cm de circonférence). Ce seuil de diamètre a été choisi pour maximiser la diversité des espèces végétales en assurant une bonne caractérisation de la composition floristique et de la densité des espèces dans les cacaoyères, conformément aux recommandations de Vroh *et al.* (2010). Pour les spécimens avec des contreforts dépassant 1,30 m de hauteur, le diamètre a été mesuré à 50 cm au-dessus des contreforts. Pour les individus ramifiés de moins de 1,30 m, chaque tige a été considérée comme une plante distincte, et les mesures ont été prises sur chacune d'elles (Felfili *et al.*, 2004).

En outre, la hauteur des individus ligneux a été mesurée à l'aide d'un télémètre ou estimée par un expert pour déterminer les différentes strates de la végétation.

#### **4.3.3. Traitement des données floristiques**

##### **4.3.3.1. Richesse floristique**

La richesse floristique est définie comme le nombre d'espèces recensées sur un territoire donné (Aké-Assi, 1984). Sa détermination consiste à faire le décompte de toutes les espèces recensées dans chaque biotope sans tenir compte de leur abondance. Il en a été de même pour les familles et les genres des espèces recensées. L'identification des espèces a été faite sur base de la clé d'identification proposée par Hawthorne (1996) basée sur la nomenclature des espèces végétales de Cronquist (1981). Cette clé d'identification est basée sur la reconnaissance des feuilles, des fruits et du tronc. Par ailleurs, les noms des plantes ont été corrigés selon les travaux de Lebrun & Stork (1997). Ainsi, à partir des différentes listes floristiques dressées, le nombre d'espèces associées aux cacaoyers a été déterminé.

##### **4.3.3.2. Composition floristique**

L'analyse de la composition floristique a consisté à relever pour chaque espèce identifiée, les types morphologiques et l'affinité chorologique. La classification des différentes espèces selon leur chorologie et leurs types morphologiques a été faite sur la base des travaux de Aké-Assi (2001, 2002). La caractérisation de ces paramètres floristiques permet d'apprécier le type d'espèces conservées par les agriculteurs et leur mode de gestion de la plantation.

Les types morphologiques ont concerné les espèces arborescentes (arbres et arbustes) et les herbacées. Les arbustes regroupent les espèces microphanérophytes (mp) ; les arbres sont

constitués de mésophanérophyles (mP) et mégaphanérophyles (MP). Les herbacées sont composées de bananiers.

Les affinités chorologiques ont été utilisées pour scinder les espèces suivant leur aire de répartition géographique. Aussi, l'on a distingué les espèces locales à savoir les espèces de la zone Guinéo-congolaise (GC), de la zone de transition entre la région Guinéo-Congolaise et la région Soudano-Zambézienne (GC-SZ), celles de la région Soudano-zambézienne (SZ) et puis les espèces exotiques ou introduites (I).

#### **4.3.3.3. Espèces à statut particulier**

La valeur des SAF à base de cacaoyers pour la conservation de la biodiversité a été analysée à travers la détermination des espèces à statut particulier. Il s'agit des espèces endémiques, rares et/ou menacées de disparition de la flore ivoirienne. Pour ce faire, la liste des espèces recensées a été confrontée à différentes sources, notamment les travaux de Aké-Assi (2001 ; 2002) en ce qui concerne les espèces endémiques aux blocs forestiers Ouest-africains (GCW). Quant aux espèces rares et/ou menacées, nous les avons répertoriées en croisant nos listes floristiques avec celles de la liste rouge des espèces établies par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2024).

#### **4.3.3.4. Diversité floristique**

La diversité floristique a été évaluée à partir des indices de Shannon (1948), d'équitabilité de Piélou (1966) et de Simpson (1949).

##### **4.3.3.4.1. Indice de Shannon**

L'indice de Shannon mesure la composition en espèces d'un peuplement en tenant compte de la richesse spécifique et de leur abondance relative (Felfili *et al.*, 2004). Il est donné par l'expression mathématique suivante :

$$H = \sum \frac{n_i}{N} \ln\left(\frac{N}{n_i}\right) \quad (1)$$

Dans cette formule, H désigne l'indice de Shannon,  $n_i$  le nombre d'individus de l'espèce  $i$  et  $N$  le nombre total d'individus de toutes les espèces. Les valeurs de cet indice varient entre 0 et  $\ln S$  qui est la diversité maximale ( $S$  étant le nombre total d'espèces dans le milieu). La valeur de l'indice de Shannon dans un peuplement composé d'une seule espèce est égale à 0, tandis que pour un peuplement comportant plus d'une espèce, il tend vers  $\ln S$ .

#### 4.3.3.4.2. Indice d'équitabilité de Piélou

L'indice d'équitabilité de Piélou permet de mesurer l'équitabilité des espèces du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces (Barbault, 1992). Sa formule est :

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (2)$$

Avec E : indice d'équitabilité de Piélou ; H : indice de Shannon et S : nombre total d'espèces recensées dans le milieu concerné.

Cet indice varie de 0 à 1. Plus la valeur de E se rapproche de 1, plus les espèces du milieu considéré sont réparties de manière équitable entre les individus qui les composent. En revanche, des valeurs faibles correspondent à la présence d'un grand nombre d'espèces rares ou à la domination d'un petit nombre d'espèces (Piélou, 1966).

#### 4.3.3.4.3. Indice de Simpson

L'indice de diversité de Simpson est défini comme la probabilité pour que deux individus pris au hasard, dans un peuplement étudié, appartiennent à la même espèce (Moumouni *et al.*, 2019). Par ailleurs, Il est sensible aux variations des espèces les plus abondantes (Grall & Coïc., 2005). La formule proposée par Simpson (1949) est la suivante :

$$D = 1 - \sum \left( \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right) \quad (3)$$

Avec D l'indice de diversité de Simpson,  $n_i$  le nombre d'individus d'une espèce  $i$  et  $N$  le nombre total d'individus de toutes les espèces. Cet indice varie donc de 0 (diversité minimum) à 1 (diversité maximum).

#### 4.3.3.5. Détermination de la prépondérance des arbres

Le calcul de l'indice de valeur d'importance (IVI) nous a permis d'apprécier la prépondérance des arbres dans les différents SAF. Cet indice permet de faire la combinaison de toutes les données recueillies sur un site, concernant les espèces pour lesquelles le DBH a été mesuré. Cet indice donne des informations sur le nombre d'individus, la fréquence dans les parcelles et l'importance en fonction de la surface terrière. Ainsi, cet indice met en évidence les espèces les plus importantes (prépondérantes) au niveau d'un site. L'IVI se calcule de la manière suivante.

$$\text{IVI espèce} = \text{DoR espèce} + \text{DeR espèce} + \text{FR espèce} \quad (4)$$

$$\text{DoR}_{\text{espèce}} = \frac{\text{Aires basale de l'espèce}}{\text{Sommes des aires basales de toutes les espèces}} \times 100$$

$$\text{FR}_{\text{espèce}} = \frac{\text{Nombre d'occurrences de l'espèce}}{\text{Sommes des occurrences de toutes les espèces}} \times 100$$

$$\text{DeR}_{\text{espèce}} = \frac{\text{Nombre d'individus de l'espèce}}{\text{Sommes des nombre d'individus de toutes les espèces}} \times 100$$

DeR : densité relative, DoR : dominance relative, FR : fréquence relative

#### 4.3.3.6. Structure des plantations

##### 4.3.3.6.1. Densité des ligneux

La densité (D) est définie comme étant le nombre d'individus par unité de surface (Rollet, 1979). Elle traduit l'occupation du sol par les espèces. Elle a été calculée selon la formule suivante :

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

Nt = nombre de tige recensée et S = superficie en ha

##### 4.3.3.6.2. Aire basale

L'aire basale est la somme des surfaces de la section des troncs de tous les arbres d'un relevé si l'on suppose que la coupe se fait à 1,30 m au-dessus du sol (Rollet, 1979).

Elle se calcule à partir de la formule suivante :

$$A = \frac{\sum \frac{\pi d^2}{4}}{S} \quad (6)$$

Avec d le diamètre de l'arbre en mètre (m), S la superficie de la placette en hectare (ha), A exprimé en m<sup>2</sup>/ha et  $\pi = 3,1416$ .

Ce paramètre a été calculé uniquement pour les espèces ligneuses associées. Le calcul de l'aire basale a permis d'apprécier le volume des arbres dans les cacaoyères.

#### **4.3.3.6.3. Distribution par classes de hauteur**

La hauteur des arbres est un paramètre important à mesurer ou à estimer en vue d'apprécier le recouvrement des espèces dans les plantations. Dans cette étude, les individus ont été regroupés en deux (2) strates. Il s'agit de la strate inférieure qui compte les individus de hauteur inférieure ou égale à la taille maximale des cacaoyers ( $h \leq 8$  m) et la strate supérieure qui regroupe les individus de hauteur supérieure à la taille des cacaoyers ( $h > 8$  m). Cette classification a été adoptée pour évaluer l'importance des arbres situés au-dessus des cacaoyers, susceptibles de leur fournir de l'ombrage.

#### **4.3.3.7. Estimation du taux de carbone séquestré**

Cette analyse vise à évaluer l'importance des SAF dans la régulation du climat à travers la séquestration du carbone. L'estimation de ce taux de séquestration du carbone se fait par l'intermédiaire du calcul de la biomasse végétale.

##### **4.3.3.7.1. Détermination de la biomasse végétale des espèces**

Il existe deux méthodes pour l'estimation de la biomasse végétale à savoir la méthode directe (destructrice) et la méthode indirecte (non destructrice). La méthode directe consiste à couper les espèces végétales, pour en prélever un échantillon qui va être séché, pour après servir au calcul de la biomasse sèche. L'estimation de la biomasse à partir de la méthode indirecte se fait à partir de modèles allométriques basés principalement sur le diamètre des individus.

Il existe plusieurs modèles de calcul via la méthode indirecte, parmi lesquels la méthode par défaut du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, 2006) qui sert de référence mondiale, et les modèles allométriques développés par Brown (1997), Chave *et al.* (2005, 2014) qui comptent parmi les plus utilisés. Indépendamment du modèle utilisé, l'estimation du taux de carbone séquestré suit quatre (4) étapes : le calcul de la biomasse aérienne, de la biomasse souterraine, de la biomasse totale et de la déduction du taux de carbone séquestré.

#### 4.3.3.7.1.1. Détermination de la biomasse aérienne

La biomasse au-dessus du sol a été estimée à partir de l'équation de Chave *et al.* (2014). Cette équation a été proposée pour le calcul de la biomasse des arbres en milieu tropical. Cette équation est donnée par la formule suivante :

$$AGB = 0,0673 \times (dD^2H)^{0,976} \quad (7)$$

Avec AGB biomasse aérienne exprimée en Kg, D diamètre à hauteur de poitrine en centimètre (cm), H hauteur de l'arbre en mètre (m) et  $d$  densité spécifique de l'arbre exprimée en g/cm<sup>3</sup>.

Le calcul de la biomasse aérienne a été réalisée à partir du package « Biomass » inclut dans le logiciel R/Rstudio (Réjou-Méchain *et al.*, 2017). Le Package « BIOMASS » exécute un certain nombre de tâches standard à savoir l'identification et la correction de la taxonomie, l'estimation de la densité spécifique du bois à partir de l'identité des espèces d'arbres, la construction d'une allométrie locale hauteur-diamètre (H-D) avec les données de hauteur et l'estimation des AGB avec les erreurs associées.

#### 4.3.3.7.1.2. Détermination de la biomasse souterraine

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

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

Avec BGB désignant la biomasse souterraine déterminée en Kg, AGB, la biomasse aérienne en Kg et R, la Fraction racinaire (ou Root to shoot ratio) égale à 0,24.

#### 4.3.3.7.1.3. Détermination de la biomasse totale et du taux de carbone séquestré

La biomasse totale est obtenue en faisant la somme de la biomasse aérienne et de la biomasse racinaire.

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

Avec : TB = Total Biomass ou Biomasse totale (Kg)

Le carbone séquestré a été estimé selon la formule suivante :

$$SC = TB \times 0,5 \quad (10)$$

Où SC est le stock de carbone séquestré et TB est la biomasse totale.

#### **4.4. Détermination des caractéristiques socioéconomiques des producteurs**

##### **4.4.1. Collecte des données d'enquête**

###### **4.4.1.1. Elaboration du questionnaire**

Le questionnaire utilisé dans ce travail a été conçu dans le cadre du projet Cocoa4future. Il se composait de questions fermées, multiples et ouvertes, regroupées en quatre grandes rubriques. La première rubrique porte sur les caractéristiques sociodémographiques des cacaoculteurs. La seconde traite des caractéristiques des exploitations familiales. La troisième rubrique tente de comprendre les impacts du changement écologique sur les cycles du cacao. La dernière rubrique, quant à elle, traite des innovations sociales autour de l'agroforesterie, du foncier et du travail des enfants (Annexe 1).

###### **4.4.1.2. Enquête auprès des producteurs**

Une enquête préliminaire a d'abord été effectuée auprès des cacaoculteurs sélectionnés afin de valider le questionnaire. Cette enquête a permis d'apprécier la faisabilité des enquêtes et d'identifier les erreurs présentes dans le questionnaire.

Les interviews ont été menées au village ou dans les plantations, de jour comme de nuit, selon la disponibilité des producteurs, sur une période de deux ans. Dans chaque site, il a été question de déterminer les caractéristiques des cacaoculteurs et des plantations.

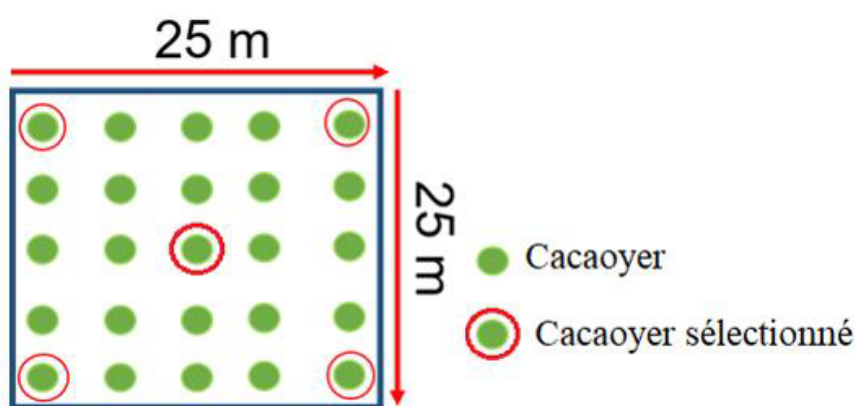
Concernant la caractérisation des producteurs, il a été question de déterminer l'origine, l'âge, le genre, le niveau d'instruction, le mode d'acquisition à la terre, le nombre d'années d'expérience dans la cacaoculture, la participation à une formation en cacaoculture et la participation à un programme de certification.

Au niveau de la caractérisation des plantations, il s'agissait de déterminer l'âge des plantations, le précédent cultural, la superficie, les contraintes parasitaires et les maladies, le mode et le nombre d'entretien annuel des plantations, le coût des produits phytosanitaires et des fertilisants, le coût du désherbage, le coût des équipements, le coût de la terre (le cas échéant), le coût de la main-d'œuvre, le coût des plants. Aussi, la quantité de produit vendus issus des espèces associées et la valeur monétaire de cette quantité selon les prix du marché local ont été déterminées. Par ailleurs, le prix d'achat des fèves de cacao, le type de fertilisant et de pesticides utilisés, le type et le nombre de désherbage réalisé dans les plantations ont été recensés.

#### 4.4.2. Evaluation de la productivité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

##### 4.4.2.1. Dispositif de collecte des données

Dans chaque SAF identifié, 15 parcelles de 625 m<sup>2</sup> ont été installées, soit 45 parcelles au total. Dans chaque parcelle, cinq (5) cacaoyers ont été sélectionnés et marqués à la peinture pour suivre leur production (Kouadio, 2019). Ces cacaoyers ont été choisis aux angles et au centre des parcelles carrées (Figure 10). Par ailleurs, le nombre de cacaoyers dans chaque parcelle a été déterminé.



**Figure 10 :** Schéma du dispositif d'échantillonnage et de sélection des cacaoyers suivis

##### 4.4.2.2. Collecte de données sur les cacaoyers

Les données collectées sur les cacaoyers précédemment sélectionnés ont concerné les fruits encore appelés cabosses et les graines ou fèves. Il a été question, d'une part, de faire le décompte des cabosses mures (Longueur > 10 cm) et, d'autre part, de déterminer la masse des fèves.

En ce qui concerne le dénombrement des cabosses, selon Boyer (1974), on distingue trois (3) niveaux pour dénombrer des cabosses : le tronc, les branches principales issues du tronc et les branches secondaires. Ainsi, le dénombrement des cabosses a été réalisé aussi bien sur le tronc que sur les branches du cacaoyer.

Le décompte des cabosses mures réalisé à chaque visite a permis d'estimer le nombre moyen de cabosses produit par pied de cacaoyer. A chaque visite, les fèves de 10 cabosses mures (soit deux par cacaoyers sélectionnés) étaient pesées afin d'estimer la masse moyenne des fèves d'une cabosse. Les données ont été collectées de façon trimestrielle pendant deux (2) années successives. En moyenne, dix (10) jours ont été nécessaires pour la réalisation de toutes ces activités dans chaque localité.

### **4.4.3. Analyse et de traitement des données socioéconomiques**

#### **4.4.3.1. Traitement des données d'enquête**

Les données collectées à partir des tablettes numériques ont été transférées dans le logiciel Excel pour des traitements essentiels, principalement axés sur le calcul des fréquences et des moyennes des variables étudiées. Ces traitements ont permis de dégager le profil des producteurs ainsi que les caractéristiques des plantations.

Pour ce qui est des producteurs, les analyses ont porté sur l'âge, le niveau de scolarisation, l'origine, le mode d'acquisition des terres, le genre, le nombre d'années d'expérience en cacaoculture ainsi que l'encadrement dans la pratique de la cacaoculture.

Concernant les plantations, les analyses ont porté sur l'âge, la superficie des plantations, le précédent cultural, les contraintes parasitaires des cacaoyers, le nombre et le type d'entretien, le nombre et le type de fertilisation ainsi que le type et le nombre d'interventions phytosanitaires. De plus, le revenu tiré des cultures associées et les dépenses annuelles de production ont été déterminés. Les dépenses incluent le coût des intrants et des fertilisants, le coût du désherbage, et le coût des équipements tels que le matériel utilisé. Le coût d'installation de la plantation a également été évalué, en tenant compte du prix d'achat de la terre (le cas échéant), ainsi que le coût de la main-d'œuvre et des plants. Quant au revenu issu de la vente des cultures associées, il a été estimé à partir des informations fournies par chaque producteur, comprenant la quantité produite, la quantité récoltée, et la valeur monétaire de cette récolte selon les prix du marché local. En outre, le prix d'achat réel des fèves de cacao a été calculé par zone car il pourrait varier selon l'accessibilité des localités et la proximité des zones de stockage. Pour finir, les dépenses effectuées ainsi que les revenus obtenus par les cacaoculteurs ont permis d'établir le compte d'exploitation des plantations de chaque SAF.

#### **4.4.3.2. Analyse de la rentabilité des différents systèmes agroforestiers**

Les paramètres pris en compte afin d'évaluer la rentabilité des SAF sont la production en cacao marchand, la charge de production, le rendement des parcelles et les revenus annuels du paysan liés à la vente du cacao. A ceux-ci, s'ajoutent le calcul des bénéfices tirés des produits des espèces associées aux cacaoyers.

#### 4.4.3.2.1. Production en cacao marchand

Ce calcul a été inspiré des travaux de Essola (2014). La production de cacao marchand a été estimée selon la formule mathématique suivante :

$$\text{Rdtcm} = (\text{nbcab} \times \text{MFS}) \times \text{N} \quad (11)$$

Avec Rdtcm : rendement total en cacao marchand ; nbcab : nombre de cabosses par cacaoyer ; MFS : masse de fèves sèches par cabosse (kg) ; N : nombre de cacaoyers par ha.

La masse de fève sèche par cabosse (MFS) est obtenue selon la formule suivante :

$$\text{MFS} = \text{MF} \times 0,35 \quad (12)$$

Avec MF, la masse de fèves fraîches par cabosse, 0,35 est le coefficient de transformation de la masse de fèves fraîches en masse de fèves sèches

#### 4.4.3.2.2. Coût de production

Le coût de production ou charge de production correspond aux moyens financiers mis en œuvre par le paysan pour aboutir à la production de sa plantation. Il se calcule de la manière suivante :

$$\text{CPT} = \sum \text{CpA} \quad (13)$$

Dans cette formule, CPT désigne la charge de production totale, et CpA les coûts de productions d'une année (en FCFA.ha<sup>-1</sup>). Les coûts de production représentent l'ensemble des dépenses effectuées au cours d'une année qui ont favorisé une production optimale de la parcelle.

#### 4.4.3.2.3. Revenu et bénéfice annuel des producteurs

Le revenu annuel est la somme de l'ensemble des revenus du producteur issu de la vente des cultures associées et des fèves de cacao en une année. Il se calcule selon la formule suivante :

$$\text{RA} = \text{Rc} + \text{Rca} \quad (14)$$

Avec RA le revenu annuel des producteurs, Rc le revenu annuel issu de la vente des fèves de cacao, Rca le revenu annuel issu de la vente des cultures associées.

Le revenu issu de la vente des fèves se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Rc} = \text{Rdtcm} \times \text{PA} \quad (15)$$

Avec Rdtcm : rendement total en cacao marchand et PA prix d'achat des fèves

Le bénéfice annuel des producteurs a été calculé selon la formule suivante :

$$BA = RA - CPT \quad (16)$$

Avec BA = bénéfice annuel, RA est le revenu annuel des producteurs et CPT désigne la charge de production totale.

#### **4.5. Evaluation de la durabilité des systèmes agroforestiers**

L'évaluation de la durabilité s'est faite à partir d'une analyse multicritère basée sur la technologie DEXi. Dans cette étude, le modèle DEXiCacao a été utilisé. Il s'agit d'un modèle DEXi adapté au contexte de la cacaoculture.

##### **4.5.1. Présentation et fonctionnement du modèle DEXiCacao**

L'analyse de la durabilité des systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers a été réalisée à partir d'une analyse multicritère. Cette analyse a été faite en prenant en compte les trois dimensions de la durabilité à savoir les dimensions sociales, économiques et environnementales. L'évaluation de la durabilité s'est faite à partir du modèle DEXiCacao qui est un modèle adapté au contexte de la cacaoculture mis au point dans le cadre du projet Cocoa4Future. Ce modèle résulte d'une adaptation du modèle DEXiFruit (Alaphilippe *et al.*, 2013). Le modèle DEXiCacao se présente sous la forme d'un arbre de décision composé de deux types de critères ou indicateurs.

Le premier type de critère est dit "critère de base" ou "indicateur de base", également appelé critère d'entrée ou critère feuilles, représentent les préoccupations fondamentales liées aux objets à évaluer. Ils sont les éléments de base de l'analyse et sont souvent des critères spécifiques et concrets.

Le second type de critère appelé "critères agrégés" ou "indicateurs agrégés", ou nœuds, sert d'intermédiaires dans l'arbre de décision. Ils permettent de combiner progressivement les critères inférieurs de l'arbre jusqu'à atteindre un critère final appelé "racine". Les critères agrégés fournissent une perspective plus globale en agrégeant les informations des critères de base.

Tous ces critères sont assignés à des valeurs discrètes et descriptives, classées par exemple comme "Elevé", "Moyen" ou "Faible". Comme l'outil privilégie une démarche qualitative, les critères quantitatifs sont transformés en des valeurs descriptives via des seuils définis. Par ailleurs, la valeur des critères composites est obtenue à travers l'utilisation de règles d'agrégation, souvent désignées sous le terme "fonctions d'utilité" (Tableau I). Ces directives se présentent sous la forme de tableaux basés sur une logique conditionnelle "si-alors". Ainsi, si

un critère C est jugé "élevé" et un critère D est entre "moyen" et "élevé", alors le critère composite sera défini comme "moyen à élevé". Ces fonctions d'utilité peuvent être définies manuellement ou via une démarche semi-automatisée. Dans cette dernière, le tableau des directives est complété en attribuant des poids relatifs à chaque critère en fonction de leur pertinence pour l'évaluation. Cette méthode offre la flexibilité d'ajuster les poids en fonction des préférences de l'utilisateur et de la valeur accordée à chaque critère.

**Tableau I :** Présentation de quelques fonctions d'utilité du logiciel DEXi

|                          | <b>Durabilité<br/>économique<br/>(34 %)</b> | <b>Durabilité<br/>sociale (33<br/>%)</b> | <b>Durabilité<br/>environnementale<br/>(33 %)</b> | <b>Durabilité<br/>globale</b> |
|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| Valeurs de<br>durabilité | Très faible                                 | Faible                                   | Moyenne                                           | Très faible                   |
|                          | Moyenne                                     | Faible                                   | Faible                                            | Faible                        |
|                          | Faible                                      | Moyenne                                  | élevée                                            | Assez faible                  |
|                          | Moyenne                                     | Faible                                   | Très élevée                                       | Moyenne                       |

#### 4.5.2. Construction du modèle DEXiCacao

La mise en place de DEXiCacao a nécessité une modification de la structure générale de DEXiFruit. Ces modifications ont porté en premier lieu sur les critères d'entrée et agrégés de DEXiFruit. Il a été question de modifier les critères d'entrée par l'ajout et/ou la suppression de certains critères en tenant compte du contexte de la cacaoculture. La seconde modification a concerné les paramètres du modèle à travers des ajustements sur les pondérations, les fonctions d'utilité et les classes.

##### 4.5.2.1. Identification et hiérarchisation des indicateurs spécifiques à la cacaoculture

###### 4.5.2.1.1. Identification des critères

L'identification des critères spécifiques à la cacaoculture a été réalisée en trois étapes : La première étape a consisté à explorer la littérature existante. Nous avons consulté des livres et articles scientifiques pour identifier les critères décrivant les pratiques des cacaoculteurs dans différentes zones de production. Nous avons également relevé les indicateurs agro-pédologiques influençant le développement du cacao. Par ailleurs, cette phase a permis d'identifier les critères relatifs aux exigences des organismes de certification axées sur la production durable du cacao. La deuxième étape, essentielle, a impliqué l'organisation de rencontres, tant virtuelles qu'en présentiel, avec des experts de divers domaines. Ces experts incluaient des économistes, des sociologues, des agronomes, des pédologues, des forestiers et des botanistes issus d'universités et de centres de recherche nationaux et internationaux. Lors

de ces entretiens individuels, chaque expert était invité à suggérer, selon son domaine de compétence, les critères qu'il jugeait pertinents pour évaluer et comparer les systèmes de cacaoculture. Enfin, les observations de terrains ont constitué la troisième étape pour l'identification des critères.

Suite aux entretiens et à la revue de la littérature, différents critères ont été identifiés. Il s'agissait : des espèces menacées, du revenu des espèces fruitières, le retour sur investissement, le coût de production des vergers cacaoyers et des espèces associées, la valeur de production des cacaoyers et des espèces associées, le revenu issu de la vente des fruitiers, les aides en rapport aux cultures associées et à la cacaoculture, les investissements, etc. Les critères identifiés ont été classés selon leur pertinence, telle qu'exprimée pendant les entretiens ou telle que décrite dans la littérature (Annexe 2). Néanmoins, les branches et les critères de DEXiFruit, non adaptables de la cacaoculture en Côte d'Ivoire, tels que la présence ou implantation de bandes fleuries, l'importance et la connectivité des haies, la richesse des haies ont été exclus. Nous avons aussi ajusté la nomenclature de certains critères (pression foncière de la région, arboriculteur et employés permanents, etc.) pour qu'ils soient plus adaptés au contexte de la cacaoculture. Ces démarches successives ont abouti à la structure finale de l'outil.

#### **4.5.2.1.2. Hiérarchisation des critères**

Suite à la sélection des critères, la notion de durabilité a été décomposée en plusieurs sous-critères grâce à une hiérarchie descendante. La durabilité globale a été subdivisée en 117 critères de base et 112 critères agrégés regroupés en trois dimensions : économique, sociale et environnementale (Pelzer *et al.*, 2012).

La durabilité économique comprend 33 critères basiques regroupés en trois branches principales ou composantes : la rentabilité, la viabilité du système et l'investissement. La rentabilité du système prend en compte la valeur de production et le coût de production du cacao et des espèces associées et les aides apportées aux producteurs (Figure 11). Au niveau de la viabilité du système, il a été question d'apprécier la régularité de la production, l'efficacité économique du système, l'autonomie du cacaoculteur, la longévité du système et les risques économiques. Par ailleurs, l'appréciation des investissements réalisés a été faite à partir de l'investissement initial du producteur et de la période de retour sur investissement.

La dimension sociale est composée de 60 critères qui évaluent les aspects sociaux liés au système cacaoyer, notamment la faisabilité du système vis-à-vis de la filière et du marché (lien avec la filière et le marché), les conditions de travail des agriculteurs et les dangers pour sa santé (producteur et employés permanents), ainsi que le point de vue de la communauté et

du consommateur (interaction avec la société). L'évaluation des conditions de travail a nécessité la prise en compte de la possibilité d'accès aux équipements, aux connaissances, aux marchés, à la terre et à la certification du cacao. S'agissant de la santé et la sécurité des producteurs, il a été question d'apprécier les difficultés de gestion du système, les risques pour la santé et les satisfactions du producteur vis-à-vis du système. Aussi, la prise en compte de l'accessibilité sociale du produit pour les consommateurs, de la contribution à l'emploi et de l'acceptabilité du système par la société et le voisinage ont permis d'évaluer les relations communautaires.

La dimension environnementale comprend quant à elle, 49 critères d'entrée permettant d'évaluer les impacts environnementaux du système sur la biodiversité, la qualité de l'environnement et sur les ressources. L'évaluation des impacts sur la biodiversité prend en compte les impacts sur la flore, la faune et les microorganismes. L'évaluation de la qualité de l'environnement a été faite à partir de l'évaluation du sol, de l'eau et de l'air. En outre, les impacts liés à l'utilisation des ressources ont été évalués en prenant en compte l'utilisation de l'énergie, de l'eau et de la terre et l'utilisation de fertilisants non-renouvelables.

#### **4.5.2.2. Choix des états qualitatifs pour les critères**

Nous avons établi des catégories et des valeurs seuils qualitatives (faible, élevé, très élevé) pour plusieurs critères en nous basant à la fois sur la littérature existante et les données recueillies sur le terrain. A partir des données collectées, des valeurs seuils qualitatives pour les données quantitatives, basées sur la dispersion des données ont été établies. Pour chaque critère quantitatif, nous avons calculé le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> quartile, ainsi que la médiane. En l'absence de données pour certains critères, les valeurs seuils ont été définies selon la littérature et à partir de dires d'experts.

#### **4.5.2.3. Définitions des règles d'agrégation et des pondérations**

Nous avons démarré la conception de DEXiCacao en utilisant les pondérations initiales attribuées à chaque critère par les créateurs de DEXiFruit. Cependant, des ajustements ont été nécessaires à la suite de modifications apportées à l'arbre de décision, telles que la suppression ou l'ajout de nouveaux critères. En attribuant d'abord des poids aux critères des différentes branches, nous avons employé une méthode semi-automatique pour compléter les fonctions d'utilité. Cette méthode a consisté à attribuer des poids identiques à chaque critère lorsqu'une modification était effectuée dans une branche du modèle. Par exemple, si une branche

comprenait initialement trois critères avec des pondérations de 30 %, 40 % et 30 %, et qu'un quatrième critère est ajouté, une pondération de 25 % était attribuée à chaque critère.

#### **4.5.3. Collecte des données relatives à l'évaluation de la durabilité**

Les données utilisées pour l'évaluation de la durabilité ont été obtenues principalement par enquête individuelle auprès des cacaoculteurs et par des relevés dans les cacaoyères.

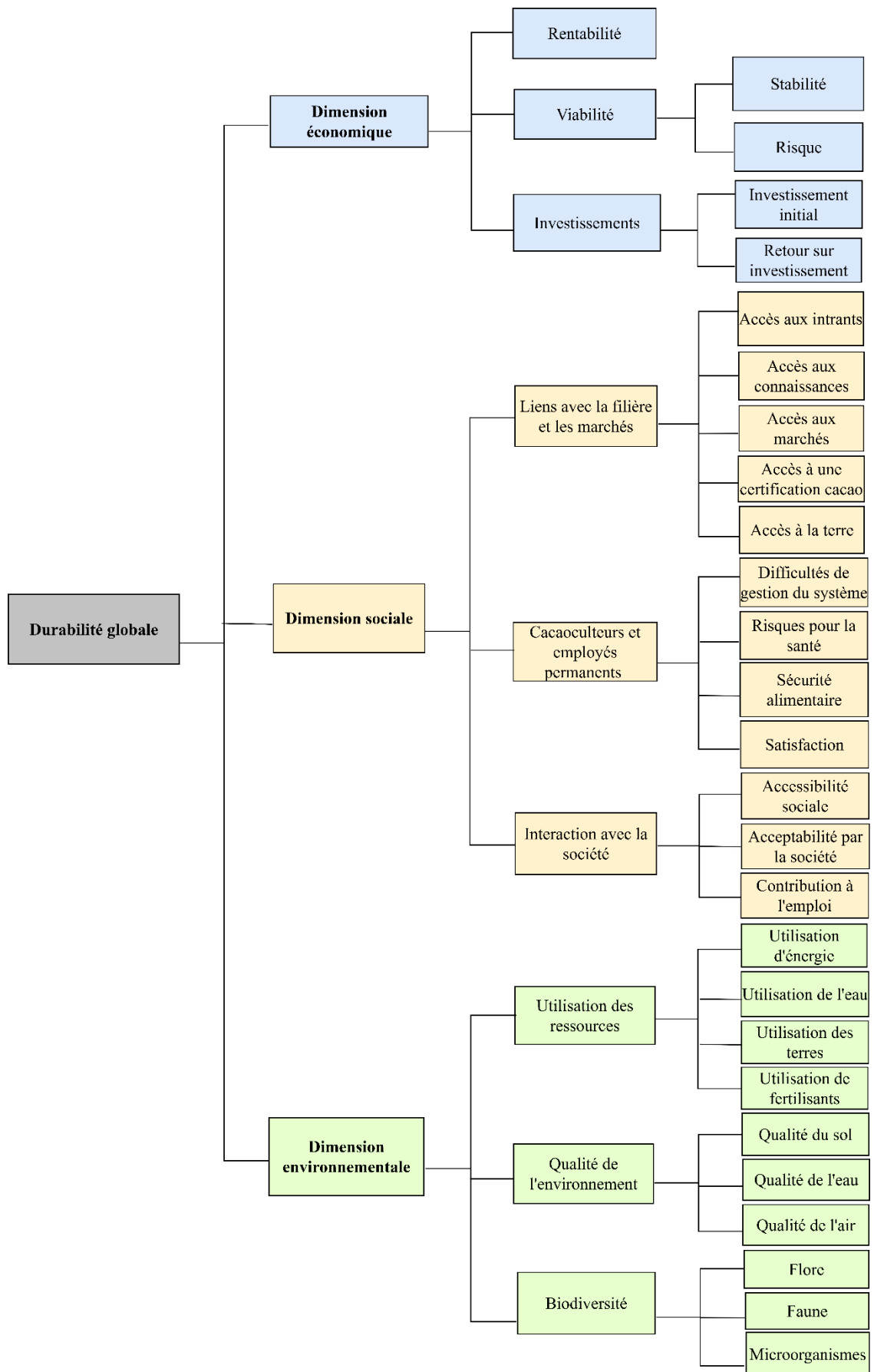
Les enquêtes ont permis de recueillir des informations portant sur la difficulté de gestion des plantations (désherbage, entretien phytosanitaire, disponibilité de la main d'œuvre), l'accès aux formations, aux marchés et à la terre, l'expérience en cacaoculture, l'adhésion à la certification, la rentabilité, la viabilité, les investissements et le mode de gestion des systèmes agroforestiers. Les relevés dans les plantations ont permis de collecter des données sur la biodiversité floristique et d'obtenir des données pour l'estimation du rendement des cacaoyers.

Par ailleurs, des observations sur le terrain, la littérature ainsi que les discussions avec plusieurs experts ont permis de recueillir plusieurs informations supplémentaires pour le renseignement de différents indicateurs.

#### **4.5.4. Traitement des données de durabilité et renseignement du modèle**

Le traitement des données a débuté par la saisie des données collectées dans une feuille Excel. Ensuite, la fréquence ou la moyenne des indicateurs ont été calculées. Pour finir, pour chaque SAF, la valeur de chaque indicateur a été renseignée sur une feuille Excel. Les indicateurs ou critères pour lesquels aucune information n'était disponible, un score de même valeur était accordé à l'ensemble des systèmes de culture évalués afin de permettre le bon fonctionnement du modèle.

En ce qui concerne le renseignement du modèle dans le logiciel DEXi, il a consisté à renseigner la valeur de chaque indicateur à partir du tableau Excel précédemment conçu.



**Figure 11 :** Présentation de l'architecture du modèle DEXiCacao

## **4.6. Analyses statistiques des données**

### **4.6.1. Analyses univariées**

Les méthodes de statistique descriptive unidimensionnelles ont été exploitées à travers les fréquences relatives, les histogrammes et les moyennes pour une meilleure appréciation des éventuelles variations entre les données issues des populations étudiées.

L'analyse des données a été faite en fonction des différents SAF. L'existence de liens entre les SAF et les paramètres qualitatifs (genre, niveau d'instruction des paysans, précédent culturel, variété cultivée, etc.) a été mise en évidence par des tests d'interdépendance de  $\chi^2$  (ou khi-deux). Pour les données quantitatives telles que l'âge des plantations, le rendement des cacaoyères, la superficie des plantations, etc., des tests de comparaison de moyennes ont été appliqués après vérification de la normalité et de l'homogénéité des données (Deheuvels, 2011). La normalité a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk. L'homogénéité des variances a été vérifiée par le test de Levene. Le test de comparaison multiple de Tukey a ensuite été appliqué lorsqu'une différence significative était observée à la suite de l'ANOVA. Le test de Student a également été réalisé pour comparer les rendements des SAF selon les classes d'âge [5-15 ans] et [15-25 ans], ces deux classes étant les seules représentées parmi les parcelles suivies. Le niveau de significativité choisi pour ces analyses est de 5 %.

En outre, une régression linéaire a été effectuée afin d'apprécier la relation entre le rendement et l'âge des plantations.

### **4.6.2. Analyses multivariées**

Les analyses multivariées ont été utilisées afin de déterminer les différents types de SAF. L'objectif était de regrouper dans une même classe les placettes présentant des caractéristiques similaires. Deux types d'analyses ont été réalisés : une Analyse Factorielle Multiple (AFM) permettant l'ordination des données et une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) qui a permis de classer les données. Ces différentes analyses ont permis d'explorer les relations qui existent entre les diverses variables recueillies dans les placettes. Les variables utilisées lors de ces analyses étaient composées de variables quantitatives et qualitatives. Les variables quantitatives regroupaient les paramètres structuraux que sont la hauteur, la densité, l'aire basale et l'âge des parcelles. La variable qualitative (illustrative) a concerné la localisation des parcelles. La pertinence des variables utilisées pour l'identification des SAF a été démontrée dans plusieurs travaux (Deheuvels *et al.*, 2012 ; Adou Yao *et al.*, 2016 ; Kpangui *et al.*, 2015a).

#### **4.6.2.1. Analyse factorielle multiple**

L'objectif des méthodes d'ordination est de condenser l'information contenue dans un grand nombre de variables en un ensemble restreint de nouvelles dimensions composites tout en assurant une perte minimale d'informations (Bouxin, 2011). L'Analyse factorielle multiple (AFM) permet d'équilibrer l'influence des différents groupes de variables. Ensuite, une fusion des données est réalisée sur cette nouvelle matrice pondérée, une Analyse de Correspondance Multiple (ACP) est à nouveau effectuée sur les données. Les nouvelles coordonnées des placettes issues de cette double ACP ont servi à la construction des différents groupes homogènes grâce aux méthodes de classification.

#### **4.6.2.2. Classification ascendante hiérarchique**

La classification est une méthode d'analyse de données qui permet de regrouper un ensemble d'observations en classes homogènes. Différentes méthodes de classification ont été développées, mais la méthode de classification Ascendante Hiérarchique (CAH) demeure la plus utilisée. Cette méthode consiste à créer des classes de variables successives de plus en plus fines à partir de différents critères d'agrégations. La classification des placettes réalisée au cours de ces travaux a été faite à partir de leurs coordonnées factorielles issues des 5 premières dimensions de l'Analyse Factorielle Multiple (AFM) qui regroupaient plus de 50 % des informations (Deheuvels *et al.*, 2012). La combinaison des groupes a nécessité l'application d'une méthode de Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) basée sur la distance Euclidienne et la méthode Ward de critère d'agrégation (Bécue-Bertaut & Pagès, 2007). Le logiciel R 3.5.0 a été utilisé pour la réalisation des différentes analyses statistiques.

# **PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION**

## Chapitre 5 : Résultats

### 5.1. Typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

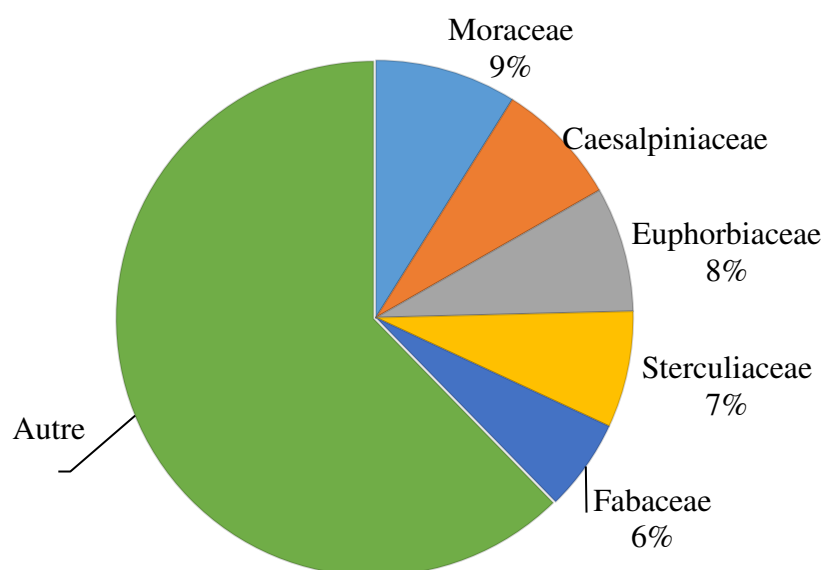
#### 5.1.1. Diversité de la flore des cacaoyères

##### 5.1.1.1. Diversité qualitative de la flore

##### 5.1.1.1.1. Richesse floristique

Les inventaires réalisés ont permis de recenser 18090 individus regroupés en 190 espèces, 135 genres et 45 familles. Les Moraceae (9 %), Caesalpiniaceae (8 %) Euphorbiaceae (8 %), Sterculiaceae (7 %), et Fabaceae (6 %) ont constitué les familles regroupant les plus grands nombres d'espèces (Figure 12). La répartition des espèces par site a permis d'identifier 142 espèces à Biankouma, 101 espèces à Bonon et 109 espèces dans les cacaoyères de Soubré.

Les espèces *Musa paradisiaca* L. (26,67%), *Elaeis guineensis* Jacq (10,39 %), *Anacardium occidentale* L. (9,78 %), *Persea americana* Mill. (5,83 %), *Ficus sur* Forsk. (5,03 %), *Coffea arabica* L. (3,96 %), *Mangifera indica* L. (3,26 %), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (2,75 %) et *Millettia zechiana* Harms (2,29 %), *Hevea brasiliensis* (A. Juss.) Müll. Arg. (2,05 %) ont été les plus rencontrées à l'issue de l'inventaire (Tableau II).



**Figure 12** : Spectre de répartition des espèces selon les familles

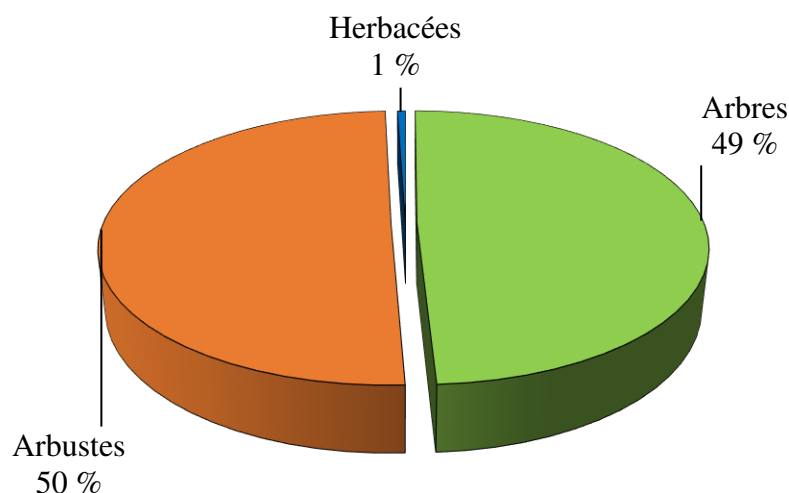
**Tableau II :** Proportions des espèces les plus rencontrées dans les plantations

| Espèces                                     | Proportions (%) |
|---------------------------------------------|-----------------|
| <i>Musa paradisiaca</i> L.                  | 26,67           |
| <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.              | 10,39           |
| <i>Anacardium occidentale</i> L.            | 9,78            |
| <i>Persea americana</i> Mill.               | 5,83            |
| <i>Ficus sur</i> Forsk.                     | 5,06            |
| <i>Coffea arabica</i> L.                    | 3,96            |
| <i>Mangifera indica</i> L.                  | 3,26            |
| <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck          | 2,75            |
| <i>Millettia zechiana</i> Harms             | 2,29            |
| <i>Hevea brasiliensis</i> (Kunth) Müll. Arg | 2,05            |

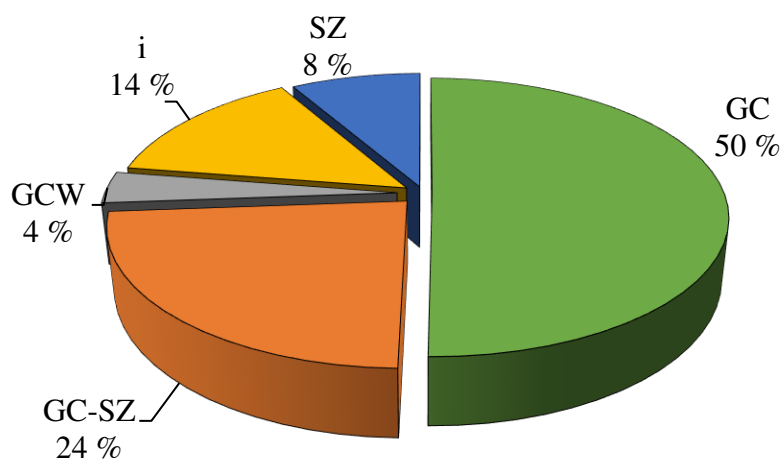
#### 5.1.1.1.2. Composition floristique

Les espèces d'arbres ont été les plus importantes à l'issue de l'inventaire floristique. En effet, 99 % des espèces identifiées étaient des ligneuses, réparties entre 50 % d'arbustes et 49 % d'arbres. Les herbacées représentés par les bananiers étaient les moins représentées, avec une proportion de 1 % (Figure 13).

La répartition phytogéographique des espèces a mis en évidence une dominance des espèces locales, au nombre de 164, représentant 86 % des espèces identifiées (Figure 14). Parmi elles, 50 % sont endémiques de la région Guinéo-Congolaise (GC), dont *Millettia zechiana* Harms, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb et *Celtis zenkeri* Engl.. Les espèces endémiques du bloc forestier Ouest africain (GCW), telles que *Anthocleista nobilis* G. Dons, *Copaifera salikounda* Heckel et *Azelia bella* Harms, représentent 4 % des espèces recensées. Les espèces de transition (GC-SZ), comme *Ficus sur* Forsk., *Bridelia ferruginea* Benth. et *Vernonia amygdalina* Delile, constituent 24 % des espèces, tandis que les espèces savanicoles (SZ), telles que *Terminalia macroptera* Guill. & Perr., *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. et *Ficus vallis-choudae* Del., représentent 8 % des espèces.



**Figure 13 :** Spectre de répartition des espèces selon les types morphologiques



**Figure 14 :** Spectre de répartition des espèces selon l'affinité chorologique

#### 5.1.1.1.3. Espèces à statut particulier

Vingt six (27) espèces à statut particulier ont été recensées à l'issue des inventaires. Elle se composaient de seize (17) espèces vulnérables dont *Afzelia africana* Pers *Albizia ferruginea* (Guill. & Perr.) Benth., *Deinbollia saligna* Keay, *Garcinia afzelii* Engl. et *Khaya ivorensis* A. Chev. (Tableau III). Par ailleurs, cinq (5) espèces qualifiées de risque faible/quasi menacée à savoir *Entandrophragma angolense* (Welw.) C. DC., *Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill, *Milicia regia* (A. Chev.) C. C. Berg, *Mitragyna ledermannii* (K. Krause) Ridsdale, *Nauclea latifolia* Sm. ont été identifiées. De plus, cinq (5) espèces en dangers ont également été notées, notamment *Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev. var. *altissima*, *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, *Pterocarpus erinaceus* Poir, *Tieghemella africana*, *Tieghemella heckelii*. Enfin, quatre (4) espèces endémiques à l'Afrique de l'Ouest ont été relevées à savoir *Milicia regia* (A. Chev.) C.C. Berg, *Afzelia bella* Harms, *Copaifera salikounda* Heckel, *Anthocleista nobilis* G. Don.

**Tableau III : Espèces à statut particulier recensées dans l'ensemble des cacaoyères**

| Espèces                          | Chorologie | Statut UICN |       |    |
|----------------------------------|------------|-------------|-------|----|
|                                  | GCW        | EN          | LR/nt | VU |
| <i>Afzelia africana</i>          | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Afzelia bella</i>             | 1          |             |       |    |
| <i>Albizia ferruginea</i>        | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Copaifera salikounda</i>      | 1          | -           | -     | 1  |
| <i>Cordia platythyrsa</i>        | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Deinbollia Saligna</i>        | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Entandrophragma angolense</i> | -          | -           | 1     | -  |
| <i>Entandrophragma utile</i>     | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Anthocleista nobilis</i>      | 1          | -           | -     | -  |
| <i>Garcinia afzelii</i>          | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Garcinia kola</i>             | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Irvingia gabonensis</i>       | -          | -           | 1     | -  |
| <i>Khaya anthotheca</i>          | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Khaya ivorensis</i>           | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Mansonia altissima</i>        | -          | 1           | -     | -  |
| <i>Milicia excelsa</i>           | -          | -           | 1     | -  |
| <i>Milicia regia</i>             | 1          | -           | -     | 1  |
| <i>Mitragyna ledermannii</i>     | -          | -           | 1     | -  |
| <i>Nauclea diderrichii</i>       |            | -           | 1     | -  |
| <i>Nesogordonia papaverifera</i> | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Pericopsis elata</i>          | -          | 1           | -     | -  |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>     | -          | 1           | -     | -  |
| <i>Sterculia oblonga</i>         | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Terminalia ivorensis</i>      | -          | -           | -     | 1  |
| <i>Tieghemella africana</i>      | -          | 1           | -     | -  |
| <i>Tieghemella heckelii</i>      | -          | 1           | -     | -  |
| <i>Vitellaria paradoxa</i>       | -          | -           | -     | 1  |

- = absence ; 1 = présence ; GCW : Espèces endémiques au Bloc forestier Ouest Africain ; VU = espèces vulnérables ; LR/nt : risque faible/quasi-ménacée ; EN : espèces en danger.

#### 5.1.1.2. Diversité quantitative de la flore des cacaoyères

Les valeurs des indices de diversité calculées étaient en moyenne de 0,65 pour l'indice de Shannon, 0,54 pour l'indice d'équitabilité de Pielou et 0,35 pour l'indice de Simpson. Concernant la structure horizontale de la végétation, la densité moyenne observée était de 810,12 individus/ha pour les cacaoyers, 39,75 individus/ha pour les cultures pérennes associées et 29,79 individus/ha pour les arbres. L'aire basale moyenne était de 13,76 m<sup>2</sup>/ha pour les cacaoyers, 1,97 m<sup>2</sup>/ha pour les arbres, et 0,37 m<sup>2</sup>/ha pour les cultures pérennes associées.

En ce qui concerne la distribution des individus selon les classes de hauteur, en moyenne un arbre de hauteur inférieure ou égale à 8 m et un arbre de hauteur supérieure à 8 m par parcelle ont été recensés. La hauteur moyenne des cacaoyers était quant à elle estimée à 5,17 m (Tableau IV).

**Tableau IV :** Indice de diversité et caractéristiques structurales des plantations cacaoyères

| Variables                        |                    | Valeur moyenne |
|----------------------------------|--------------------|----------------|
| Indice de diversité              | Shannon            | 0,65           |
|                                  | Equitabilité       | 0,54           |
|                                  | Simpson            | 0,35           |
| Densité (indv/ha)                | Cacao              | 810,12         |
|                                  | Arbre              | 29,79          |
|                                  | Culture perenne    | 39,75          |
| Aire basale (m <sup>2</sup> /ha) | Cacaoyer           | 13,76          |
|                                  | Arbre              | 1,97           |
|                                  | Culture perenne    | 0,37           |
| Hauteur (m)                      | Cacaoyers          | 5,17           |
|                                  | Arbre ( $\leq 8$ ) | 1,46           |
|                                  | Arbre ( $> 8$ )    | 1,02           |

### 5.1.2. Détermination des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

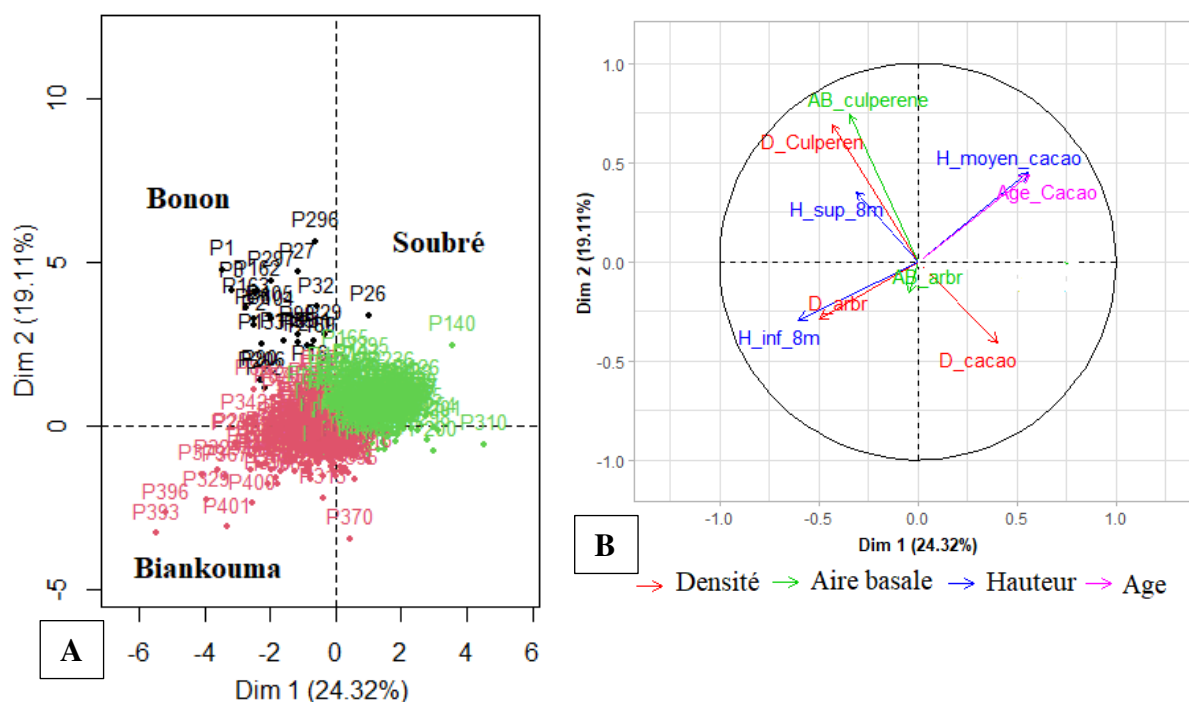
#### 5.1.2.1. Relation entre les variables

L'analyse Factorielle Multiple (AFM) réalisée a permis de montrer que l'axe 1 (24,32 %) et l'axe 2 (19,11 %) ont regroupé les plus fortes valeurs d'inertie avec une valeur cumulée de 43,43 % (Tableau V). Ces axes factoriels mettent en relation les caractéristiques des plantations et les sites de productions. Le premier axe factoriel met en opposition les parcelles de Soubré à celles Bonon et de Biankouma (Figure 15). Par ailleurs, l'axe 1 décrit du côté positif, un regroupement de parcelles âgées qui enregistrent une forte densité de cacaoyers de grandes tailles. Concernant le plan négatif, il a regroupé les jeunes parcelles avec une forte densité de cultures pérennes associées et d'arbres associés. Aussi, on note une forte présence d'individus d'arbres de hauteur supérieure à 8 m et de hauteur inférieure ou égale à 8 m. Le deuxième axe a opposé les plantations de Biankouma à celle de Bonon et de Soubré. Cet axe a permis de regrouper au niveau positif de vieilles parcelles avec de fortes valeurs de densité et d'aire basale de cultures pérennes associées. Aussi, le nombre d'arbres de hauteur supérieure à

8 m était important dans ces parcelles. Le côté négatif de l'axe 2 se compose de jeunes parcelles enregistrant de fortes densités de cacaoyers et d'arbres associés. Par ailleurs, l'aire basale des arbres associés est la plus importante dans ces parcelles. En outre ce groupe de parcelle est marqué par la forte présence d'arbres de hauteur inférieure ou égale à 8 m.

**Tableau V** : Valeurs propres et contribution des groupes de variables descriptives des plantations

|                                   |                              | <b>Axe 1</b> | <b>Axe 2</b> | <b>Axe 3</b> | <b>Axe 4</b> | <b>Axe 5</b> |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                   | Valeurs propres              | 2,01         | 1,58         | 1,35         | 0,96         | 0,71         |
|                                   | Pourcentage d'inertie        | 24,32        | 19,12        | 16,31        | 11,56        | 8,61         |
|                                   | Pourcentage cumulé d'inertie | 24,32        | 43,43        | 59,74        | 71,3         | 79,91        |
| <b>Contribution des variables</b> |                              |              |              |              |              |              |
| Densité                           | Cacacoyer                    | 6,47         | 8,45         | 8,72         | 8,72         | 29,79        |
|                                   | Culture pérenne              | 7,48         | 24,42        | 0,13         | 0,13         | 2,59         |
|                                   | Arbre                        | 9,75         | 4,18         | 21,12        | 21,12        | 11,44        |
| Aire basale                       | Culture pérenne              | 26,36        | 0,05         | 9,99         | 9,99         | 3,13         |
|                                   | Arbre                        | 5,03         | 30,89        | 25,69        | 25,69        | 12,2         |
| Hauteur                           | Arbre ( $\leq 8$ )           | 13,77        | 4,19         | 6,67         | 6,67         | 5,72         |
|                                   | Arbre ( $> 8$ )              | 3,62         | 5,94         | 21,27        | 21,27        | 1,67         |
|                                   | Cacaoyer                     | 11,86        | 9,69         | 3,29         | 3,29         | 2,86         |
|                                   | Age des cacaoyers            | 15,67        | 12,19        | 3,11         | 3,11         | 30,61        |



**Figure 15 :** Carte factorielle et cercle de corrélation des groupes de variables utilisées dans l'analyse factorielle multiple

A : Carte factorielle ; B : Cercle de corrélation ; D\_Culperen : Densité des cultures pérennes ; D\_arbr : Densité des arbres ; Densité\_cacao : Densité des cacaoyers ; AB\_Culperene : Aire basale des cultures pérennes ; AB\_arbr : Aire basale des arbres ; H\_inf\_8m : Nombre d'arbre de hauteur inférieur à 8 m ; H\_sup\_8m. : Nombre d'arbre de hauteur supérieur à 8 m ; H\_moyen\_cacao : Hauteur moyen des cacaoyers ; Age\_Cacao : Age des cacaoyers.

### 5.1.2.2. Description des variables discriminantes des systèmes agroforestiers

La classification ascendante hiérarchique (CAH) réalisée à partir des coordonnées des cinq (5) premiers axes factoriels de l'AFM (soit 79,91 % de l'inertie totale), a permis de distinguer trois (3) groupes de placettes (Figure 16).

Neuf (9) variables sur dix (10) ont permis de caractériser les groupes. Cependant, l'aire basale des arbres n'a pas permis de discriminer les groupes (Tableau VI). Aussi, le site d'étude considéré comme une variable qualitative illustrative n'a pas participé à la discrimination des groupes.

Huit (8) variables quantitatives ont permis de discriminer les groupes. Il s'agit de l'aire basale des cultures pérennes associées, la densité des cultures pérennes associées, de la densité des arbres et des cacaoyers, du nombre d'arbres de hauteur inférieure ou égale à 8 mètres, le nombre d'arbres de hauteur supérieure à 8 mètres, de la hauteur moyenne des cacaoyers, ainsi que de l'âge des cacaoyères.

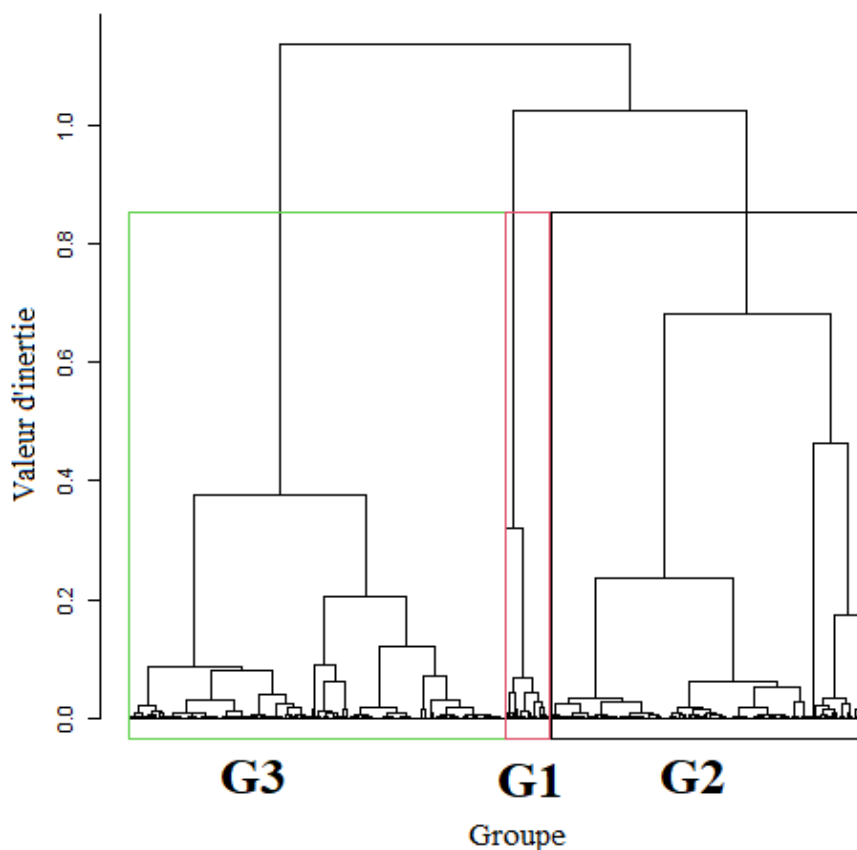
### **5.1.2.3. Description des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers**

Les parcelles du SAF de type G1 (SAF 1) ont été rencontrées principalement dans la zone de Biankouma (47,80 %). L'âge moyenne de ces parcelles était de 12,83 ans. Ces cacaoyères sont associées à des cultures pérennes dont l'aire basale est de 0,19 m<sup>2</sup>/ha. Les densités des cacaoyers (795,98 indv/ha) et des arbres (37,33 indv/ha) sont les plus importantes dans ce groupe. La hauteur moyenne des cacaoyers de ce groupe est de 3,98 m. Dans ce groupe, les individus d'arbres associés aux cacaoyers, de hauteur inférieure ou égale à 8 m, sont les plus représentées avec un nombre moyen de 2,35 par parcelle (Tableau VI).

Les parcelles du SAF de type G2 (SAF 2) ont été rencontrées majoritairement dans la zone de Bonon (80,80 %). L'âge moyenne des cacaoyères était de 21,18 ans. Ces cacaoyères sont associées à des cultures pérennes dont l'aire basale est la plus importante (3,63 m<sup>2</sup>/ha). La densité des cacaoyers a été estimée à 476,30 indv/ha et celles des arbres à 25,23 indv/ha. La hauteur moyenne des cacaoyers de ce groupe est de 5,94 m. Dans ce groupe, en moyenne 1,27 arbres de hauteur inférieure à 8 m associé au cacaoyer, ont été recensés par parcelle. Au niveau des individus d'arbres associés de hauteur supérieure à 8 m, un nombre moyen de 3,38 individus par parcelles a été enregistré.

Les parcelles du SAF de type G3 ou SAF 3 ont été principalement observées dans la zone de Soubré, où elles représentent 57,40 % des parcelles (Tableau VII). L'âge moyen de ces parcelles était de 30,74 ans. L'aire basale des cultures pérennes associées était de 0,11 m<sup>2</sup>/ha. La densité des cacaoyers et des arbres associés a été estimée respectivement à 873,20 indv/ha et 21,84 indv/ha. La taille moyenne des cacaoyers des parcelles du SAF de type G3 était de 6,45 m. Le nombre d'individus d'arbres rencontrés dans ces parcelles était en moyenne de 0,84 pour les individus de hauteur supérieure à 8 m, et de 0,46 pour les individus de hauteur inférieure ou égale à 8 m.

Dans la suite de ce document, les SAF seront définis selon leur localisation. Ainsi nous auront : SAF 1 (Biankouma), SAF 2 (Bonon) et SAF 3 (Soubré).



**Figure 16 :** Classification ascendante hiérarchique des placettes

G1 : groupe 1 ; G2 : groupe 2 ; G3 : groupe 3

**Tableau VI :** Variables quantitatives caractéristiques des différents groupes de plantations

| Variables                        | Catégories      | Groupe              |                     |                     | Valeur du test de Tukey |
|----------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
|                                  |                 | G1                  | G2                  | G3                  |                         |
| Aire basale (m <sup>2</sup> /ha) | Culture pérenne | 0,19 <sup>a</sup>   | 3,63 <sup>b</sup>   | 0,11 <sup>a</sup>   | 196,6***                |
|                                  | Arbre           | 2,15 <sup>a</sup>   | 1,19 <sup>a</sup>   | 1,83 <sup>a</sup>   | 0,38 NS                 |
| Densité (indv/ha)                | Arbre           | 37,33 <sup>b</sup>  | 25,23 <sup>ab</sup> | 21,84 <sup>a</sup>  | 5,74**                  |
|                                  | Culture pérenne | 27,75 <sup>b</sup>  | 328,00 <sup>c</sup> | 11,73 <sup>a</sup>  | 406,7***                |
|                                  | Cacaoyer        | 795,98 <sup>b</sup> | 476,30 <sup>a</sup> | 873,20 <sup>b</sup> | 10,95***                |
| Hauteur (m)                      | Arbre (≤ 8)     | 2,35 <sup>b</sup>   | 1,27 <sup>ab</sup>  | 0,46 <sup>a</sup>   | 22,93***                |
|                                  | Arbre (> 8)     | 0,88 <sup>a</sup>   | 3,38 <sup>b</sup>   | 0,84 <sup>a</sup>   | 15,1***                 |
|                                  | Cacaoyer        | 3,98 <sup>a</sup>   | 5,94 <sup>b</sup>   | 6,45 <sup>b</sup>   | 138,60***               |
| Age de la cacaoyère (an)         |                 | 12,83 <sup>a</sup>  | 23,50 <sup>b</sup>  | 30,74 <sup>c</sup>  | 179,9***                |

Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 %.  
G : groupe. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

**Tableau VII :** Variable qualitative caractéristique des différents groupes de plantations

| Sites (%) | Groupe |       |       | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|-----------|--------|-------|-------|------------------------------------|
|           | G1     | G2    | G3    |                                    |
| Biankouma | 47,80  | 0,00  | 0,00  | 158,58***                          |
| Bonon     | 36,70  | 80,80 | 42,60 |                                    |
| Soubré    | 15,50  | 19,20 | 57,40 |                                    |

Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \*  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ;

\*\*  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\*  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. G : groupe.

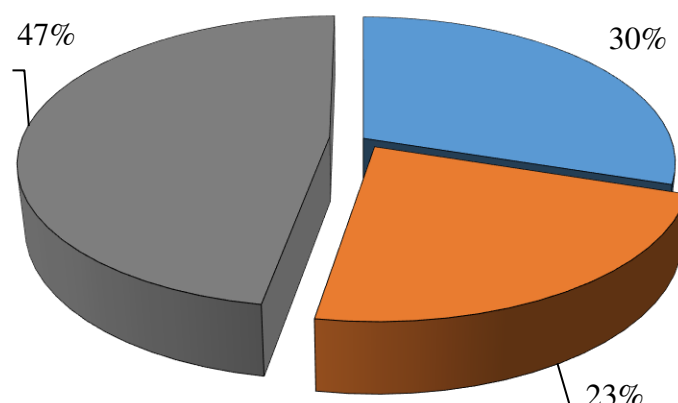
## 5.2. Caractéristiques socioéconomiques des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

### 5.2.1. Caractéristiques des producteurs

#### 5.2.1.1. Origine des producteurs

L'analyse des données d'enquête a révélé une dominance des producteurs nationaux (77 %). En effet, les autochtones représentaient 47 % des personnes enquêtées. Ils étaient suivis des allochtones (30 %). Quant aux producteurs non nationaux (allogènes), ils représentaient 23 % des producteurs interviewés (Figure 17).

La répartition des producteurs par SAF a permis d'observer une différence significative entre les SAF (Tableau VIII). L'analyse de la figure 19 présente une dominance des producteurs autochtones dans les SAF 1 (48 %) et SAF 3 (54 %). Dans ces SAF, les producteurs allogènes (30 %) étaient le deuxième groupe le plus représenté, avec des proportions de 30 % et 28 % respectives pour les SAF 1 et SAF 3. Concernant le SAF 2, les producteurs étaient principalement composés d'allochtones (50 %) suivis d'autochtones (40 %).



**Figure 17 :** Spectre de répartition des enquêtés selon leur origine

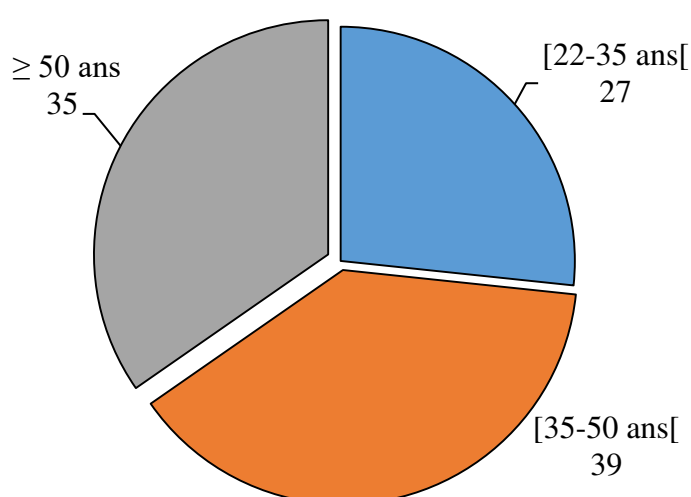
**Tableau VIII** : Répartition des producteurs selon leur origine dans les différents systèmes identifiés

| Origines   | SAF                  |                  |                   | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
|            | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                                    |
| Allochtone | 22,00                | 50,00            | 18,00             | 16,53***                           |
| Allogène   | 30,00                | 10,00            | 28,00             |                                    |
| Autochtone | 48,00                | 40,00            | 54,00             |                                    |

Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ;  
 \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. SAF : système agroforestier.

### 5.2.1.2. Age des cacaoculteurs

L'âge des cacaoculteurs interrogés variait entre 22 et 86 ans avec une moyenne de 45 ans. De façon générale, la majorité des producteurs recensés se situait dans les tranches d'âge de 35 à 50 ans (38 %) et plus de 50 ans (35 %). Les cacaoculteurs de la tranche d'âge 22 à 35 ans représentaient 27 % des personnes interrogées (Figure 18). Toutefois, cette répartition des producteurs variait en fonction des SAF (Tableau IX). Ainsi, au niveau du SAF 1, les proportions les plus élevées étaient observées dans les classes d'âge allant de 22 à 35 ans (40 %) et de 35 à 50 ans (36 %). Pour le SAF 2, il se composait majoritairement (42 %) de producteurs de la tranche d'âge allant de 35 à 50 ans. À l'opposé, les producteurs du SAF 3 ont été majoritaire (48 %) dans la tranche d'âge de 50 ans et plus (Tableau IX).



**Figure 18** : Spectre de répartition des producteurs selon leurs classes d'âges

**Tableau IX : Répartition des producteurs par système agroforestier selon les classes d'âges**

| Classes d'âge | SAF                  |                  |                   | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|---------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
|               | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                                    |
| [22-35 ans[   | 40,00                | 26,00            | 14,00             | 10,90*                             |
| [35-50 ans[   | 36,00                | 42,00            | 38,00             |                                    |
| ≥ 50 ans      | 24,00                | 32,00            | 48,00             |                                    |

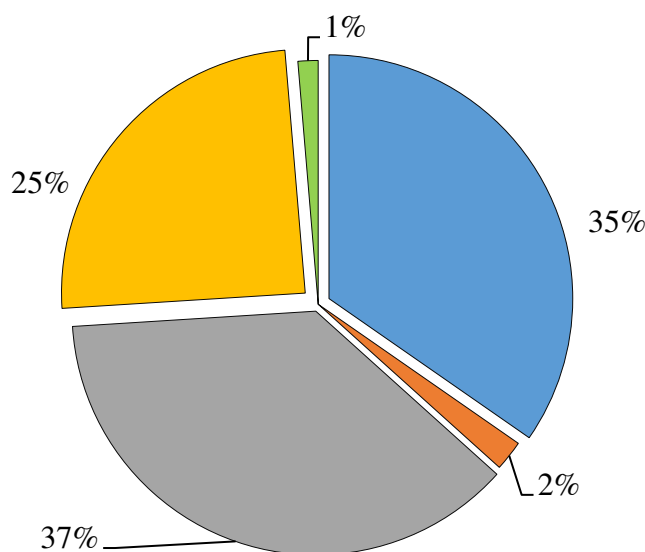
Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ;

\*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. SAF : système agroforestier.

### 5.2.1.3. Niveau d'instruction des producteurs

L'analyse des données a permis de montrer un niveau d'instruction de 65 % au niveau des producteurs enquêtés. Les producteurs non scolarisés représentent 35 % des enquêtés. Les producteurs scolarisés comptaient 37 % individus de niveau primaire, 25 % de niveau secondaire et 1 % de niveau supérieur. Par ailleurs, 2 % des producteurs enquêtés ont été à l'école coranique (Figure 19).

Concernant les SAF, aucune différence significative n'a été observée à l'issue de l'analyse statistique (Tableau X). Cependant, on a enregistré une proportion élevée ( $\geq 30$  %) des producteurs analphètes (non scolarisés) dans chaque SAF. Au niveau des producteurs scolarisés, on a noté une forte proportion des individus de niveau primaire. Par ailleurs, la proportion des individus ayant fait l'école coranique a été de 2 % au niveau de chaque SAF.


**Figure 19 : Spectre de répartition des producteurs selon le niveau d'instruction**

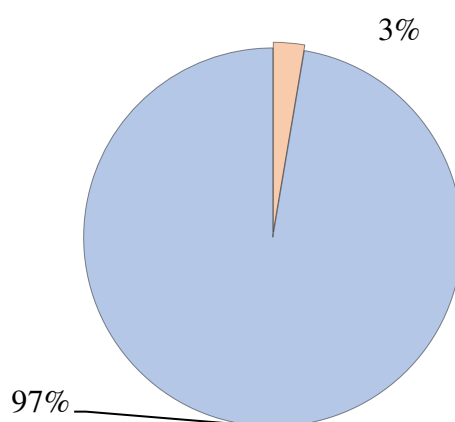
**Tableau X** : Proportion (%) des producteurs de chaque système agroforestier selon le niveau d'instruction

| Niveau d'instruction | SAF                  |                  |                   | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|----------------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
|                      | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                                    |
| Non scolarisé        | 40,00                | 30,00            | 34,00             | 4,2 NS                             |
| Coranique            | 2,00                 | 2,00             | 2,00              |                                    |
| Primaire             | 40,00                | 36,00            | 36,00             |                                    |
| Secondaire           | 16                   | 30               | 28                |                                    |
| Supérieur            | 2,00                 | 2,00             | 00,00             |                                    |

Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 %. SAF : système agroforestier.

#### 5.2.1.4. Genre des producteurs

L'analyse des données d'enquête a relevé que 97 % des chefs de ménage dans la cacaoculteurs étaient de sexe masculin et seulement 3 % de sexe féminin (Figure 20). Cette dominance du sexe masculin a été aussi constatée lorsque nous avons pris en compte les différents SAF. La proportion de producteurs masculins enregistrée était de 98 % respectivement pour les SAF 1 et SAF 3 et de 96 % pour le SAF 2. Par ailleurs, l'on a enregistré une faible proportion de producteurs féminin avec des proportions de 2 % au niveau des SAF 1 et SAF 3 et une proportion de 4 % pour le SAF 2 (Figure 21). Aussi, le test de Khi<sup>2</sup> réalisé a permis de montrer qu'il n'existait pas de différence significative entre les SAF (Tableau XI).



**Figure 20** : Spectre présentant la répartition des producteurs en fonction du genre

**Tableau XI : Répartition des producteurs en fonction du genre dans les systèmes agroforestiers**

| Genre    | SAF                  |                  |                   | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|----------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
|          | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                                    |
| Féminin  | 2,00                 | 4,00             | 2,00              | 5,31 NS                            |
| Masculin | 98,00                | 96,00            | 98,00             |                                    |

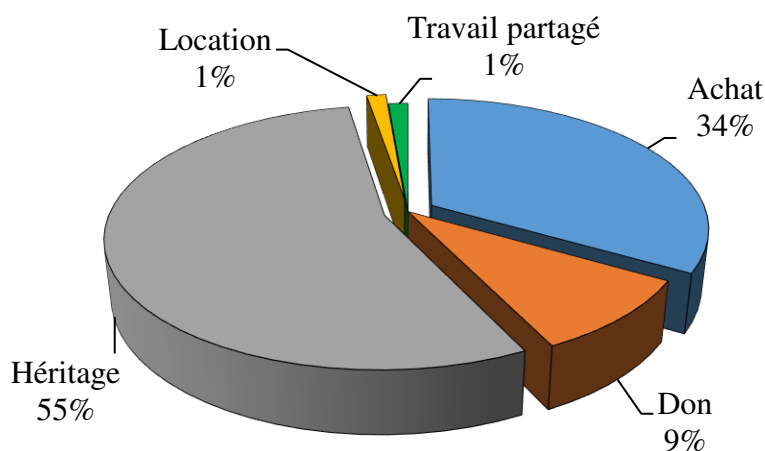
Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ;

\*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 %. SAF : système agroforestier.

#### 5.2.1.5. Mode d'acquisition des terres

Cinq (5) modes d'acquisition des terres ont été identifiés à la suite des enquêtes. Il s'agissait des modes par achat, don, héritage, location et travail partagé (Figure 21). De façon générale il a été noté une dominance des modes d'acquisition par héritage (55 %) et par achat (34 %).

En considérant les différents Systèmes Agroforestiers (SAF) identifiés, les tests statistiques réalisés ont révélé des différences significatives entre ces SAF (Tableau XII). Au total, 46 % des enquêtes du SAF 1 (Biankouma) ont accédé à la terre par achat et 36 %, par héritage. En ce qui concerne le SAF 2 (Bonon), l'on a enregistré une dominance (62 %) du mode d'acquisition par héritage. Le mode par héritage a été suivi du mode d'acquisition par achat qui a concerné 38 % des enquêtés. Quant au SAF 3 (Soubré), il comptait 66 % de producteurs ayant acquis leur terre par héritage. Par ailleurs, 16 % d'enquêté au sein du SAF 3 ont acquis leur terre par achat. L'on a enregistré la présence de 4 % de producteurs locataires de terre.


**Figure 21 : Spectre de répartition des enquêtés en fonction du mode d'acquisition des terres**

**Tableau XII :** Proportion (%) des producteurs de chaque système agroforestier selon le mode d'acquisition des terres

| Mode d'acquisition<br>des terres | SAF                  |                  |                   | Valeur du test<br>de Khi <sup>2</sup> |
|----------------------------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------------------------------|
|                                  | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                                       |
| Achat                            | 46,00                | 38,00            | 16,00             | 27,09***                              |
| Don                              | 14,00                | 0,00             | 14,00             |                                       |
| Héritage                         | 36,00                | 62,00            | 66,00             |                                       |
| Location                         | 0,00                 | 0,00             | 4,00              |                                       |
| Travail partagé                  | 4,00                 | 0,00             | 0,00              |                                       |

Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ;  
 \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. SAF : système agroforestier.

#### 5.2.1.6. Nombre d'années d'expérience et encadrement des producteurs

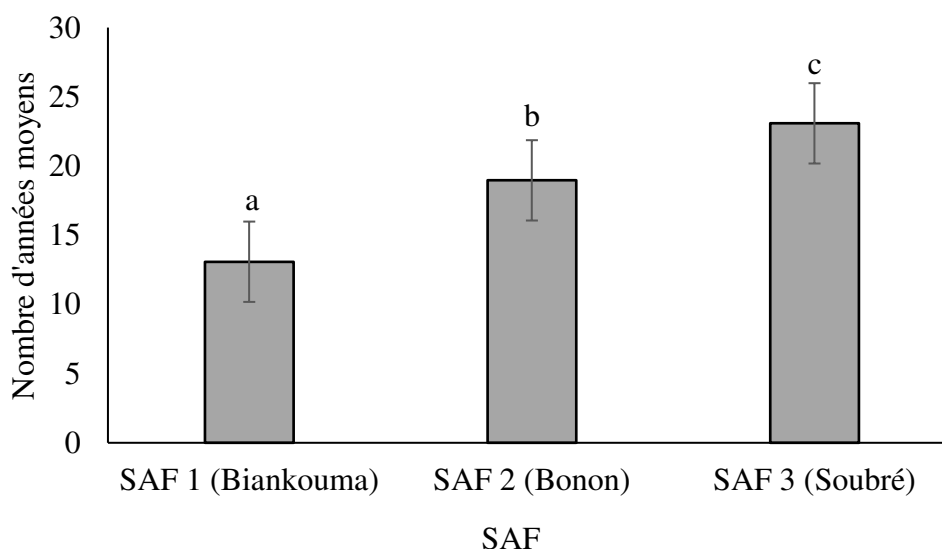
Le nombre d'année d'expérience des cacaoculteurs enquêtés varie entre 1 an et 53 ans, soit une moyenne de 18 ans. Par ailleurs, les analyses statistiques réalisées ont permis d'observer des différences significatives entre les SAF.

La répartition des producteurs par SAF présente une variation du nombre d'années d'expérience d'un SAF à l'autre. En effet, les producteurs les plus expérimentés (23 ans) ont été recensés au niveau du SAF 3 (Soubré). Les producteurs de Soubré sont suivis de ceux du SAF 2 (Bonon) et du SAF 1 (Biankouma) avec respectivement 19 ans et 13 ans d'expérience (Figure 22).

Soixante-douze pourcent (72 %) de producteurs enquêtés n'ont généralement pas reçu de formation pour la pratique de la cacaoculture. En effet, seuls 28 % des enquêtés ont reçu des formations relatives à la pratique de la cacaoculture. Les proportions de producteurs formés, les plus élevées, ont été recensées au niveau des SAF 2 et SAF 1 avec respectivement 44 % et 30 % (Tableaux XIII). Le plus faible taux (10 %) de producteurs formés a été enregistré au niveau de la zone de Soubré (SAF 3).

La majorité (72 %) des producteurs enquêtés ne participent pas à des programmes de certification de plantations. Au niveau du SAF 2, 100 % des producteurs enquêtés ne sont pas inscrits à un programme de certification. En ce qui concerne les SAF 1 et SAF 3, l'on a noté des proportions respectives de 84 % et 32 % de producteurs non-inscrits à un programme de certification.

Concernant les producteurs certifiés ou participant à des programmes de certification, ils ont été représentés à un taux de 28 %. Ces producteurs ont été majoritairement recensés au niveau du SAF 3 (Soubré) avec un taux de 68 %. Cependant, aucune plantation certifiée n'a été observée au niveau du SAF 2.



**Figure 22** : Histogramme de répartition des enquêtés, de chaque système agroforestier, selon le nombre d'années d'expérience en cacaoculture.

Les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ; SAF : système agroforestier.

**Tableau XIII** : Proportion (%) des producteurs encadrés selon les systèmes agroforestiers

| Producteurs encadrés       | SAF               |               |                | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|----------------------------|-------------------|---------------|----------------|------------------------------------|
|                            | SAF 1 (Biankouma) | SAF 2 (Bonon) | SAF 3 (Soubré) |                                    |
| Programme de certification | Non               | 84,00         | 100,00         | 62,70***                           |
|                            | Oui               | 16,00         | 00,00          |                                    |
| Formation                  | Non formé         | 56,00         | 70,00          | 14,48***                           |
|                            | Formé             | 44,00         | 30,00          |                                    |

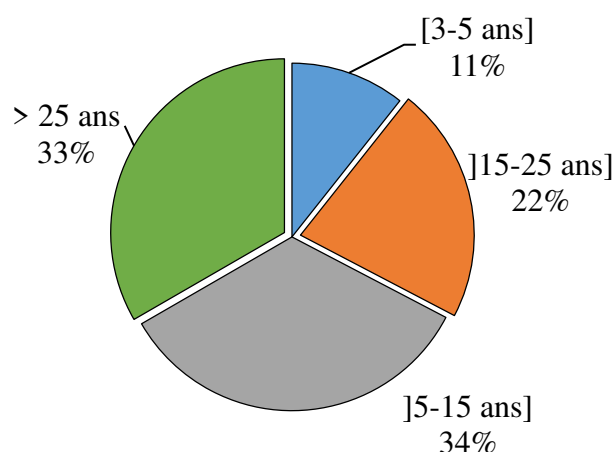
Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. SAF : système agroforestier.

## 5.2.2. Caractéristiques des plantations

### 5.2.2.1. Age des plantations

L'âge des plantations visitées était compris entre 3 ans et 60 ans avec un âge moyen de 21 ans. En regroupant les plantations par classe d'âge, celles comprise entre 5 et 15 ans, ainsi que celles de plus de 25 ans, étaient les plus représentées, avec des proportions respectives de 34 % et 33 % (Figure 23). Ces plantations sont suivies de celles appartenant aux classes d'âge 15-25 ans (22 %) et 3-5 ans (11 %).

L'âge des plantations s'est avéré statistiquement différent entre les SAF à l'issu des analyses statistiques (Tableau XIV). Les parcelles cacaoyères enregistrées au niveau des SAF 2 (Bonon) et SAF 3 (Soubré) étaient dominées par celles de plus de 15 ans. En effet, on a noté une proportion de 74 % au niveau du SAF 2 et 88 % pour le SAF 3. Cependant, au niveau des plantations du SAF 2, il a été enregistré une présence importante (26 %) de cacaoyères de moins de 15 ans.



**Figure 23 :** Spectre de répartition des plantations selon leurs classes d'âges

**Tableau XIV :** Proportion (%) des plantations de chaque système agroforestier selon l'âge des plantations

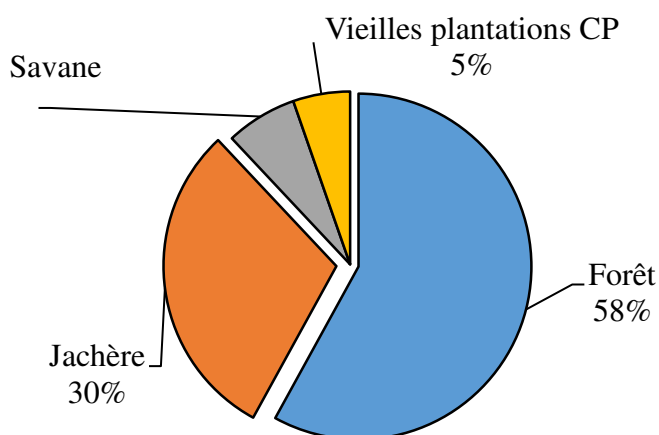
| Classes d'âges | SAF                  |                  |                   | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|----------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
|                | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                                    |
| [3-5 ans]      | 1,00                 | 2,00             | 3,00              | 85,37***                           |
| ]5-15 ans]     | 28,00                | 2,00             | 2,00              |                                    |
| ]15-25 ans]    | 4,00                 | 26,00            | 36,00             |                                    |
| >25 ans        | 68,00                | 24,00            | 10,00             |                                    |

Seuil de signification du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ;  
 \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. SAF : système agroforestier.

### 5.2.2.2. Précédent culturel

Les plantations visitées ont été réalisées à partir de quatre (4) précédents cultureux (Figure 24). L'on a noté que les plantations ont majoritairement été créées sur défriche de forêt (58 %) et de jachères (30 %). En revanche, celles créées sur des précédents cultureux savanes arborées et vieilles plantations de cultures pérennes étaient les moins représentées, avec des proportions respectives de 7 % et 5 %.

Cette tendance a été observée lorsque nous considérons les SAF. Le précédent culturel forêt a été le plus cité au niveau des SAF 1 et SAF 3 avec une proportion de 66 % dans chaque cas. Au niveau du SAF 2, en plus de la forêt (42 %), l'on a noté une abondance (48 %) des plantations créées à l'issue du défrichement de jachères. Le test de Khi<sup>2</sup> réalisés a montré une différence significative entre les SAF (Tableau XV).



**Figure 24** : Spectre de répartition des plantations selon le précédent culturel

CP : Culture pérenne

**Tableau XV** : Proportion (%) des plantations de chaque système agroforestier selon le précédent culturel

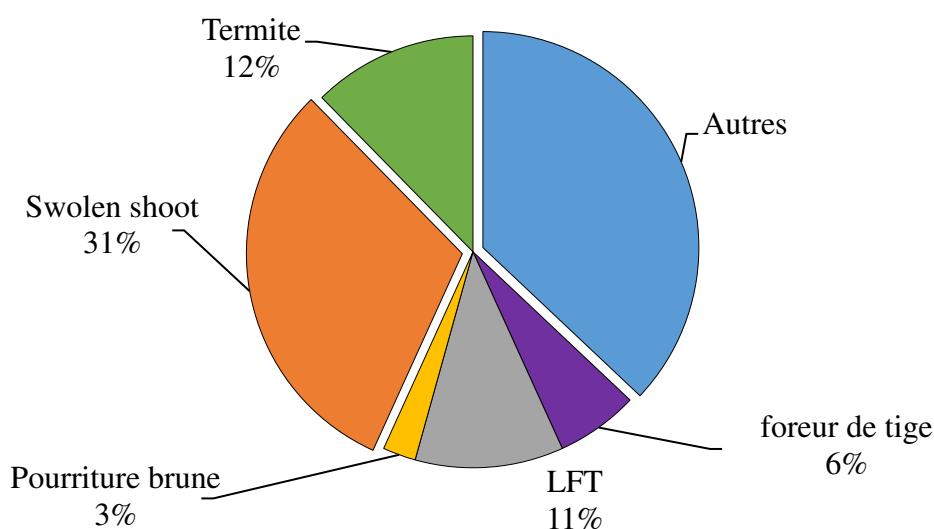
| Précédents cultureux  | SAF               |               |                | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|-----------------------|-------------------|---------------|----------------|------------------------------------|
|                       | SAF 1 (Biankouma) | SAF 2 (Bonon) | SAF 3 (Soubré) |                                    |
| Forêt                 | 66,00             | 42,00         | 66,00          | 37,36***                           |
| Jachère               | 12,00             | 48,00         | 30,00          |                                    |
| Savane arborée        | 20,00             | 00,00         | 00,00          |                                    |
| Vieille plantation CP | 2,00              | 10,00         | 4,00           |                                    |

Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. SAF : système agroforestier.

### 5.2.2.3. Contraintes parasitaires des cacaoyers

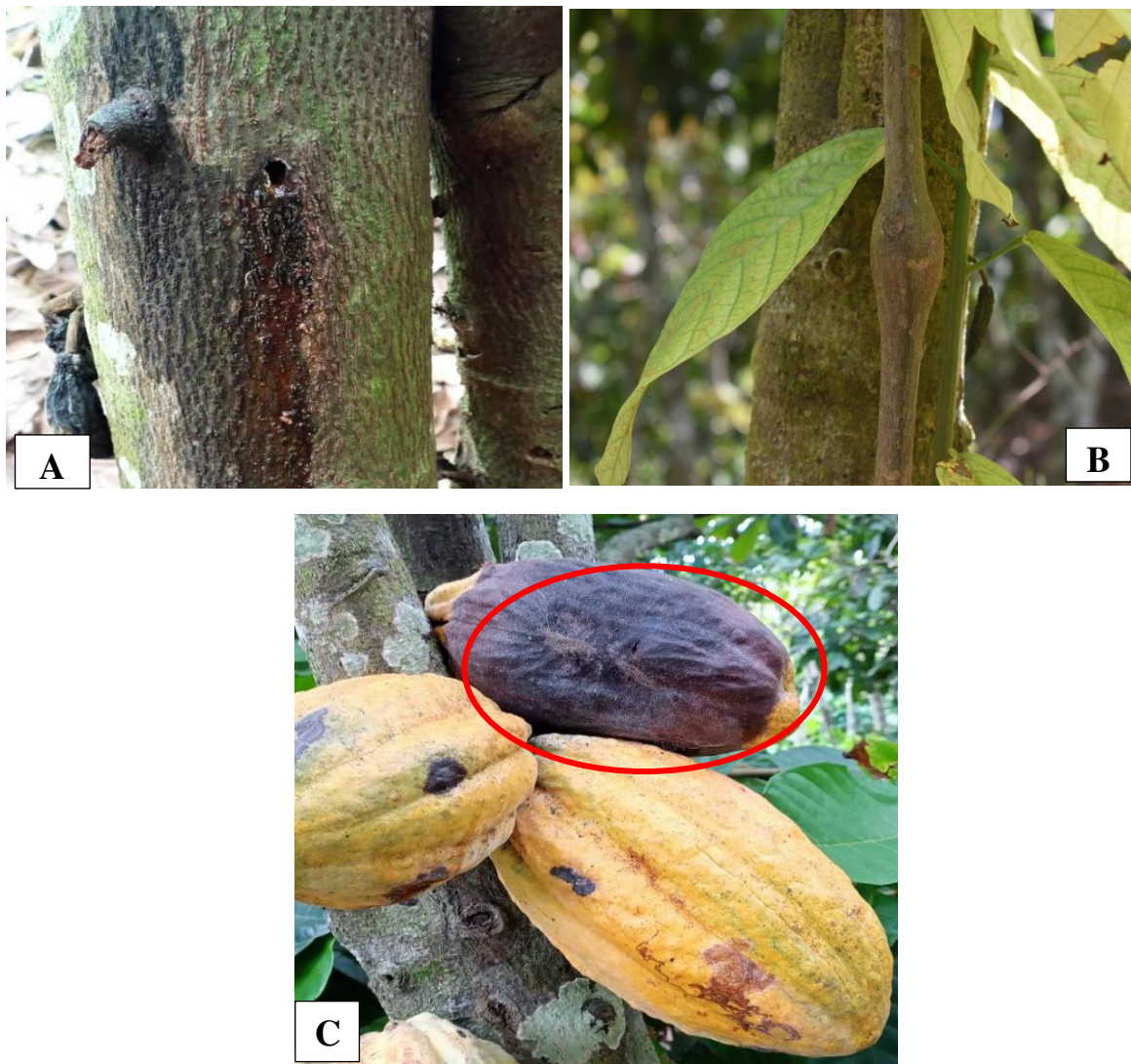
L'analyse des données d'enquête a permis de révéler la présence de cinq (05) principales contraintes parasitaires dans les plantations à savoir : la pourriture brune, le swollen shoot, les attaques de termites, les attaques de foreurs de tiges et les attaques combinées de Lorantaceae, foreurs de tige et termites. Les plus citées étaient la maladie du swollen shoot (31 %), les attaques de termites avec une proportion (12 %) et les attaques combinées de Lorantaceae, foreurs de tige et termites avec 11 % (Figures 25, 26).

L'analyse des données a permis de révéler une différence significative entre les SAF (Tableau XVI). En effet, lorsque nous considérons le SAF 1, la pourriture brune a été la contrainte la plus citée par les producteurs (45,45 %). Au niveau du SAF 2, les attaques de foreurs de tige ont été les plus citées (15,38 %), suivies de la pourriture brune et le Swollen shoot avec chacune 11,34 %. Les contraintes les plus citées au niveau du SAF 3 sont la maladie du Swollen shoot (52,27 %) et les attaques de termites (22,73 %).



**Figure 25 :** Spectre de répartition des plantations selon les contraintes parasitaires rencontrées dans les systèmes agroforestiers

LFT : Lorantaceae, foreurs de tige et termites



**Figure 26 :** Présentation de quelques contraintes parasitaires des cacaoyères

A : Vu de l'impact d'un foreur de tige sur un tronc de cacaoyer ; B : Vu d'une tige de cacaoyer atteinte de swollen shoot ; C : Vu d'une cabosse atteinte par la pourriture brune.

**Tableau XVI :** Proportion (%) des plantations de chaque système agroforestier selon les contraintes parasitaires rencontrées

| Contraintes parasitaires | SAF                  |                  |                   | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|--------------------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
|                          | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                                    |
| Autres                   | 45,50                | 53,80            | 13,60             | 61,07***                           |
| Foreur de tige           | 9,10                 | 15,40            | 0,00              |                                    |
| LFT                      | 0,00                 | 7,70             | 0,00              |                                    |
| Pourriture brune         | 45,50                | 11,50            | 11,40             |                                    |
| Swollen shoot            | 0,00                 | 11,50            | 52,30             |                                    |
| Termite                  | 0,00                 | 0,00             | 22,70             |                                    |

Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. LFT : Lorantaceae, foreurs de tige et termites ; SAF : système agroforestier.

#### 5.2.2.4. Superficie des plantations

La superficie des plantations visitées variait entre 0,3 ha et 14,60 ha, totalisant 482,57 ha pour 157 cacaoyères, soit une moyenne de 3 ha par producteur. Une forte proportion des plantations se situait entre 1 ha et 3 ha (Tableau XVII).

L'analyse de la superficie des plantations par SAF a montré une différence statistique entre les SAF (Figure 27). La superficie moyenne la plus élevée (3,81 ha) a été enregistrée dans les plantations du SAF 2. La superficie moyenne des cacaoyères du SAF 1 et SAF 3 était respectivement de 2,50 ha et 2,81 ha.

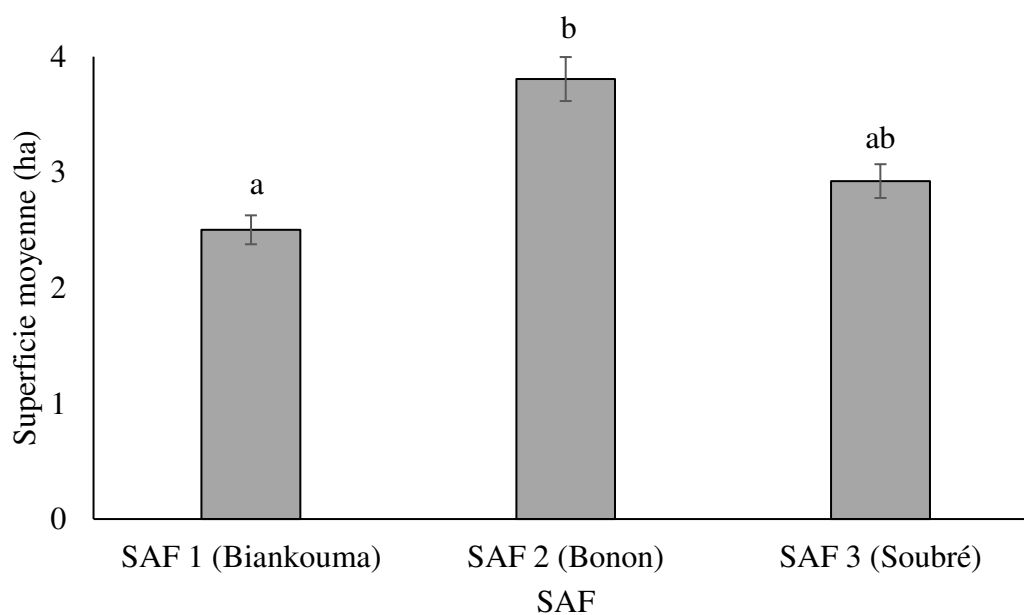
Le regroupement des plantations par classe de superficie a révélé que les plantations ayant une superficie comprise entre 1 et 3 ha étaient les plus représentées, soit 63,69 % de l'ensemble des cacaoyères visitées.

Dans le SAF 1, la majorité des plantations (75,47 %) a une superficie comprise entre 1 et 3 ha. Pour le SAF 2, il y a une forte concentration de plantations de 1 à 4 ha (71,15 %), dont 46,15 % se situent entre 3 et 4 ha. En ce qui concerne le SAF 3, la plupart des plantations visitées (69,23 %) avaient une superficie comprise entre 1 et 3 ha.

**Tableau XVII :** Proportion (%) des plantations de chaque système agroforestier, selon les classes de superficies

| Classes de superficies | SAF                  |                  |                   | Proportion générale |
|------------------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|
|                        | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                     |
| < 1                    | 15,09                | 11,54            | 9,62              | 12,1                |
| [1-2[                  | 30,19                | 19,23            | 32,69             | 27,39               |
| [2-3[                  | 30,19                | 15,38            | 26,92             | 24,2                |
| [3-4[                  | 11,32                | 25               | 7,69              | 14,65               |
| [4-5[                  | 5,66                 | 5,77             | 7,69              | 6,37                |
| ≥ 5                    | 7,55                 | 23,08            | 15,38             | 15,29               |

SAF : système agroforestier



**Figure 27 :** Histogramme présentant la superficie moyenne des plantations au niveau des systèmes agroforestiers

Les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. SAF : système agroforestier

#### 5.2.2.5. Entretien des cacaoyères

Les plantations visitées étaient généralement désherbées, fertilisées et traitées avec des pesticides pour lutter contre les maladies.

Concernant le désherbage, trois types ont été recensés : manuel, chimique et mixte. Le désherbage chimique était pratiqué par seulement 4 % des enquêtés. Aucun cas n'a été relevé dans le SAF 1, tandis que 6 % des producteurs y avaient recours dans les SAF 2 et SAF 3 (Tableau XVIII). De plus, le nombre de désherbage chimique le plus important (3 fois) a été enregistré au niveau du SAF 1. Le désherbage manuel a été le plus pratiqué au niveau des SAF 1 (52 %) et SAF 2 (73,50 %). En moyenne, le désherbage manuel a été effectué trois fois par an en ce qui concerne les SAF1 et SAF 2 (Tableau XIX). Toutefois, le SAF 1 a enregistré le plus grand nombre de désherbages manuels par an (3,06). Par ailleurs, les analyses statistiques ont mis en évidence des différences significatives entre les SAF, tant sur les types de désherbage que sur leur fréquence.

Quant à la fertilisation des plantations, 64,67 % des enquêtés n'utilisaient pas de fertilisant. Par ailleurs, les cacaoculteurs ont eu recours à trois (3) types de fertilisation, à savoir la fertilisation chimique, biologique, et une utilisation combinée des deux types (chimique/biologique). La fertilisation biologique a été la moins utilisée par les producteurs (2,67 %). Elle a été identifiée uniquement au niveau du SAF 2, représentant 8 % des utilisateurs de fertilisants. Dans ces plantations, les producteurs utilisaient en moyenne 70 kg de fertilisant biologique par hectare et par an. La fertilisation chimique a été la plus adoptée avec une proportion de 31,33 %. Les producteurs utilisateurs de fertilisant chimique représentaient 8 %, 16 % et 70 % des enquêtés respectivement au niveau des SAF 1, SAF 2 et SAF 3. En moyenne, la fertilisation chimique nécessitant 2 kg/ha de fertilisant était pratiquée une fois par an dans tous les SAF. Par ailleurs, les analyses statistiques ont révélé des différences significatives au niveau du mode de fertilisation. Cependant, aucune différence n'a été observée en ce qui concerne la fréquence de fertilisation et la quantité de fertilisant utilisée.

Enfin, concernant la méthode de lutte contre les maladies, elle peut être biologique, chimique, mécanique et chimique/mécanique. La lutte chimique a été la plus pratiquée avec 66,91 % des enquêtés. La lutte chimique a été utilisée par 78 %, 23,91 % et 97,96 % respectivement par les producteurs des SAF 1 (Biankouma), SAF 2 (Bonon) et SAF 3 (Soubré). La lutte chimique a été suivie de la lutte chimique/mécanique pratiquée par 30,15 % des producteurs répartis principalement entre les SAF 1 (17,07 %) et SAF 2 (71,74 %). Le nombre moyen annuel de traitement chimique était de 1 pour le SAF 1, 2 pour le SAF 2, et 3 pour le SAF 3. La quantité annuelle de produits phytosanitaires (pesticides) utilisée par hectare a été la

plus élevée pour les SAF 1 (2,89 L) et SAF 3 (1,84 L). Le SAF 2 a enregistré la quantité la plus faible, avec une moyenne de 1,20 L/ha. Les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre les SAF en ce qui concerne le type de lutte utilisée, la fréquence des traitements et la quantité de produits phytosanitaires appliquée.

**Tableau XVIII :** Proportion (%) des plantations par système agroforestier, selon le mode d'entretien

| Mode d'entretien             |                          | SAF                  |                  |                   | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
|                              |                          | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |                                    |
| Désherbage                   | Chimi                    | 0,00                 | 6,10             | 6,00              | 17,11***                           |
|                              | Chimi/Manu               | 48,00                | 20,40            | 56,00             |                                    |
|                              | Manu                     | 52,00                | 73,50            | 38,00             |                                    |
| Fertilisation                | Aucun                    | 92,00                | 72,00            | 30,00             | 63,78***                           |
|                              | Biologique               | 0,00                 | 8,00             | 0,00              |                                    |
|                              | Chimique                 | 8,00                 | 16,00            | 70,00             |                                    |
|                              | Chimique /<br>Biologique | 0,00                 | 4,00             | 0,00              |                                    |
| Lutte contre<br>les maladies | Biologique               | 0,00                 | 2,17             | 0,00              | 66,45***                           |
|                              | Chimique                 | 78,05                | 23,91            | 97,96             |                                    |
|                              | Chimique /<br>mécanique  | 17,07                | 71,74            | 2,04              |                                    |
|                              | Mécanique                | 4,88                 | 2,17             | 0,00              |                                    |

Seuil de significativité du test de Khi<sup>2</sup> : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. Chimi : Chimique ; Manu : manuel ; SAF : système agroforestier.

**Tableau XIX :** Nombre d'entretiens et quantité de produits utilisée dans les cacaoyères selon les systèmes agroforestiers

| Variables                                  | Catégorie                     | SAF               |                    |                    | Valeur du test de Tukey |
|--------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
|                                            |                               | SAF 1 (Biankouma) | SAF 2 (Bonon)      | SAF 3 (Soubré)     |                         |
| Nombre moyen de désherbage/an              | Chimique                      | 2,64 <sup>b</sup> | 1,42 <sup>a</sup>  | 1,52 <sup>a</sup>  | 5,98**                  |
|                                            | Manuel                        | 3,06 <sup>b</sup> | 2,74 <sup>ab</sup> | 2,53 <sup>a</sup>  | 4,69*                   |
| Nombre moyen de fertilisation/an           | Chimique                      | 1,00 <sup>a</sup> | 1,10 <sup>a</sup>  | 1,43 <sup>a</sup>  | 1,72 NS                 |
|                                            | Biologique                    | 0                 | 1                  | 0                  | 1,32 NS                 |
| Quantité moyenne de fertilisant (kg/ha/an) | Chimique                      | 2,08 <sup>a</sup> | 1,44 <sup>a</sup>  | 1,50 <sup>a</sup>  | 0,15 NS                 |
|                                            | Biologique                    | 0                 | 70,05              | 0                  | 1,32 NS                 |
| Traitement phytosanitaire                  | Nombre moyen de traitement/an | 1,12 <sup>a</sup> | 1,88 <sup>b</sup>  | 2,56 <sup>c</sup>  | 16,24***                |
|                                            | Quantité moyenne (L/ha/an)    | 2,89 <sup>b</sup> | 1,20 <sup>a</sup>  | 1,84 <sup>ab</sup> | 4,01*                   |

Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 %. SAF : système agroforestier. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

#### 5.2.2.6. Rendement et valeur économique des systèmes agroforestiers

##### 5.2.2.6.1. Rendement et valeur économique des cacaoyers

De façon générale, les données traitées ont permis d'obtenir une production annuelle de cacao marchand estimée à 315,92 kg/ha ; ce qui correspond à un revenu de 258 398 FCFA pour un prix d'achat moyen du kilogramme de 817,92 FCFA/an. Les rendements étaient compris entre 217,81 kg/ha/an et 504,46 kg/ha/an. La valeur la plus élevée de 504,46 kg/ha/an a été enregistré au niveau de Biankouma (SAF 1), correspondant à un revenu net de 393 209 FCFA pour un prix d'achat moyen du kilogramme de 779,46 FCFA/an. Par ailleurs, les plus faibles rendements ont été signalés dans les SAF 2 (Bonon) et SAF 3 (Soubré) avec respectivement 225,49 kg/ha/an et 217,81 kg/ha/an, correspondant à des revenus de 181 308 FCFA et 189 549,15 FCFA et des prix d'achat moyen du kilogramme de fèves de 804,06 FCFA /an et 870,25 FCFA /an. Les analyses statistiques réalisés ont permis de montrer une différence significative entre les SAF en ce qui concerne le rendement, le prix d'achat des fèves et le revenu issu des fèves (Tableau XX).

**Tableau XX : Récapitulatif de la valeur économique des cacaoyères par système agroforestier**

| Variables              | SAF                     |                         |                         | Valeur du test de Tukey |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                        | SAF 1<br>(Biankouma)    | SAF 2<br>(Bonon)        | SAF 3<br>(Soubré)       |                         |
| Rendement (Kg/ha/an)   | 504,46 <sup>b</sup>     | 225,49 <sup>a</sup>     | 217,81 <sup>a</sup>     | 15,61***                |
| Prix d'achat (FCFA/an) | 779,46 <sup>a</sup>     | 804,06 <sup>a</sup>     | 870,25 <sup>b</sup>     | 5,16*                   |
| Revenu (FCFA/an)       | 393 209,50 <sup>b</sup> | 181 308,54 <sup>a</sup> | 189 549,15 <sup>a</sup> | 13,33***                |

Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. SAF : système agroforestier. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Lorsque nous considérons les cacaoyères de 5 à 15 ans, le rendement le plus élevé de 451,90 kg/ha a été observé au niveau du SAF 1, soit un revenu annuel de 352 241 FCFA/ha. Les SAF 2 et SAF 3 ont enregistré les rendements annuels les plus faibles avec des valeurs respectives de 310,59 kg/ha et 246,37 kg/ha, soit des revenus respectifs de 249 733 FCFA/ha/an et 214 407 FCFA/ha/an. Toutefois, les tests statistiques réalisés traduisent un rendement annuel similaire au niveau des SAF (Tableau XXI).

Le rendement annuel des cacaoyères âgées de 15 ans à 25 ans a été le plus important au niveau de Biankouma (SAF 1), avec une valeur de 510,50 kg/ha, soit un revenu de 397 911 FCFA/ha/an. Les cacaoyères de 15 ans à 25 ans de la zone de Soubré (SAF 3) viennent en seconde position avec un rendement annuel de 174,16 kg/ha permettant de générer un montant de 151 558,39 FCFA/ha. Par ailleurs, le rendement le plus faible, d'une valeur 119,48 kg/ha, (soit un revenu de 96 069 FCFA/ha/an) a été observé au niveau du SAF 2 (Bonon). Le test statistique de Tukey réalisé a montré une différence significative entre le rendement des plantations de chaque SAF.

Aussi, la comparaison du rendement des plantations appartenant à la même classe d'âge au sein d'un même SAF n'a présenté aucune différence significative entre les classes d'âge (Tableau XXI).

**Tableau XXI : Rendement cacaoyers des systèmes agroforestiers selon les classes d'âges**

| Classes d'âges             | Variables         | SAF                  |                     |                     | Valeur du test de Tukey |
|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
|                            |                   | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon)    | SAF 3<br>(Soubré)   |                         |
| ]5-15 ans]                 | Rendement (kg/ha) | 451,90 <sup>a</sup>  | 310,59 <sup>a</sup> | 246,37 <sup>a</sup> | 1,15 NS                 |
|                            | Revenu (FCFA)     | 352 241              | 249 733             | 214 407             |                         |
| ]15-25 ans]                | Rendement (kg/ha) | 510,50 <sup>b</sup>  | 119,48 <sup>a</sup> | 174,16 <sup>a</sup> | 9,82**                  |
|                            | Revenu (FCFA)     | 397 911              | 96 069              | 151 558             |                         |
| p-value du test de Student |                   | 0,66                 | 0,34                | 0,23                |                         |

Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 %  
SAF : système agroforestier. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

#### 5.2.2.6.2. Valeur économique des cultures associées aux cacaoyers

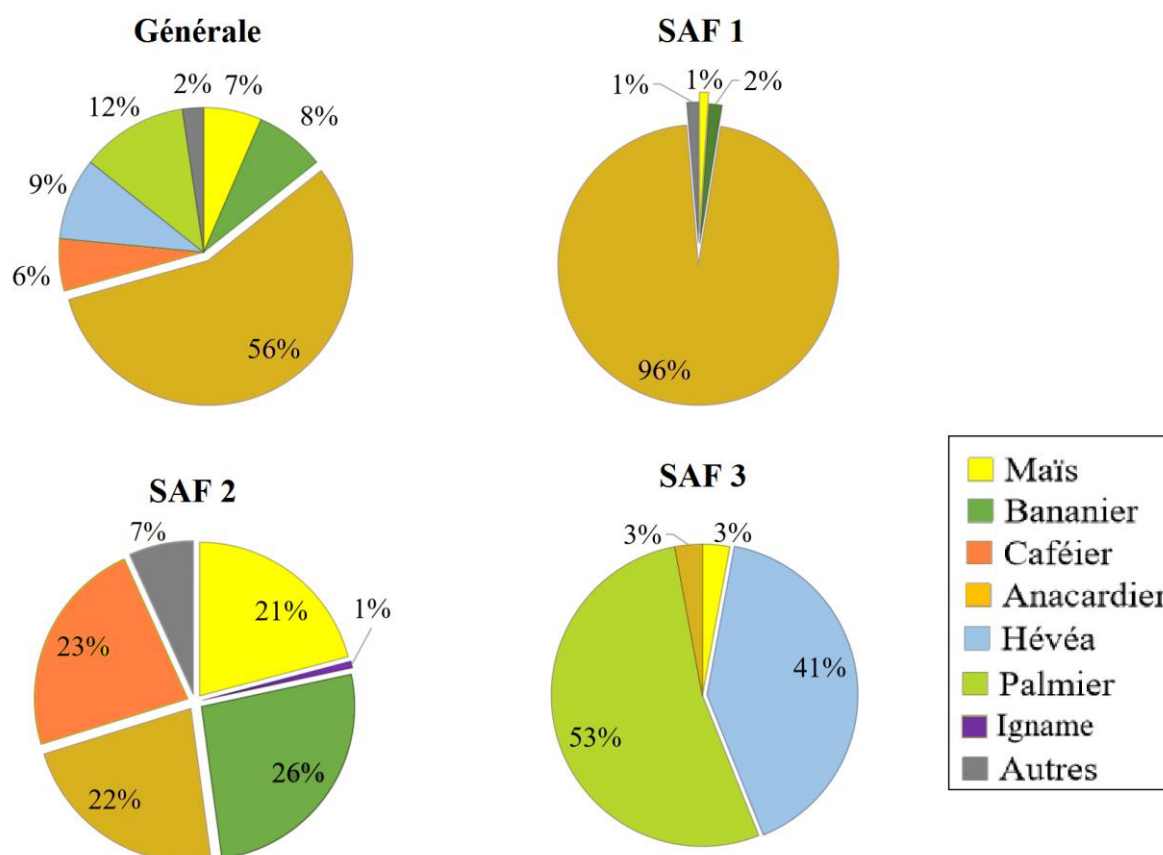
Le calcul du revenu des cultures associées nous ont permis d'obtenir, de façon générale, un revenu moyen annuel de 33 586,17 FCFA/ha pour les cultures vivrières et 224 502 FCFA/ha pour les cultures pérennes. Les cultures associées présentant les valeurs économiques les plus élevées regroupaient les caféiers (*Coffea arabica*), qui représentaient 56 % du revenu, soit 49 772,93 FCFA/ha/an. Le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) arrivait en deuxième position avec 12 % du revenu, soit 10 541,93 FCFA/ha/an. L'hévéa (*Hevea brasiliensis*) contribuait à hauteur de 9 % du revenu, soit 8 129,58 FCFA/ha/an. Les bananiers (*Musa paradisiaca*) apportaient 8 % du revenu, soit 6 890,49 FCFA/ha/an. Le maïs (*Zea mays*) représentait 7 % du revenu, soit 5 751,71 FCFA/ha/an (Figure 28). Par ailleurs, l'anacardier (*Anacardium occidentale*) générait un revenu moyen annuel de 5 162,37 FCFA/ha, soit 6 % du revenu moyen total.

La comparaison du revenu des cultures associées entre les SAF a montré une différence significative pour le revenu des cultures pérennes et aucune différence en ce qui concerne les cultures vivrières (Tableau XXII).

Concernant le SAF 1 (Biankouma), la vente des cultures associées a généré un revenu moyen de 182 900 FCFA/ha/an avec 18 447,90 FCFA/ha/an pour les cultures vivrières et 164 452,66 FCFA/ha/an pour les cultures pérennes. Les revenus les plus importants sont issus principalement de la culture de caféiers (*Coffea arabica*) avec une proportion de 96 % soit 134 295,07 FCFA/ha/an (Figure 28).

Pour le SAF 2 (Bonon), la vente des cultures associées a généré un revenu total de 99 111,54 FCFA/ha/an, réparti en 39 969,88 FCFA/ha/an pour les cultures vivrières et 59 131,66 FCFA/ha/an pour les cultures pérennes. Les recettes les plus importantes provenaient des bananiers, représentant 26 % du revenu (17 657,26 FCFA/ha/an), suivis des anacardiens avec 23 % (15 453,78 FCFA/ha/an), des caféiers avec 22 % (15 023,72 FCFA/ha/an) et enfin du maïs avec 21 % (14 052,90 FCFA/ha/an).

Enfin, dans le SAF 3 (Soubré), la vente des cultures associées a généré un revenu moyen de 127 231,03 FCFA par hectare et par an. Ce revenu se répartit en 18 838,10 FCFA/ha/an provenant des cultures vivrières, et 108 393,93 FCFA/ha/an provenant des cultures pérennes. Les revenus les plus élevés proviennent principalement de la vente des produits de l'espèce *Elaeis guineensis* (palmier), avec un montant de 31 625,78 FCFA/ha/an, soit une proportion de 53 %, suivi de *Hevea brasiliensis* (hévéa), qui représente 41 % du revenu soit 24 388,75 FCFA/ha/an.



**Figure 28 :** Répartition du revenu issu de la vente des cultures associées dans les différents systèmes agroforestiers

SAF : système agroforestier

**Tableau XXII :** Récapitulatif de la valeur économique des cultures associées aux cacaoyers par système agroforestier

| Cultures associées     | SAF                     |                        |                          | Valeur du test de Tukey |
|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                        | SAF 1<br>(Biankouma)    | SAF 2<br>(Bonon)       | SAF 3<br>(Soubré)        |                         |
| Vivrières (FCFA/ha/an) | 18 447,90 <sup>a</sup>  | 39 969,88 <sup>a</sup> | 18 838,10 <sup>a</sup>   | 2,17 NS                 |
| Pérennes (FCFA/ha/an)  | 164 452,66 <sup>b</sup> | 59 131,66 <sup>a</sup> | 108 393,93 <sup>ab</sup> | 5,16*                   |

Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 %  
SAF : système agroforestier. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

#### 5.2.2.6.3. Compte d'exploitation des différents systèmes agroforestiers

D'une manière générale, la production moyenne de fèves de cacao a été de 315,92 Kg de fèves par hectare. Cette quantité de fèves de cacao correspond à un bénéfice brut annuel de 216 330,10 F CFA. L'apport financier des cultures associées a été évalué à 136 411 F CFA par hectare. Les coûts de production d'une plantation s'élevaient en moyenne à 38 357,44 F CFA/ha.

Dans le SAF 1 (Biankouma), la production cacaoyère moyenne a été de 504,46 Kg/ha correspondant à un bénéfice brut annuel de 361 566 F CFA. Les cultures associées aux cacaoyers ont rapporté en moyenne 182 900 F CFA. Concernant les dépenses effectuées, elles s'évaluaient en moyenne à 31 639 F CFA (Tableau XXIII).

Au niveau du SAF 2 (Bonon), nous avons enregistré une production cacaoyère moyenne de 225,49 kg par hectare. Cette production correspond à un revenu brut de 280 409 F CFA. Les cultures associées aux cacaoyers ont rapporté en moyenne 99 101 F CFA. Concernant les dépenses effectuées dans les cacaoyères du SAF 2, elles s'élèvent à 55 849 F CFA par hectare.

En ce qui concerne le SAF 3 (Soubré), nous avons noté un revenu annuel de 189 549 F CFA pour une production cacaoyère moyenne annuelle de 217,81 kg/ha. Les cultures associées ont rapporté 127 232 F CFA en moyenne. Par ailleurs, les dépenses effectuées pour la mise en valeur de la plantation pour une année ont été de 27 583 F CFA en moyenne.

**Tableau XXIII : Compte d'exploitation des producteurs de chaque système agroforestier**

| SAF                          | Variables                                                 |                   |                                                          |                   |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|
|                              | Charges                                                   | Montant<br>(FCFA) | Produits                                                 | Montant<br>(FCFA) |
| <b>SAF 1<br/>(Biankouma)</b> | Charge annuelle.....                                      | 31 639,07         | Cacao.....                                               | 393 205,55        |
|                              |                                                           |                   | Cultures associées.....                                  | 182 900,56        |
|                              | Total charge.....                                         | 31 639,07         | Revenu brut.....                                         | 576 106,11        |
|                              | Bénéfice net sans produit des<br>cultures associées....   | 361 566,48        | Bénéfice net avec produit des<br>espèces associées.....  | 544 467,04        |
|                              | Charge annuelle.....                                      | 55 849,44         | Cacao.....                                               | 181 307,92        |
|                              |                                                           |                   | Cultures associées.....                                  | 99 101,54         |
| <b>SAF 2<br/>(Bonon)</b>     | Total charge.....                                         | 55 849,44         | Revenu brut.....                                         | 280 409,46        |
|                              | Bénéfice net sans produits des<br>cultures associées..... | 12 545,48         | Bénéfice net avec produit des<br>cultures associées..... | 224 560,02        |
|                              | Charge annuelle.....                                      | 27 583,81         | Cacao.....                                               | 189 549,15        |
|                              |                                                           |                   | Cultures associées.....                                  | 127 232,03        |
| <b>SAF 3<br/>(Soubré)</b>    | Total charge.....                                         | 27 583,81         | Revenu brut.....                                         | 316 781,18        |
|                              | Bénéfice sans produit des cultures<br>associées.....      | 161 965,34        | Bénéfice avec produit des cultures<br>associées.....     | 289 197,37        |

SAF : système agroforestier

#### 5.2.2.6.4. Lien entre l'âge et le rendement des plantations

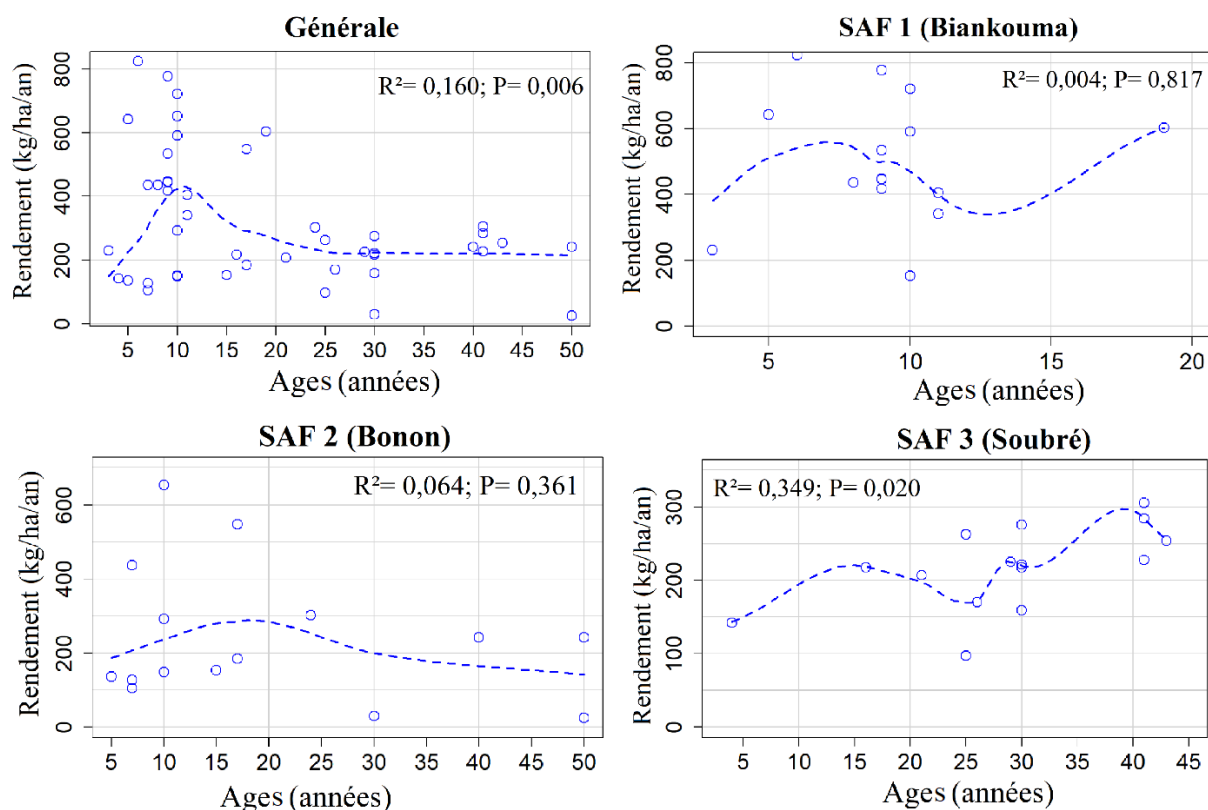
La figure 29 présente l'évolution du rendement des cacaoyères en fonction de leur âge. De manière générale, on observe une réduction du rendement avec l'âge des parcelles. En effet, le rendement passe de plus de 800 kg/ha/an à moins de 200 kg/ha/an lorsque l'on part des parcelles de moins de 10 ans à celles de 50 ans. Par ailleurs, la corrélation négative ( $R = -0,4$ ) obtenue montre que le rendement des parcelles et l'âge des plantations évoluent en sens inverse. La courbe d'évolution du rendement total des plantations présente deux phases : une phase de croissance du rendement allant de plus de 200 kg/ha à 823 kg/ha pour les parcelles de 3 à 10 ans, et une phase décroissance marquée par une baisse du rendement de 823 kg/ha à 200 kg/ha pour les parcelles de 10 à 50 ans.

L'analyse par SAF a révélé une augmentation du rendement en fonction de l'âge pour les parcelles des SAF 1 et 3. En revanche, nous avons enregistré une baisse du rendement des cacaoyères avec l'augmentation de l'âge des parcelles pour le SAF 2 (Figure 29).

Pour le SAF 1, le rendement en fèves de cacao est passé de 152 kg/ha/an à 600 kg/ha/an pour les parcelles de moins de 5 ans à celles de plus de 15 ans. Par ailleurs, la valeur de 0,06 obtenue lors du test de corrélation indique une augmentation du rendement avec l'âge des plantations. La courbe d'évolution du rendement en fonction de l'âge présente trois phases : deux phases de croissance et une phase de décroissance. La première phase de croissance montre des rendements allant de 230 kg/ha/an à plus de 450 kg/ha/an pour les parcelles de moins de 5 ans à celles de 8 ans. La seconde phase de croissance montre des rendements allant de 340 kg/ha/an pour les parcelles de 10 ans à 600 kg/ha/an pour les cacaoyères de plus de 15 ans. La phase décroissante, quant à elle, montre un rendement passant de 450 kg/ha pour les cacaoyères de 8 ans à 340 kg/ha/an pour les parcelles de 11 ans.

Pour le SAF 2, le rendement est passé de 300 kg/ha/an à 150 kg/ha/an des parcelles de 5 ans à celles de 50 ans. De plus, la valeur du coefficient de corrélation (-0,253) montre que le rendement diminue avec l'âge des plantations. La courbe d'évolution du rendement en fonction de l'âge présente deux phases : une augmentation des rendements de 100 kg/ha/an à 250 kg/ha/an pour les parcelles de 7 à 17 ans, puis une baisse des rendements de 250 kg/ha/an à moins de 100 kg/ha/an pour les parcelles de 17 à 50 ans.

Enfin, pour le SAF 3, le rendement des parcelles variait entre 150 kg/ha/an et plus de 250 kg/ha/an pour des parcelles âgées de moins de 5 ans à 40 ans. La valeur positive du coefficient de corrélation (0,591) indique que le rendement augmente au fur et à mesure que les plantations vieillissent. La courbe d'évolution présente deux phases de croissance : la première allant de 170 kg/ha/an à 217 kg/ha/an pour les parcelles de moins de 10 ans à 15 ans, et la seconde allant de moins de 217 kg/ha/an à plus de 300 kg/ha/an pour les cacaoyères de 25 à 40 ans. Par ailleurs, l'on enregistre une phase décroissante allant de 217 kg/ha/an à 170 kg/ha/an pour les parcelles de 15 ans à 25 ans.



**Figure 29 :** Evolution du rendement des cacaoyers selon l'âge des plantations dans les différents systèmes agroforestiers

L'analyse des caractéristiques économiques des systèmes agroforestiers a révélé que le SAF 1 affichait de meilleures valeurs. Le rendement en fèves de cacao y a été estimé à 504,46 kg/ha, générant un revenu de 393 209 FCFA/ha pour un coût de production de 31 639 FCFA/ha. Le revenu des cultures associées a été évalué à 361 566 FCFA/ha. Par ailleurs, une baisse du rendement en fèves de cacao a été observée avec l'augmentation de l'âge des cacaoyères. Cependant, il est important de noter que, dans un même SAF, le rendement en fèves de cacao ne varie pas en fonction des classes d'âges des cacaoyères.

### 5.3. Caractéristiques écologiques des systèmes agroforestiers

#### 5.3.1. Diversité qualitative de la flore des différents systèmes agroforestiers

##### 5.3.1.1. Richesse floristique

L'analyse des données floristiques a permis de dénombrer 72 espèces au niveau des SAF 1 (3,45 espèces en moyenne), réparties en 68 genres et 30 familles. Au niveau des plantations du SAF 2, nous avons identifié 17 espèces (3,92 espèces en moyenne) réparties en 16 genres et 12 familles. Quant aux cacaoyères du SAF 3, nous avons noté la présence de 56 espèces (2,57 espèces en moyenne) réparties entre 54 genres et 28 familles. L'espèce *Musa paradisiaca* Linn. s'est distinguée comme l'espèce la plus dominante dans les différents SAF

(Tableau XXIV). Au niveau du SAF 1, en plus de *Musa paradisiaca* Linn (72,28 %), une proportion importante de *Coffea arabica* L. (5,23 %) et *Anacardium occidentale* L. (7,33 %) a été également notée. En ce qui concerne le SAF 2, en dehors *Musa paradisiaca* L. (42,38 %), le cortège d'espèce a été dominé par *Coffea arabica* L. (26,97 %) et *Anacardium occidentale* Linn. (18,86 %). Quant au SAF 3, les espèces *Coffea arabica* L. (9,32 %), *Anacardium occidentale* L. (5,94 %) et *Elaeis guineensis* Jacq. (5,74 %), ont constitué les espèces les plus dominantes après *Musa paradisiaca* Linn (66,15 %).

**Tableau XXIV :** Proportions (%) des espèces les plus rencontrées dans les différents systèmes agroforestiers

| Espèces                       | SAF                  |                  |                   |
|-------------------------------|----------------------|------------------|-------------------|
|                               | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |
| <i>Musa paradisiaca</i>       | 72,28                | 42,38            | 66,15             |
| <i>Coffea arabica</i>         | 5,23                 | 26,97            | 9,32              |
| <i>Anacardium occidentale</i> | 7,33                 | 18,86            | 5,94              |
| <i>Hevea brasiliensis</i>     | 0,61                 | 7,22             | 0,81              |
| <i>Elaeis guineensis</i>      | 2,42                 | 1,52             | 5,74              |
| <i>Persea americana</i>       | 1,27                 | 1,12             | 2,37              |
| <i>Millettia zechiana</i>     | 1,24                 | 0,32             | 0,10              |
| <i>Citrus sinensis</i>        | 0,75                 | 0,40             | 1,71              |
| <i>Cola nitida</i>            | 0,34                 | 0,00             | 1,41              |
| <i>Mangifera indica</i>       | 0,68                 | 0,32             | 1,06              |

SAF : système agroforestier

### 5.3.1.2. Composition floristique

La répartition des individus d'espèces, selon le type morphologique, dans chaque SAF a permis d'obtenir des proportions élevées de bananiers (33,22 %) et d'arbustes (30,51 %) au niveau du SAF 1 (Tableau XXV). En ce qui concerne le SAF 2, les individus d'arbres ont constitué les espèces les plus rencontrées (48,60 %). Quant aux cacaoyères du SAF 3, elles ont enregistré une forte proportion d'espèces arborescentes notamment les arbres (45,87 %).

Concernant la répartition phytogéographique des espèces, il ressort une dominance des espèces locales à l'issue de l'inventaire avec 165 espèces, soit 87 % des espèces recensées. Ces espèces comprennent des espèces endémiques de la région Guinéo-Congolaise (GC), comme

*Antiaris toxicaria* var. *welwitschii* (Engl.), *Blighia unijugata* Baker et *Cordia senegalensis* Juss. On trouve aussi des espèces endémiques du bloc forestier Ouest africain (GCW), telles que *Milicia regia* (A. Chev.) C.C. Berg et *Afzelia bella* Harms. S'ajoutent des espèces de transition entre la zone Guinéo-Congolaise et la zone Soudano-Zambézienne (GC-SZ), comme *Spondias mombin* Linn., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. et *Albizia zygia* (DC.) J.F., qui représentent 25 % des espèces recensées. Enfin, des espèces exotiques (i), telles que *Persea americana* Mill., *Mangifera indica* L. et *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, ont également été inventoriées.

La répartition des individus d'espèces par SAF, a montré une dominance des espèces exotiques au niveau des SAF 2 avec des proportions respectives de 89,83 % (Tableau XXV). Quant aux individus d'espèces locales, ils ont été les plus recensés au niveau des cacaoyères des SAF 1 (33,21 %) et SAF 3 (28,40 %).

Les analyses statistiques ont mis en évidence des différences significatives entre les SAF pour les individus des espèces herbacées, arborées, locales et exotiques. En revanche, aucune différence n'a été constatée pour les individus des espèces arbustives.

**Tableau XXV** : Répartition des individus d'espèces selon la richesse et la composition floristiques dans chaque système agroforestier

| Paramètres floristiques |               | SAF                  |                    |                    | Valeur du test de Tukey |
|-------------------------|---------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
|                         |               | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon)   | SAF 3<br>(Soubré)  |                         |
|                         | Espèces       | 3,45 <sup>b</sup>    | 3,92 <sup>b</sup>  | 2,57 <sup>a</sup>  | 11,73***                |
| Types morphologiques    | Herbacés (%)  | 33,22 <sup>a</sup>   | 23,30 <sup>a</sup> | 27,64 <sup>a</sup> | 2,39***                 |
|                         | Arbres (%)    | 36,27 <sup>a</sup>   | 48,60 <sup>b</sup> | 45,87 <sup>b</sup> | 4,85***                 |
|                         | Arbustes (%)  | 30,51 <sup>a</sup>   | 28,10 <sup>a</sup> | 26,48 <sup>a</sup> | 0,88 NS                 |
| Affinités chorologiques | Locales (%)   | 33,21 <sup>b</sup>   | 10,17 <sup>a</sup> | 28,40 <sup>b</sup> | 5,03**                  |
|                         | Exotiques (%) | 66,79 <sup>a</sup>   | 89,83 <sup>b</sup> | 71,70 <sup>a</sup> | 5,03***                 |

Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 % SAF : système agroforestier. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

### 5.3.1.3. Espèces à statut particulier

Les inventaires ont permis d'identifier 11 espèces à statut particulier, composées de neuf (9) espèces menacées selon la liste rouge de l'UICN et deux espèces endémiques à l'Afrique de l'Ouest à savoir *Milicia regia* (A. Chev.) C.C. Berg (Tableau XXVI) et *Afzelia bella* Harms.

Les cacaoyères du SAF 1 ont enregistré la présence d'une espèce en danger (*Pterocarpus erinaceus* Poir.), 6 espèces vulnérables à savoir *Afzelia africana* Pers., *Cordia platythyrsa* Bak., *Garcinia kola* Heckel, *Milicia regia* (A. Chev.) C.C. Berg, *Terminalia ivorensis* A. Chev. et *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn ainsi que d'une espèce qualifiée de risque faible/quasi-ménacée à savoir *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg).

Au niveau des plantations du SAF 2, on a dénombré une seule espèce vulnérable à savoir *Nesogordonia papaverifera* (A. Chev.) R. Capuron. Par ailleurs, le SAF 3 a enregistré la présence d'une espèce en danger (*Tieghemella heckelii* (A. Chev.) Dubard) et d'une espèce qualifiée de risque faible/quasi-menacé (*Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg).

**Tableau XXVI :** Espèces à statut particulier recensées dans les cacaoyères de chaque système agroforestier

| Espèces                          | Chorologie | Statut UICN | SAF                  |                  |                   |
|----------------------------------|------------|-------------|----------------------|------------------|-------------------|
|                                  |            |             | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon) | SAF 3<br>(Soubré) |
| <i>Afzelia africana</i>          |            | VU -        | 1                    | -                | -                 |
| <i>Afzelia bella</i>             | GCW        | -           | 1                    | -                | -                 |
| <i>Cordia platythyrsa</i>        | -          | VU -        | 1                    | -                | -                 |
| <i>Garcinia kola</i>             | -          | VU          | 1                    | -                | -                 |
| <i>Milicia excelsa</i>           | -          | LR/nt       | 1                    | -                | 1                 |
| <i>Milicia regia</i>             | GCW        | VU          | 1                    | -                | -                 |
| <i>Nesogordonia papaverifera</i> | -          | VU          | -                    | 1                | -                 |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>     | -          | EN          | 1                    | -                | -                 |
| <i>Terminalia ivorensis</i>      | -          | VU          | 1                    | -                | -                 |
| <i>Tieghemella heckelii</i>      | -          | EN          | -                    | -                | 1                 |
| <i>Vitellaria paradoxa</i>       | -          | VU          | 1                    | -                | -                 |

- = absence ; 1 = présence ; GCW : Espèces endémiques au Bloc forestier Ouest Africain ; VU = espèces vulnérables ; LR/nt : risque faible/quasi-menacée ; EN : espèces en danger, SAF : système agroforestier

### 5.3.2. Diversité quantitative de la flore des différents systèmes agroforestiers

#### 5.3.2.1. Indices de diversité spécifique

Trois indices de diversité ont été calculés à partir des données issues des placettes disposées dans les cacaoyères : l'indice de Shannon, l'indice de Simpson et d'équitabilité de Pielou. Les valeurs des indices de Shannon et d'équitabilité de Pielou étaient significativement différentes selon les SAF. Cependant, aucune différence significative n'a été observée au niveau des valeurs de l'indice de Simpson.

Les valeurs de l'indice de Shannon étaient comprises entre 0,42 et 0,71 (Tableau XXVII). Les SAF 1 et SAF 2 ont enregistré les indices de Shannon les plus élevés avec des valeurs respectives de 0,71 et 0,78. Par ailleurs, la valeur la plus faible (0,55) a été notée au niveau du SAF 3.

Au niveau de l'indice d'équitabilité de Pielou calculé, il variait de 0,53 à 0,57. Les SAF 1 et SAF 2 ont enregistré les valeurs les plus élevées de l'indice d'équitabilité de Pielou qui étaient respectivement de 0,57 et de 0,54. Tandis que, la plus faible valeur de l'indice d'équitabilité de Pielou a été enregistrée au niveau du SAF 3 (0,53).

Enfin, l'indice de Simpson calculé était sensiblement identique dans l'ensemble des SAF. Les valeurs obtenues étaient de 0,42 (SAF 1), 0,37 (SAF 2) et 0,31 (SAF 3).

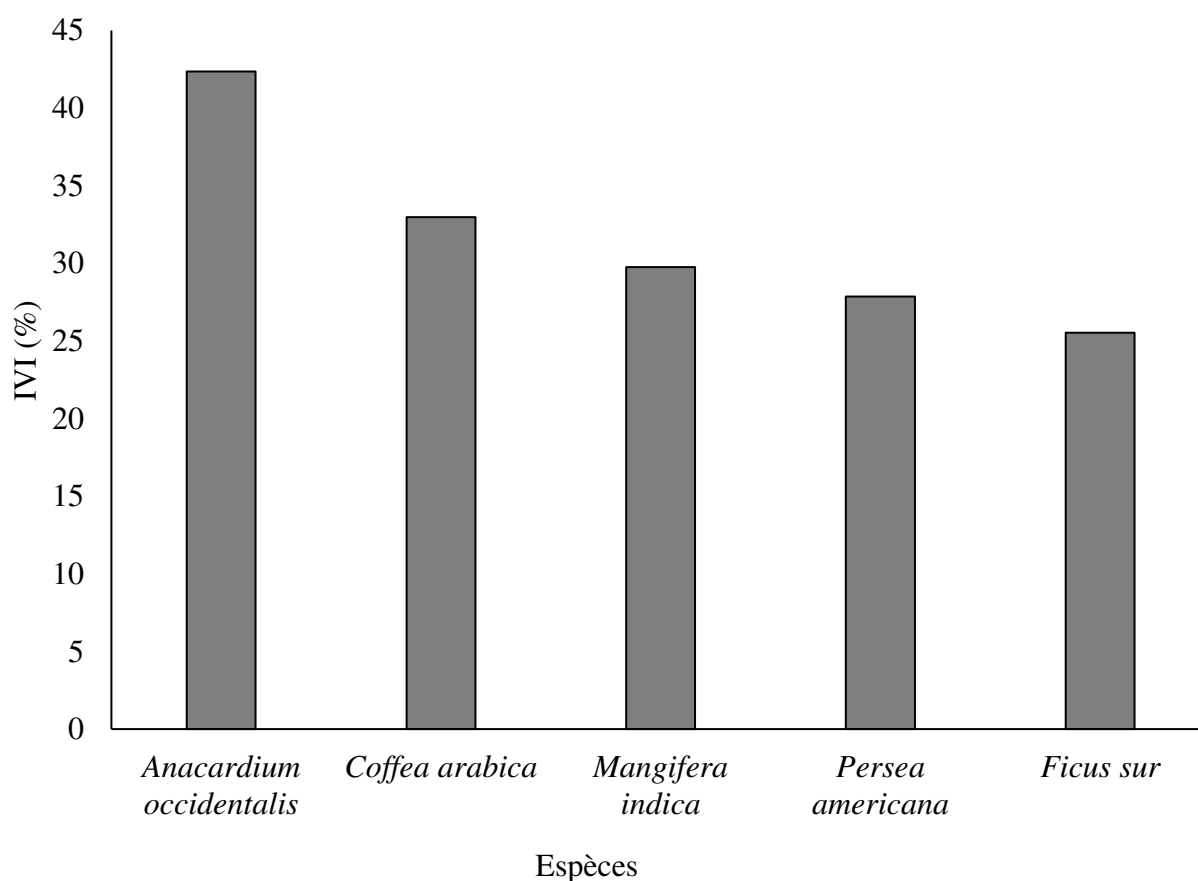
**Tableau XXVII : Indices de diversité floristique des différents systèmes agroforestiers**

| Indices de diversité | SAF                  |                    |                   | Valeur du test de Tukey |
|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
|                      | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon)   | SAF 3<br>(Soubré) |                         |
| Shannon              | 0,71 <sup>b</sup>    | 0,78 <sup>ab</sup> | 0,55 <sup>a</sup> | 5,15**                  |
| Equitabilité         | 0,57 <sup>a</sup>    | 0,54 <sup>a</sup>  | 0,53 <sup>a</sup> | 0,18 NS                 |
| Simpson              | 0,42 <sup>a</sup>    | 0,37 <sup>a</sup>  | 0,31 <sup>a</sup> | 2,89                    |

Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 %  
SAF : système agroforestier. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

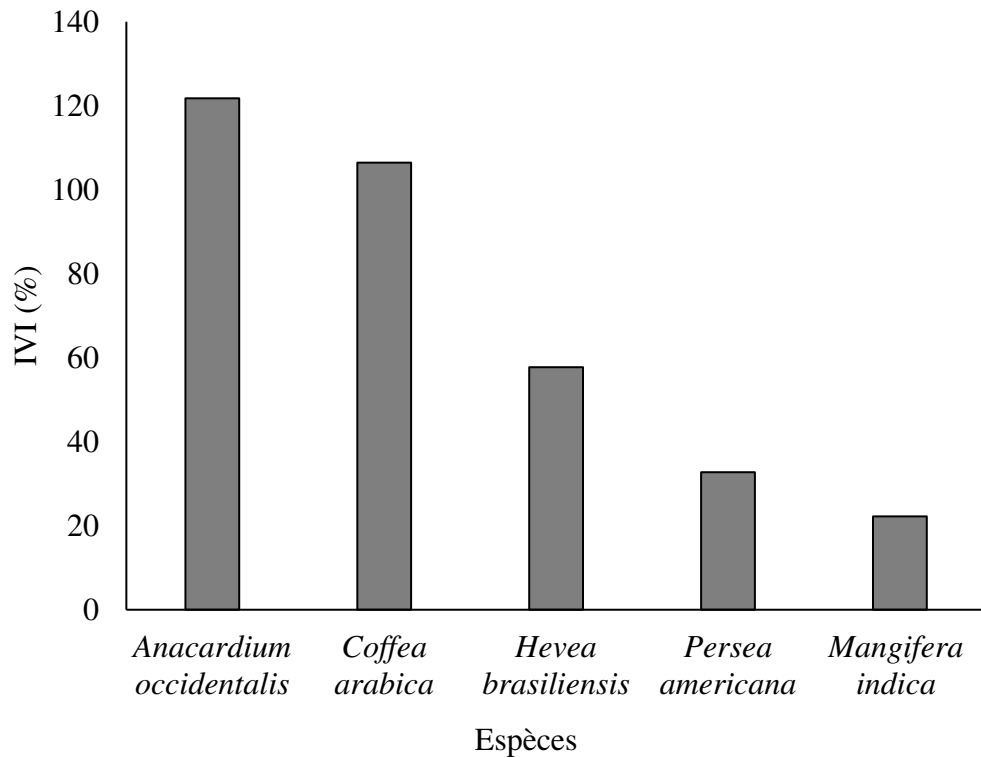
### 5.3.2.2. Indice de valeur d'importance des espèces arborescentes dans les différents systèmes agroforestiers

L'indice de valeur d'importance calculé a montré que *Anacardium occidentale* (42,35 %), *Coffea arabica* (32,97 %), *Mangifera indica* (29,75 %) *Persea americana* (27,85 %), et *Ficus sur* (25,53 %) étaient les espèces ligneuses les plus représentées dans les cacaoyères du SAF 1 (Figure 30). A Bonon (SAF 2), *Anacardium occidentale* (121,77 %), *Coffea arabica* (106,45 %), *Hevea brasiliensis* (57,73 %) *Persea americana* (32,74%) et *Mangifera indica* (22,24 %) ont été les espèces ligneuses les plus prépondérantes (Figure 31). Les espèces ligneuses présentant des IVI les plus élevés dans les cacaoyères de Soubré (SAF 3) étaient *Persea americana* (36,25 %), *Manguifera indica* (34,44 %), *Coffea arabica* (34,13 %), *Anacardium occidentale* (29,50 %) et *Citrus sinensis* avec un IVI de 31,26 % (Figure 32).



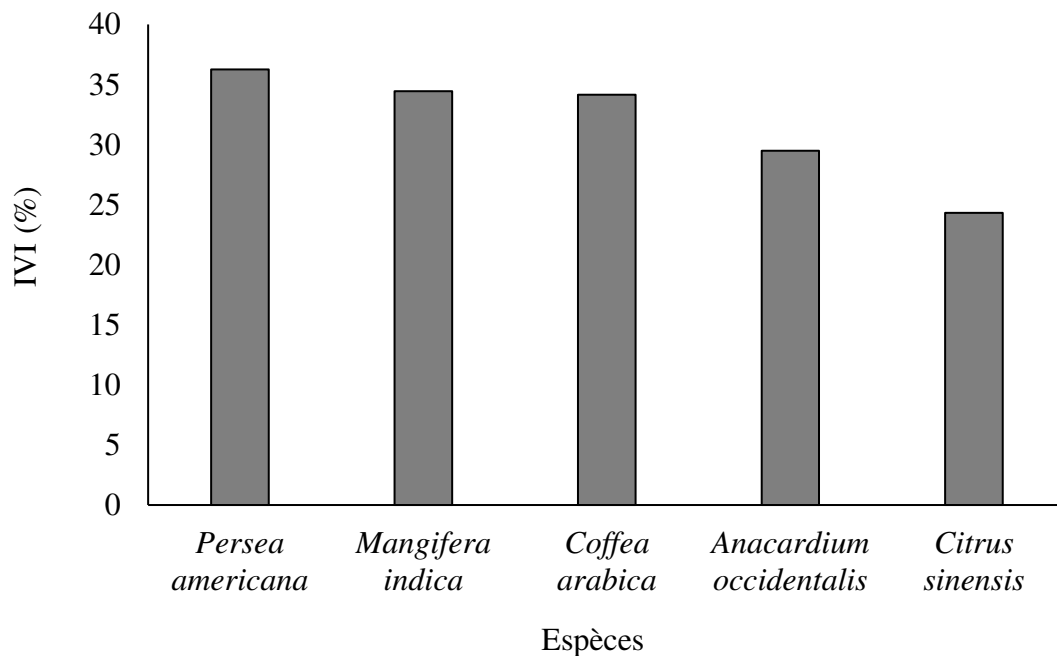
**Figure 30 :** Histogramme présentant les espèces les plus abondantes au niveau du système agroforestier 1 à Biankouma

IVI : indice de valeur d'importance



**Figure 31 :** Histogramme présentant les espèces les plus abondantes au niveau du système agroforestier 2 à Bonon

IVI : indice de valeur d'importance



**Figure 32 :** Histogramme présentant les espèces les plus abondantes au niveau du système agroforestier 3 à Soubré

IVI : indice de valeur d'importance

### 5.3.2.2. Distribution des individus d'espèces recensés par strate

De manière générale, l'analyse des données a révélé une dominance des individus de la strate inférieure dans l'ensemble des plantations visitées avec une proportion de 89,29 %.

En ce qui concerne la répartition des individus par SAF, l'analyse statistique a permis d'observer des différences significatives entre les différents SAF (Tableau XXVIII). Les individus de la strate inférieure ont été les plus représentés au niveau des SAF 1 (Biankouma) et SAF 2 (Bonon) avec des proportions respectives de 62,14 % et 77,30 %. Au niveau du SAF 3, les individus de la strate inférieure ont été les moins abondants (38,80 %). Par ailleurs, les individus de la strate supérieure ont été les plus recensés au niveau des plantations du SAF 3 (Soubré) avec une proportion de 39,28 %. En outre, les individus de la strate supérieure ont été les moins représentés au niveau des SAF 1 et SAF 2 avec des proportions respectives de 23,35 % et 22,70 %.

**Tableau XXVIII** : Répartition des individus de chaque strate dans les différents systèmes agroforestiers

| Strates        | SAF                |                     |                    | Valeur du test de Tukey |
|----------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
|                | SAF 1 (Biankouma)  | SAF 2 (Bonon)       | SAF 3 (Soubré)     |                         |
| Inférieure (%) | 62,14 <sup>b</sup> | 77,30 <sup>b</sup>  | 38,80 <sup>a</sup> | 18,50***                |
| Supérieure (%) | 23,35 <sup>a</sup> | 22,70 <sup>ab</sup> | 39,28 <sup>b</sup> | 8,44***                 |

Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 %. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

### 5.3.3. Biomasse et taux de carbone séquestré par les cacaoyères

La biomasse totale moyenne des individus a été estimée à 138,40 t/ha, correspondant à un stock de carbone de 69,36 tC/ha, dont 13,29 tC/ha provenant de la biomasse aérienne. La valeur la plus importante de la biomasse a été enregistrée dans les parcelles du SAF 3 avec une valeur de 61,76 t/ha soit un taux de carbone de 30,88 tC/ha.

Au niveau des cacaoyers, le SAF 3 a enregistré la quantité de biomasse la plus élevée (40,22 t/ha), correspondant à un stock de carbone important de 20,11 tC/ha. De plus, des biomasses de 17,00 t/ha et 15,36 t/ha ont été observées respectivement dans les SAF 1 et SAF 2, soit des stocks de carbone de 8,50 tC/ha et 7,68 tC/ha. Les analyses statistiques réalisées ont montré une différence significative entre les SAF.

Concernant les arbres, la biomasse séquestrée s'est révélée globalement similaire dans l'ensemble des SAF. En effet, les tests statistiques réalisés n'ont montré aucune différence significative entre eux. Les valeurs de biomasse calculées varient de 11,62 t/ha dans le SAF 2 à 20,40 t/ha dans le SAF 3, correspondant respectivement à des stocks de carbone de 5,81 tC/ha (SAF 2) et 10,20 tC/ha (SAF 3). Dans le SAF 1, la biomasse des arbres a été estimée à 19,97 t/ha, soit un stock de carbone de 9,98 tC/ha.

Quant au niveau des cultures pérennes associées aux cacaoyers, la biomasse calculée a été la plus forte au niveau du SAF 2 comparativement aux autres SAF. En effet, la valeur de la biomasse calculée était de 11,58 t/ha soit un taux de carbone de 5,79 tC/ha. La valeur la plus faible de la biomasse des cultures pérennes associées a été enregistrée au niveau du SAF 1 avec une valeur de 1,24 t/ha soit 0,62 tC/ha. Par ailleurs, le SAF 3 a enregistré 0,67 tC/ha pour une biomasse de 1,34 t/ha (Tableau XXIX). Les tests statistiques réalisés ont montré une différence significative entre les SAF.

**Tableau XXIX :** Biomasse et taux de carbone séquestré par les espèces ligneuses de chaque système agroforestier

| Type d'espèces          | Paramètres        | SAF                  |                    |                     | Valeur du test de Tukey |
|-------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
|                         |                   | SAF 1<br>(Biankouma) | SAF 2<br>(Bonon)   | SAF 3<br>(Soubré)   |                         |
| Cacaoyers               | AGB (t/ha)        | 13,76 <sup>a</sup>   | 12,32 <sup>a</sup> | 32,48 <sup>b</sup>  | 131,4***                |
|                         | BGB (t/ha)        | 3,24 <sup>a</sup>    | 2,88 <sup>a</sup>  | 7,74 <sup>b</sup>   | 131,4***                |
|                         | TB (t/ha)         | 17,00 <sup>a</sup>   | 15,36 <sup>a</sup> | 40,22 <sup>b</sup>  | 131,4***                |
|                         | Carbone (t/ha)    | 8,50 <sup>a</sup>    | 7,68 <sup>a</sup>  | 20,11 <sup>b</sup>  | 131,4***                |
|                         | Densité (indv/ha) | 795,98               | 476,31             | 873,27 <sup>b</sup> |                         |
| Arbres                  | AGB (t/ha)        | 16,13 <sup>a</sup>   | 9,38 <sup>a</sup>  | 16,4 <sup>a</sup>   | 0,18 NS                 |
|                         | BGB (t/ha)        | 3,84 <sup>a</sup>    | 2,24 <sup>a</sup>  | 4,00 <sup>a</sup>   | 0,18 NS                 |
|                         | TB (t/ha)         | 19,97 <sup>a</sup>   | 11,62 <sup>a</sup> | 20,40 <sup>a</sup>  | 0,18 NS                 |
|                         | Carbone (t/ha)    | 9,98 <sup>a</sup>    | 5,81 <sup>a</sup>  | 10,20 <sup>a</sup>  | 0,18 NS                 |
|                         | Densité (indv/ha) | 37,33                | 25,23              | 21,84               |                         |
| Cultures pérennes       | AGB (t/ha)        | 1,08 <sup>a</sup>    | 9,34 <sup>b</sup>  | 1,02 <sup>a</sup>   | 64,44***                |
|                         | BGB (t/ha)        | 0,16 <sup>a</sup>    | 2,24 <sup>b</sup>  | 0,32 <sup>a</sup>   | 64,44***                |
|                         | TB (t/ha)         | 1,24 <sup>a</sup>    | 11,58 <sup>b</sup> | 1,34 <sup>a</sup>   | 64,44***                |
|                         | Carbone (t/ha)    | 0,62 <sup>a</sup>    | 5,79 <sup>b</sup>  | 0,67 <sup>a</sup>   | 64,44***                |
|                         | Densité (indv/ha) | 27,75                | 328                | 11,73               |                         |
| Total de carbone (t/ha) |                   | 19,10                | 19,28              | 30,98               |                         |

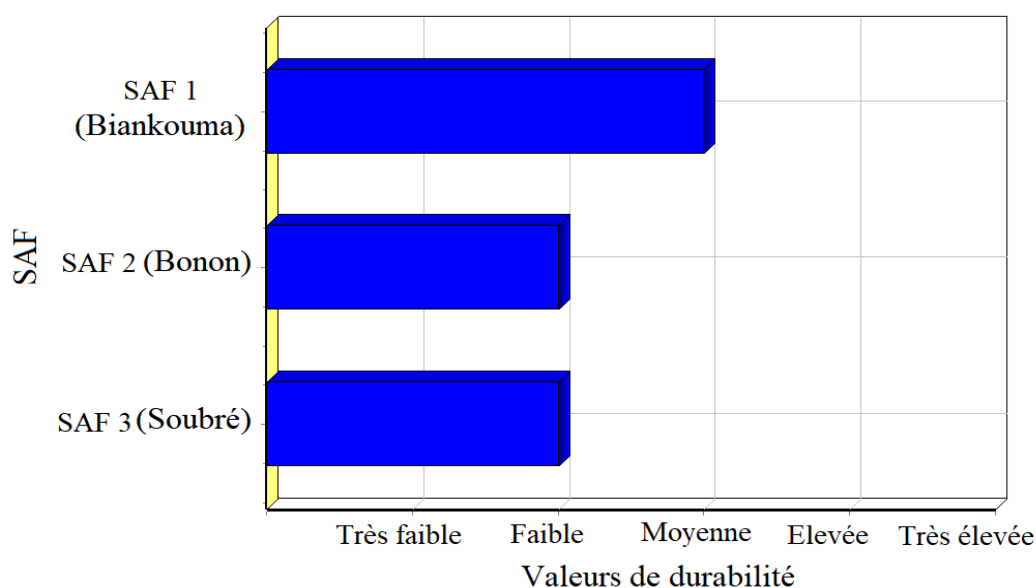
AGB : biomasse aérienne ; BGB : biomasse souterraine ; TB : biomasse totale ; t/ha : tonne par hectare ; SAF : système agroforestier. Seuil de significativité du test de Tukey : \* :  $p < 0,05$ , la différence est significative au seuil de 5 % ; \*\* :  $p < 0,01$ , la différence est hautement significative au seuil de 1 % ; \*\*\* :  $p < 0,001$ , la différence est très hautement significative au seuil de 0,1 % ; NS : la différence est non significative au seuil de 5 %. Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

## 5.4. Durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

### 5.4.1. Durabilité économique des systèmes agroforestiers

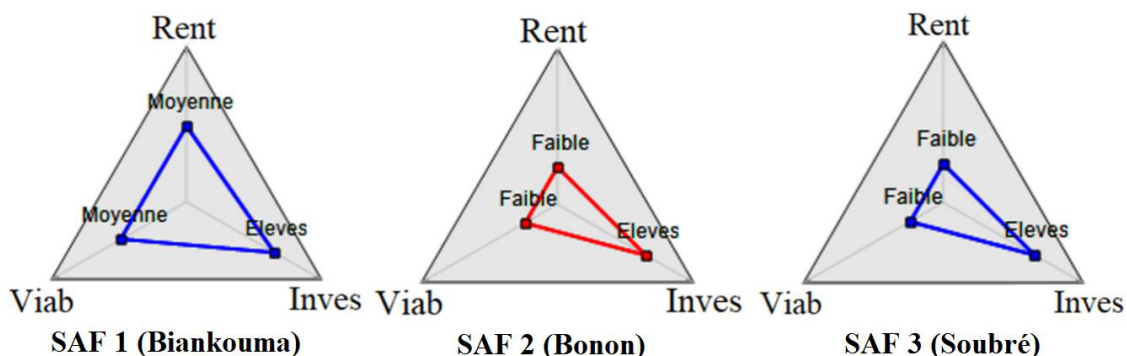
L'évaluation de la durabilité économique des SAF a révélé une durabilité "moyenne" pour le SAF 1 (Biankouma) et une durabilité "faible" pour les SAF 2 et SAF 3 (Figure 33).

L'analyse des principales composantes de la durabilité économique a montré que le SAF 1 présente un score de durabilité "moyenne" pour les branches viabilité et rentabilité, tandis qu'un score "élevé" a été enregistré pour la branche investissement (Figure 34). Pour les systèmes agroforestiers 2 et 3, des tendances similaires ont été observées avec des scores de durabilité variant de "faible" à "élevée". Les branches viabilité et rentabilité ont obtenu un score de durabilité "faible", tandis que la branche investissement a affiché une durabilité "élevée".



**Figure 33 :** Durabilité économique des différents systèmes agroforestiers

SAF : système agroforestier



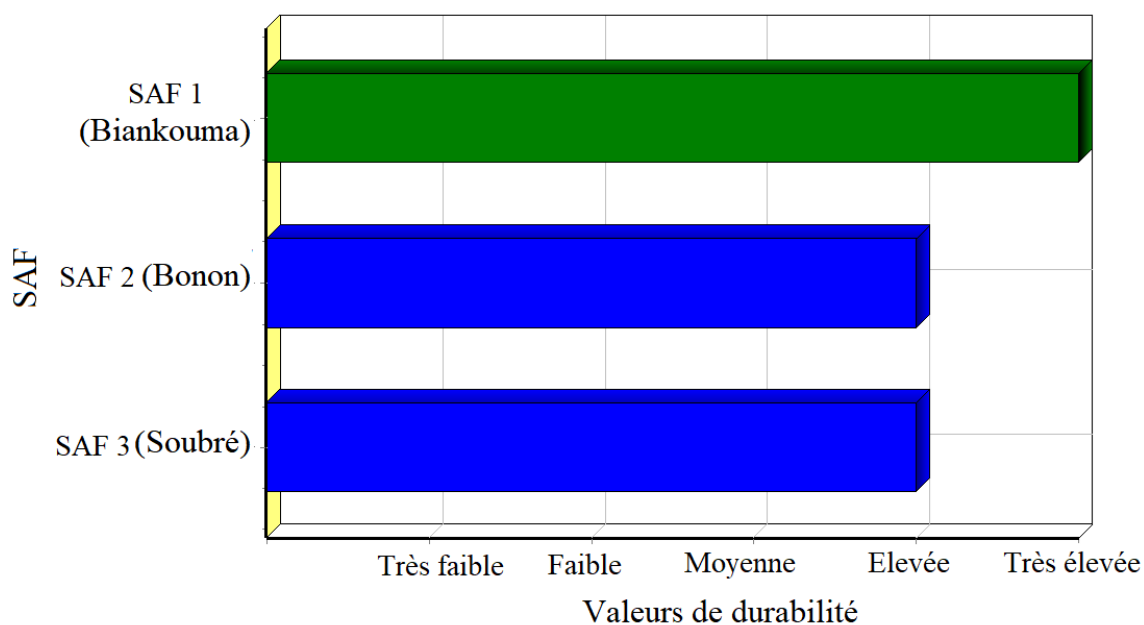
**Figure 34 :** Durabilité économique des différents systèmes agroforestiers en tenant compte des trois branches principales

Rent : Rentabilité ; Viab ; Viabilité ; Inves : Investissements ; SAF : système agroforestier

#### 5.4.2. Durabilité environnementale des systèmes agroforestiers

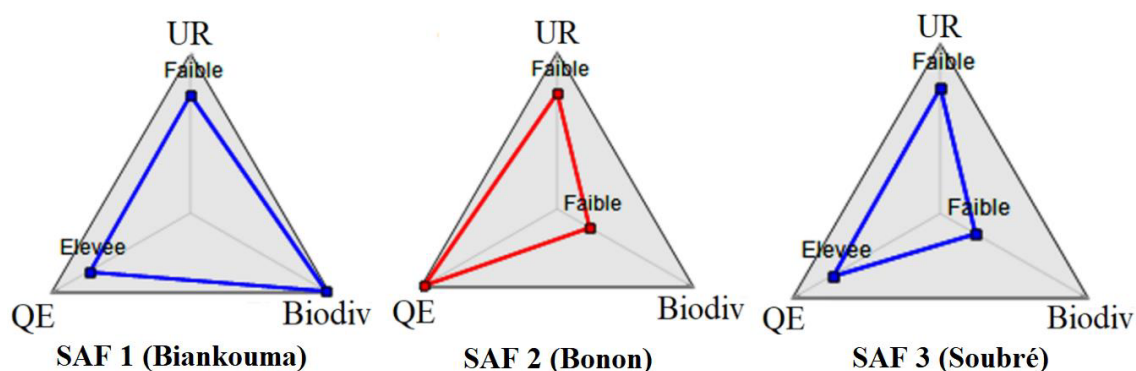
L'évaluation de la durabilité environnementale, basée sur trois branches principales (biodiversité, qualité de l'environnement et utilisation des ressources), a révélé des niveaux allant de "élevée" à "très élevée" (Figure 35). Une durabilité élevée a été observée pour les SAF 1 et SAF 2, tandis qu'une durabilité très élevée a été enregistrée pour le SAF 3.

Au niveau du SAF 1, des niveaux de durabilité "faible", "élevée" et "très élevé" ont été observés respectivement pour les branches utilisation des ressources, qualité de l'environnement et biodiversité (Figure 36). Pour le SAF 2, une durabilité "Faible" a été enregistrée pour les branches utilisation des ressources et biodiversité, tandis que la branche qualité de l'environnement a affiché une durabilité "très élevée". Enfin, le SAF 3 a présenté des scores de durabilité allant de "faible" à "élevée", avec des niveaux respectifs de durabilité "faible" pour les branches biodiversité et utilisation des ressources et "élevée" pour la branche qualité de l'environnement.



**Figure 35 :** Durabilité environnementale des différents systèmes agroforestiers

SAF : système agroforestier



**Figure 36 :** Durabilité environnementale des différents systèmes agroforestiers en tenant compte des trois branches principales

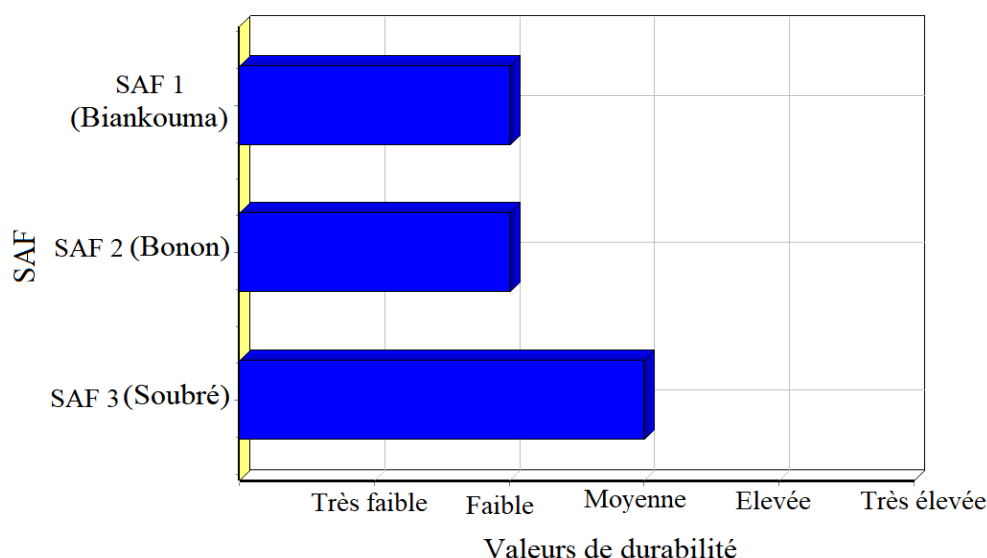
UR : Utilisation des ressources ; QE : Qualité de l'environnement ; Biodiv : Biodiversité ; SAF : système agroforestier

#### 5.4.3. Durabilité sociale des systèmes agroforestiers

L'évaluation de la durabilité sociale a révélé une durabilité "faible" pour les SAF 1 et SAF 2, et une durabilité "moyenne" pour le SAF 3.

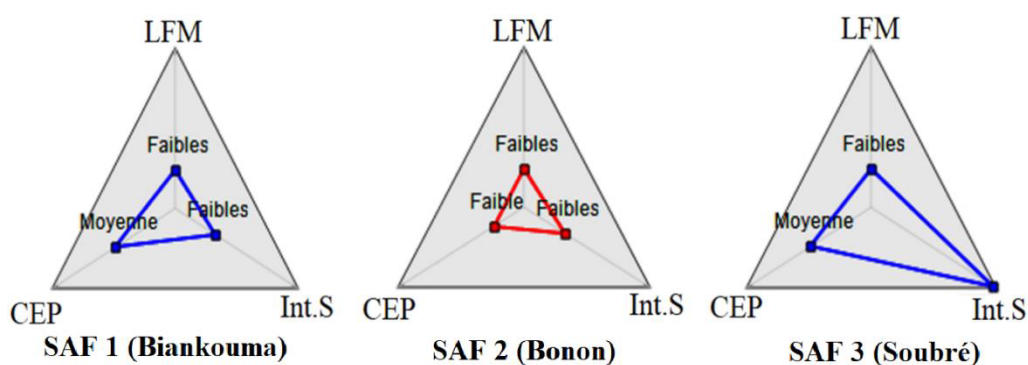
La durabilité des branches principales (filière et au marché, aux producteurs et employés, ainsi qu'à l'interaction avec la société) de la durabilité sociale, a varié de faible à moyen (Figure 37).

Le système agroforestier 1 a affiché des niveaux de durabilité qualifiés respectivement de "faible", "faible" et "moyenne" pour les branches lien avec la filière et les marchés, l'interaction avec la société, et producteurs et employés permanents. Le SAF 2 a enregistré une durabilité "faible" au niveau de chaque branche de durabilité. Concernant le SAF 3, les branches interaction avec la société et lien avec la filière et le marché ont été évalués respectivement comme "très élevée" et "faible". De plus, une durabilité "moyenne" a été enregistrée au niveau de la branche producteurs et employés permanents (Figure 38).



**Figure 37 :** Durabilité sociale des différents systèmes agroforestiers

SAF : système agroforestier



**Figure 38 :** Durabilité sociale des différents systèmes agroforestiers en tenant compte des trois branches principales

LFM : Lien avec la filière et les marchés ; CEP : Cacaoculteur et employés permanents ; Int.S : Interaction avec la société ; SAF : système agroforestier

#### 5.4.4. Durabilité globale des systèmes agroforestiers

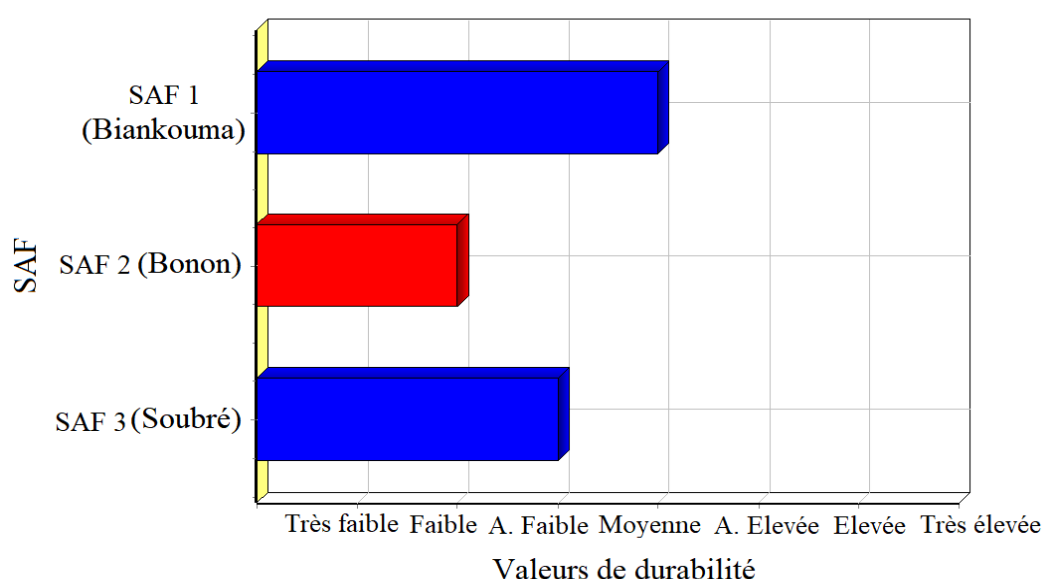
L'évaluation de la durabilité des systèmes cacaoyers a révélé une faible durabilité de manière générale (Annexe 3). En effet, la durabilité globale des systèmes agroforestiers a varié de "faible" à "moyenne" (Figure 39). Les plantations du SAF 1 (Biankouma) présentaient une durabilité légèrement meilleure, se traduisant par une durabilité "moyenne". A l'inverse, les cacaoyères des SAF 2 (Bonon) et SAF 3 (Soubré) ont obtenu des scores de durabilités respectives de "faible" et "assez faible".

L'analyse de l'évaluation sur le plan économique a indiqué que la durabilité des systèmes agroforestiers a été classée comme "faible" ou "moyenne". Les scores de durabilité les plus bas

ont été enregistrés au niveau des SAF 2 (Bonon) et SAF 3 (Soubré), témoignant de leur faible durabilité enregistrée. En outre, la durabilité des cacaoyères du SAF 1 (Biankouma) s'est avérée meilleure, avec une durabilité évaluée comme 'moyenne' (Figure 40).

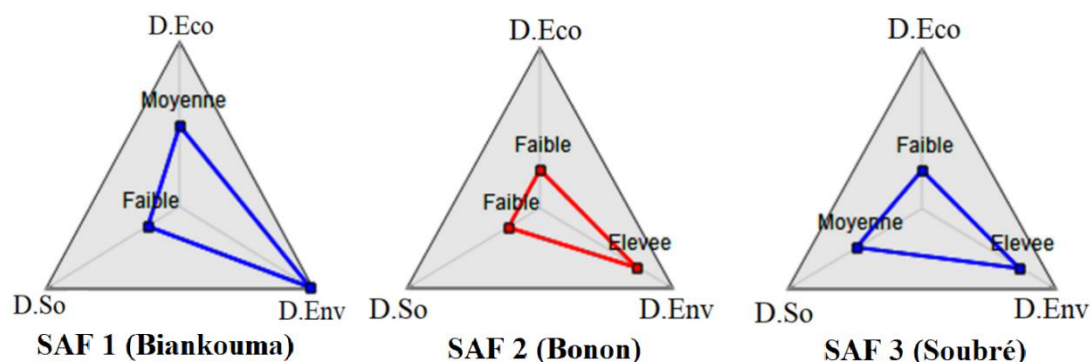
L'évaluation de la durabilité au niveau social a révélé des résultats allant de "faible" à "moyenne" pour les différents systèmes agroforestiers. Les SAF 2 et SAF 3 ont enregistré des scores de durabilité respectif de "faible" et "assez faible". En revanche, la durabilité du SAF 1 a été évaluée comme "moyenne".

Concernant l'évaluation de la durabilité environnementale, elle a révélé une durabilité élevée dans l'ensemble des SAF. La valeur "très élevée" a été obtenue au niveau du SAF 1. Cependant, les SAF 2 et SAF 3 ont tous enregistré des durabilités "élevées".



**Figure 39 :** Durabilité globale des différents systèmes agroforestiers

A. Faible : assez faible ; A. Elevée : assez élevée ; SAF : système agroforestier



**Figure 40 :** Durabilité globale des systèmes agroforestiers en tenant compte des dimensions de durabilité

D.Eco : Durabilité économique ; D.So : Durabilité sociale ; D.Env : Durabilité environnementale ; SAF : système agroforestier

## Chapitre 6 : Discussion

### 6.1. Caractéristiques des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

L'analyse multivariée a permis d'identifier trois (3) groupes de parcelles en fonction de la structure et de l'âge des plantations. Chaque groupe de parcelles identifiée représente un SAF avec des caractéristiques spécifiques. La forte densité des arbres associés dans les parcelles du SAF 1 pourrait être due à la technique culturale adoptée par les producteurs. En effet, la mise en place de ces parcelles commence par l'introduction de cacaoyers après défrichement de la forêt originelle, tout en conservant les espèces d'arbres utiles. Cette pratique réduit le nombre de grands arbres dans les plantations. Par la suite, les agriculteurs introduisent des espèces d'arbres comestibles, exotiques et/ou à valeur commerciale dans les cacaoyères pour maintenir l'ombrage et diversifier leurs sources de revenus (Koko *et al.*, 2013).

Les valeurs élevées de la densité et de l'aire basale des cultures pérennes associées dans les parcelles du SAF 2 pourraient s'expliquer par le fait que les producteurs utilisent certaines cultures pérennes (anacarde) comme plantes d'ombrage pour les cacaoyers. Cette association de cultures a été observée par Ruf *et al.* (2019) dans le Centre-Ouest (Bonon) de la Côte d'Ivoire.

La densité des cacaoyers variait de 476,30 individus/ha à 873,20 individus/ha. Les SAF 1 et SAF 3 ont enregistré les densités les plus élevées, soit respectivement 795,98 individus/ha et 873,20 individus/ha. Ces fortes densités observées dans les SAF 1 et SAF 3 pourraient s'expliquer par le fait que les producteurs de ces zones associent très peu de cultures pérennes aux cacaoyers, contrairement à ce qui est constaté dans les parcelles du SAF 2. Ces valeurs diffèrent de la densité de 1 500 individus/ha obtenue par Assiri *et al.* (2009) dans les cacaoyères de Côte d'Ivoire. Cette différence pourrait être due à la méthodologie d'enquête utilisée par ces auteurs.

La dominance des arbres de hauteur inférieure ou égale à 8 m dans les parcelles du SAF 1 témoigne de l'installation récente de ces parcelles. En effet, dans les jeunes cacaoyères, les producteurs conservent généralement les arbustes qui servent d'ombrage pour les cacaoyers. Cette pratique a été observée par plusieurs auteurs en Côte d'Ivoire (Adou Yao & N'Guessan, 2006 ; Kpangui *et al.*, 2015b).

Les SAF 2 et SAF 3 comportent les plantations les plus anciennes, probablement en raison de leur localisation. En effet, les parcelles du SAF 2 se trouvent principalement à Bonon, et celles du SAF 3 dans la zone de Soubré. Ces sites représentent des zones majeures de production cacaoyère caractérisées par des plantations vieillissantes. Toutefois, la présence de

parcelles moins âgées à Bonon témoigne d'un renouvellement des plantations cacaoyères dans cette région.

Suite aux analyses statistiques, il est apparu que le SAF 1 se distinguait des SAF 2 et SAF 3 par une forte densité d'arbres associés. De plus, la densité des cultures pérennes associées différenciait le SAF 2 des SAF 1 et 3. La distinction entre les SAF 2, SAF 3 et le SAF 1 était due à la hauteur et à l'âge des cacaoyers. Sur la base de ces critères, les SAF pourraient être qualifiés respectivement de : système agroforestier complexe jeune à canopée ouverte (SAF 1), système agroforestier simple à forte densité de cultures pérennes associées (SAF 2) et système agroforestier simple à cacaoyères vieillissantes (SAF 3). Toutefois, il est difficile de comparer ces SAF à ceux d'autres travaux, car les critères de classification utilisés sont différents.

### **6.2. Caractéristiques sociodémographiques et agroéconomiques dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers**

#### **6.2.1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs dans les systèmes agroforestiers**

L'analyse des données d'enquête a révélé que la majorité des producteurs (69 %) est âgé de plus de 35 ans, tandis que les producteurs de moins de 35 ans constituent une faible proportion (27 %). Cette tendance peut s'expliquer par le fait que nos enquêtes ont ciblé les chefs d'exploitation qui sont généralement des adultes. En effet, dans les sociétés africaines, il est souvent difficile pour les jeunes d'acquérir le statut de chef d'exploitation. Ils doivent travailler pour le chef de famille et se marier avant d'obtenir l'autorisation de créer leurs propres parcelles (Kpangui, 2015 ; Goli, 2018). De plus, l'accession des jeunes à ce statut survient généralement à la suite du décès du père ou de l'oncle en charge de la parcelle familiale (Varlet & Kouamé, 2013). Cette situation illustre la dominance du mode d'acquisition par héritage. Ces résultats diffèrent de ceux de Cissé *et al.* (2016) et Kpangui *et al.* (2021), qui ont noté une prédominance des producteurs jeunes dans la production cacaoyère au Centre-Ouest (Lakota) et de l'Ouest (Biankouma) de la Côte d'Ivoire.

La faible proportion de producteurs féminins s'explique par le fait que nos enquêtes ont ciblé principalement les chefs d'exploitation. En effet, dans nos sociétés africaines, la gestion des plantations de cultures pérennes est généralement l'apanage des hommes. Le rôle des femmes est souvent limité à assister leurs époux dans l'entretien des plantations et à la récolte des cultures vivrières et des fruits. Ces produits récoltés sont généralement destinés à l'alimentation familiale ou vendus sur le marché. De plus, la dominance de l'héritage comme mode d'acquisition pourrait expliquer le faible nombre de femmes en tant que chefs d'exploitation des cacaoyères car les plantations sont généralement héritées par les hommes.

La sous-représentation des femmes en cacaoculture a été observée dans plusieurs études (Cissé *et al.*, 2016 ; Adolphe *et al.*, 2021 ; Ballo *et al.*, 2022).

La dominance des producteurs autochtones (47 %) peut s'expliquer par le fait que ceux-ci sont généralement les propriétaires terriens, ce qui facilite l'accès à la terre pour la mise en place de plantations cacaoyères. Les autochtones sont généralement les chefs d'exploitation et emploient des manœuvres, généralement non autochtones. Leur dominance pourrait aussi s'expliquer par la réticence des allogènes à participer aux enquêtes. En effet, arrivant souvent de manière clandestine, les allogènes participent rarement aux projets locaux. Un constat similaire a été fait par Assiri *et al.* (2009) dans les localités d'Aboisso et d'Abengourou.

Soixante-trois pourcent (63 %) des cacaoculteurs enquêtés étaient instruits, un chiffre en contradiction avec les données nationales montrant que 56,4 % des producteurs étaient analphabètes (Assiri *et al.*, 2009). Ce taux élevé d'instruction pourrait s'expliquer par le retour des citadins, soit suite au décès d'un proche, soit à cause du manque d'emplois en ville. L'intérêt croissant de l'agriculture parmi les fonctionnaires et les retraités ces dernières années (Assiri *et al.*, 2009) pourrait également expliquer ce fort taux d'instruction. Ceci est avantageux pour les programmes de formation et de certification. Cependant, ce taux d'instruction élevé devra être pris avec réserve car le niveau d'instruction le plus important est le niveau primaire.

Les producteurs des SAF 3 (Soubré) et SAF 2 (Bonon) ont le plus d'expérience en cacaoculture, ce qui s'explique par le fait que ces régions sont parmi les principales zones cacaoyères du pays. A l'inverse, les producteurs de Biankouma (SAF 1) ont moins d'expérience en raison du développement récent de la cacaoculture dans cette zone, comme en témoigne la dominance de jeunes cacaoyères (Tiebre *et al.*, 2016 ; Kpangui *et al.*, 2021).

### **6.2.2. Caractéristiques agroéconomiques des systèmes agroforestiers**

Les plantations visitées étaient dominées par des parcelles de moins de 5 ha. Cette situation est justifiée par le fait que l'ensemble des plantations visitées étaient des exploitations familiales. Ce résultat confirme qu'en Côte d'Ivoire, la culture cacaoyère est pratiquée sur de petites surfaces (Adji *et al.*, 2020 ; Konan *et al.*, 2023). Par ailleurs, la dominance des plantations de moins de 5 ha obtenue pourrait traduire un ralentissement de l'expansion cacaoyère du fait de la rareté des surfaces forestières.

La dominance du précédent cultural forêt dans l'ensemble des sites pourrait s'expliquer, d'une part, par l'importance des plantations âgées au niveau des zones de Bonon et Soubré et, d'autre part par la disponibilité de forêt dans la zone de Biankouma. En effet, les zones de Bonon et de Soubré, qui représentent respectivement la deuxième et la troisième zone de production

cacaoyère, disposaient d'une importante superficie de forêt. Aussi, l'importance des cacaoyères installées sur défriche forestière se justifie par le fait que le cacaoyer est à l'origine une plante tropicale qui se développe en zone forestière. Les défriches de forêt pour la mise en place de cacaoyères ont été signalées dans plusieurs travaux en Côte d'Ivoire (Cissé *et al.*, 2016 ; Konan, 2018 ; Goli, 2018).

Les résultats ont montré une faible utilisation d'engrais dans les plantations. Cette tendance pourrait être due au coût élevé de ces produits. La participation des producteurs à des programmes de certification ou à des formations pourrait également y jouer un rôle. Ces programmes ont pour objectif d'inculquer aux agriculteurs de bonnes pratiques afin d'améliorer les rendements et la qualité du cacao (Assiri *et al.*, 2012 ; Ruf *et al.*, 2013). Ces résultats confirment les observations d'Assiri *et al.* (2009) qui ont révélé une faible utilisation d'engrais dans les cacaoyères ivoiriennes.

L'évaluation du rendement annuel des cacaoyères a révélé une production moyenne de 315,92 kg/ha. Ce rendement est supérieur à celui rapporté par Jagoret (2011), soit 250 kg/ha/an, mais reste inférieur aux 462,63 kg/ha/an obtenus par Kouadio (2019) dans les cacaoyères du Centre de la Côte d'Ivoire. Ces écarts pourraient s'expliquer par la différence de zones d'étude, ainsi que par la méthodologie utilisée dans les travaux de Jagoret (2011).

Cependant, le rendement des plantations diffère en fonction des SAF. En effet, le rendement le plus important (504,46 kg/ha) a été enregistré au niveau du SAF 1 (Biankouma), et les plus faibles au niveau des SAF 2 (225,49 kg/ha) et SAF 3 (217,87 kg/ha). La forte production des cacaoyères au niveau du SAF 1 se justifie principalement par la dominance des jeunes plantations dans la zone (13 ans en moyenne). Selon la description des cultures pérennes faite par Nerlove (1961), les cacaoyères de cette tranche d'âge appartiennent à la phase de croissance où la production est en perpétuelle augmentation. La faible production des cacaoyères aux niveaux des SAF 2 et SAF 3 se justifie par le vieillissement des parcelles, se traduisant par une décroissance de la production selon Nerlove (1961). La faible production des cacaoyers peut également s'expliquer par l'utilisation de quantités limitées d'intrants et par un faible nombre de désherbages annuels (moins de trois) dans les plantations. De plus, la propagation de certaines maladies pourrait également contribuer à cette baisse de rendement. En effet, les zones de Bonon et de Soubré font face à plusieurs attaques, notamment la pourriture brune, les loranthaceae et le Swollen shoot, cette dernière s'avérant être la plus destructrice (Oro *et al.*, 2020 ; Ruf *et al.*, 2019). A cela s'ajoute l'impact des ravageurs sur les cabosses.

La vente des fèves de cacao a généré un revenu annuel moyen allant de 181 307,92 FCFA à 393 205,55 FCFA. Le revenu le plus important a été enregistré au niveau des

plantations du SAF 1 (393209,5 FCFA). Par ailleurs, le revenu le plus bas a été généré par les cacaoyères du SAF 2 (181307,92 FCFA). En outre, les charges de production annuelles variaient entre 31639,07 FCFA et 55 849,44 FCFA, avec une moyenne de 43031 FCFA. Le SAF 2 a enregistré les charges les plus élevées, estimées à 55 849,44 FCFA, tandis que les charges les plus faibles ont été observées au niveau du SAF 3 (27 583,81 FCFA). Le revenu important des producteurs du SAF 1 est justifié par le rendement important des cacaoyères. En effet, le rendement de ces cacaoyères obtenu est le double de celui des cacaoyères des deux autres SAF. Il est aussi justifié par l'importance du nombre de cacaoyers à l'hectare au niveau de ce SAF. A cela s'ajoute le caractère jeune des parcelles et un meilleur état sanitaire. Le faible revenu issu de la vente des fèves au niveau du SAF 2 se justifie d'une part par le faible rendement des cacaoyers, et d'autre part par la faible densité des cacaoyers due à l'association des cultures pérennes. Par ailleurs, on note également le mauvais état sanitaire des plantations dû à la présence du Swollen shoot dans les cacaoyères. Par ailleurs, le montant moyen des charges de production observé est proche de celui rapporté par Kouadio (2019) dans le Centre de la Côte d'Ivoire, qui était de 40 752 FCFA. La charge de production élevée dans le SAF 2 (55 849,44 FCFA) pourrait s'expliquer par des efforts de réhabilitation des parcelles dans la zone de Bonon. En effet, la réhabilitation des vieilles cacaoyères est généralement plus laborieuse et coûteuse (Assiri et al., 2012). En revanche, le faible montant des charges enregistrées dans le SAF 3 s'explique par la prédominance des cacaoyères âgées, qui nécessitent généralement moins d'entretien par rapport aux plantations plus jeunes.

En ce qui concerne l'apport économique des cultures associées, il était fortement dépendant des cultures pérennes associées. En effet dans l'ensemble des zones visitées, les producteurs ont opté pour l'association de cultures pérennes aux cacaoyers car en plus de l'ombrage, ces cultures génèrent également d'importantes sources de revenu. L'association de cultures pérennes dans les cacaoyères a été signalé par Ruf *et al.* (2019) à Bonon (Côte d'Ivoire). Les résultats obtenus présentent des revenus moyens annuels de 164 452, 66 FCFA et 108 393, 93 FCFA respectivement pour les SAF 1 et SAF 3. Ce revenu important est justifiable d'une part par la culture généralement associée au cacaoyers et d'autre part par le prix d'achat de cette culture. En effet, dans ces zones, les cultures généralement associées sont le caféier, l'hévéa et le palmier à huile dont le prix d'achat a été relativement élevé ces dernières années. Par ailleurs, le faible revenu des cultures associées aux cacaoyers au niveau du SAF 2 pourrait s'expliquer par le fait que le prix d'achat de l'anacarde qui constitue la principale culture associée a été très faible ces dernières années.

### 6.3. Importance écologique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

#### 6.3.1. Diversité floristique des espèces associées aux cacaoyers dans les différents systèmes agroforestiers

Les inventaires réalisés ont permis de recenser 190 espèces réparties en 35 genres et 45 familles. Ce nombre d'espèce est supérieur à 84 espèces obtenues par Konan *et al.* (2023) dans les cacaoyères de Côte d'Ivoire. Cette différence du nombre d'espèces pourrait être attribuée à la méthodologie utilisée. En effet, la méthode d'inventaire employée par Konan *et al.* (2023) consistait en des échantillonnages à partir de surfaces élémentaires de 25 x 25 m. Cette approche différait de la nôtre, qui a combiné des inventaires réalisés dans des parcelles de 25 x 25 m avec des relevés itinérants. La combinaison de ces deux méthodes d'inventaire pourrait expliquer le nombre élevé d'espèces identifiées dans ces travaux. Aussi, le nombre d'espèces obtenu est également supérieur à 91 espèces identifiées par Ballo *et al.* (2022) dans les cacaoyères de la Sous-préfecture d'Azaguié (Côte d'Ivoire). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que nos échantillonnages ont été effectués dans trois zones différentes, tandis que ceux de Ballo *et al.* (2022) ont été réalisés uniquement dans la région d'Azaguié.

Lorsque nous considérons la répartition des espèces par SAF, les SAF 1 et SAF 2 ont enregistré le plus grand nombre d'espèces. Ce nombre important d'espèces au niveau de ces SAF pourrait se justifier par la pratique culturale adoptée par les producteurs. En effet, dans les plantations du SAF 1 marquée par des cacaoyères jeunes, les producteurs ont tendance à conserver des espèces locales telles que *Ficus sur* Forsk., *Ceiba pentandra* L. lors de la création des parcelles. Ces espèces sont généralement utilisées pour la création d'ombrage en faveur des cacaoyers (Koulibaly *et al.*, 2017). Par ailleurs, elles peuvent également servir pour l'alimentation et pour des soins médicaux. Outre ces espèces locales, certaines espèces exotiques (*Coffea arabica* L., *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L.) sont introduites dans les plantations pour leur valeur commerciale. Cette pratique a été relevée par les travaux de Adahé *et al.* (2023) dans les cacaoyères du Sud-Est de la Côte d'Ivoire et par Atangana *et al.* (2021), dans les cacaoyères ivoiriennes. Le nombre élevé d'espèces dans le SAF 2 pourrait s'expliquer par le fait que dans ce système, les producteurs privilégient les espèces exotiques qu'ils utilisent comme plante d'ombrage pour les cacaoyers. En effet, les producteurs de ce système ont tendance à détruire la quasi-totalité des espèces locales sans intérêt lors de la mise en place de leur plantation et à les remplacer par des fruitiers et/ou des arbres d'intérêts. Parmi ces espèces d'intérêts, on peut citer *Musa paradisiaca* Linn. (Bananiers), *Anacardium occidentale* Linn (Anacardiens) et *Persea americana* Mill. (Avocatier) qui jouent généralement un rôle d'ombrage pour les cacaoyers. Par ailleurs, ces espèces sont majoritairement des espèces

comestibles et à forte valeur commerciale. Cette pratique a été décrite par Boko *et al.* (2020) dans les agroforêts à base de cacaoyers de l'Ouest de la Côte d'Ivoire.

En ce qui concerne les types morphologiques, la présence notable des espèces herbacées dans chaque SAF pourrait s'expliquer par la présence de bananiers (*Musa paradisiaca* L.) généralement utilisées comme plantes d'ombrage pour les jeunes plants de cacaoyers et pour leur valeur économique. La présence de *Musa paradisiaca* Linn. dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers a été signalée dans plusieurs travaux aussi bien en Afrique de l'Ouest (Asigbaase *et al.*, 2019 ; Koulibaly *et al.*, 2017, Vroh *et al.*, 2024) qu'en Amérique latine (Deheuvel *et al.*, 2012). L'analyse des données a révélé une présence importante des espèces d'arbres dans les plantations du SAF 3 et 2. Cette dominance des arbres pourrait s'expliquer d'une part par l'importance des vieilles plantations cacaoyères. En effet, plusieurs travaux (Adou Yao et N'Guessan, 2006 ; Vroh *et al.*, 2015) ont signalé la dominance des arbres dans les plantations âgées. D'autre part, la dominance des arbres dans les parcelles du SAF 3 pourrait également se justifier par une valorisation des arbres dans les plantations. En effet, dans la zone du Sud-Ouest, on assiste à une réintroduction des arbres dans les plantations à la suite à plusieurs campagnes de sensibilisations effectuées par les structures d'encadrement auprès des producteurs. La réintroduction des arbres dans les cacaoyères a été signalée par Sanial (2018) au cours de ces travaux réalisés au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.

La proportion importante d'espèces locales dans les plantations du SAF 1 et SAF 3 montre l'importance des espèces d'arbres locales dans la vie des producteurs. En effet, face à l'effet dévastateur de la cacaoculture sur le couvert forestier entraînant la disparition de plusieurs espèces utiles, de nombreux producteurs ont tendance à conserver des arbres indigènes pour leur valeur médicinale, alimentaire et/ou commerciale lors de la création des plantations. La conservation des espèces d'arbres locales dans les plantations a été également signalée par Cissé *et al.* (2016) dans les agroforêts à cacaoyers de Lakota (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Par ailleurs, les travaux de Plas (2020) ont montré que les cacaoculteurs de l'Ouest de la Côte d'Ivoire conservent de nombreux arbres indigènes dans les plantations. Ces espèces sont généralement utilisés pour l'alimentation, pour des soins médicaux ou pour la protection des jeunes plants contre les rayons solaires.

La dominance des espèces exotiques au niveau du SAF 2 pourrait s'expliquer d'une part, par la prépondérance des bananiers (*Musa paradisiaca* Linn.) constatée dans ces parcelles et d'autre part par le choix des producteurs qui privilégient les espèces exotiques à forte valeur commerciale telle que *Citrus sp* et *Persea americana* Mill. Cette pratique des cacaoculteurs a

été décrite par Koulibaly *et al.* (2017) dans les cacaoyères de la région de Oumé en Côte d'Ivoire.

Le faible nombre d'espèces à statut particulier identifié dans les différents SAF témoigne que nous sommes bien dans des zones anthropisées. En effet, les techniques culturales adoptées en cacaoculture pourraient être à la base du faible nombre d'espèces à statut particulier dans les plantations (Tchouto *et al.*, 2006). Ces techniques consistent généralement à éliminer les lianes, les arbrisseaux et les herbacées, qui abritent la majorité des espèces endémiques recensées (Kpangui, 2015), que ce soit pendant la mise en place de la plantation ou lors de son entretien. De plus, ce faible nombre d'espèce à statut particulier pourrait se justifier par la perte des conditions écologiques suite à la mise en place de la parcelle (Clough *et al.*, 2011). En effet, selon Dussault (2008), la modification d'une forêt vers une orientation agroforestière pourrait entraîner la disparition d'espèces endémiques présentes dans ce milieu. Par ailleurs, malgré le faible nombre d'espèces endémiques identifiées dans les différents SAF, ils pourraient s'avérer être d'importants réservoirs d'espèces endémiques face à la dégradation des milieux naturels (forêts, savanes). En effet, pour Bhagwat *et al.* (2008), la valeur de conservation des agroforêts peut prendre des proportions importantes lorsque leur structure s'apparente à des forêts résiduelles. Les travaux de Soto-Pinto *et al.* (2000) permettent de conclure que si les espèces conservées dans les plantations étaient constituées uniquement d'espèces d'intérêt, cela pourrait accroître le taux d'espèces endémiques. C'est ainsi que plusieurs travaux ont montré que les espèces à statuts particuliers avaient généralement une forte valeur économique. C'est le cas de *Pterocarpus erinaceus* Poir., *Tieghemella heckelii* (A. Chev.) Dubard qui sont des espèces de bois d'œuvre inscrites sur la liste rouge de l'UICN comme en danger. Il y a aussi les espèces vulnérables telles que *Garcinia kola* Heckel, *Milicia regia* (A. Chev.) C. C. Berg, *Terminalia ivorensis* A. Chev. et *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.

Les indices de diversité calculés ont montré une diversité plus grande au niveau des SAF 1 et SAF 2. Cette forte diversité pourrait s'expliquer par le fait que les parcelles des SAF 1 et SAF 2 sont les moins âgées. A cela s'ajoute le nombre élevé d'espèces exotiques dans les plantations de ces SAF. La forte diversité des parcelles jeunes a été démontrée par plusieurs travaux en Côte d'Ivoire (Adou Yao & N'Guessan, 2006 ; Koulibaly *et al.*, 2017).

### 6.3.2. Taux de carbone séquestré par les différents systèmes agroforestiers

Le taux de carbone séquestré au niveau des différents SAF était compris entre 19,10 TC/ha et 30,98 tC/ha. Ce taux de carbone est différent des valeurs obtenues par Kougbo *et al.* (2019) qui étaient comprises entre 50,85 et 145,14 tC/ha dans les cacaoyères de l'Est (Indénié-

Djuablin) de la Côte d'Ivoire. Par ailleurs, nos valeurs sont supérieures à celles obtenues par Somarriba *et al.* (2013) dans les cacaoyères de six pays d'Amérique centrale (7 tC/ha à 10,5 tC/ha). Les taux de carbone séquestrés les plus élevés ont été observés dans les SAF 2 et SAF 3. Ce taux élevé de carbone pourrait être attribué à la grande quantité de carbone séquestré par les cacaoyers et les cultures pérennes associées.

Au niveau du SAF 3, le taux de carbone séquestré par les cacaoyers a été estimé à 20,11 tC/ha pour une densité de cacaoyers de 873,27 indv/ha. Cette valeur est supérieure à celle trouvée par Kpangui (2015) qui est de 11,23 tC/ha, pour une densité de 1764 indv/ha, dans le Centre de la Côte d'Ivoire. Cette différence pourrait s'expliquer par l'équation allométrique utilisée. Ce taux pourrait également être amputable à l'importance du diamètre et de la hauteur des cacaoyers du SAF 3. L'importance du taux de carbone séquestré par les cultures pérennes associées au niveau du SAF 2 témoigne de la présence d'individus de gros diamètres. En effet, la majorité du carbone se trouve stocké par les grands arbres, généralement de gros diamètre (Temgoua *et al.*, 2020) due à la valeur importante de biomasse qu'ils enregistrent. L'importance du carbone séquestré dans les arbres a été démontrée dans différents travaux (Noiha *et al.*, 2018 ; Temgoua *et al.*, 2020).

### **6.4. Durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers**

#### **6.4.1. Atouts et limites du modèle DEXiCacao**

##### **6.4.1.1. Atouts du modèles DEXiCacao**

Le modèle DEXiCacao possède de nombreux atouts qui en font un outil particulièrement pertinent pour évaluer les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. Grâce à une approche multicritère, il intègre de façon simultanée les aspects environnementaux, sociaux et économiques, offrant ainsi une vue d'ensemble cohérente et complète sur la durabilité des systèmes agroforestiers. Cette capacité à saisir la complexité des systèmes agroforestiers est cruciale pour une évaluation rigoureuse et globale de leur durabilité. Ce modèle qui se veut interdisciplinaire et a été conçu avec la contribution d'experts de divers domaines, renforçant ainsi sa solidité méthodologique. L'une de ses grandes forces est sa flexibilité et son adaptabilité. Il peut être ajusté en fonction du contexte spécifique de chaque étude, ce qui facilite son utilisation dans des recherches variées. De plus, DEXiCacao se distingue par sa simplicité d'utilisation. Il peut fonctionner sur la base d'évaluations qualitatives d'experts, ce qui le rend opérationnel même sans données chiffrées précises. Cela est particulièrement avantageux dans les zones tropicales où les données sont souvent rares ou incomplètes. En outre, la transparence des règles de décision appliquées dans le modèle est un réel point fort. Par ailleurs, les règles

logiques utilisées pour agréger les données sont clairement définies, ce qui facilite la compréhension des résultats générés. Enfin, DEXiCacao est un véritable outil de diagnostic. Il met en lumière les forces et les faiblesses des systèmes évalués. Il constitue aussi un support efficace pour orienter les stratégies d'amélioration continue des performances écologiques, économiques ou environnementales des systèmes de production.

### **6.4.1.2. Limites du modèle DEXiCacao**

L'utilisation de la version actuelle de DEXiCacao présente certaines limites. Tout d'abord, un déséquilibre a été observé dans les différentes dimensions de durabilité. Ce déséquilibre peut être lié au nombre limité de spécialistes consultés pour certaines dimensions notamment le volet social. Par ailleurs, la composition des experts consultés représente également une limite du modèle. En effet, ces experts étaient majoritairement des enseignants et chercheurs provenant d'universités et de centres de recherche nationaux et internationaux, sans inclure d'acteurs de terrain tels que les producteurs de cacao ou les représentants de coopératives. En conséquence, certains aspects cruciaux, comme les conditions de travail des agriculteurs ou les coûts de production pour les petits producteurs, peuvent ne pas avoir été suffisamment pris en compte. De plus, les consultations isolées des groupes d'experts dans certains cas ont pu limiter les échanges d'idées entre experts, échanges qui auraient pu enrichir le modèle.

Par ailleurs, il est important de souligner que dans sa version actuelle, DEXiCacao utilise un grand nombre de critères d'entrée et d'agregés. Cette approche permet de prendre en compte une large gamme de facteurs influençant la durabilité des exploitations cacaoyères, tels que les conditions climatiques, les caractéristiques du sol, et les pratiques agricoles. Cependant, cette caractéristique constitue également une limite, car elle peut rendre l'utilisation de l'outil complexe. En effet, pour réaliser une évaluation complète de la durabilité des exploitations, des données précises sur une multitude de critères sont requises, ce qui peut poser des difficultés pratiques et rendre complexe l'utilisation de l'outil. En outre, la longueur de certaines branches de l'arbre décisionnel dans DEXiCacao pourrait représenter une autre limite du modèle. En effet, une hiérarchie trop complexe peut réduire l'importance de certains critères d'entrée dans la note finale de l'évaluation. Comme l'a souligné Bohanec (2011), cette structure peut entraîner une sous-évaluation ou une atténuation de l'impact de certains facteurs qui devraient jouer un rôle plus déterminant dans l'évaluation globale de la durabilité. Cette situation pourrait rendre l'évaluation moins représentative de la réalité des systèmes de culture. Par ailleurs, dans sa version actuelle, DEXiCacao ne prend pas clairement en compte l'impact des contraintes

parasitaires et des maladies sur les systèmes de culture, des facteurs pourtant critiques pour la durabilité agricole. De plus, à l'instar de la majorité des modèles multicritères, l'évolution temporelle des systèmes de culture n'est pas intégrée dans le modèle, ce qui rend difficile l'évaluation dynamique de la durabilité au fil du temps (Augis, 2017). Enfin, l'évaluation de la diversité faunique et des micro-organismes dans DEXiCacao reste superficielle, en raison du manque d'indicateurs permettant d'évaluer la diversité et la densité des espèces dans les systèmes étudiés.

### **6.4.2. Performance des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers**

L'évaluation de la durabilité des systèmes agroforestiers identifiés a révélé une durabilité globale variant de faible (SAF 1 et SAF 2) à moyenne (SAF 3). Ces résultats concordent avec ceux de Rezaei *et al.* (2018), qui ont observé une durabilité faible à moyenne dans l'évaluation des vergers de pommiers en Iran. Toutefois, nos résultats diffèrent de ceux de Sester *et al.* (2015), qui ont constaté une durabilité allant de faible à élevée lors de l'évaluation des systèmes de cultures traditionnelles et conventionnelles à Madagascar.

L'évaluation de la dimension économique des systèmes agroforestiers a révélé une durabilité moyenne pour le SAF 1 et faible en ce qui concerne les SAF 2 et SAF 3. Le score de durabilité obtenu au niveau du SAF 1 diffère de celui obtenu par Augis (2017) à l'issue de l'évaluation des systèmes agroforestiers en France. En effet, à l'issue de son étude, il a noté une durabilité économique faible au niveau des systèmes agroforestiers évalués. Cette différence de score pourrait s'expliquer par le modèle utilisé dans chaque étude. En effet, Augis (2017) a opté pour DEXiAF, conçu pour évaluer les systèmes agroforestiers de manière générale. En revanche, dans notre travail, l'évaluation a été réalisée à l'aide de DEXiCacao, un outil spécifiquement conçu pour évaluer les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. Par ailleurs, la faible durabilité au niveau des SAF 2 et SAF 3 est dû principalement aux scores de durabilité enregistré au niveau des branches "rentabilité" et "viabilité". La durabilité faible enregistrée au niveau de la branche "rentabilité" est justifiable par l'insuffisance (Faible) des aides et par la faible valeur de production et des coûts de production. En Côte d'Ivoire, les cacaoculteurs ont un accès limité aux financements auprès des institutions financières en raison de la complexité des procédures de crédit et des taux d'intérêt souvent très élevés (CGAP, 2016). Aussi, l'aide publique directe à l'agriculteur est pratiquement inexistante (Mian *et al.*, 2022). Concernant la faible valeur de production des cacaoyères, elle pourrait s'expliquer par le faible rendement des plantations. En outre, le faible niveau de fertilisation, ainsi que le caractère artisanal de la cacaoculture témoignent du faible coût de production des plantations. La viabilité faible des

systèmes de production est justifiable par le risque élevé dans les systèmes dû majoritairement à un fort taux de besoin en équipement.

L'analyse de la durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers a révélé une durabilité sociale faible. Différents travaux ont permis d'enregistrer de faibles scores de durabilité au niveau social. En effet, l'évaluation de la durabilité des exploitations familiales de la zone cotonnière camerounaise réalisée par Nyore *et al.* (2017) a montré que la durabilité sociale était la plus faible. Aussi, les travaux menés par Topanou *et al.* (2015) au niveau des exploitations agricoles mécanisées dans la commune de Gogounou dans le nord du Bénin a révélé une durabilité socio-territoriale faible. La faible durabilité sociale enregistrée dans cette étude pourrait s'expliquer par des scores de durabilités généralement faibles constaté au niveau des composantes "liens avec la filière et les marchés" et "cacaoculteurs et employés permanents". Le score faible enregistré au niveau de la composante "liens avec la filière et les marchés" se justifie par l'importante difficulté constatée pour l'accès à la terre, aux intrants et aux équipements. En effet, le caractère extensif de la cacaoculture ivoirienne marqué par la migration de population vers les zones favorables, a entraîné la raréfaction des terres cultivables (Brou & Chelard, 2007). Par ailleurs, le coût des intrants et aussi l'inaccessibilité des zones de production rendent difficile l'accès aux produits et aux équipements. Concernant la composante "cacaoculteurs et employés permanents", la durabilité moyenne observée dans les SAF 1 et SAF 3 s'explique principalement par une satisfaction relativement élevée vis-à-vis du système de culture. De plus, le SAF 3 bénéficie d'un niveau technique élevé, en grande partie grâce à l'expérience solide des cacaoculteurs. Par ailleurs, le score faible obtenu au niveau du SAF 2 témoigne d'un niveau technique moyen. En effet les cacaoculteurs ont généralement un faible niveau d'étude et ne reçoivent généralement aucune formation pour la pratique de la cacaoculture (Assiri *et al.*, 2012). Par ailleurs, l'insatisfaction des producteurs vis-à-vis du système de culture a également contribué à ce score.

La dimension environnementale a enregistré les scores de durabilité les plus importants. Ces valeurs élevées de la durabilité pourraient s'expliquer principalement par les scores importants obtenus au niveau des différentes branches (utilisation des ressources, qualité de l'environnement et biodiversité). Le faible score de durabilité observé pour la branche "utilisation des ressources" dans chaque SAF reflète le caractère traditionnel de la cacaoculture, marqué par l'absence de mécanisation dans les activités agricoles et l'absence d'irrigation des plantations. La durabilité très élevée obtenue au niveau du SAF 2 en ce qui concerne la branche "qualité de l'environnement" pourrait s'expliquer principalement par l'amélioration de la qualité du sol réalisée par ces producteurs à travers l'utilisation d'engrais organiques.

Concernant la branche biodiversité, elle a été marquée principalement par les variations au niveau de la flore. Le score très élevé obtenu pour le SAF 1 s'explique principalement par la grande diversité floristique et la forte densité d'arbres observées dans les plantations. Par ailleurs, la durabilité faible obtenue au niveau des SAF 2 (Bonon) et SAF 3 (Soubré) traduit de la faible diversité floristique obtenue en ce qui concerne le SAF 3 et d'une faible présence d'individus d'espèces locales dans les cacaoyères au niveau du SAF 2.

# CONCLUSION

Cette étude conduite dans trois zones de production cacaoyère en Côte d'Ivoire (Centre-Ouest, Sud-Ouest, Ouest), visait à évaluer la durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers pour une amélioration de la production cacaoyère. Des inventaires floristiques, couplés à des mesures dendrométriques, ont été réalisés pour établir une typologie des systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers. A l'issue de cet inventaire, un total de 190 espèces végétales, réparties en 135 genres et 45 familles, a été recensé dans les cacaoyères. Outre la diversité des espèces, nos travaux ont permis d'appréhender la composition et la structure des cacaoyères. Les analyses multivariées basées sur la structure et l'âge des plantations ont identifié trois (3) types de SAF qui diffèrent selon les zones de production cacaoyère. Les SAF complexes jeunes à canopée ouverte (SAF 1), marqués par une forte densité d'arbres associés, ont été principalement observés dans la zone Ouest (Biankouma). Les SAF simples à forte densité de cultures pérennes associées (SAF 2) ont été relevés dans la zone du Centre-Ouest (Bonon). Enfin, les SAF simples à cacaoyères vieillissantes (SAF 3), caractérisés par la présence de cacaoyers de grande taille (6 m) dans des parcelles d'âge moyen de 30 ans, ont été largement observés dans la zone du Sud-Ouest (Soubré).

Cette étude a révélé une prédominance des producteurs autochtones de plus de 35 ans. En moyenne, les producteurs ont une expérience de 18 ans en cacaoculture et n'ont pas bénéficié de formations spécifiques. Les producteurs du SAF 3 (Soubré) ont une expérience accrue en cacaoculture (23,08 ans). Généralement, la terre a été acquise par héritage. De plus, les producteurs utilisent principalement des pesticides et très peu d'engrais. Les plantations ont en moyenne 21 ans, bien que le SAF 1 ait enregistré les plantations les plus jeunes (10 ans). Les producteurs du SAF 1 ont également enregistré les revenus les plus élevés. Le bénéfice des productions a été évalué à 361 566,48 FCFA pour un rendement en cacao marchant de 504,46 kg/ha, générant ainsi un revenu de 393 205,55 FCFA avec un coût de production de 31 639,07 FCFA.

L'analyse des caractéristiques écologiques des systèmes agroforestiers (SAF) a révélé une diversité floristique notable au sein du SAF 1. De plus, une forte proportion d'individus d'espèces herbacées a été observée dans les cacaoyères du SAF 1 (33,22 %). En revanche, les espèces arborées de la strate supérieure ont été principalement recensées dans les cacaoyères du SAF 3, tandis que les espèces arbustives de la strate inférieure prédominent dans le SAF 1. Les espèces locales ont été les plus recensées dans les cacaoyères du SAF 3 (39,28 %), tandis que les espèces exotiques prédominaient dans le SAF 2 (89,83 %). L'évaluation du taux de carbone séquestré par les SAF montre que le SAF 3 est celui qui en séquestre le plus (30,98 t/ha), suivi des SAF 1 et SAF 2, avec des taux respectifs de 19,10 t/ha et 19,28 t/ha.

L'analyse de la durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers à partir du modèle DEXiCacao a révélé une durabilité généralement faible. Le SAF 1 (Biankouma) a affiché la durabilité la plus élevée (moyenne). En revanche, les SAF 2 et SAF 3 ont enregistré des durabilités "faible". La dimension environnementale a enregistré les scores de durabilité les plus élevés.

Cependant, la version actuelle de DEXiCacao présente certaines limites. Il serait donc nécessaire d'améliorer le modèle pour une évaluation plus efficace des systèmes agroforestiers. Cela passe par la mobilisation des spécialistes en économie, en sciences sociales et en environnement afin de vérifier, valider et perfectionner l'outil. L'implication de tous les acteurs de la cacaoculture (chercheurs, structures d'encadrement, producteurs, coopératives et ONG spécialisées en agriculture durable) lors d'ateliers contribuerait également à son amélioration. De plus, intégrer l'impact des contraintes parasitaires et des maladies du cacaoyer à travers des indicateurs précis (prévalence des parasites, fréquence des maladies) renforcerait la fiabilité du modèle. Enfin, des indicateurs clairs pour évaluer la diversité faunique et microbienne, comme le recensement d'espèces d'oiseaux ou l'analyse de la présence de micro-organismes, permettraient une meilleure compréhension de la biodiversité dans les systèmes agroforestiers.

Pour progresser vers une plus grande durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers, différentes actions devront être menées. Au niveau social, nous recommandons la formation régulière des producteurs sur les bonnes pratiques agricoles. Dans ce contexte, ceux-ci devront intégrer des coopératives et participer à des formations pratiques organisées dans les champs-écoles. L'Etat devrait également favoriser l'accessibilité des produits phytosanitaires (biologiques) et du matériel de travail pour tous les producteurs. L'appui aux producteurs devra être renforcé par des dons réguliers de produits phytosanitaires et de semences de qualité, afin d'améliorer les rendements. Par ailleurs, le prix d'achat des produits agricoles devra être revalorisé. Concernant le volet économique, l'Etat devra créer un environnement favorable à l'accès au financement, notamment par l'obtention de prêts bancaires pour les projets agricoles. Les structures d'encadrement devront encourager l'utilisation d'engrais biologiques, généralement peu coûteux ou pouvant être fabriqués directement par les producteurs. Enfin, pour assurer la durabilité environnementale des systèmes agroforestiers, il est essentiel que les structures d'encadrement incitent les producteurs à accroître le nombre d'arbres dans leurs plantations, tout en respectant les densités minimales. Cela pourrait entraîner une augmentation du taux de carbone stocké par les plantations. De plus, l'Etat devrait envisager d'interdire l'exploitation du bois d'œuvre dans les cacaoyères afin de promouvoir la conservation des

arbres. Les producteurs, quant à eux, devraient privilégier l'utilisation de produits biologiques pour l'entretien de leurs plantations.

Cette étude a tenté d'évaluer la durabilité au plan sociale, économique et environnemental des différents systèmes agroforestiers à base de cacaoyers pratiqués en Côte d'Ivoire. Cette évaluation a été faite à partir d'un modèle multicritère adapté au contexte de la cacaoculture faisant appelle à plusieurs critères de base. Par conséquent, les recherches futures devront porter sur l'identification de critères précis permettant l'évaluation de la durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. Les études futures pourraient également porter sur l'évaluation des systèmes de production à partir de nouvelles méthodologies d'évaluations. Aussi, une évaluation de la durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers, prenant en compte l'ensemble des critères de base du modèle DEXiCacao, sera nécessaire pour une meilleure appréciation de la durabilité de ces systèmes. Par ailleurs, les prochaines recherches pourraient porter l'évaluation de la durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers en prenant en compte les produits forestiers non ligneux.

# REFERENCES

- Adahé L.N.G.A., Kouadio V.P.G., Abrou E.J.N.G., Yao O.N.G., Kossonou F.S.A., Tondoh J.E. & Adou Yao C.Y. (2023). Plant species diversity in cocoa and rubber tree landscapes in Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(6) : 2377-2395.
- Adingra K.K.M. (2014). Pratiques agroforestières à base de cacao paysannes : étude de cas aux environs de Kokumbo, dans le Département de Djékanou au Centre de la Côte d'Ivoire. Mémoire de Master (Socio-anthropologie), UFR Sciences de l'homme et de la Société, Université Félix Houphouët- Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 86 p.
- Adingra O.A.M.M. & Kassi N.J. (2016). Dynamique de la végétation de Bamo et stocks de carbone dans la mosaïque de végétation. *European Scientific Journal*, 12(18) : 359-374.
- Adjé B.I., Yao K.A.G., Gorebi B.N., Kadio G.A., Gbotto A.A., Assiri A.A. & Akaffou D.S. (2020). Identification des pratiques et types de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) dans les trois principales zones de production de cacao en Côte D'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 32(3) : 323-342.
- Adolphe M.G., Yapi O., Sogodogo N., Kouassi A., Yeboi B. & Kouam C. (2021). Rentabilité économique des techniques de régénération cacaoyère dans la région de soubré au Sud-Ouest de la Cote d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 33(3) : 357-369.
- Adou Yao C.Y. & N'Guessan E.K. (2006). Diversité floristique spontanée des plantations de café et de cacao dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 157 (2) : 31-36.
- Adou Yao C.Y., Kpangui K.B., Vroh B.T.A. & Ouattara D. (2016). Pratiques culturelles, valeurs d'usage et perception des paysans des espèces compagnes du cacaoyer dans des agroforêts traditionnelles au Centre de la Côte d'Ivoire. *Revue d'ethnoécologie*, 9 : 1-17
- Afele J.T., Dawoe E., Abunyewa A.A., Afari-Sefa V. & Asare R. (2021). Carbon storage in cocoa farming systems in different agro-ecological zones in Ghana. *Pelita Perkebunan*, 37(1) : 32-49.
- Aké-Assi L. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire : Étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotanique. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté de Sciences et Techniques, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 1206 p.
- Aké-Assi L. (2001). Flore de la Côte d'Ivoire 1, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et jardin Botanique ; Boissiera, 57, Genève (Suisse), 396 p.

- Aké-Assi L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et Jardin Botanique, Boissieria 58, Genève (Suisse), 441 p.
- Alaphilippe A., Angevin F., Buurma J., Caffi T., Capowiez Y., Fortino G., Heijne B., Helsen H., Holb I., Mayus M., Rossi V., Simon S. & Strassemeier J. (2013). Application of DEXiPM as a tool to co-design pome fruit systems towards sustainability. *In: Proceedings of the 8th international conference on integrated fruit production, Turquie (Kusadasi) : 531-535.*
- Alexandre D-Y. (2002). Initiation à l'agroforesterie en zone sahélienne : Les arbres des champs du Plateau Central au Burkina Faso. KARTHALA, Paris (France), 234 p.
- Altieri M. & Pengue W. (2006). GM soybean : Latin America's. *Environmental Conservation*, 28 : 23-28.
- Angevin F., Fortino G., Bockstaller C., Pelzer E. & Messéan A. (2017). Assessing the sustainability of crop production systems: Toward a common framework? *Crop Protection*, 97 : 18-27.
- Armengot L., Ferrari L., Milz J., Velasquez F., Hohmann P. & Schneider M. (2020). Cacao agroforestry systems do not increase pest and disease incidence compared with monocultures under good cultural management practices. *Crop Protection*, 130 : 1-9.
- Asare R., Afari-Sefa V., Osei-Owusu Y. & Pabi O. (2014). Cocoa agroforestry for increasing forest connectivity in a fragmented landscape in Ghana. *Agroforestry systems*, 88 : 1143-1156.
- Asigbaase M., Sjogersten S., Lomax B.H. & Dawoe E. (2019). Tree diversity and its ecological importance value in organic and conventional cocoa agroforests in Ghana. *PloS one*, 14(1) : 1-19.
- Assalé A.A.Y., Barima Y.S.S., Kouakou K.A., Kouakou A.T.M. & Bogaert J. (2016). Agents de dégradation d'une aire protégée après une décennie de conflits en Côte d'Ivoire : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra. *International journal for innovative research in science & technology*, 2 : 123-133.
- Assiri A.A., Kacou E.A., Assi F.A., Ekra K.S., Djé K.F., Couloud J.Y. & Yapou A.R. (2012). Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 14(2) : 1939-1951.

- Assiri A.A., Yoro G.R., Deheuvels O., Kébé B.I., Keli Z.J., Adiko A. & Assa A. (2009). Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2(1) : 55- 66.
- Atangana A.R., Gnangoh J.Z., Yao A.K., Kouakou T.D.A., Mian N.N.A. & Kouamé C. (2021). Rebuilding tree cover in deforested cocoa landscapes in Côte d'Ivoire: Factors affecting the choice of species planted. *Forests*, 12(2) : 198.
- Auberger J., Avadi T.A.D., Chiffe J., Corson M.S., Labbé T., Malnoë C., Raimbert V., Trochet T. & Van Der Werf H.M.G. (2016). Concepts, méthodes et outils pour l'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes agricoles. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 6 : 219-224.
- Augis A. (2017). DEXi AF : outil d'aide à la conception et à l'évaluation multicritère de systèmes agroforestiers performants. Analyse critique et amélioration d'un outil préexistant pour les systèmes agroforestiers grandes cultures/bois d'œuvre. Mémoire de Master, Sciences des Productions Végétales, Unilasalle Beauvais, Rennes (France), 25 p.
- Avenard J.M. (1971). Aspects de la géomorphologie. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, 50, Paris (France) : 1-70.
- Ballo Z., Dien K.O. & Vroh B.T.A. (2022). Caractéristiques des cacaoyères post-forestières dans la Sous-préfecture d'Azaguié (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) : pratiques paysannes, flore et végétation. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(5) : 2088-2101.
- Barbault R. (1992). Ecologie des peuplements, structure, dynamique et évolution. Masson, Paris (France), 273 p.
- Bécue-Bertaut M. & Pagès J. (2007). Multiple factor analysis and clustering of a mixture of quantitative, categorical and frequency data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52 : 3255-3268.
- Béné J-C., Kouakou C.V., Kpangui K.B., Vroh T.B.A., Djaha K. & Adou Yao C.Y. (2018). Diversité de la faune sauvage mammalienne dans les agroforêts à cacaoyer de la zone de contact forêt-savane au Centre de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(3) : 5734-5748.
- Bhagwat S.A, Willis K.J., Birks H.J.B. & Whittaker R.J. (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*, 23 : 261-267.

- Blaser-Hart W.J., Hart S.P., Oppong J., Kyereh D., Yeboah E. & Six J. (2021). The effectiveness of cocoa agroforests depends on shade-tree canopy height. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322 : 107676.
- Bockstaller C. & Girardin P. (2006). Evaluation agri-environnementale des systèmes de culture : la méthode INDIGO. *Oléoscope*, 85 : 4-6.
- Bockstaller C. & Rabolin C. (2011). Fiche outils INDOGO version 2. PLAGÉ, Plateforme d'évaluation Agri Environnementale.  
<http://www.plageevaluation.fr/webplage/images/stories/pdf/ficheindigo.pdf>.
- Bohanec M. (2011). DEXi : Program for Multi-Attribute Decision Making, User's Manual, Version 3.03. IJS Report DP-10707, Joz'ef Stefan Institute, Ljubljana, 60 p  
<http://www-ai.ijs.si/MarkoBohanec/pub/DEXiManual303.pdf>
- Boiffin J., Hubert N. & Durand N. (2004). Agriculture et développement durable. Enjeux et questions de recherche. INRA, mission communication, 92 p.  
[www.inra.fr/les\\_partenariats/programmes\\_anr/agriculture\\_et\\_developpement\\_durable/documentation](http://www.inra.fr/les_partenariats/programmes_anr/agriculture_et_developpement_durable/documentation).
- Boko B.B., Koulibaly A., Amon-Anoh E.D. & Koffi B.D. (2020). Farmers influence on plant diversity conservation in traditional cocoa agroforestry systems of Côte d'Ivoire. *International Journal of Research*, 6(11) : 1-11.
- Bouxin G. (2011). Végétation aquatique du Boc et qualité d'eau. In : Atlas du Karst Wallon, Commission Wallonne d'Étude et de Protection des Sites Souterrains, Belgique (La Hulpe) : 78-87.
- Boyer J. (1974). Etude écophysiological du développement de cacaoyers cultivés au Cameroun. *Café Cacao Thé*, 18(1) : 3-30.
- Braudeau J. (1969). Le cacaoyer. Collection techniques agricoles et productions tropicales. Maisonneuve et Larose, Paris (France), 304 p.
- Briquel V., Vilain L., Bourdais J.L., Girardin P., Mouchet C. & Viaux P. (2001). La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles) : une démarche pédagogique. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, 25 : 29-39.
- Brou Y.T. & Chaléard J.L. (2007). Visions paysannes et changements environnementaux en Côte d'Ivoire. *Annales de géographie*, 653 : 65-87.
- Brown S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests. FAO forestry paper, Rome (Italy), 134 p.

- Brundtland G.H. (1987). Our common future—Call for action. *Environmental conservation*, 14(4) : 291-294.
- Camara A., Dugué P., Cheylan J.P. & Kalms J.M. (2009). De la forêt naturelle aux agroforêts en Guinée forestière. *Cahiers agricultures*, 18(5) : 425-432.
- CGAP. (2016). Enquête nationale du CGAP auprès des ménages des petits exploitants agricoles : Guide d'utilisation de la base de données. Côte d'Ivoire, 110 p. <https://www.cgap.org/sites/default/files/Working-Paper-French-User-Guide-Survey-and-Segmentation-Smallholders-Coted'Ivoire-Jul-2017.pdf>.
- Chave J., Brown S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus D., Folster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescuyer J.P., Nelson B., Ogawa H., Puig H., Reira B. & Yamakura T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stock and balance in tropical forest. *Oecologia*, 145 : 87-99.
- Chave J., Réjou-Méchain M., Búrquez A., Chidumayo E., Colgan M.S., Delitti W.B.C., Duque A., Eid T., Fearnside P.M., Goodman R.C., Henry M., Martínez-Yrizar A. & Mugasha W. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20 : 3177-3190.
- Chevallier T., Cardinael R., Béral C., Chenu C. & Bernoux M. (2015). L'agroforesterie permet-elle de concilier production agricole et atténuation du changement climatique ? *Forêt Entreprise*, 225 : 49-54.
- Chweya J.A. & Ezaguirre P.B. (1999). The biodiversity of traditional leafy vegetables. IPGRI, Rome (Italie), 185 p.
- Cissé A., Aka K.J.C., 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(21) : 50-69.
- Clough Y., Barkmann J., Juhbandt J., Kessler M., Wanger T.C., Anshary A., Buchori D., Cicuzza D., Darras K., 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. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20) : 8311-8316.

- Coulibaly D. (2013). Politique de développement de l'élevage en Côte d'Ivoire. 9ième Conférence des Ministres Africains en Charge des Ressources Animales, Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, Abidjan, Côte d'Ivoire, pp 1-13.
- Craheix D., Angevin F., Bergez J-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R. & Doré T. (2012). MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques*, 20 : 35-48.
- CRN (Conseil Régional de la Nawa). (2016). La Nawa, le Guide des Potentiels à Découvrir. 48 p. <https://pdfslide.net/documents/le-guide-des-potentiels-la-nawa.html>.
- Cronquist A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York (USA), 1262 p.
- Dabin B., Leneuf N. & Riou G. (1960). Carte pédologique de la Côte-d'Ivoire. 1 : 2 000 000. Service des Sols de la Côte-d'Ivoire, Ministère de l'Agriculture et de la Coopération.
- 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, L'Harmattan, Paris (France) : 49-61.
- Deheuvels O. (2011). Compromis entre productivité et biodiversité sur un gradient d'intensité de gestion de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de Talamanca, Costa Rica, Thèse de Doctorat, Agronomie, Montpellier SupAgro-Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques, Montpellier (France), 185 p.
- Deheuvels O., Avelino J., Somarriba E. & Malezieux E. (2012). Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 149 : 181-188.
- Dimobe K. & Bayala J. (2023). Séquestration du carbone et provision d'autres services écosystémiques des parcs agroforestiers à karité au Burkina Faso. *Bois & forêts des tropiques*, 356 : 67-80.
- Dodgson J.S., Spackman M., Pearman A.D., Phillips L.D. (2009). Multi-criteria analysis : a manual. Department for Communities and Local Government, London (England), 163 p.
- Dramane K.B. (2023). Typologie des systèmes agroforestiers à cacaoyers et effet sur le rendement dans le département de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). Thèse de

- Doctorat, spécialité : Ecologie végétale, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 129 p.
- Dramane K.B., Koulibaly A., Kouadio C.N.D.K., Boko B.B. & Soro G. (2023). Effet des différents types de systèmes agroforestiers traditionnels sur le rendement en cacao (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 39(3) : 1462-1474.
- Dussault C.F. (2008). L'agroforesterie comme outil de développement durable dans les pays en voie de développement. Mémoire de Maîtrise en biologie, Faculté des sciences, Université de Sherbrooke, Québec (Canada), 118 p.
- Eldin M. (1971). Le climat de la Côte d'Ivoire. In : Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM, 50, Paris (France) : 73-108.
- Essola E.L.C. (2014). Evaluation des rendements potentiels en cacao (*Theobroma cacao* L) dans les systèmes agroforestiers complexes en zone forestière à pluviométrie bimodale du Centre cameroun. Mémoire de diplôme d'ingénieur agronome, Université de Dschang, faculté d'agronomie et des sciences agricoles, Dschang (Cameroun), 78 p.
- FAO (2020). FAOSTAT Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>, consulté le 15/07/2024.
- FAO (2022). FAOSTAT Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>, consulté le 10/07/2024.
- Faradilla L., Mustari K. & Asrul L. (2020). Carbon stock analysis of some cocoa planting systems in climate change mitigation efforts in East Luwu Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 486(1) : 1-9.
- Fei L., Xia J., Feng Y. & Liu L. (2019). An ELECTRE-based multiple criteria decision making method for supplier selection using Dempster-Shafer theory. *IEEE Access*, 7 : 84701-84716.
- Felfili J.M., da 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 vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology*, 175 : 37- 46.

- Figueira J. (2005). Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Boston (USA), Springer, Volume 78, 1048 p.
- Fomekong A.B.T., Momo M.C.S., Mendi G.A., Wouokoue J.B.T., Kenfack S.S.F., Dong B.A. E. & Kengne O.C. (2023). Diversité ligneuse et stock de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité de Makénéné, Région du Centre Cameroun. *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 17(2) : 32-39.
- Francis C.A., Sander D., Martin A. (1987). Search for a sustainable agriculture: reduced inputs and increased profits. *Crops and Soils Magazine*, 39 : 12-14.
- Gafsi M., Legagneux B., Nguyen G. & Robin P. (2006). Toward sustainable farming systems: effectiveness and deficiency of the French procedure of sustainable agriculture. *Agricultural systems*, 90 : 226-242.
- GIEC. (2006). Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autre usage des terres. *Institute for Global Environmental Strategies Japon*, 4 : 46-52.
- Gohourou F. (2020). Populations locales et stratégies de développement de l'économie agricole à Bonon (Centre-Ouest ivoirien). *RIGES, Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, (9) : 98-113.
- Goli K.E. (2018). Caractéristiques agronomiques et diversité végétale des cacaoyères du département de Biankouma (Ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master en agriculture et foresterie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 54 p.
- Grall J. & Coïc N. (2005). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Institut Universitaire européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire des sciences de l'environnement marin, REF Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT, 91 p.
- Green R.E., Cornell S.J., Scharlemann J.P.W. & Balmford A. (2005). Farming and the fate of wild nature. *Science*, 307 : 550-555.
- Guillaumet J-L. & Adjanohoun E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. *In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoire ORSTOM, 50, Paris (France) : 57-266.
- Hawthorne W.D. (1996). Guide de terrain pour les arbres des forêts denses de la Côte d'Ivoire et des pays limitrophes. Avec clés végétatifs sur plus de 650 espèces d'arbres, à partir de 5 cm de diamètre. Université agronomique de Wageningen, Wageningen (Pays-Bas), 279 p.

- ICCO (2019). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLV, No.4, Cocoa year 2018/2019.  
[https://www.icco.org/wp-content/uploads/Supply-Demand\\_QBCS-XLV-No.-4.pdf](https://www.icco.org/wp-content/uploads/Supply-Demand_QBCS-XLV-No.-4.pdf).
- ICCO (2021). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLV, No.3, Cocoa year 2020/2021.  
[https://www.icco.org/wp-content/uploads/Supply-and-Demand\\_QBCS-XLV-No.-3.pdf](https://www.icco.org/wp-content/uploads/Supply-and-Demand_QBCS-XLV-No.-3.pdf).
- Ikerd J.E. (1993). The need for a system approach to sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 46(1-4) : 147-160.
- Indratna A.D., Putri A.P.I.K.S., Azzahra E.O., Oktavia M.S., Widodo T., Agustina A. & Pertiwi Y.A.B. (2023). Potential economic value of non-wood forest products in agroforestry system at Gempolan Village, Kerjo District, Karanganyar Regency: An economic perspective. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, 1220(1) : 1-11.
- INS. (2021). Résultats globaux, Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH).  
[https://www.plan.gouv.ci/assets/fichier/RGPH2021-RESULTATS\\_GLOBAUX-VF.pdf](https://www.plan.gouv.ci/assets/fichier/RGPH2021-RESULTATS_GLOBAUX-VF.pdf).
- 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, Montpellier SupAgro-Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques, Montpellier (France), 236 p.
- Jarrett C., Smith T.B., Claire T.T., Ferreira D.F., Tchoumbou M., Elikwo M.N. & Powell L.L. (2021). Bird communities in African cocoa agroforestry are diverse but lack specialized insectivores. *Journal of Applied Ecology*, 58(6) : 1237-1247.
- Johns N.D. (1999). Conservation in Brazil's chocolate forest: the unlikely persistence of the traditional cocoa agroecosystem. *Environmental Management*, 23 : 31-47.
- Joncas M., Atangana A.R., Wolf V.L., Kouassi G., Kouamé C. & Khasa D. (2024). Improving the precision of estimating carbon sequestration potential in four tree and shrub agroforestry species through the comparison of general and specific allometric equations in Côte d'Ivoire. *Agroforestry Systems*, 98 : 1-13.
- Kanyarushoki C., van der Werf H.M.G., Corson M.S. & Roger F. (2011). Evaluation environnementale de systèmes de production laitiers : comparaison de systèmes conventionnels et biologiques avec l'outil EDEN. *Sciences Eaux & Territoires*, 4 : 32-37.
- Koko L.K., Kassin K.E., Yoro G., NGoran K. & 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). Cocoa-fruit tree intercropping effects on cocoa yield, plant vigour and light interception in Côte d'Ivoire. *Agroforestry Systems*, 87 : 1043-1052.
- Konan G.D. (2018). Dynamique d'installation des cacaoyères et impacts sur le paysage de la sous-préfecture de Biankouma (Ouest de la Côte d'Ivoire) de 1998 à 2018. Mémoire de Master en Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes, Option : Ecologie et Gestion Durable des Ecosystèmes, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 135 p.
- Konan G.D., Kpangui K.B., Kouakou K.A. & Barima Y.S.S. (2023). Typologie des systèmes agroforestiers 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.
- Konan S.N.D., Saj S., Kassi J.N.D. & Lammoglia S.K.D. (2022). DEXiCacao: a new tool to assess the overall sustainability of cocoa-based cropping systems. In International Symposium on Cocoa Research (ISCR 2022), Montpellier, France, pp 38-39.
- Koné D. (2023). Pauvreté et de culture, à travers le cacao en côte d'ivoire : cas des cacaoculteurs de la localité de Meagui. *Revue des bio ressources*, 13(2) : 2-38.
- Koné M. (2015). Evolution du couvert forestier dense et impact de la déforestation sur la migration de la boucle du cacao en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat en Science de la nature, spécialité : Ecologie végétale, option : Télédétection, UFR Sciences de la nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 156 p.
- Koné S.L., Soro K., Amon D.E.A. & Dogbo O.D. (2022). Etat de conservation de la phytodiversité dans les agrosystèmes à base de cultures pérennes à la périphérie du Parc National de Tai (Sud-Ouest de la Cote D'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 34(1) : 33-44.
- Koua K.A.N. (2021). Dynamiques du paysage d'une zone de contact forêt-savane et migration agricole pour la culture cacaoyère à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, spécialité : Ecologie végétale, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 135 p.
- Kouadio V-P.G. (2019). Caractéristiques économiques des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers dans une zone écologique de transition forêt-savane au Centre de la côte

- d'Ivoire. Thèse de Doctorat, spécialité : Systématique, Ecologie et Biodiversité végétale, Option Agroforesterie, UFR Bioscience, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 157 p.
- Kouakou A.C.A., Coulibaly B., Kaba D., Anoh K.P. & Courtin F. (2018). Dynamique de peuplement et modification paysagère dans le parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Tropicultura*, 36(2) : 206-216.
- Kouamé B., Koné D. & Yoro G.R. (2006). La pluviométrie en 2005 et 2006 dans la moitié Sud de la Côte d'Ivoire. *Bulletin Le CNRA*, 12-13.
- Kougbo M.D., Malan D.F., Diop A.L., Konan A.S. & Dogba M. (2023). Usages et impacts des espèces arborescentes dans les exploitations cacaoyères de l'Indénié-Djuablin, Côte d'Ivoire. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 23 : 1-19.
- Kougbo M.D., Malan D.F., Kouadio Y.L., Neuba D.F.R. & Koné M. (2019). Carbon stock assessment in the woody biomass of cocoa and rubber farms : Case of Indénié-Djuablin region in eastern Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 26(2) : 467-476.
- Koulibaly A., Amon Anoh D., Konan D., Goetze D. & Traoré K. (2017). Evaluation of the impact of the "Clearing Practice" on vegetation for sustainable cacao culture in Côte d'Ivoire. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6 (1) : 2319-7064.
- Kpangui K.B. (2015). Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyers de la Sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat en botanique, spécialité : Ecologie végétale, UFR Bioscience, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 180 p.
- Kpangui K.B., Konan G.D., Koua K.A.N. & Barima Y.S.S. (2021). Impacts de l'installation des cacaoyères sur la dynamique du paysage en zone de contact forêt-savanes de Biankouma (Ouest, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 33(1) : 57-68.
- Kpangui K.B., Kouamé D., Gone B.Z.B., Vroh B.T.A., Koffi B.J.C. & Adou Yao C.Y. (2015a). Typology of cocoa-based agroforestry systems in forest-savannah transition zones : a case study from Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 6(3) : 36-47.
- Kpangui K.B., Vroh B.T.A., Goné B.Z.B. & Adou Yao C.Y. (2015b). Diversité floristique et structurale des cacaoyères du « v baoulé » : cas de la Sous-préfecture de Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 11(36) : 40-60.

- Lairez J., Feschet P., Aubin J., Bockstaller C. & Bouvarel I. (2015). Agriculture et développement durable. Guide pour l'évaluation multicritère. Dijon/Versailles (France), educagri éditions Quæ, 226 p.
- Lairez J., Feschet P., Botreau R., Bockstaller C., Fortun-Lamothe L., Bouvarel I. & Aubin J. (2017). L'évaluation multicritère des systèmes d'élevage pour accompagner leurs évolutions : démarches, enjeux et questions soulevées. *INRAE Productions Animales*, 30(3) : 255-268.
- Lauginie F. (2007). Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. Abidjan (Côte d'Ivoire), NEI / Hachette et Afrique Nature, 668 p.
- Leakey R. (1996). « Definition of agroforestry revisited ». *Agroforestry Systems*, 8 : 5-7.
- Leakey R.R.B. (2001). Win-win land use strategies for Africa: 2, Capturing economic and environment benefits with multistrata agroforests. *International Forestry Review*, 3 : 331-340.
- Lebrun J-P. & Stork A.L. (1997). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale : 4. Gamopétales : Clethraceae à Lamiaceae. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève (Suisse), 712 p.
- Lichtfouse E., Navarrete M., Debaeke P., Souchère V., Alberola C. & Ménassieu J. (2009). Agronomy for sustainable agriculture : a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1) : 1-6.
- Louppe D. & Ouattara N. (2013). Etude sur l'exploitation forestière et les contraintes d'une gestion durable des forêts dans le domaine rural en Côte d'Ivoire. Rapport d'étude, GIZ-CIRAD, Abidjan (Côte d'Ivoire), 68 p.
- Lundgren B.O. & Raintree J.B. (1982). Sustained agroforestry. *In: Agricultural research for development : potentials and challenges in Asia*, ISNAR, The Hague (Netherlands) : 37-49.
- Madountsap T.N., Simo C., Kabelong B.L-P.R., Chimi D.C., Ntsefong N.G.N., Ntonmen N.A.F.Y., Tchinda M.C., Tchoupou V.T. & Zapfack L. (2020). Ecological and economic potentials of cocoa agroforestry systems in the Center Region of Cameroon. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 8(5) : 214-222.
- Métangbo D., Lucette A., Lhaur-Yaigaiba O.A, Oulaï K.G, Antoine K., Blaise Y.K. & Jean B. (2023). Climat et agriculture en Côte d'Ivoire : perception et quantification de l'impact du changement climatique sur la production de cacao à l'horizon 2050. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(6) : 328-344.

- Mian B.J.F., Amalaman D.M. & Poncelet M. (2022). The conditions for effective agricultural development assistance in the Ivorian context. *International Journal of Scientific Research and Management*, 10(12) : 364-378.
- Michon G., De Foresta H., Levang P. & Verdeaux F. (2007). Domestic forests: a new paradigm for integrating local community's forestry into tropical forest science. *Ecology and Society*, 12(2) : 1-24.
- Moguel P. & Toledo V.M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1) : 11 - 21.
- Moumouni Y.I., Imorou I.T. & Moussa A.D. (2019). Caractérisation de la dégradation à travers la diversité floristique et la structure de la végétation dans le bassin moyen de la Sota au Nord-Bénin. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 18(1) : 53-70.
- Moura E.G., Carvalho C.S., Bucher C.P., Souza J.L., Aguiar A.C., Ferraz J.A.S. & Coelho K.P. (2020). Diversity of Rhizobia and importance of their interactions with legume trees for feasibility and sustainability of the tropical agrosystems. *Diversity*, 12(5) : 206.
- Munjeb N.L., Tientcheu M.L.A., Palmer Y.B.K. & Enang R.K. (2021). Cocoa-based agroforestry systems and its potential for tree resource conservation around the Dja Biosphere Reserve Southeastern Cameroon. *Journal of Ecology and The Natural Environment*, 13(3) : 73-82.
- Nafi A. & Werey C. (2009). Aide à la décision multicritère : Introduction aux méthodes d'analyse multicritère de type ELECTRE. Cours ENGEES Module Ingénierie Financière, 21p. [https://perso.univrennes1.fr/pierre.nerzic/Projets2A/Decision/Cours\\_MCDA\\_AN.pdf](https://perso.univrennes1.fr/pierre.nerzic/Projets2A/Decision/Cours_MCDA_AN.pdf).
- Nair P.K.R. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3: 97-128.
- Nair P.K.R. (1993). An Introduction to agroforestry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (Netherlands), 499 p.
- Nair R.P.K. (2007). Perspective The coming of age of agroforestry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87 : 1613-1619.
- Ndah N.R., Ekole P.N., Agwa M.H., Taku J., Lucha C.F.B. & Agbor D.T. (2023). Crop diversification and sustainability in a cocoa agroforestry system in Meme Division South West Region, Cameroon. *Asian journal of Research in Agriculture and Forestry*, 9(2) : 1-15.
- Nerlove M. (1961). The dynamics of supply estimation of farmer's response to price. Johns Hopkins University press series, Baltimore (USA), 76 (1958), n° 2, 268 p.

- Niether W., Jacobi J., Blaser W.J., Andres C. & Armengot L. (2020). Cocoa agroforestry systems versus monocultures: a multi-dimensional meta-analysis. *Environmental Research Letters*, 15(10) : 1-12.
- Nijmeijer A., Lauri P.E., Harmand J.M. & Saj S. (2019). Carbon dynamics in cocoa agroforestry systems in Central Cameroon: afforestation of savannah as a sequestration opportunity. *Agroforestry Systems*, 93 : 851-868.
- Noiha N.V., Zapfack L., Bessa A.B., Ngueguim J.R., Djomo C.C., Djongmo A.V., Ngossomo J.D. Hamadou R.M., Nyeck B., Witanou N. & Tabue M.R.B. (2018). Floristic diversity and structure of cocoa agro-ecosystems in southeastern Cameroon. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 14(4) : 1-9.
- Nyore N., Gafsi M. & Madi A. (2017). Durabilité des exploitations agricoles familiales de la zone cotonnière du Cameroun. *Afrique durable*, 2030(3) : 80-101.
- Oro F.Z., Lallié H.D., Fofana J.I., Bi-Zaouli P. & Diallo H.A. (2020). Impact du biostimulant Banzaï sur la production de cabosses dans le cas de la maladie du Swollen shoot du cacaoyer en Côte d'Ivoire. *Afrique Sciences*, 16 : 93-105.
- Oura K.R., Soumahoro M. & Konan B. (2018). De la crise militaro-politique à la crise foncière : la révélation de l'intolérance intercommunautaire à partir des affrontements de Dio Biankouma, Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 36(2) : 417-424.
- Pelzer E., Fortino G., Bockstaller C., Angevin F., Lamine C., Moonen C., Vasileiadis V., Guérin D., Guichard L., Reau R. & Messéan A. (2012). Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi, *Ecological Indicators*. 18 : 171-182.
- Perraud A. (1971). Les sols. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, 50, Paris (France) : 269-391.
- Phalan B., Onial M., Balmford A. & Green R.E. (2011). Reconciling food production and biodiversity conservation : Land sharing and land sparing compared. *Science*, 333 : 1289-1291.
- Piélou E.C. (1966). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10 : 370-383.
- Plancheron F., Abraham B.I.O., Kouakou E. & Morneau F. (2023). La forêt et la faune de Côte d'Ivoire dans une situation alarmante—Synthèse des résultats de l'Inventaire forestier et faunique national. *Bois & Forêts des Tropiques*, 355 : 47-72.

- Plas B. (2020). Les cacaoyères agroforestières de la région de Man : un système de culture à l'agonie ou l'émergence d'une stratégie post-forestière ? Mémoire de Master, Agroécologie, Université de Liège (Belgique), 76 p.
- Reau R. (2011). Fiche outils CRITER et MASC version 2. Caractérisation et évaluation multicritère des performances des systèmes de culture. Téléchargé le 8 septembre 2015. [http://www.plageevaluation.fr/webplage/images/stories/pdf/fichecriter\\_masc.pdf](http://www.plageevaluation.fr/webplage/images/stories/pdf/fichecriter_masc.pdf).
- Réjou-Méchain M., Tanguy A., Piponiot C., Chave J. & Hérault B. (2017). Biomass : an R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(9) : 1163-1167.
- Rezaei M.E., Barmaki M. & Veisi H. (2018). Sustainability assessment of potato fields using the DEXi decision support system in Hamadan Province, Iran. *Journal of integrative agriculture*, 17(11) : 2583-2595.
- Rice R. & Greenberg R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio*, 29 : 167-173.
- Rollet B. (1979). La régénération naturelle en forêts dense humide sempervirente de la plaine en Guyane Vénézuélienne. *Bois et Forêts des Tropiques*, 124 : 19-38.
- Roy B. (1968). Classement et choix en présence de points de vue multiples. *Revue Française D'informatique Et De Recherche Opérationnelle*, 2(8) : 57-75.
- Ruf F. & Zadi H. (1998). Cocoa: From Deforestation to Reforestation. First international workshop on Sustainable Cocoa Growing, 1998-03-29/1998-04-03, Smithsonian Institute, Panama, pp 1-36.
- Ruf F., Koné S. & Bebo B. (2019). Le boom de l'anacarde en Côte d'Ivoire : transition écologique et sociale des systèmes à base de coton et de cacao. *Cahiers Agricultures*, 28(21) : 1-12.
- Ruf F., N'Dao Y. & Lemeilleur S. (2013). Certification du cacao, stratégie à hauts risques. *Inter-Réseaux développement rural*, 217 : 1-7.
- Ruf F.O. (2011). The myth of complex cocoa agroforests: the case of Ghana. *Human Ecology*, 39 : 373-388.
- Sanial E. (2018). L'appropriation de l'arbre, un nouveau front pour la Cacaoculture Ivoirienne ? Contraintes Techniques, Environnementales et Foncières. *Cahiers Agricultures*, 27(5) : 1-9.

- Schroth G., Izac A.M.N., Vasconcelos H.L., Gascon C., da Fonseca G.A. & Harvey C.A. (2004). Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press, Washington (USA), 523 p.
- Seraphin E.H., Lagarde B.J., Richard P., Jules N. & Farrick N.O (2021). Diversity, structure and health of a cocoa based agroforest system in the humid dense forest, East Cameroon. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 13(4) : 165-182.
- Sester M., Craheix D., Daudin G., Sirdey N., Scopel E. & Angevin F. (2015). Évaluer la durabilité de systèmes de culture en agriculture de conservation à Madagascar (région du lac Alaotra) avec MASC-Mada. *Cahiers Agricultures*, 24 : 123-33.
- Shannon C.E. (1948). The mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27 : 379-423.
- Simpson E.H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163 : 160-163.
- Sinclair F.L. (1989). A general classification of agroforestry practice. *Agroforestry Systems*, 46(2) : 161-180.
- Somarriba E. & Beer J. (2011). Productivity of Theobroma cacao agroforestry systems with timber or legume service shade trees. *Agroforestry Systems*, 81 : 109-121.
- Somarriba E. & Lachenaud P. (2013). Successional cocoa agroforests of the Amazon-Orinoco Guiana shield. *Forests. Trees and Livelihoods*, 22(1) : 51-59.
- Sonwa D.J., Nkongmeneck B.A., Weise S.F., Tchatat M., Adesina A.A. & Janssens M.J. (2007). Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 16(8) : 2385-2400.
- Soto-Pinto L., Perfecto I., Castillo J., Hanson P. & Caballero-Nieto J.V. (2000). Shade effect on coffee production at the Northern tzetal zone of the State of Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 80 : 61-69.
- Suárez L.R., Salazar J.C.S., Casanoves F. & Bieng M.A.N. (2021). Cacao agroforestry systems improve soil fertility : Comparison of soil properties between forest, cacao agroforestry systems, and pasture in the Colombian Amazon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 314 : 2-15.
- Supriadi H., Astutik D. & Sobari I. (2022). The role of agroforestry based cocoa on climate change mitigation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 974 (1) : 1-10.

- Tano M.A. (2012). Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture Sous-préfecture de Méadji au Sud-Ouest ivoirien. Thèse de Doctorat, Economies et finances, Université de Toulouse le Mirail-Toulouse II, Toulouse (France), 263 p.
- Tchouto M.G.P., Yemefack M., De Boer W.F., Dewilde J.J.F.E., Van Der Maesen L.J.G. & Cleef A.M. (2006). Biodiversity hotspots and conservation priorities in the Campo-Ma'an rain forests, Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 15 : 1219-252.
- Temgoua L.F., Etchike A.B.D., Solefack M.C.M., Tumenta P. & Nkwelle J. (2020). Woody species diversity conservation and carbon sequestration potential of coffee agroforestry systems in the Western Region of Cameroon. *Journal of Horticulture and Forestry*, 12(2) : 35-48.
- Tiebre M.S., Ouattara D., Kpangui K.B., Kouassi D.F. & N'guessan K.E. (2016). Diversité floristique de la région de Founbesso en zone de transition forêt-savane à l'ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(3) : 1007-1016.
- Topanou O.L., Okou C. & Boko M. (2015). Durabilité agro-écologique des exploitations agricoles dans la commune de Gogounou au Bénin. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 11(3) : 129-137.
- Torquebiau E., Sibelet N. & Mary F. (2002). Les associations agroforestières et leurs multiples enjeux. *Bois et Forêts des Tropiques*, 271(1) : 23-35.
- Torres F. (1983). Agroforestry : concepts and practices. *In: Agroforestry systems for small-scale farmers*. Nairobi (Kenya) : 27-30.
- Trabelsi M. (2017). Comment mesurer la performance agroécologique d'une exploitation agricole pour l'accompagner dans son processus de transition ? Thèse de Doctorat en Géographie et aménagement de l'espace, unité de recherche : Gouvernance, Risque, Environnement, Développement, Université Paul Valéry-Montpellier III, Montpellier (France), 248 p.
- Tschora H. & Cherubini F. (2020). Co-benefits and trade-offs of agroforestry for climate change mitigation and other sustainability goals in West Africa. *Global Ecology and Conservation*, 22 : 1-13.
- UICN (2024). Liste rouge l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature. [www.iucn.org](http://www.iucn.org), consulté le 20/01/2024.

- Vaast P. & Somarriba E. (2014). Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation. *Agroforestry Systems*, 88 : 947-956.
- Vargas-Tierras Y., Díaz A., Caicedo C., Macas J., Suárez-Tapia A. & Viera W. (2021). Benefits of legume species in an agroforestry production system of yellow pitahaya in the Ecuadorian Amazon. *Sustainability*, 13(16) : 2-15.
- Varlet F. & Kouamé G. (2013). Etude de la production de cacao en zone riveraine du Parc National de Taï. Programme de Développement Economique en Milieu Rural (PRODEMIR), GIZ, Côte d'Ivoire, 184 p.
- 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. *Sciences Agronomie et Vétérinaire*, 7 : 99-109.
- Vroh B.T.A. Akoa A.A.E. & Koné A. (2024). Diversity of beneficial and drawback plant species and their influences on cocoa trees in the south of Côte d'Ivoire. *Agroforestry Systems*, 98(3) : 665-677.
- Vroh B.T.A., Adou Yao C.Y., Kouamé D., N'Da D.H. & N'Guessan K.E. (2010). Diversités Floristique et Structurale sur le Site d'une Réserve Naturelle Volontaire à Azaguié, Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 45(3) : 411- 421.
- Vroh B.T.A., Cissé A., Adou Yao C.Y., Kouamé D., Kouao J.K., Kpangui K.B. & Béné J.C.K. (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.
- Wartenberg A.C., Blaser W.J., Roshetko J.M., Van Noordwijk M. & Six J. (2020). Soil fertility and Theobroma cacao growth and productivity under commonly intercropped shade-tree species in Sulawesi, Indonesia. *Plant and Soil*, 453 : 87-104.
- Zahm F. (2013). Fiche outils IDEA version 3. PLAGE, Plateforme d'évaluation Agri-Environnementale. Consulté le 6 août 2015 de : <http://www.plageevaluation.fr/webplage/images/stories/pdf/ficheidea.pdf>.
- Zahm F., Ugaglia A.A., Barbier J.M., Boureau H., Del'Homme B., Gafsi M. & Redlingshofer, B. (2019). Evaluer la durabilité des exploitations agricoles : La méthode IDEA v4, un cadre conceptuel combinant dimensions et propriétés de la durabilité. *Cahiers Agricultures*, 28(5) : 1-10.

- Zanakis S.H., Solomon A., Wishart N. & Dublish S. (1998). Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods. *European journal of operational research*, 107(3) : 507-529.
- Zequeira-Larios C., Santiago-Alarcon D., MacGregor-Fors I. & Castillo-Acosta O. (2021). Tree diversity and composition in Mexican traditional smallholder cocoa agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 95(8) : 1589-1602.

# ANNEXES

**Annexe 1 : Fiche d'enquête**



**Université  
Jean LOROUGNON GUEDE**



**PROJET COCOA4FUTURE : Durabilité des systèmes de  
production et dynamiques nouvelles du secteur cacaoyer**

**Composante : C4F\_*Observ***

Objectif : Identifier, tester et promouvoir des leviers de durabilité socio-économiques des exploitations cacaoyères

Résultat attendu : les parties prenantes sont informées des stratégies de résilience et des dynamiques des cacaoculteurs, co-construisent et évaluent des systèmes de production diversifiés assurant une sécurisation des revenus des ménages.

**QUESTIONNAIRE DE L'OBSERVATOIRE**

## A. Objectif global de l'observatoire

Mettre en place un dispositif de suivi des exploitations cacaoyères

Il s'agira de comprendre les logiques d'évolution des exploitations dites « cacaoyères » mais en cours de diversification (hévéa, palmier, anacardier, rizi-pisciculture, élevage, maraichage, activités non agricoles) et la prise de décision des cacaoculteurs dans leur environnement physique et social, également en pleine évolution.

Dans ce dispositif, quatre (04) grandes thématiques seront considérées :

- i) **Evolution des caractéristiques des exploitations familiales** (caractérisation agronomique et évolution, revenus, résilience et sécurité alimentaire, calendriers agricoles comparés et allocation des facteurs de production) ;
- ii) **Stratégies de diversification, transition, reconversions des cacaoyères** (reconversion de monocultures, rotations/transitions agroforestières, associations agroforestières simples et complexes, etc.).
- iii) **Impacts du changement écologique sur les cycles du cacao** : quelles sont les innovations paysannes en termes de lutte contre le CSSV (Cacao Swollen Shoot Virus) ? Quels sont les arbitrages des cacaoculteurs entre les différentes stratégies possibles ?
- iv) **Innovations sociales : autour de l'agroforesterie** (gouvernance de ces arbres hors forêt, etc.), **du foncier** (modèles de contrats fonciers ou modèles économiques, arrangements institutionnels inventés par les cacaoculteurs, modes de gestion ou de prévention des conflits, etc.), **et du travail des enfants** (point sur la question et ses conséquences).

## B. Plan du questionnaire\_C4F Observ

### Rubrique 0 : Caractéristiques socio-démographiques

### Rubrique I : Caractéristiques des exploitations familiales Objectifs spécifiques :

1. Analyser la situation alimentaire des exploitants de cacao
  2. Déterminer les caractéristiques agronomiques des exploitations cacaoyères
  3. Évaluer la rentabilité économique des parcelles cacaoyères
  4. Évaluer la rentabilité des autres cultures en dehors des parcelles cacaoyères
  5. Évaluer les autres sources de revenus en dehors des cultures
- Vie associative
  - Consommation alimentaire
  - Identification de(s) plantation(s)
  - Mise en place du matériel végétal utilisé
  - Entretien de l'exploitation cacaoyère
  - Production et rendement du cacao
  - Revenus des exploitants de cacao et évaluation de la rentabilité
  - Autres cultures pérennes
  - Cultures vivrières
  - Economie des exploitations agricoles

**Rubrique II : Impacts du changement écologique sur les cycles du cacao** Objectifs

spécifiques :

1. Identifier les changements écologiques affectant le cycle du cacao
2. Déterminer les stratégies paysannes contre la maladie de CSSV
3. Déterminer les stratégies paysannes contre les autres maladies et ravageurs
4. Évaluer l'efficacité des stratégies endogènes de lutte contre la maladie de CSSV, les autres maladies et ravageurs
5. Évaluer les performances économiques en fonction des stratégies de lutte contre le CSSV, les autres maladies et ravageurs.

**Rubrique III : Innovations sociales autour de l'agroforesterie, du foncier et du travail des enfants.** Objectifs spécifiques :

1. Déterminer la typologie des systèmes Agroforestiers
  2. Identifier la place de l'arbre dans les pratiques agroforestières paysannes
  3. Identifier les espèces préférées dans la cacaoculture
  4. Identifier les différentes stratégies d'acquisition des terres
  5. Identifier les différentes stratégies de sécurisation des terres
  6. Identifier la Main d'œuvre (MO) dans les plantations
- Perception paysanne et pratiques agroforestières
  - Modalités d'accès à la terre et stratégies d'acquisition des terres
  - Stratégie de sécurisation foncière
  - Implication de la gouvernance foncière locale sur le développement de la cacaoculture

## Annexes

Date de l'enquête : ...../..... /.....

Nom de l'enquêteur : .....

Localité : 1. Bonon ; 2. Biankouma, 3. Zaranou, 4. Soubré

Nom du Village : .....

Nom du Campement.....

N.B : les chiffres = question à choix uniques  
les lettres = question à choix multiples

### Rubrique 0 : Caractéristiques socio-démographiques

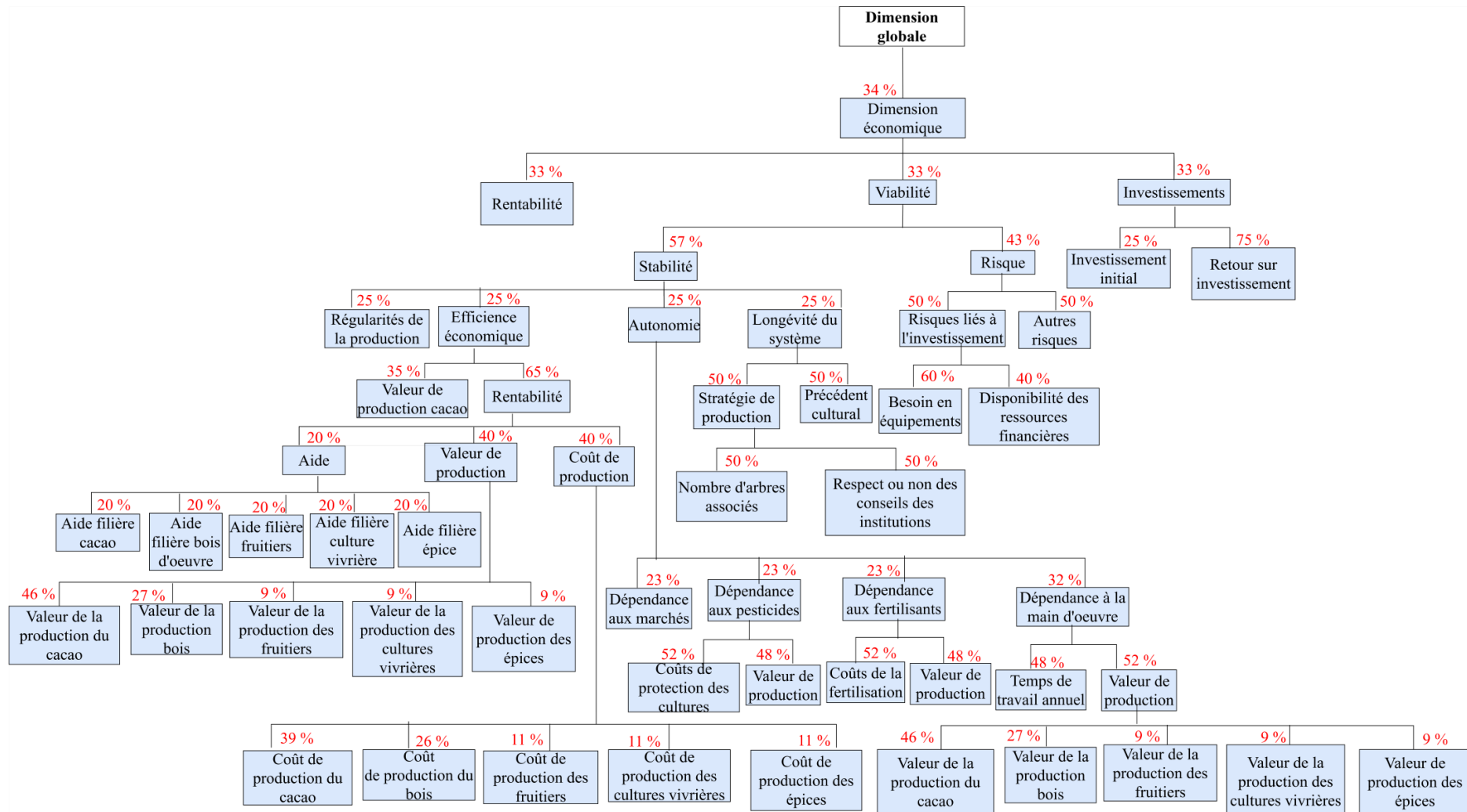
|    |                                                                                                                                                   |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Nom et prénom : .....                                                                                                                             |
| 2  | Qualité :<br>1. Chef de ménage 2. Conjoint (e) du chef de ménage 3. Fils/fille du chef 4. Autre (à préciser)                                      |
| 3  | Sexe : 1. Masculin 2. Féminin                                                                                                                     |
| 4  | Age : .....                                                                                                                                       |
| 5  | Nationalité : 1. Ivoirien 2. Burkinabè 3. Malien 4. Guinéen 5. Ghanéen 6. Autre (à préciser)                                                      |
| 6  | Si Ivoirien préciser l'ethnie : .....                                                                                                             |
| 7  | Religion : 1. Chrétien 2. Musulman 3. Animiste 4. Autre à préciser ...                                                                            |
| 8  | Situation matrimoniale : 1. Marié (e) monogame 2. Marié(e) polygame (nombre de femmes) 3. Divorcé(e)<br>4. Veuf(ve) 5. Célibataire 6. Union libre |
| 9  | Lieu de naissance :                                                                                                                               |
| 10 | Niveau d'étude : 1. Aucun 2. Primaire 3. Secondaire 4. Supérieur 5. Coranique                                                                     |
| 11 | Si aucun ou primaire, savez-vous lire et écrire : 1. Oui 2. Non                                                                                   |
| 12 | Formation qualifiante 1. Oui 2. Non                                                                                                               |
| 13 | Si oui, précisez la formation qualifiante :                                                                                                       |
| 14 | Formation diplômante 1. Oui 2. Non                                                                                                                |
| 15 | Si oui, précisez la formation diplômante :                                                                                                        |
| 16 | Activité secondaire 1. Oui 2. Non                                                                                                                 |
| 17 | Si oui précisez l'activité secondaire<br>a. Elevage b. Commerce c. Artisanat d. Aucune e. Autre (à préciser)                                      |
| 18 | Natif de ce village : 1. Oui 2. Non                                                                                                               |
| 19 | Si vous êtes natif de ce village, avez-vous toujours vécu ici : 1. Oui 2. Non                                                                     |
| 20 | Si oui, depuis combien de temps êtes-vous revenu pour vous installer :                                                                            |
| 21 | Si oui, avez-vous l'intention de quitter le village : 1. Oui 2. Non                                                                               |
| 22 | Si non, précisez votre localité d'origine : .....                                                                                                 |
| 23 | Si non, indiquer le nombre d'année d'installation dans cette localité :                                                                           |
| 24 | Si non, votre localité de provenance :                                                                                                            |
| 25 | Si non, le motif de migration :<br>1. Intérêt économique 2. Crise/Conflit 3. Autres (à préciser)                                                  |
| 26 | Nombre total de personne vivant dans le ménage : 1. Homme(s)..... 2. Femme(s) .....3. Enfant(s)<br>(-15 ans)                                      |
| 27 | Nombre et catégorie de personnes à charge 1. Enfant(s).....2. Parents.....3. Manœuvre(s ).....                                                    |
| 28 | Nombre de personnes de moins de 5 ans vivant dans le ménage : 1. Masculin 2. Féminin..                                                            |
| 29 | Nombre de personnes de 5 à 15 ans vivant dans le ménage : 1. Masculin 2. Féminin.....                                                             |
| 30 | Nombre de personne de plus de 15 ans vivant dans le ménage : 1. Masculin 2. Féminin.....                                                          |
| 31 | Nombre de naissance enregistré au cours des trois dernières années                                                                                |

## Annexes

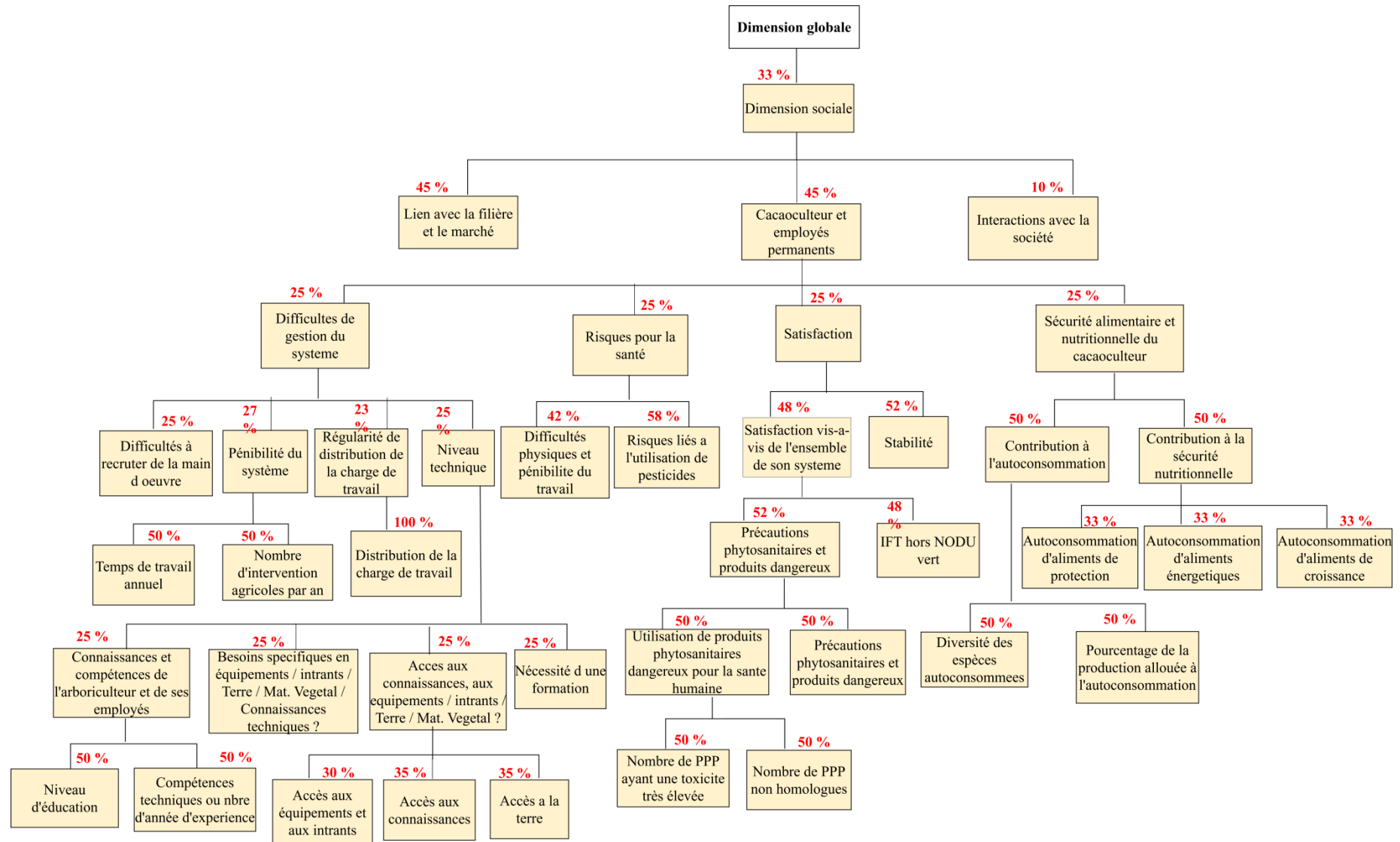
|    |                                                                                                                                     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 1.Masculin 2.Féminin.....                                                                                                           |
| 32 | Nombre de décès enregistré au cours des trois dernières années<br>1.Masculin .2.Féminin...                                          |
| 33 | Nombre d'enfant inscrit à l'école 1.Masculin .2.Féminin.....                                                                        |
| 34 | Nombre d'enfant inscrit par niveau d'étude<br>1. Primaire.....2. Collège 3. Lycée .....4. Supérieur.....                            |
| 35 | Nombre d'enfant déscolarisé : 1. Garçon.....2. Fille.....3. Total.....                                                              |
| 36 | Motifs de déscolarisation de ces enfants<br>a. Economique b. Santé c. Insuffisance de résultat (renvoi) d. Autres (à préciser)..... |
| 37 | Dépense effectuée dans l'éducation l'année dernière : .....                                                                         |

## Annexe 2 : Structure finale de DEXiCacao

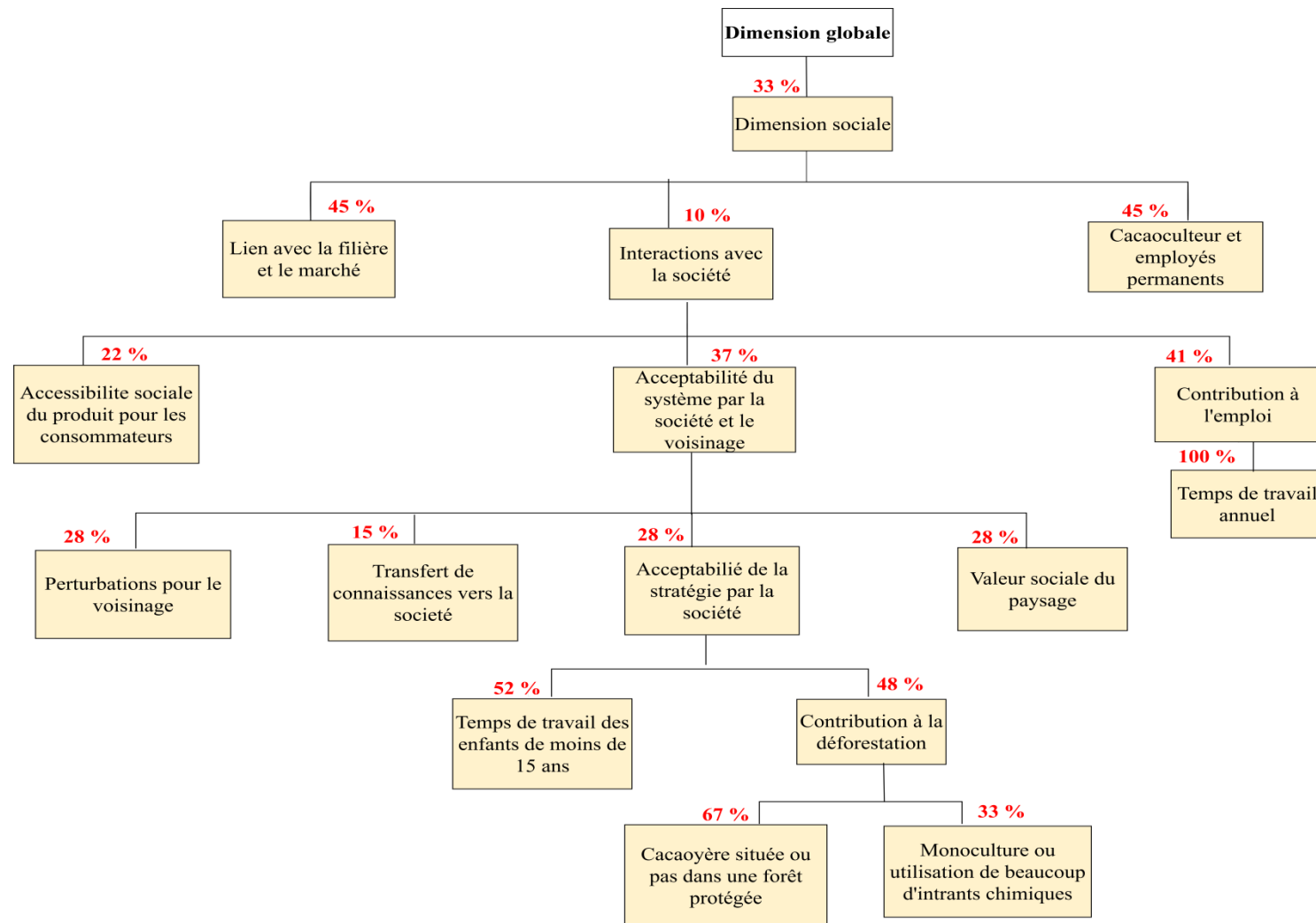
## A. Branche économique



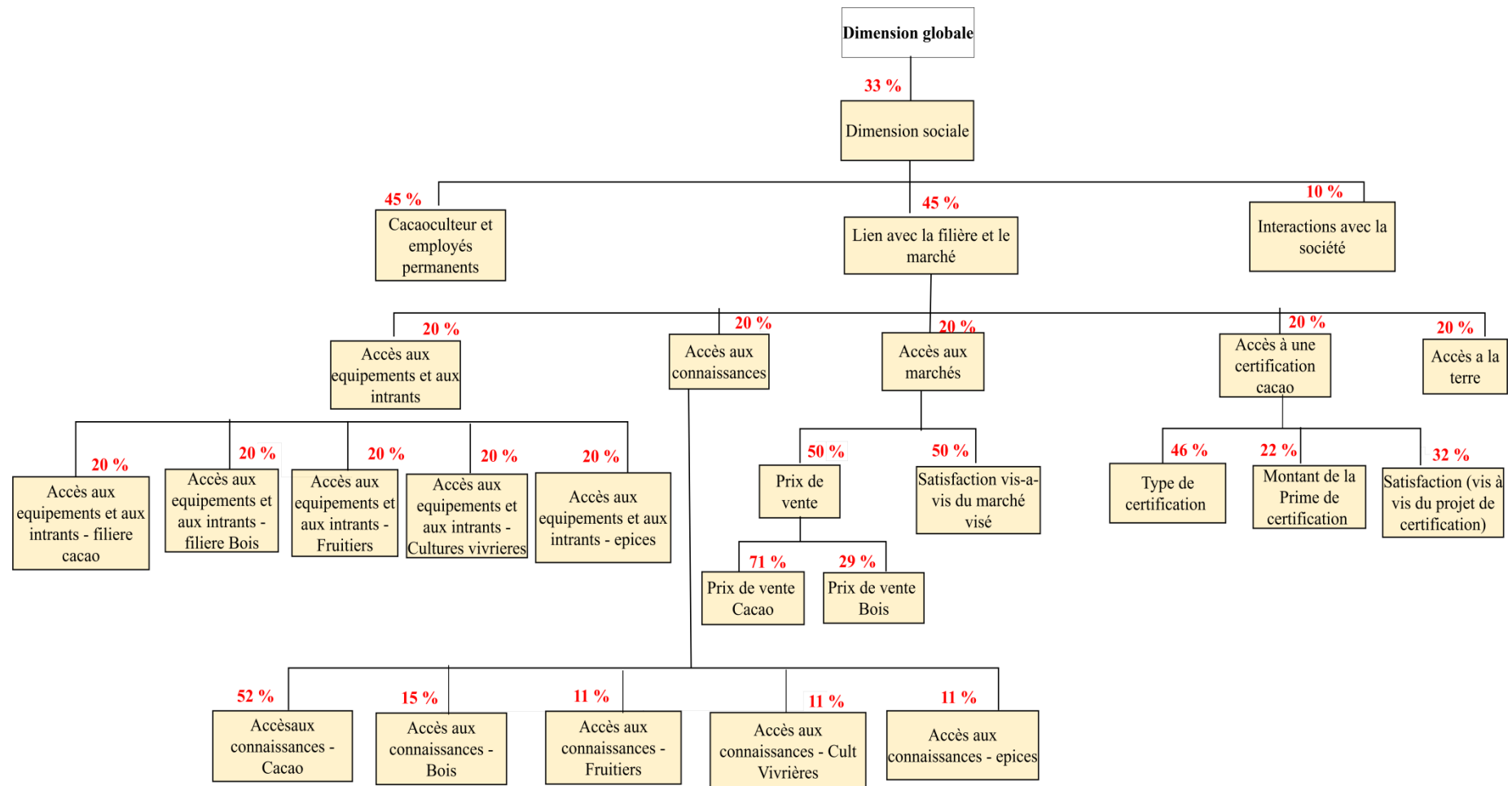
## B. Branche sociale : Cacaoculteur et employés permanents

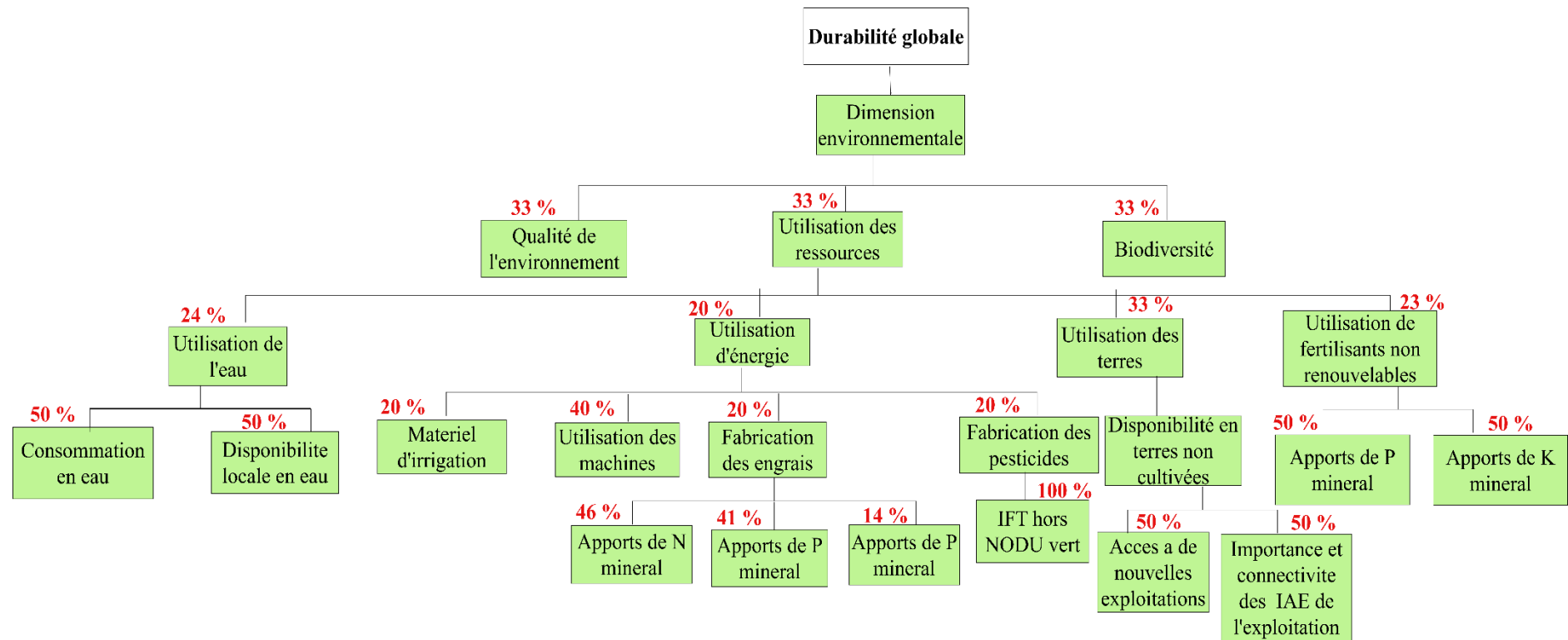


## C. Branche sociale : interaction avec la société

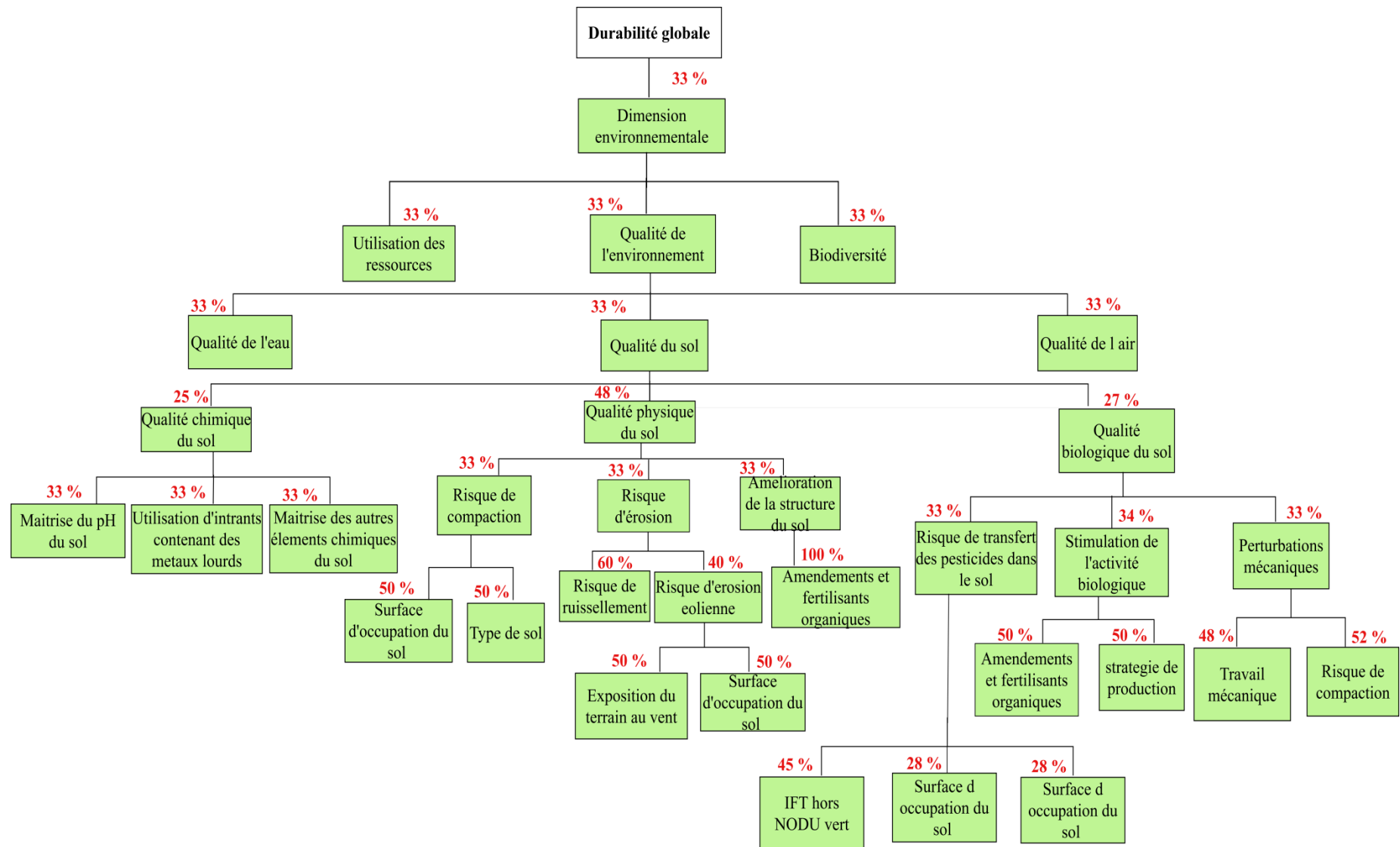


## D. Branche sociale : Lien avec la filière et le marché

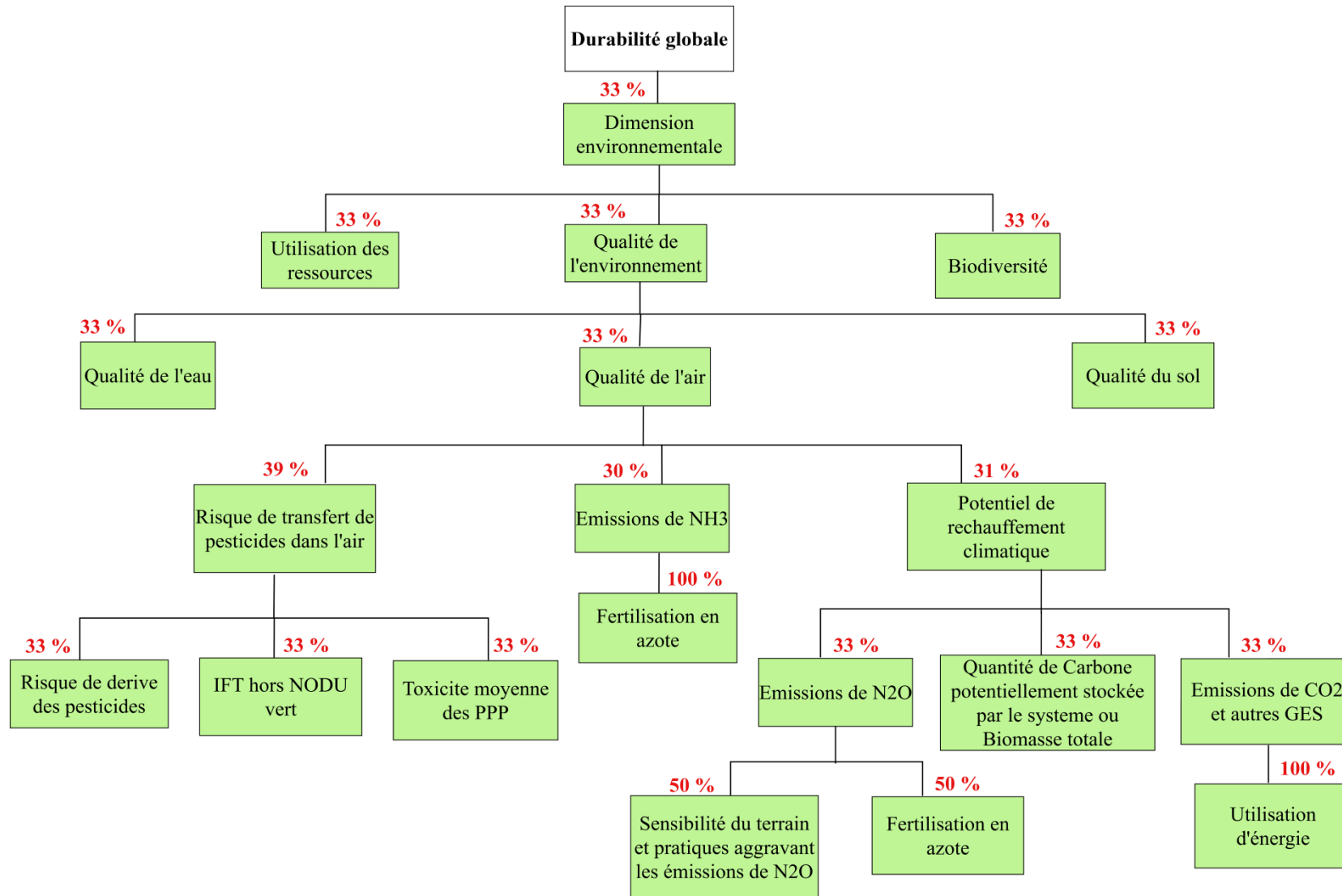


**E. Branche environnementale : Utilisation des ressources**

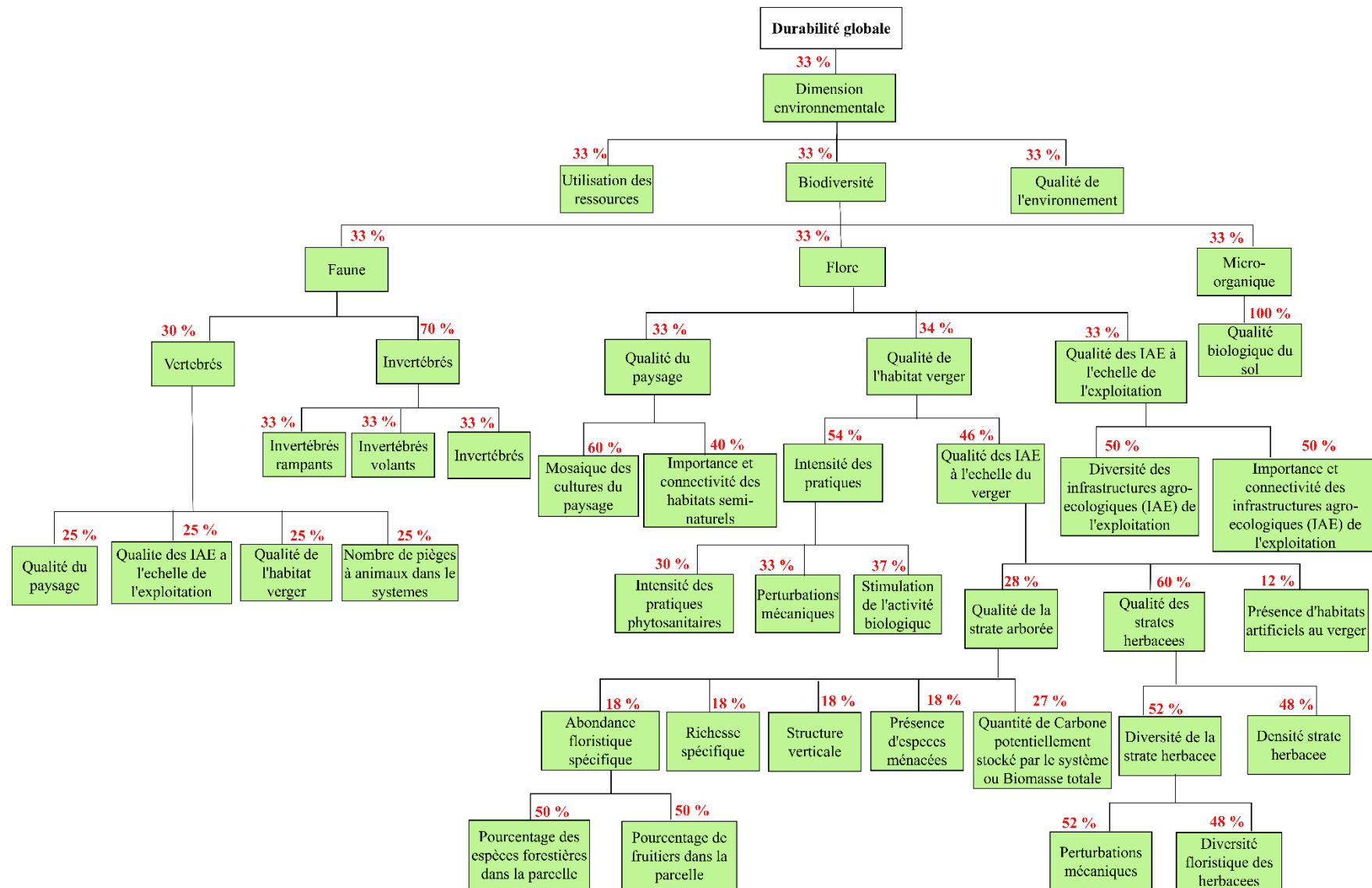
## F. Branche environnementale : Qualité de l'environnement-Qualité du sol



**G. Branche environnementale : Qualité de l'environnement-Qualité de l'air**



## H. Branche environnementale: Biodiversité



**Annexe 3 : Résultats de l'analyse multicritère**

Inf : inférieur; Sup : supérieur; nbr : nombre; IAE : infrastructures agro-écologiques; k : mille NODU : nombre de dose/unité de surface; IFT : indice de fréquence de traitement; PPP : Produit phytosanitaire pulvérisé; montant en FCFA

**Branche économique (1/2)**

|                                                 | SAF 1            | SAF 2            | SAF 3            |
|-------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Durabilité économique</b>                    | Moyenne          | Faible           | Faible           |
| — <b>Rentabilité</b>                            | Moyenne          | Faible           | Faible           |
| — <b>Viabilité</b>                              | Moyenne          | Faible           | Faible           |
| — <b>Stabilité</b>                              | Elevée           | Faible           | Moyenne          |
| — <b>Régularité de la production</b>            | Régulière        | Régulière        | Régulière        |
| — <b>Efficiences économiques</b>                | Moyenne          | Faible           | Faible           |
| —Valeur de la production du cacao               | 400 k - 800 k    | inf 400 k        | inf 400 k        |
| —Rentabilité                                    | Moyenne          | Faible           | Faible           |
| — <b>Valeur de la production</b>                | Faible           | Très faible      | Très faible      |
| —Valeur de la production du cacao               | 200k - 400k      | inf 200 k        | inf 200 k        |
| —Valeur de la production du bois                | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Valeur de la production des fruitiers          | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Valeur de la production des cultures vivrières | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Valeur de la production des épices             | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| — <b>Coûts de production</b>                    | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Coûts de production du cacao                   | inf 35 k         | 35 k - 140 k     | Inf 35 k         |
| —Coûts de production du bois                    | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Coûts de production des fruitiers              | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Coûts de production des cultures vivrières     | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Coûts de production des épices                 | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| — <b>Aides</b>                                  | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Aides filière cacao                            | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Aides filière bois d'oeuvre                    | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Aides filière fruitiers                        | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Aides filière cultures vivrières               | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
| —Aides filière épices                           | Non              | non              | non              |
| — <b>Autonomie</b>                              | Faible           | Très faible      | Faible           |
| — <b>Dépendance aux marchés</b>                 | Très dépendant   | Très dépendant   | Très dépendant   |
| — <b>Dépendance aux pesticides</b>              | Dépendant        | Très dépendant   | Très dépendant   |
| —Coûts de la protection des cultures            | 1k-10k           | sup 10k          | sup 10k          |

## Annexes

|  |  |  |  |                                                   |                  |                  |                  |
|--|--|--|--|---------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production                        | Faible           | Très faible      | Très faible      |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production du cacao               | 400k - 800k      | inf 400k         | inf 400k         |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production du bois                | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des fruitiers          | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des cultures vivrières | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des épices             | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ <b>Dépendance aux fertilisants</b>             | Dépendant        | Dépendant        | Dépendant        |
|  |  |  |  | └─ Coûts de la fertilisation                      | 0-1000           | 0-1000           | 0-1000           |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production                        | Faible           | Tres faible      | Tres faible      |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production du cacao               | 400k - 800k      | inf 400k         | inf 400k         |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production du bois                | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des fruitiers          | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des cultures vivrières | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des épices             | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ <b>Dépendance à la main d'oeuvre</b>           | Très dépendant   | Très dépendant   | Dépendant        |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production                        | Faible           | Très faible      | Très faible      |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production du cacao               | 400k - 800k      | inf 400k         | inf 400k         |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production du bois                | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |

### Branche économique (2/2)

|  |  |  |  |                                                   |                  |                  |                  |
|--|--|--|--|---------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des fruitiers          | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des cultures vivrières | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Valeur de la production des épices             | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |
|  |  |  |  | └─ Temps de travail annuel                        | sup 12jr         | sup 12jr         | Moins 5jr        |
|  |  |  |  | └─ <b>Longévité du système</b>                    | Bonne            | Faible           | Moyenne          |
|  |  |  |  | └─ <b>stratégie de production</b>                 | Bonne-nulle      | Mauvaise         | Mauvaise         |
|  |  |  |  | └─ Nombre d'arbres associées                      | Elevé            | Faible           | Moyen            |
|  |  |  |  | └─ Respect ou non des conseils des instituts      | Non              | non              | non              |
|  |  |  |  | techniques                                        |                  |                  |                  |
|  |  |  |  | └─ Précédent cultural                             | Forêt            | Jachère          | Forêt            |
|  |  |  |  | └─ <b>Risques</b>                                 | Elevé            | Elevé            | Elevé            |
|  |  |  |  | └─ <b>Risques lies a l'investissement</b>         | Elevés           | Elevés           | Elevés           |
|  |  |  |  | └─ Besoin en équipement                           | Elevé            | Elevé            | Elevé            |
|  |  |  |  | └─ <b>Disponibilité en ressources financières</b> | inf à 25 %       | inf à 25 %       | inf à 25 %       |
|  |  |  |  | └─ Capacité d'emprunt                             | inf à 25 %       | inf à 25 %       | Inf à 25 %       |
|  |  |  |  | └─ Autres activités génératrices de revenus       | Non              | Non              | Non              |
|  |  |  |  | └─ Autres risques financiers                      | Faibles – aucune | Faibles - aucune | Faibles - aucune |

## Annexes

|                                        |                  |             |             |
|----------------------------------------|------------------|-------------|-------------|
| └─Investissements                      | Elevés           | Elevés      | Elevés      |
| └─Investissement initial               | 10 k - 40 k      | 10 k - 40 k | 10 k - 40 k |
| └─Période de retour sur investissement | inférieur a 25 % | 25 - 75 %   | 25 - 75 %   |

### Branche sociale (1/2)

|                                                         | SAF 1                    | SAF 2                    | SAF 3                    |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Durabilité sociale</b>                               | Faible                   | Faible                   | Moyenne                  |
| └─Liens avec la filière et les marchés                  | Faibles                  | Faibles                  | Faibles                  |
| └─Accès aux équipements et aux intrants                 | Possible sous conditions | Possible sous conditions | Possible sous conditions |
| └─Accès aux équipements et aux intrants - filiere cacao | Oui                      | oui                      | oui                      |
| └─Accès aux équipements et aux intrants - filiere Bois  | Non                      | non                      | non                      |
| └─Accès aux équipements et aux intrants - Fruitiers     | Non                      | non                      | non                      |
| └─Accès aux équipements et aux intrants - Cultures      | Non                      | non                      | non                      |
| vivrières                                               |                          |                          |                          |
| └─Accès aux équipements et aux intrants - épices        | Non                      | non                      | non                      |
| └─Accès aux connaissances                               | Partiellement            | partiellement            | partiellement            |
| └─Accès aux connaissances - Cacao                       | Partiel                  | partiel                  | partiel                  |
| └─Accès aux connaissances - Bois                        | Non                      | non                      | non                      |
| └─Accès aux connaissances - Fruitiers                   | Non                      | non                      | non                      |
| └─Accès aux connaissances - Culture Vivrières           | Non                      | non                      | non                      |
| └─Accès aux connaissances - épices                      | Non                      | non                      | non                      |
| └─Accès aux marchés                                     | Difficile                | possible                 | possible sous conditions |
| └─Satisfaction vis-à-vis du marché vise                 | Peu satisfait            | Satisfait                | Peu satisfait            |
| └─Satisfaction vis-à-vis du marché vise - Cacao         | Partiellement            | partiellement            | partiellement            |
| └─Satisfaction vis-à-vis du marché vise - Bois          | Non                      | non                      | non                      |
| └─Satisfaction vis-à-vis du marché vise - Fruitiers     | Non                      | oui                      | partiellement            |
| └─Satisfaction vis-à-vis du marché vise - Culture       | Non                      | oui                      | non                      |
| Vivrières                                               |                          |                          |                          |
| └─Satisfaction vis-à-vis du marché vise - épices        | Non                      | non                      | non                      |
| └─Prix de vente                                         | Peu satisfaisant         | Satisfaisant             | Satisfaisant             |
| └─Prix de vente - Cacao                                 | Inf 825                  | 825 - 1100               | 825 - 1100               |
| └─Prix de vente - Bois                                  | Faibles – aucune         | Faibles - aucune         | Faibles - aucune         |
| └─Accès à la terre                                      | Difficile                | Difficile                | Difficile                |
| └─Accès à une certification cacao                       | Non                      | Non                      | Non                      |
| └─Type de certification                                 | Aucune                   | aucune                   | aucune                   |
| └─Montant de la Prime de certification                  | Nul ou Faible            | Nul ou Faible            | Nul ou Faible            |

## Annexes

|                                                                   |  |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| └ Satisfaction (vis a vis du projet de certification)             |  | Non                                 | non                                 | oui                                 |
| <b>Branche sociale (2/2)</b>                                      |  |                                     |                                     |                                     |
| └ Cacaoculteur et employés permanents                             |  | Moyenne                             | Faible                              | Moyenne                             |
| └ Difficultés de gestion du système                               |  | Très élevées                        | Très élevées                        | Très élevées                        |
| └ Pénibilité du système                                           |  | Peu acceptable                      | Peu acceptable                      | Peu acceptable                      |
| └ Temps de travail annuel                                         |  | sup 12jr/                           | sup 12jr                            | moins 5jr                           |
| └ Nombre d'intervention agricoles par an                          |  | Moyen                               | Elevé                               | Elevé                               |
| └ Régularité de distribution de la charge de travail              |  | Non régulière                       | Non régulière                       | Non régulière                       |
| └ Distribution de la charge de travail                            |  | Non régulière                       | Non régulière                       | Non régulière                       |
| └ Difficultés à recruter de la main d'oeuvre                      |  | Difficile                           | Difficile                           | Difficile                           |
| └ Niveau technique                                                |  | Moyen                               | Moyen                               | Fort                                |
| └ Connaissances et compétences du cacaoculteur et de ses employés |  | Faibles                             | Faibles                             | Moyennes                            |
| └ Niveau d'éducation                                              |  | Faibles – aucune                    | Faibles - aucune                    | Faibles - aucune                    |
| └ Compétences techniques ou nbre d'année d'expérience             |  | Faibles – aucune                    | Moyennes                            | Elevées                             |
| └ Besoins spécifiques en équipements                              |  | Oui                                 | oui                                 | oui                                 |
| └ Accès aux connaissances, aux équipements                        |  | Partiellement                       | partiellement                       | partiellement                       |
| └ Accès aux équipements et aux intrants                           |  | Possible sous conditions            | Possible sous conditions            | Possible sous conditions            |
| └ Accès aux connaissances                                         |  | Partiellement                       | partiellement                       | partiellement                       |
| └ Accès a la terre                                                |  | Difficile                           | Difficile                           | Difficile                           |
| └ Nécessité d'une formation                                       |  | très nécessaire                     | très nécessaire                     | très nécessaire                     |
| └ Difficultés physiques et pénibilité du travail                  |  | Acceptables                         | Acceptables                         | Acceptables                         |
| └ Risques liés à l'utilisation de pesticides                      |  | Moyens                              | Moyens                              | Moyens                              |
| └ Précautions phytosanitaires et produits dangereux               |  | Précautions respectées              | Précautions respectées              | Précautions respectées              |
| └ Utilisation de produits phytosanitaires dangereux               |  | Non                                 | non                                 | non                                 |
| └ Nbre de PPP ayant une toxicité très élevée                      |  | Faible-nul                          | Faible-nul                          | Faible-nul                          |
| └ Nbre de PPP non homologues                                      |  | Faible-nul                          | Faible-nul                          | Faible-nul                          |
| └ Précautions phytosanitaires                                     |  | Non-respect de quelques précautions | Non-respect de quelques précautions | Non-respect de quelques précautions |
| └ IFT hors NODU vert                                              |  | Faible                              | Faible                              | Faible                              |
| └ Satisfaction                                                    |  | Elevée                              | Faible                              | Moyenne                             |
| └ Satisfaction vis-à-vis de l'ensemble de son système             |  | Satisfait                           | Satisfait                           | Satisfait                           |

## Annexes

|  |                                                                  |                        |                        |                        |
|--|------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|  | └─Stabilité                                                      | Elevée                 | Faible                 | Moyenne                |
|  | └─ <b>Sécurité alimentaire et nutritionnelle du cacaoculteur</b> | Moyenne                | Moyenne                | Moyenne                |
|  | └─ <b>Contribution à l'autoconsommation</b>                      | Faibles – aucune       | Faibles - aucune       | Faibles - aucune       |
|  | └─Diversité des espèces autoconsommées                           | Faibles – aucune       | Faibles - aucune       | Faibles - aucune       |
|  | └─Pourcentage de la production alloué à l'autoconsommation       | Faible                 | faible                 | faible                 |
|  | └─ <b>Contribution à la sécurité nutritionnelle</b>              | Elevées                | Elevées                | Elevées                |
|  | └─Autoconsommation d'aliments de protection                      | Elevée                 | Elevée                 | Elevée                 |
|  | └─Autoconsommation d'aliments énergétiques                       | Elevée                 | Elevée                 | Elevée                 |
|  | └─Autoconsommation d'aliments de croissance                      | Elevée                 | Elevée                 | Elevée                 |
|  | └─ <b>Interactions avec la société</b>                           | Faibles                | Faibles                | Fortes                 |
|  | └─Accessibilité sociale du produit pour les consommateurs        | Très accessible        | Très accessible        | Très accessible        |
|  | └─Contribution à l'emploi                                        | Faible                 | Faible                 | Elevée                 |
|  | └─Temps de travail annuel                                        | sup 12jr               | sup 12jr               | moins 5jr              |
|  | └─Acceptabilité du système par la société et le voisinage        | Moyenne                | Moyenne                | Moyenne                |
|  | └─Acceptabilité de la stratégie par la société                   | Acceptable             | Acceptable             | Acceptable             |
|  | └─Temps de travail des enfants de moins de 15 ans                | Faibles                | Faibles                | Faibles                |
|  | └─Contribution à la déforestation                                | Faibles                | Faibles                | Faibles                |
|  | └─Cacaoyère située ou pas dans une forêt protégée                | Non.                   | Non.                   | Non.                   |
|  | └─Monoculture ou Utilisation de beaucoup d'intrants chimiques    | Moyennement intensif   | Moyennement intensif   | Moyennement intensif   |
|  | └─Perturbations pour le voisinage                                | Perturbations moyennes | Perturbations moyennes | Perturbations moyennes |
|  | └─Transfert de connaissances vers la société                     | Faible                 | Faible                 | Faible                 |
|  | └─Valeur sociale du paysage                                      | Indifférent            | Indifférent            | Indifférent            |

### Branche environnementale (1/4)

|                                      | SAF 3            | SAF 3            | SAF 3            |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Durabilité environnementale</b>   | Très élevée      | Elevée           | Elevée           |
| └─ <b>Utilisation des ressources</b> | Faible           | Faible           | Faible           |
| └─ <b>Utilisation d'énergie</b>      | Faible           | Faible           | Faible           |
| └─Matériel d'irrigation              | Pas d'irrigation | Pas d'irrigation | Pas d'irrigation |
| └─Utilisation des machines           | Peu fréquente    | Peu fréquente    | Peu fréquente    |
| └─Fabrication des pesticides         | IFT faible       | IFT faible       | IFT faible       |

## Annexes

|  |                                                        |                         |                         |                         |
|--|--------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|  | └ IFT hors NODU vert                                   | Faible                  | Faible                  | Faible                  |
|  | └ Fabrication des engrais                              | Consommations moyennes  | Consommations moyennes  | Consommations moyennes  |
|  | └─ Apports de N minéral                                | Moyens                  | Moyens                  | Moyens                  |
|  | └─ Apports de P minéral                                | Moyens                  | Moyens                  | Moyens                  |
|  | └─ Apports de K minéral                                | Faibles ou nuls         | Faibles ou nuls         | Faibles ou nuls         |
|  | └ <b>Utilisation de l'eau</b>                          | Moyenne                 | Moyenne                 | Moyenne                 |
|  | └─ Consommation en eau                                 | Faible ou nulle         | Faible ou nulle         | Faible ou nulle         |
|  | └─ Disponibilité locale en eau                         | Mauvaise                | Mauvaise                | Mauvaise                |
|  | └ <b>Utilisation des terres</b>                        | Mauvaise                | Mauvaise                | Mauvaise                |
|  | └─ Disponibilité en terres non cultivées               | Faible                  | Faible                  | Faible                  |
|  | └─ Accès a de nouvelles exploitations                  | Faibles – aucune        | Faibles - aucune        | Faibles - aucune        |
|  | └ Importance et connectivité des IAE de l'exploitation | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables |
|  | └ <b>Utilisation de fertilisants non renouvelables</b> | Faible-nulle            | Faible-nulle            | Faible-nulle            |
|  | └─ Apports de P minéral                                | Moyens                  | Moyens                  | Moyens                  |
|  | └─ Apports de K minéral                                | Faibles ou nuls         | Faibles ou nuls         | Faibles ou nuls         |
|  | └ <b>Qualité de l'environnement</b>                    | Elevée                  | Très élevée             | Elevée                  |
|  | └─ <b>qualité du sol</b>                               | Faible                  | Moyenne                 | Faible                  |
|  | └─ <b>Qualité physique du sol</b>                      | Très faible             | Faible                  | Très faible             |
|  | └─ Risque de compaction                                | Elevé                   | Eleve                   | Eleve                   |
|  | └─ Surface d'occupation du sol                         | Pas d'enherbement       | Pas d'enherbement       | Pas d'enherbement       |
|  | └─ Type de sol                                         | Favorable               | Favorable               | Favorable               |
|  | └─ Risque d'érosion                                    | Très élevé              | Très élevé              | Très élevé              |
|  | └─ Risque de ruissellement                             | Elevé                   | Elevé                   | Elevé                   |
|  | └─ Risque d'érosion éolienne                           | Moyen                   | Moyen                   | Moyen                   |
|  | └─ Exposition du terrain au vent                       | Non. pas expose         | Non. pas expose         | Non. pas expose         |
|  | └─ Surface d'occupation du sol                         | Pas d'enherbement       | Pas d'enherbement       | Pas d'enherbement       |
|  | └ Amélioration de la structure du sol                  | Faible                  | Moyenne                 | Faible                  |
|  | └ Amendements et fertilisants organiques               | Aucun apport            | fientes ou; Fumiers     | Aucun apport            |
|  | └ <b>Qualité chimique du sol</b>                       | Moyenne                 | Moyenne                 | Moyenne                 |
|  | └─ Maitrise du pH du sol                               | Maitrise faible         | Maitrise faible         | Maitrise faible         |
|  | └─ Utilisation d'intrants contenant des métaux lourds  | Nulle                   | Nulle                   | Nulle                   |
|  | └─ Maitrise des autres éléments chimiques du sol       | Maitrise faible         | Maitrise faible         | Maitrise faible         |
|  | └ <b>Qualité biologique du sol</b>                     | Bonne                   | Moyenne                 | Moyenne                 |

## Annexes

|  |  |  |                                                 |                   |               |               |
|--|--|--|-------------------------------------------------|-------------------|---------------|---------------|
|  |  |  | —Risque de transfert des pesticides dans le sol | Moyen             | Moyen         | Moyen         |
|  |  |  | —IFT hors NODU vert                             | Faible            | Faible        | Faible        |
|  |  |  | —Surface d’occupation du sol                    | Pas d’enherbement | d’enherbement | d’enherbement |
|  |  |  | —Type de sol                                    | Favorable         | Favorable     | Favorable     |

### Branche environnementale (2/4)

|  |  |  |                                                                     |                   |                        |                      |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
|  |  |  | —Perturbations mécaniques                                           | Moyennes          | Moyennes               | Moyennes             |
|  |  |  | —Travail mécanique                                                  | Aucun             | Aucun                  | Aucun                |
|  |  |  | —Risque de compaction                                               | Elevé             | Elevé                  | Elevé                |
|  |  |  | —Stimulation de l’activité biologique                               | Moyenne           | Faible                 | Faible               |
|  |  |  | —Amendements et fertilisants organiques                             | Aucun apport      | fientes ou;<br>Fumiers | Aucun apport         |
|  |  |  | —Stratégie de production                                            | Bonne-nulle       | Mauvaise               | Mauvaise             |
|  |  |  | —Qualité de l’eau                                                   | Très élevée       | Très élevée            | Très élevée          |
|  |  |  | —Qualité des eaux superficielles                                    | Elevée            | Elevée                 | Elevée               |
|  |  |  | —Potentiel d’eutrophisation                                         | Elevé             | Elevé                  | Elevé                |
|  |  |  | —Risque de lixiviation des nitrates                                 | Moyen             | Moyen                  | Moyen                |
|  |  |  | —Risque de lixiviation du phosphore                                 | Eleve             | Eleve                  | Eleve                |
|  |  |  | —Risque de ruissellement                                            | Eleve             | Eleve                  | Eleve                |
|  |  |  | —Sensibilité du terrain a la battance                               | Elevés            | Elevés                 | Elevés               |
|  |  |  | —Surface d’occupation du sol                                        | Pas d’enherbement | Pas<br>d’enherbement   | Pas<br>d’enherbement |
|  |  |  | —Intensité des pluies                                               | Intense           | Intense                | Intense              |
|  |  |  | —Utilisation des machines                                           | Peu fréquente     | Peu fréquente          | Peu fréquente        |
|  |  |  | —Stabilité structurale du sol                                       | Peu battant       | Peu battant            | Peu battant          |
|  |  |  | —Sensibilité du terrain au ruissellement                            | oui               | oui                    | oui                  |
|  |  |  | —Surface d’occupation du sol                                        | Pas d’enherbement | Pas<br>d’enherbement   | Pas<br>d’enherbement |
|  |  |  | —Conditions pédologiques et topographiques propice au ruissellement | Très propice      | ne sait pas            | ne sait pas          |
|  |  |  | —Fertilisation en phosphore                                         | Moyenne           | Moyenne                | Moyenne              |
|  |  |  | —Apports de P minéral                                               | Moyens            | Moyens                 | Moyens               |
|  |  |  | —Apports de P d’origine organique                                   | Moyens            | Moyens                 | Moyens               |
|  |  |  | —Potentiel d’écotoxicité aquatique                                  | Très faible       | Très faible            | Tres faible          |
|  |  |  | —Risque de transfert de pesticides dans les eaux de surface         | Moyen             | Moyen                  | Moyen                |

## Annexes

|                                       |  |  |  |                                                                    |                   |                   |                   |
|---------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                       |  |  |  | IFT hors NODU vert                                                 | Faible            | Faible            | Faible            |
|                                       |  |  |  | Risque de dérive des pesticides                                    | Faible            | Faible            | Faible            |
|                                       |  |  |  | Risque de ruissellement                                            | Elevé             | Elevé             | Elevé             |
|                                       |  |  |  | Risque de contamination par les métaux lourds                      | Faible-nul        | Faible-nul        | Faible-nul        |
|                                       |  |  |  | Utilisation d'intrants contenant des métaux lourds                 | Nulle             | Nulle             | Nulle             |
|                                       |  |  |  | Risque de ruissellement                                            | Elevé             | Elevé             | Elevé             |
|                                       |  |  |  | <b>Présence de cours d'eau dans le paysage. Rayon de 1km</b>       | Non               | Non               | Non               |
|                                       |  |  |  | <b>Qualité des eaux souterraines</b>                               | Très élevée       | Très élevée       | Très élevée       |
|                                       |  |  |  | <b>Risque de lixiviation des nitrates</b>                          | Moyen             | Moyen             | Moyen             |
|                                       |  |  |  | <b>Risque de lixiviation</b>                                       | Moyen             | Moyen             | Moyen             |
|                                       |  |  |  | Sensibilité du terrain a la lixiviation                            | Pas sensible      | Pas sensible      | Pas sensible      |
|                                       |  |  |  | Surface d'occupation du sol                                        | Pas d'enherbement | Pas d'enherbement | Pas d'enherbement |
|                                       |  |  |  | Pluviométrie                                                       | Elevée            | Moyennement       | Elevée            |
|                                       |  |  |  | Fertilisation en azote                                             | Moyenne           | Moyenne           | Moyenne           |
|                                       |  |  |  | Apports de N minéral                                               | Moyens            | Moyens            | Moyens            |
|                                       |  |  |  | Apports de N organique                                             | Moyens            | Moyens            | Moyens            |
|                                       |  |  |  | <b>Risque de lixiviation des pesticides</b>                        | Faible            | Faible            | Faible            |
|                                       |  |  |  | IFT hors NODU vert                                                 | Faible            | Faible            | Faible            |
|                                       |  |  |  | Risque de lixiviation                                              | Moyen             | Moyen             | Moyen             |
|                                       |  |  |  | <b>Qualité de l'air</b>                                            | Très élevée       | Très élevée       | Très élevée       |
|                                       |  |  |  | <b>Risque de transfert de pesticides dans l'air</b>                | Faible            | Faible            | Faible            |
|                                       |  |  |  | Risque de dérive des pesticides                                    | Faible            | Faible            | Faible            |
| <b>Branche environnementale (3/4)</b> |  |  |  |                                                                    |                   |                   |                   |
|                                       |  |  |  | IFT hors NODU vert                                                 | Faible            | Faible            | Faible            |
|                                       |  |  |  | Toxicité moyenne des PPP                                           | Faibles - aucune  | Faibles - aucune  | Faibles - aucune  |
|                                       |  |  |  | <b>Potentiel de réchauffement climatique</b>                       | Moyen             | Faible            | Faible            |
|                                       |  |  |  | Emissions de N2O                                                   | Faibles           | Faibles           | Faibles           |
|                                       |  |  |  | Sensibilité du terrain et pratiques aggravant les émissions de N2O | Pas sensible      | Pas sensible      | Pas sensible      |
|                                       |  |  |  | Fertilisation en azote                                             | Moyenne           | Moyenne           | Moyenne           |
|                                       |  |  |  | Emissions de CO <sub>2</sub> et autres GES                         | Faibles           | Faibles           | Faibles           |
|                                       |  |  |  | Utilisation d'énergie                                              | Faible            | Faible            | Faible            |

## Annexes

|                                                                                                                                                                                                                      |                         |                         |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantité de carbone potentiellement stocke par le système</li> </ul>                                                                                                          | Faible                  | Moyenne                 | Elevée                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Emissions de NH3</li> </ul> </li> </ul>                                                                                               | Moyennes                | Moyennes                | Moyennes                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fertilisation en azote</li> </ul> </li> </ul>                                                                                         | Moyenne                 | Moyenne                 | Moyenne                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Biodiversité</li> </ul>                                                                                                                                                       | Très élevée             | Faible                  | Faible                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Flore</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                          | Assez intéressante      | Peu intéressante        | Peu intéressante        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>qualité du paysage</li> </ul> </li> </ul>                                                                                             | Habitats favorables     | Habitats favorables     | Habitats favorables     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mosaïque des cultures du paysage</li> </ul> </li> </ul>                                                                               | Espace très diversifié  | Espace très diversifié  | Espace très diversifié  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Importance et connectivite des habitats semi-naturels</li> </ul> </li> </ul>                                                          | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>qualité des IAE a l'échelle de l'exploitation</li> </ul> </li> </ul>                                                                  | Peu favorable           | Peu favorable           | Peu favorable           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Importance et connectivite des IAE</li> </ul> </li> </ul>                                                                             | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diversité des IAE</li> </ul> </li> </ul>                                                                                              | IAE inf à 4             | IAE inf à 4             | IAE inf à 4             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>qualité de l'habitat verger</li> </ul> </li> </ul>                                                                                    | Habitats favorables     | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intensité des pratiques</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                                    | Faible                  | Moyenne                 | Moyenne                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intensité des pratiques phytosanitaires</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                    | Faible                  | Faible                  | Faible                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Risque de transfert de pesticides dans l'air</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>               | Faible                  | Faible                  | Faible                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Risque de transfert des pesticides dans le sol</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>             | Moyen                   | Moyen                   | Moyen                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Risque de transfert de pesticides dans les eaux de surface</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> | Moyen                   | Moyen                   | Moyen                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Perturbations mécaniques</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                                   | Moyennes                | Moyennes                | Moyennes                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stimulation de l'activité biologique</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                       | Moyenne                 | Faible                  | Faible                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Qualité des IAE a l'échelle du verger</li> </ul> </li> </ul>                                                                          | Peu intéressante        | Peu intéressante        | Peu intéressante        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'habitats artificiels au verger</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                  | Aucun                   | Aucun                   | Aucun                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>qualité de la strate arborée</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                               | Très intéressante       | Très intéressante       | Très intéressante       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Richesse spécifique</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                                        | Elevées                 | Elevées                 | Moyennes                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abondance floristique spécifique</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                           | Moyennes                | Faibles - aucune        | Elevées                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pourcentage des espèces forestières dans la parcelle</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>       | Elevées                 | Faibles - aucune        | Elevées                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pourcentage de fruitiers dans la parcelle</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                  | Faibles - aucune        | Faibles - aucune        | Elevées                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantité de Carbone potentiellement stocke par le système</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>  | Faible                  | Moyenne                 | Elevée                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'espèces menacées</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                                | Elevées                 | Faibles - aucune        | Moyennes                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Structure verticale</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>                                        | Faibles - aucune        | Moyennes                | Moyennes                |

## Branche environnementale (4/4)

|                                                 |                     |                         |                         |
|-------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| └─Qualité des strates herbacées                 | Peu intéressante    | Peu intéressante        | Peu intéressante        |
| └─Densité strate herbacée                       | Faible              | Faible                  | Faible                  |
| └─Diversité de la strate herbacée               | Bonne               | Bonne                   | Bonne                   |
| └─Perturbations mécaniques                      | Moyennes            | Moyennes                | Moyennes                |
| └─Diversité floristique des herbacées           | Moyennes            | Moyennes                | Moyennes                |
| ─Faune                                          | Très bien protégée  | Peu protégée            | Peu protégée            |
| └─Vertébrés                                     | Assez protégés      | Assez protégés          | Assez protégés          |
| └─qualité du paysage                            | Habitats favorables | Habitats favorables     | Habitats favorables     |
| └─qualité des IAE a l'échelle de l'exploitation | Peu favorable       | Peu favorable           | Peu favorable           |
| └─qualité de l'habitat verger                   | Habitats favorables | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables |
| └─Nombre de pièges a animaux dans le systèmes   | Faibles - aucune    | Faibles - aucune        | Faibles - aucune        |
| ─Invertébrés                                    | Très bien protégés  | Peu protégés            | Peu protégés            |
| └─Invertébrés rampants                          | Assez protégés      | Très peu protégés       | Très peu protégés       |
| └─qualité des IAE a l'échelle de l'exploitation | Peu favorable       | Peu favorable           | Peu favorable           |
| └─qualité de l'habitat verger                   | Habitats favorables | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables |
| └─Invertébrés volants                           | Assez protégés      | Peu protégés            | Peu protégés            |
| └─Qualité du paysage                            | Habitats favorables | Habitats favorables     | Habitats favorables     |
| └─Qualité de l'habitat verger                   | Habitats favorables | Habitats peu favorables | Habitats peu favorables |
| └─qualité des IAE a l'échelle de l'exploitation | Peu favorable       | Peu favorable           | Peu favorable           |
| └─Invertébrés du sous-sol                       | Protégés            | Assez protégés          | Assez protégés          |
| └─qualité biologique du sol                     | Bonne               | Moyenne                 | Moyenne                 |
| ─Micro-organismes                               | protégés            | Assez protégés          | Assez protégés          |
| └─qualité biologique du sol                     | Bonne               | Moyenne                 | Moyenne                 |

# Annexes

## Annexe 4 : Liste générale des espèces recensées

|    | Espèces                                                                       | Famille         | Type biologique | Affinité écologique | Statut UICN | Zone d'étude |       |        |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------|--------------|-------|--------|
|    |                                                                               |                 |                 |                     |             | Biankouma    | Bonon | Soubré |
| 1  | <i>Acacia mangium</i> Willd                                                   | Mimosaceae      | mP              | i                   |             |              | 1     |        |
| 2  | <i>Acridocarpus smeathmannii</i> (DC.) Guill. & Perr.                         | Malpighiaceae   | LmP             | GC                  |             |              | 1     |        |
| 3  | <i>Afzelia africana</i> Pers.                                                 | Caesalpiniaceae | mP              | GC-SZ               | VU          | 1            |       |        |
| 4  | <i>Afzelia bella</i> Harms                                                    | Caesalpiniaceae | mP              | GCW                 | LC          | 1            |       | 1      |
| 5  | <i>Aidia genipiflora</i> (DC.) Dandy                                          | Rubiaceae       | mp              | GC                  | LC          | 1            |       |        |
| 6  | <i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. Wight                             | Mimosaceae      | mP              | GC                  | LC          | 1            | 1     | 1      |
| 7  | <i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.                             | Mimosaceae      | mP              | GC-SZ               | VU          | 1            |       | 1      |
| 8  | <i>Albizia lebbek</i> (Linn.) Benth.                                          | Mimosaceae      | mp              | GC-SZ               |             | 1            | 1     |        |
| 9  | <i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.                                        | Mimosaceae      | mP              | GC-SZ               | LC          | 1            | 1     | 1      |
| 10 | <i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.                       | Euphorbiaceae   | Lmp (mp)        | GC-SZ               | LC          | 1            |       | 1      |
| 11 | <i>Alchornea hirtella</i> Benth. var <i>glabrata</i> (Müll. Arg) Pax & Hoffm. | Euphorbiaceae   | mp              | GC                  |             | 1            |       |        |
| 12 | <i>Alstonia boonei</i> De Wild.                                               | Apocynaceae     | MP              | GC                  | LC          | 1            | 1     | 1      |
| 13 | <i>Anacardium occidentale</i> Linn.                                           | Anacardiaceae   | mP              | i                   |             | 1            | 1     | 1      |

## Annexes

|    |                                                                  |                 |    |       |    |   |   |   |
|----|------------------------------------------------------------------|-----------------|----|-------|----|---|---|---|
| 14 | <i>Annona muricata</i> Linn.                                     | Annonaceae      | mp | GC    |    |   | 1 | 1 |
| 15 | <i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.                | Combretaceae    | mp | SZ    | LC | 1 |   |   |
| 16 | <i>Anthocleista djalensis</i> A. Chev.                           | Loganiaceae     | mp | GC-SZ | LC | 1 | 1 | 1 |
| 17 | <i>Anthocleista nobilis</i> G. Don                               | Loganiaceae     | mp | GCW   | LC |   |   | 1 |
| 18 | <i>Anthonothea mannii</i> (Hook. f.)                             | Fabaceae        | mP | GC    | LC |   | 1 |   |
| 19 | <i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner | Moraceae        | mP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 20 | <i>Antidesma membranaceum</i> Müll. Arg.                         | Euphorbiaceae   | mp | GC-SZ |    | 1 |   |   |
| 21 | <i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg                    | Moraceae        | mp | i     |    | 1 | 1 | 1 |
| 22 | <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.                               | Meliaceae       | mp | i     |    |   | 1 | 1 |
| 23 | <i>Baphia bancoensis</i> Aubrév.                                 | Fabaceae        | mp | GC    | LC | 1 | 1 | 1 |
| 24 | <i>Baphia nitida</i> Lodd.                                       | Fabaceae        | mp | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 25 | <i>Beilschmiedia mannii</i> (Meisn.) Benth. & Hook. f.           | Lauraceae       | mp | GC    | LC |   |   | 1 |
| 26 | <i>Berlinia grandiflora</i> (Vahl) Hutch. & Dalz.                | Caesalpiniaceae | mP | GC-SZ | LC | 1 |   | 1 |
| 27 | <i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig                               | Sapindaceae     | mP | GC-SZ |    | 1 | 1 | 1 |
| 28 | <i>Blighia unijugata</i> Baker                                   | Sapindaceae     | mP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 29 | <i>Bombax buenopozense</i> P. Beauv.                             | Bombacaceae     | MP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |

## Annexes

|    |                                              |                 |    |       |    |   |   |   |
|----|----------------------------------------------|-----------------|----|-------|----|---|---|---|
| 30 | <i>Bridelia ferruginea</i> Benth.            | Euphorbiaceae   | mp | GC-SZ |    | 1 | 1 | 1 |
| 31 | <i>Carapa procera</i> DC. De Wilde           | Meliaceae       | mp | GC-SZ | LC | 1 | 1 | 1 |
| 32 | <i>Cassia siamea</i> Lam.                    | Caesalpiniaceae | mp | i     |    | 1 | 1 | 1 |
| 33 | <i>Cassia sieberiana</i> DC.                 | Caesalpiniaceae | mp | i     |    | 1 | 1 |   |
| 34 | <i>Cassia spectabilis</i> DC.                | Caesalpiniaceae | mp | i     |    |   |   | 1 |
| 35 | <i>Cedrela odorata</i> L.                    | Meliaceae       | mp | i     |    |   | 1 | 1 |
| 36 | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.          | Sterculiaceae   | mP | GC-SZ |    | 1 | 1 | 1 |
| 37 | <i>Celtis adolfi-fridericii</i> Engl.        | Ulmaceae        | MP | GC    |    | 1 |   |   |
| 38 | <i>Celtis milbraedii</i> Engl.               | Ulmaceae        | mP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 39 | <i>Celtis zenkeri</i> Engl.                  | Ulmaceae        | mP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 40 | <i>Chaetacme aristata</i> E. Mey. ex Planch. | Ulmaceae        | mp | GC    |    | 1 |   |   |
| 41 | <i>Chrysophyllum africanum</i> A. DC.        | Sapotaceae      | MP | GC    |    | 1 |   |   |
| 42 | <i>Citrus limon</i> Burn. f.                 | Rutaceae        | mp | i     |    |   | 1 | 1 |
| 43 | <i>Citrus maxima</i> (Burm.) Merr.           | Rutaceae        | mp | i     |    |   | 1 | 1 |
| 44 | <i>Citrus reticulata</i> Blanco              | Rutaceae        | mp | i     |    | 1 | 1 | 1 |
| 45 | <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck           | Rutaceae        | mp | i     |    | 1 | 1 | 1 |

## Annexes

|    |                                                     |                 |     |       |    |   |   |   |
|----|-----------------------------------------------------|-----------------|-----|-------|----|---|---|---|
| 46 | <i>Cleistopholis patens</i> (Benth.) Engl . & Diels | Annonaceae      | mP  | GC    |    | 1 |   | 1 |
| 47 | <i>Cnestis ferruginea</i> DC.                       | Connaraceae     | LmP | GC    |    |   | 1 |   |
| 48 | <i>Cocos nucifera</i> Linn.                         | Arecaceae       | MP  | i     |    | 1 | 1 | 1 |
| 49 | <i>Coffea arabica</i> L.                            | Rubiaceae       | mp  | i     |    | 1 | 1 | 1 |
| 50 | <i>Cola acuminata</i> (P. Beauv.) Schott & Endl.    | Sterculiaceae   | mP  | GC    |    | 1 |   |   |
| 51 | <i>Cola caricaefolia</i> (G. Don) K. Schum.         | Sterculiaceae   | mp  | GCW   |    | 1 |   |   |
| 52 | <i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.                | Sterculiaceae   | MP  | GC    |    | 1 | 1 |   |
| 53 | <i>Cola gigantea</i> A. Chev.                       | Sterculiaceae   | mP  | GC-SZ |    | 1 | 1 |   |
| 54 | <i>Cola millenii</i> K. Schum.                      | Sterculiaceae   | mp  | GC    |    | 1 |   |   |
| 55 | <i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.           | Sterculiaceae   | mP  | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 56 | <i>Copaifera salikounda</i> Heckel                  | Caesalpiniaceae | mP  | GCW   | VU | 1 |   | 1 |
| 57 | <i>Cordia platythyrsa</i> Bak.                      | Boraginaceae    | mp  | GC    | VU | 1 |   | 1 |
| 58 | <i>Cordia sebestena</i> L.                          | Boraginaceae    | mp  | i     |    | 1 |   |   |
| 59 | <i>Cordia senegalensis</i> Juss.                    | Boraginaceae    | mP  | GC    | LC |   | 1 |   |
| 60 | <i>Crossopteryx febrifuga</i> (G. Don) Benth.       | Rubiaceae       | mp  | GC-SZ |    | 1 |   |   |
| 61 | <i>Croton penduliflorus</i> Hutch.                  | Euphorbiaceae   | mp  | GC    |    | 1 |   |   |

## Annexes

|    |                                                           |                 |    |       |       |   |   |   |
|----|-----------------------------------------------------------|-----------------|----|-------|-------|---|---|---|
| 62 | <i>Crudia senegalensis</i> Planch. ex Benth.              | Caesalpiniaceae | mP | GC    |       |   |   | 1 |
| 63 | <i>Cussonia barteri</i> Seem                              | Araliaceae      | mp | SZ    | VU    | 1 |   |   |
| 64 | <i>Daniellia oliveri</i> Hutch. & Dalz.                   | Caesalpiniaceae | mP | SZ    | LC    | 1 |   |   |
| 65 | <i>Deinbollia saligna</i> Keay                            | Sapindaceae     | mp | GC    | VU    |   | 1 |   |
| 66 | <i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf.                         | Caesalpiniaceae | mp | i     | LC    |   | 1 |   |
| 67 | <i>Diospyros canaliculata</i> De Wild.                    | Ebenaceae       | mp | GC    |       | 1 |   |   |
| 68 | <i>Diospyros sanza-minika</i> A. Chev.                    | Ebenaceae       | mP | GC    |       |   |   | 1 |
| 69 | <i>Diospyros vignei</i> F. White                          | Ebenaceae       | np | GCW   |       | 1 |   |   |
| 70 | <i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill                  | Caesalpiniaceae | mP | GC    | LC    | 1 |   | 1 |
| 71 | <i>Dracaena mannii</i> Baker                              | Agavaceae       | mP | GC    |       | 1 |   | 1 |
| 72 | <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.                            | Arecaceae       | mP | GC    |       | 1 | 1 | 1 |
| 73 | <i>Englerophytum oblongeolatum</i> (S. Moore) T. D. Penn. | Sapotaceae      | mp | GC    | LC    |   | 1 |   |
| 74 | <i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.           | Meliaceae       | MP | GC    | LR/nt | 1 |   |   |
| 75 | <i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague     | Meliaceae       | MP | GC    | VU    | 1 |   | 1 |
| 76 | <i>Erythrina senegalensis</i> DC.                         | Fabaceae        | mp | GC-SZ | LC    |   | 1 | 1 |
| 77 | <i>Erythrina vogelii</i> Hook.f.                          | Fabaceae        | mP | GC    |       |   | 1 |   |

## Annexes

|    |                                                             |               |         |       |    |   |   |   |
|----|-------------------------------------------------------------|---------------|---------|-------|----|---|---|---|
| 78 | <i>Excoecaria guineense</i> (Benth.) O. Ktze.               | Euphorbiaceae | mp      | GC-SZ |    | 1 |   |   |
| 79 | <i>Ficus exasperata</i> Vahl                                | Moraceae      | mp      | GC-SZ |    | 1 | 1 | 1 |
| 80 | <i>Ficus glumosa</i> Del.                                   | Moraceae      | mP      | SZ    |    | 1 |   |   |
| 81 | <i>Ficus kamerunensis</i> Warb. ex Mildbr. & Burr& A        | Moraceae      | epi     | GC    |    | 1 |   |   |
| 82 | <i>Ficus Lutea</i> Vahl.                                    | Moraceae      | (mp) Ep | GC    |    |   | 1 |   |
| 83 | <i>Ficus mucuso</i> Ficalho                                 | Moraceae      | mP      | GC    | LC | 1 | 1 | 1 |
| 84 | <i>Ficus polita</i> Vahl.                                   | Moraceae      | mp      | GC-SZ |    | 1 |   |   |
| 85 | <i>Ficus religiosa</i> L.                                   | Moraceae      | mP      | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 86 | <i>Ficus sur</i> Forsk.                                     | Moraceae      | mp      | GC-SZ |    | 1 | 1 | 1 |
| 87 | <i>Ficus sycomorus</i> subsp. gnaphalocarpa (Miq) C.C. Berg | Moraceae      | mp      | SZ    | LC | 1 |   |   |
| 88 | <i>Ficus vallis-choudae</i> Del.                            | Moraceae      | mp      | SZ    |    | 1 |   |   |
| 89 | <i>Ficus variifolia</i> Warb.                               | Moraceae      | mP      | GC    |    |   | 1 |   |
| 90 | <i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf                     | Apocynaceae   | mP      | GC    | LC | 1 | 1 | 1 |
| 91 | <i>Garcinia afzelii</i> Engl.                               | Clusiaceae    | mP      | GC-SZ | VU |   | 1 |   |
| 92 | <i>Garcinia kola</i> Heckel                                 | Clusiaceae    | mP      | GC    | VU | 1 |   | 1 |
| 93 | <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)Walp.                       | Fabaceae      | mp      | i     |    |   | 1 | 1 |

# Annexes

|     |                                                                        |                 |     |       |       |   |   |   |
|-----|------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----|-------|-------|---|---|---|
| 94  | <i>Gmelina arborea</i> Roxb.                                           | Verbenaceae     | mp  | i     |       | 1 | 1 | 1 |
| 95  | <i>Griffonia simplicifolia</i> (Vahl ex DC.) Baill .                   | Caesalpiniaceae | Lmp | GC    |       |   | 1 |   |
| 96  | <i>Hannoa klaineana</i> Pierre & Engl.                                 | simaroubaceae   | mP  | GC    |       |   |   | 1 |
| 97  | <i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.                        | Hypericaceae    | mp  | GC    | LC    | 1 | 1 |   |
| 98  | <i>Hevea brasiliensis</i> (A. Juss.) Müll. Arg.                        | Euphorbiaceae   | mP  | i     |       | 1 | 1 | 2 |
| 99  | <i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Dur. & Schinz var.<br>floribunda | Apocynaceae     | mP  | GC-SZ | LC    | 1 | 1 | 1 |
| 100 | <i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.           | Irvingiaceae    | mp  | GC    | LR/nt | 1 |   | 1 |
| 101 | <i>Isobерlinia doka</i> Craib & Stapf                                  | Caesalpiniaceae | mp  | SZ    | LC    | 1 |   |   |
| 102 | <i>Jatropha curcas</i> Linn.                                           | Euphorbiaceae   | np  | GC-SZ |       |   | 1 |   |
| 103 | <i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C. DC.                                 | Meliaceae       | MP  | GC    | VU    | 1 |   |   |
| 104 | <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.                                        | Meliaceae       | MP  | GC    | VU    | 1 |   | 1 |
| 105 | <i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.                                  | Bignoniaceae    | mp  | GC-SZ | LC    | 1 | 1 | 1 |
| 106 | <i>Lannea acida</i> A. Rich.                                           | Anacardiaceae   | mp  | GC-SZ | LC    | 1 |   |   |
| 107 | <i>Lannea barteri</i> (Oliv.) Engl.                                    | Anacardiaceae   | mp  | GC-SZ | LC    | 1 |   |   |
| 108 | <i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.                                | Anacardiaceae   | MP  | GC    | LC    | 1 |   | 1 |
| 109 | <i>Lecaniodiscus cupanioides</i> Planch.                               | Sapindaceae     | mp  | GC    |       | 1 |   | 1 |

# Annexes

|     |                                                                    |               |     |       |       |   |   |   |
|-----|--------------------------------------------------------------------|---------------|-----|-------|-------|---|---|---|
| 110 | <i>Leptonychia pubescens</i> Keay                                  | Sterculiaceae | mp  | GC    | LC    |   |   | 1 |
| 111 | <i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Khunt.                        | Fabaceae      | mp  | GC-SZ | LC    |   | 1 |   |
| 112 | <i>Lophira lanceolata</i> van Tiegh. ex Keay                       | Ochnaceae     | mP  | SZ    |       | 1 |   |   |
| 113 | <i>Maesobotrya barteri</i> (Baill.) Hutch.                         | Euphorbiaceae | mp  | GC    |       | 1 |   |   |
| 114 | <i>Mangifera indica</i> L.                                         | Anacardiaceae | mP  | i     |       | 1 | 1 | 1 |
| 115 | <i>Manniophyton fulvum</i> Müll. Arg.                              | Euphorbiaceae | Lmp | GC    |       | 1 |   | 1 |
| 116 | <i>Mansonia altissima</i> (A. Chev.) A. Chev var. <i>altissima</i> | Sterculiaceae | mP  | GC    | EN    | 1 | 1 |   |
| 117 | <i>Mareya micrantha</i> (Benth.) Müll. Arg.                        | Euphorbiaceae | mp  | GC    | LC    |   |   | 1 |
| 118 | <i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster                     | Euphorbiaceae | mp  | GC-SZ | LC    | 1 | 1 | 1 |
| 119 | <i>Markhamia tomentosa</i> (Benth.) K. Schum.                      | Bignoniaceae  | mp  | GC    |       | 1 |   |   |
| 120 | <i>Maytenus undatus</i> (Thunb.) Blakelock                         | Celastraceae  | mP  | GC    | LC    | 1 |   |   |
| 121 | <i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C. C. Berg                          | Moraceae      | MP  | GC    | LR/nt | 1 | 1 | 1 |
| 122 | <i>Milicia regia</i> (A. Chev.) C. C. Berg                         | Moraceae      | MP  | GCW   | VU    | 1 | 1 | 1 |
| 123 | <i>Millettia zechiana</i> Harms                                    | Fabaceae      | mp  | GC    | LC    | 1 | 1 | 1 |
| 124 | <i>Mitragyna ledermannii</i> (K. Krause) Ridsdale                  | Rubiaceae     | MP  | GC    | LR/nt |   |   | 1 |
| 125 | <i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal                          | Annonaceae    | mP  | GC    | LC    |   |   | 1 |
| 126 | <i>Morinda lucida</i> Benth.                                       | Rubiaceae     | mP  | GC-SZ |       | 1 | 1 | 1 |

# Annexes

|     |                                                        |                  |          |       |       |   |   |   |
|-----|--------------------------------------------------------|------------------|----------|-------|-------|---|---|---|
| 127 | <i>Morus mesozygia</i> Stapf ex A. Chev.               | Moraceae         | mP       | GC    |       | 1 | 1 |   |
| 128 | <i>Musa paradisiaca</i> Linn.                          | Musaceae         | G        | i     |       | 1 | 1 | 1 |
| 129 | <i>Musanga cecropioides</i> R. Br.                     | Cecropiaceae     | mp       | GC    | LC    |   |   | 1 |
| 130 | <i>Mussaenda isertiana</i> DC.                         | Rubiaceae        | Lmp      | GC    |       | 1 |   |   |
| 131 | <i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.                   | Cecropiaceae     | mp       | GC    | LC    | 1 |   |   |
| 132 | <i>Napoleonaea vogelii</i> (Hook.f.) Planch.           | Napoleonaceae    | mp       | GC    | LC    | 1 | 1 |   |
| 133 | <i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.& T. Durand) Merr. | Rubiaceae        | MP       | GC    | LR/nt |   |   | 1 |
| 134 | <i>Nauclea latifolia</i> Sm.                           | Rubiaceae        | Lmp (mp) | GC-SZ | LC    | 1 |   |   |
| 135 | <i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance ex F.White | Chrysobalanaceae | MP       | GC    |       | 1 |   |   |
| 136 | <i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R. Capuron | Sterculiaceae    | MP       | GC    | VU    | 1 | 1 | 1 |
| 137 | <i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau | Bignoniaceae     | mp       | GC    |       | 1 | 1 | 1 |
| 138 | <i>Olex subscorpioidea</i> Oliv.                       | Oleaceae         | mp       | GC-SZ |       | 1 |   |   |
| 139 | <i>Ouratea micrantha</i> (Hook.f.) Hutch. & Dalz.      | Ochnaceae        | mP       | GC    |       |   |   | 1 |
| 140 | <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.                 | Mimosaceae       | mp       | SZ    | LC    | 1 | 1 |   |
| 141 | <i>Pericopsis elata</i> (Harms) Meeuwen                | Fabaceae         | mP       | GC    | EN    |   | 1 |   |

## Annexes

|     |                                                        |                 |    |       |    |   |   |   |
|-----|--------------------------------------------------------|-----------------|----|-------|----|---|---|---|
| 142 | <i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth) Meeuv              | Fabaceae        | mp | SZ    | LC | 1 |   |   |
| 143 | <i>Persea americana</i> Mill.                          | Lauraceae       | MP | i     |    | 1 | 1 | 1 |
| 144 | <i>Phyllanthus muellerianus</i> (O. Ktze.) Exell       | Euphorbiaceae   | np | GC    |    |   | 1 |   |
| 145 | <i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Millne-Redhead  | Caesalpiniaceae | mp | GC-SZ |    | 1 | 1 | 1 |
| 146 | <i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan B    | Mimosaceae      | MP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 147 | <i>Pouteria alnifolia</i> (Bak.) Roberty               | Sapotaceae      | mp | GC-SZ | VU |   | 1 | 1 |
| 148 | <i>Pouteria altissima</i> (A. Chev.) Baehni            | Sapotaceae      | MP | GC    | LR | 1 |   |   |
| 149 | <i>Pseudospondias microcarpa</i> (A. Rich.) Engl.      | Anacardiaceae   | mP | GC-SZ |    | 1 |   |   |
| 150 | <i>Psidium guajava</i> Linn.                           | Myrtaceae       | mp | i     |    | 1 | 1 | 1 |
| 151 | <i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir .                    | Fabaceae        | mp | SZ    | EN | 1 |   |   |
| 152 | <i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb              | Myristicaceae   | mP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 153 | <i>Raphia hookeri</i> G. Mann & H. Wendl.              | Arecaceae       | mp | GC    | LC | 1 |   | 1 |
| 154 | <i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.                      | Apocynaceae     | mp | GC-SZ | LC | 1 |   | 1 |
| 155 | <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Pax | Euphorbiaceae   | mP | GC    | LC | 1 | 1 | 1 |
| 156 | <i>Solanum erianthum</i> D. Don                        | Solanaceae      | mp | i     |    | 1 |   |   |
| 157 | <i>Solanum rugosum</i> Dun.                            | Solanaceae      | mp | GC    |    | 1 |   | 1 |

# Annexes

|     |                                                                        |                 |    |       |    |   |   |   |
|-----|------------------------------------------------------------------------|-----------------|----|-------|----|---|---|---|
| 158 | <i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.                                 | Bignoniaceae    | mP | GC    | LC | 1 | 1 | 1 |
| 159 | <i>Spondias mombin</i> Linn.                                           | Anacardiaceae   | mp | GC-SZ |    | 1 | 1 | 1 |
| 160 | <i>Sterculia oblonga</i> Mast.                                         | Sterculiaceae   | MP | GC    | VU | 1 |   | 1 |
| 161 | <i>Sterculia rhinopetala</i> K. Schum.                                 | Sterculiaceae   | MP | GC    | LC | 1 | 1 | 1 |
| 162 | <i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.                                    | Sterculiaceae   | mp | GC-SZ | LC | 1 | 1 | 1 |
| 163 | <i>Stereospermum acuminatissimum</i> K. Schum.                         | Bignoniaceae    | MP | GC    |    | 1 |   |   |
| 164 | <i>Strombosia pustulata</i> Oliv. var. <i>lucida</i> (J. Léonard) Vill | Olacaceae       | mP | GC    | LC |   |   | 1 |
| 165 | <i>Tamarindus indica</i> Linn.                                         | Caesalpiniaceae | mp | GC-SZ | LC |   | 1 |   |
| 166 | <i>Tectona grandis</i> Linn.f.                                         | Verbenaceae     | mP | i     |    | 1 | 1 |   |
| 167 | <i>Terminalia albida</i> Sc. Elliot                                    | Combretaceae    | mp | SZ    |    | 1 |   |   |
| 168 | <i>Terminalia catappa</i> Linn.                                        | Combretaceae    | mp | i     | LC |   | 1 |   |
| 169 | <i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.                                   | Combretaceae    | MP | GC    | VU | 1 | 1 | 1 |
| 170 | <i>Terminalia laxiflora</i> EngI.                                      | Combretaceae    | mp | SZ    | LC | 1 |   |   |
| 171 | <i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.                            | Combretaceae    | mp | SZ    | LC | 1 | 1 |   |
| 172 | <i>Terminalia superba</i> EngI. & Diels                                | Combretaceae    | MP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 173 | <i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub. A                | Mimosaceae      | mP | GC-SZ |    |   | 1 | 1 |
| 174 | <i>Tieghemella africana</i> Pierre                                     | Sapotaceae      | MP | GC    | EN |   |   | 1 |

# Annexes

|     |                                                               |               |    |       |    |   |   |   |
|-----|---------------------------------------------------------------|---------------|----|-------|----|---|---|---|
| 175 | <i>Tieghemella heckelii</i> (A. Chev.) Dubard                 | Sapotaceae    | MP | GC    | EN |   |   | 1 |
| 176 | <i>Trema guineensis</i> (Schum. & Thonn.) Ficalho             | Ulmaceae      | mp | GC-SZ | LC | 1 | 1 | 1 |
| 177 | <i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J. De Wilde            | Meliaceae     | mp | GC    | LC | 1 |   | 1 |
| 178 | <i>Trichilia prieureana</i> A. Juss. subsp. <i>Prieureana</i> | Meliaceae     | mp | GC    | LC | 1 |   |   |
| 179 | <i>Trilepisium madagascariense</i> DC.                        | Moraceae      | mP | GC    |    | 1 | 1 |   |
| 180 | <i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.                     | Sterculiaceae | MP | GC    |    | 1 | 1 | 1 |
| 181 | <i>Vernonia amygdalina</i> Delile                             | Asteraceae    | mp | GC-SZ |    |   | 1 | 1 |
| 182 | <i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake                       | Asteraceae    | mp | GC-SZ |    |   | 1 |   |
| 183 | <i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.                      | Sapotaceae    | mp | SZ    | VU | 1 | 1 |   |
| 184 | <i>Vitex doniana</i> Sweet                                    | Verbenaceae   | mp | GC-SZ | LC | 1 |   | 1 |
| 185 | <i>Vitex madiensis</i> Oliv. Subsp. <i>Madiensis</i>          | Verbenaceae   | mp | SZ    | LC |   |   | 1 |
| 186 | <i>Xylia evansii</i> Hutch.                                   | Mimosaceae    | mP | GCW   |    | 1 |   | 1 |
| 187 | <i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.                    | Annonaceae    | mP | GC-SZ | LC | 1 | 1 | 1 |
| 188 | <i>Xylopia rubescens</i> Oliv.                                | Annonaceae    | mP | GC    | LC | 1 |   |   |
| 189 | <i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P. G. Waterman        | Rutaceae      | mp | GC-SZ | LC |   | 1 | 1 |
| 190 | <i>Zanthoxylum Zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler     | Rutaceae      | mp | GC-SZ | LC | 1 |   |   |

**PUBLICATION**



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers selon le gradient de production cacaoyère en Côte d'Ivoire

Gislain Danmo KONAN\*, Kouassi Bruno KPANGUI, Kouassi Apollinaire KOUAKOU et Yao Sadaïou Sabas BARIMA

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

\*Auteur correspondant ; E-mail : [gislaindanmo@gmail.com](mailto:gislaindanmo@gmail.com) ; Tel : 0777115992.

Received: 16-11-2022

Accepted: 25-02-2023

Published: 28-02-2023

### RESUME

Cette étude a été réalisée afin de caractériser les systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers dans les trois dernières zones de production cacaoyère en Côte d'Ivoire (Centre-Ouest, Sud-Ouest et Ouest). Pour y arriver, un inventaire floristique couplé à des mesures dendrométriques ont été réalisés dans 411 parcelles de 625 m<sup>2</sup> installées dans différentes cacaoyères. Il ressort de cet inventaire que la richesse spécifique moyenne par parcelle est de 3,11 (Ouest) ; 3,26 (Centre-Ouest) et 1,92 (Sud-Ouest). La densité des arbres associés est de 48,16 individus/ha (Ouest) ; 22,79 individus/ha (Centre-Ouest) et 25,39 individus/ha (Sud-Ouest). Les parcelles de l'Ouest sont dominées par des arbres de hauteur ≤ 8 m. Celles du Centre-Ouest et du Sud-Ouest sont dominées par des arbres dont la hauteur est supérieure à 8 m. L'analyse multivariée a permis d'identifier trois SAF. Les SAF complexes jeunes à canopée ouverte, rencontrés à l'Ouest, sont caractérisés par une forte densité d'arbres associés. Les SAF simples à forte densité de cultures pérennes associées sont présents au Centre-Ouest. Les SAF simples à cacaoyères vieillissantes sont caractéristiques des parcelles du Sud-Ouest avec 30 ans d'âge en moyenne. Ces résultats mettent en évidence une variation des SAF suivant le gradient de production cacaoyère. © 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Système agroforestier à base de cacaoyers, typologie, cacao culture, Côte d'Ivoire

## Typology of cocoa-based agroforestry systems according to the cocoa production gradient in Côte d'Ivoire

### ABSTRACT

This study was carried out to characterize cocoa-based agroforestry systems (FAS) in the last three cocoa-producing areas in Côte d'Ivoire (Centre-West, South-West and West). To achieve this, a floristic inventory coupled with dendrometric measurements were carried out in 411 plots of 625 m<sup>2</sup> installed in different cocoa farms. This inventory showed that the average species richness per plot was 3.11 (West), 3.26 (Centre-West) and 1.92 (South-West). The density of associated trees is 48.16 individuals/ha (West), 22.79 individuals/ha (Central West) and 25.39 individuals/ha (South West). Plots in the West are dominated by trees ≤ 8 m in height. Those in the Centre-West and South-West are dominated by trees taller than 8 m. The multivariate analysis conducted identified three FAS. The young complex FAS with an open canopy, found in the west, are characterized by a high density of associated trees. Simple FAS with a high density of associated perennial crops are found in the Centre-west. Simple FAS with ageing cocoa farms are characteristic of plots in the south-west, with plots averaging 30 years in age. These results show that FAS vary according to the cocoa production gradient. © 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Cocoa-based agroforestry system, typology, cocoa farming, Côte d'Ivoire.

## INTRODUCTION

Le secteur agricole constitue le pilier du développement économique et social des pays africains. Selon la banque mondiale, le secteur agricole contribue à hauteur de 17% à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) des pays Africains (World Bank, 2000). En Afrique de l'Ouest, les cultures de rente (café, cacao), les céréales et l'élevage constituent le socle de cette agriculture. En Côte d'Ivoire, un tiers des recettes d'exportation et 20% de la formation de richesse proviennent de la cacaoculture. Cependant le développement de la cacaoculture n'est pas sans conséquence sur le couvert végétal ivoirien (Tano, 2012). La superficie forestière estimée à 24,36% du territoire en 1986 ne représentait que 10,56% du territoire en 2015 (FAO, 2017). Selon Ruf et Schroth (2004), la cacaoculture constitue la principale cause de déforestation. En effet, la cacaoculture ivoirienne se développe de manière extensive dans un système de culture itinérante sur des défriches et brûlis de la forêt primaire (Deheuvels, 2007). Par ailleurs, très dépendante de la précipitation et de la disponibilité de la ressource forestière, cette culture n'a cessé de se déplacer en passant de l'Est au Centre-Ouest puis au Sud-Ouest. Aujourd'hui la culture cacaoyère a atteint l'Ouest montagneux du pays (Tiebre et al., 2016). Face aux difficultés liées à la disponibilité de surfaces forestières et au vieillissement du verger, l'Etat encourage les producteurs à adopter l'agroforesterie. En effet, plusieurs travaux (Deheuvels et al., 2012 ; Sanial, 2018) ont démontré que cette pratique est très avantageuse pour compenser les effets néfastes des activités agricoles par la conservation des habitats et de la biodiversité. Aussi, les systèmes agroforestiers favorisent une production durable tout en conservant l'environnement (Schroth et al., 2011). Par ailleurs, ils permettent la conservation des espèces locales ainsi que la lutte contre le réchauffement climatique (Adou Yao et N'Guessan, 2006).

En Côte d'Ivoire, plusieurs auteurs ont tenté de caractériser les systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers (Kpangui et al., 2015a; Cissé et al., 2016).

Cette caractérisation des SAF était généralement basée sur la variété cultivée, la composition floristique, la diversité floristique, la structure, les caractéristiques humaines et biophysiques. Cependant, les études portant sur la description des SAF à base de cacaoyers selon le gradient de production cacaoyère restent rares. Par ailleurs, il apparaît nécessaire voire urgent de savoir comment les migrations de la boucle du cacao ont-elles affectées significativement les systèmes de production à base de cacao en Côte d'Ivoire ?

Cette étude avait pour objectif de caractériser les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers dans les 3 dernières zones de production de cacao en Côte d'Ivoire à savoir le Centre-Ouest, le Sud-Ouest et l'Ouest. De manière spécifique, il était question d'établir une typologie des SAF à base de cacaoyers en Côte d'Ivoire et d'analyser la diversité floristique au niveau de chaque SAF identifié.

## MATERIEL ET METHODES

### Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude couvre trois grandes zones de production cacaoyères en Côte d'Ivoire (Figure 1). Il s'agit de la deuxième zone de production (Centre-Ouest), de la troisième zone de production (Sud-Ouest) et de la zone Ouest qui constitue une nouvelle zone de production cacaoyère. Les parcelles étudiées font parties du réseau de parcelles du projet Cocoa4future de l'observatoire de Daloa.

Au Centre-Ouest, nous avons travaillé dans la Sous-préfecture de Bonon plus précisément dans les localités de Ouarébota, Dabouzra, Koffikro, Blaisekro 2 et N'gattakouakoukro (Figure 1). La Sous-préfecture de Bonon est caractérisée par un climat humide à deux saisons à savoir une saison pluvieuse (Mars à octobre) et une saison sèche (novembre à février). La pluviométrie moyenne varie entre 73,84 mm et 106,80 mm de pluie par an. Au niveau de la température moyenne annuelle, elle varie entre 26°C à 27°C. Située dans le secteur mésophile, la Sous-préfecture de Bonon est couverte par une végétation originelle de forêt dense semi-

décidue (Guillaumet et Adjanohoun, 1971). Le relief est dominé par des plateaux avec une altitude moyenne de 260 m (Avenard, 1971). Au niveau du sol, on note une dominance des sols ferralitiques (Perraud, 1971).

Au niveau du Sud-Ouest (Soubré), les travaux se sont déroulés dans les localités d'Emillekro, Tayo, Lazoua, Gnogboyo, Mabehiri 1 (Figure 1). La zone de Soubré, initialement couverte par une végétation de forêt dense humide s'est réduite aujourd'hui en laissant place à des lambeaux de forêts et à d'importantes plantations de cultures pérennes traditionnelles ou industrielles (CRN, 2016). Le climat de cette zone est de type subéquatorial. Quatre (4) saisons sont enregistrées dans la zone de Soubré : deux saisons pluvieuses (Avril-Juin et Septembre-Novembre) et deux saisons sèches (Juillet-Août et Décembre-Mars). La température moyenne au niveau de Soubré varie entre 24°C et 27°C. Le relief est dominé par des plateaux variant entre 200 m et 300 m d'altitude (Avenard, 1971). Les sols ferralitiques sont les plus représentés dans la zone de Soubré (Perraud, 1971).

En ce qui concerne le site de Biankouma, les localités visitées étaient Touoba, Moroulé, Klapleu et Chocopleu. La végétation de cette zone est dominée par des forêts denses humides semi-décidues, des forêts galeries, des savanes et une mosaïque de forêt et de savane (Guillaumet et Adjanohoun, 1971). Avec un climat de type montagnard, la zone de Biankouma compte deux saisons à savoir une saison pluvieuse (Mars à Octobre) et une saison sèche (Novembre à Février). La température moyenne de la zone est comprise entre 24°C et 28°C et la pluviométrie moyenne entre 5 et 150 mm/an. Le relief est marqué par la présence de montagnes qui culminent de 500 m à 1000 m d'altitude. Les sols de types ferralitiques sont les plus rencontrés dans la zone de Biankouma (Perraud, 1971).

Le choix des localités dans chaque site a été fait de manière aléatoire à l'issue de discussions avec certaines structures

d'encadrement telle que l'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural (ANADER) et les coopératives qui exercent dans ces zones. Le choix des localités était basé sur différents critères dont le nombre de cacaoculteur, la production annuelle de fève de cacao et l'accessibilité de la localité et la présence d'arbre dans les plantations.

## **Méthode de collecte de données**

### ***Dispositif de collecte de donnée***

La collecte des données floristiques a été réalisée dans les cacaoyères de chaque zone. La méthode de relevé floristique de surface qui consiste à recenser tous les taxons présents sur des surfaces carrées, rectangulaires ou circulaires (Kouamé, 2009) a été adoptée. Dans la présente étude, les données ont été collectées dans des parcelles de 625 m<sup>2</sup> (25 m x 25 m) installées au sein des cacaoyères. En moyenne, trois (3) placettes de 625 m<sup>2</sup> distant de 200 m l'une de l'autre ont été installées par plantation. Au total 411 parcelles ont été installées dans 156 cacaoyères. Au sein des parcelles, toutes les espèces végétales ligneuses ainsi que les palmiers et les bananiers ont été identifiées afin de déterminer la diversité et la composition floristique des plantations. Par ailleurs, des mesures dendrométriques ont été effectuées sur les espèces ligneuses de dbh  $\geq$  2,5 cm dans le but de déterminer la structure des plantations. Dans chaque parcelle installée, l'âge des cacaoyers a été également pris en compte.

### ***Analyse des données***

Les données floristiques obtenues ont permis de déterminer la richesse floristique des cacaoyères, le type morphologique et l'affinité chorologique. La richesse floristique se définit comme étant le nombre d'espèces recensées sur une surface donnée (Aké-Assi, 1984). La richesse floristique se mesure à partir du décompte de toutes les espèces présentes sans tenir compte de leur abondance. Par ailleurs, le nombre de famille et de genre ont également été déterminés. Dans cette étude, la

nomenclature de Lebrun et Stork (1997) a été adoptée pour l'identification des espèces.

La détermination des types morphologies et de la chorologie a été basée sur les travaux d'Aké-Assi (2002). Ainsi, l'on a distingué les herbacés (bananiers), les arbustes, et les arbres au niveau des types morphologiques. Au niveau de la chorologie on a distingué d'une part les espèces locales constituées d'espèces forestières (GC), d'espèces de transition forêt-savanes (GC-SZ) et d'espèces savaniques ou Soudano-Zambéziennes (SZ) et d'autre part, des espèces exotiques (I).

L'indice de Shannon et Weaver (1948), l'indice d'équitabilité de Pielou (1966) et l'indice de Simpson (1949) ont permis d'évaluer la diversité des plantations. Le calcul de ces indices a été réalisé à partir des formules mathématiques suivantes :

$$H = -\sum (n_i / N) \ln (n_i / N) \quad (1)$$

Avec H l'indice de Shannon ;  $n_i$  le nombre d'individus d'une espèce  $i$  ; N le nombre total d'individus de toutes les espèces

$$E = H / \ln S \quad (2)$$

Avec E, l'indice d'équitabilité de Pielou ; H, l'indice de Shannon et S, le nombre total d'espèces d'un biotope.

$$D = 1 - \sum (n_i (n_i - 1)) / (N(N - 1)) \quad (3)$$

Avec D, l'indice de diversité de Simpson ;  $n_i$  le nombre d'individus d'une espèce  $i$  ; N le nombre total d'individus de toutes les espèces.

Le logiciel MVSP 3.13 a été utilisé pour le calcul de ces indices de diversité.

Dans chaque site, les densités des cacaoyers, des cultures pérennes associées et des arbres associés ont été calculées selon la formule suivante :

$$D = n/s \quad (4)$$

Avec D la densité ; n le nombre d'individus et s la superficie de la placette. En plus de la densité, l'aire basale des cultures pérennes associées et celle des arbres associés

ont été calculées selon la formule mathématique :

$$S = \sum (\pi d^2 / 4) / s \quad (5)$$

Avec S l'aire basale ; d le diamètre de l'individu ; s la superficie de la placette.

En ce qui concerne la distribution des arbres associés aux cacaoyers en classe de hauteur, deux (2) classes de hauteur ont été définies. Il s'agit des arbres de hauteur inférieure ou égale à la taille des cacaoyers ( $\leq 8$  m) et des individus supérieurs à la taille des cacaoyers ( $> 8$  m). Par ailleurs, la hauteur des cacaoyers a été également mesurée.

### Détermination des systèmes agroforestiers

La détermination des SAF a été faite à partir des variables qualitatives et quantitatives collectées sur les cacaoyers et les espèces associées. Les variables quantitatives regroupaient les paramètres structuraux que sont la hauteur, la densité, l'aire basale et l'âge des parcelles. La variable qualitative a concerné la localisation des parcelles. Une Analyse Factorielle Multiple (AFM) a été réalisée afin d'apprécier les relations entre les variables. Par la suite, à partir des coordonnées des variables issues des cinq (5) premières dimensions de l'AFM, une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) a été réalisée. A l'issu de ces analyses, différents groupes de parcelles (SAF) ont été identifiés.

Par la suite, le test de comparaison d'ANOVA a été effectué sur les paramètres floristiques (type morphologique, affinité chorologique, indice de diversité) et structuraux (densité, hauteur, aire basale) afin de comparer les différents SAF. Par ailleurs, lorsqu'une différence significative était observée à l'issu du test de l'ANOVA, le test de Tukey était réalisé afin d'identifier les classes homogènes. Aussi, le test de  $\chi^2$  a été réalisé sur la variable localisation des parcelles. Ces différents tests ont permis de discriminer les variables caractéristiques de chaque SAF.

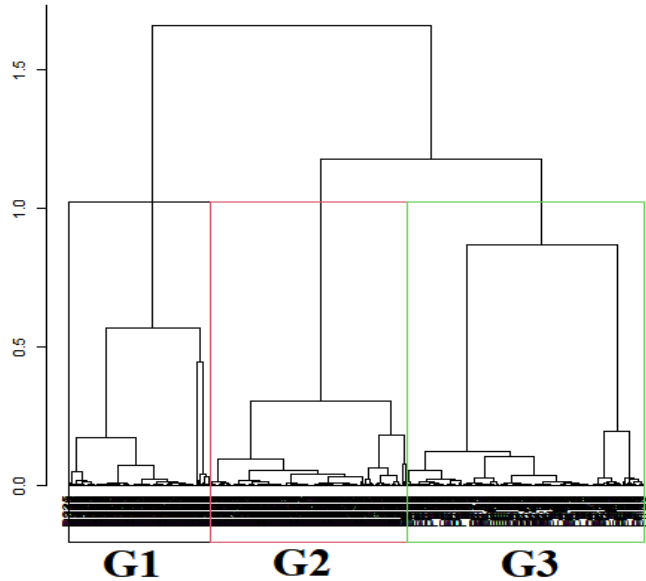
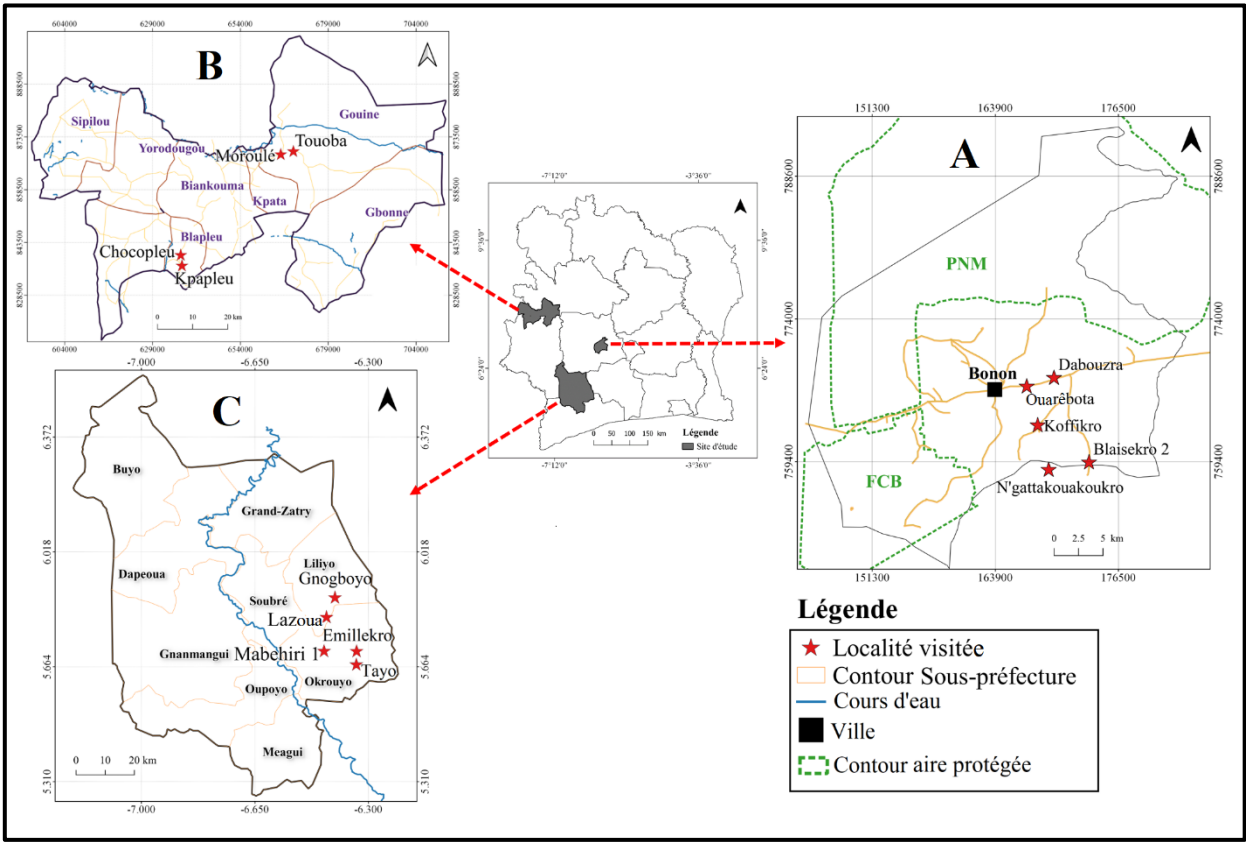


Figure 2: Classification hiérarchique ascendante des placettes.

## RESULTATS

### Caractéristiques des cacaoyères dans les différentes zones de production

A l'issu des mesures dendrométriques, les aires basales les plus importantes ont été constatées au niveau des arbres associés et des cacaoyers. Concernant les arbres associés les valeurs de l'aire basale étaient de 2,35 m<sup>2</sup>/ha, 1,48 m<sup>2</sup>/ha et 2,29 m<sup>2</sup>/ha respectivement pour les sites de Biankouma, Bonon et Soubré. En ce qui concerne les cacaoyers, les aires basales étaient de 9,73 m<sup>2</sup>/ha (Biankouma) ; 22,41 m<sup>2</sup>/ha (Bonon) et 28,27 m<sup>2</sup>/ha à Soubré (Tableau 1).

La valeur la plus forte de la densité des cultures pérennes associées aux cacaoyers a été observée dans les plantations de Bonon (71,25 indv/ha) et la plus faible valeur au niveau des plantations de Soubré (15,31 indv/ha). Le nombre d'arbres associés aux cacaoyers était de 48,16 arbres/ha, 22,79 arbres/ha et 25,39 arbres/ha respectivement pour les sites de Biankouma, Bonon et Soubré. Le nombre de cacaoyers par hectare variait de 657,86 à Bonon à 1000,73 à Biankouma.

En ce qui concerne la hauteur des cacaoyers, elle était en moyenne plus faible à Biankouma (3,34 m) qu'à Soubré (6,10 m). Le nombre d'arbres associés aux cacaoyers dont la hauteur est inférieure ou égale à 8 m était plus important dans les cacaoyères de Biankouma et Soubré avec des moyennes respectives de 0,60 et 3,36. Aussi, le plus grand nombre d'arbres de hauteur supérieure ou égale à 8 m a été observé dans la zone de Soubré (1,37). L'âge moyen des cacaoyères était de 9,73 ans (Biankouma : zone Ouest), 22,41 ans (Bonon : zone Centre-Ouest) et de 28,27 ans (Soubré : zone Sud-Ouest).

### Typologie des Systèmes Agroforestiers

#### Caractéristiques des SAF

Trois groupes de parcelles se sont démarquées à l'issu des analyses multivariées réalisées (Figure 2). Sep (7) variables sur dix (10) ont permis de caractériser ces groupes.

Les parcelles du SAF de type G1 ont été rencontrées principalement dans la zone de Biankouma (97,10%). L'âge de ces parcelles

varie entre 6 ans et 13 ans (soit 9,62 ans en moyenne). Ces cacaoyères sont associées à des cultures pérennes dont l'aire basale est estimée à 0,09 m<sup>2</sup>/ha. La densité des cacaoyers (980,39 indv/ha) et des arbres (46,74 indv/ha) sont les plus importantes dans ce groupe. La hauteur moyenne des cacaoyers de ce groupe est de 3 m. Dans ce groupe, les arbres associés aux cacaoyers de hauteur inférieure ou égale à 8 m sont les plus représentés avec un nombre moyen de 3,59 (Tableau 2).

Les parcelles du SAF de type G2 ont été rencontrées majoritairement dans la zone de Bonon avec un taux de 98,20% (Tableau 3). L'âge de ces parcelles varie entre 9 et 33 ans soit une moyenne de 21,18 ans. Ces cacaoyères sont associées à des cultures pérennes dont l'aire basale est la plus importante (0,52 m<sup>2</sup>/ha). La densité des cacaoyers était de 662,97 indv/ha et celles des arbres est de 23,36 indv/ha. La hauteur moyenne des cacaoyers de ce groupe est de 5,37 m. Dans ce groupe, en moyenne 0,68 arbre de hauteur inférieure à 8 m associé aux cacaoyers a été recensé par parcelle. Au niveau des arbres associés de hauteur supérieure à 8 m, un nombre moyen de 0,88 individu par parcelles a été enregistré.

En ce qui concerne les parcelles du SAF de type G3, elles ont été majoritairement rencontrées dans la zone de Soubré (95%). L'âge de ces parcelles était compris entre 4 ans et 61 ans soit une moyenne de 30,14 ans (Tableau 2). L'aire basale des cultures pérennes associées était de 0,05 m<sup>2</sup>/ha. La densité des cacaoyers et celle des arbres associés étaient respectivement de 880,69 indv/ha et 25,46 indv/ha. La taille moyenne des cacaoyers des parcelles du SAF de type G3 est de 6,29 m. Le nombre d'arbres présents dans ces parcelles était en moyenne de 1,03 pour les individus de hauteur supérieure à 8 m et de 0,85 pour les individus de hauteur inférieure ou égale à 8 m.

### Diversité floristique des SAF

Les inventaires réalisés nous ont permis de recenser 84 espèces réparties en 66 genres et 31 familles. La répartition des espèces par SAF a montré que le nombre d'espèces moyen variait de 1,92 (G3) à 3,26 (G2). Les indices de

diversité calculés ont montré que les SAF de type G1 et G2 ont enregistré les indices de diversité les plus élevés. En effet, la valeur de l'indice de Shannon calculé était de 0,65 pour les SAF de type G1 et de 0,63 pour les SAF de type G2 (Tableau 4). En ce qui concerne les valeurs obtenues pour l'indice d'équitabilité de Pielou, elles étaient comprises entre 0,42 (G1) et 0,51 (G2).

Concernant les types morphologiques, on a noté une dominance des espèces herbacées pour les SAF de type G1 (61,68%) et G2 (63,89%). Les arbres ont été fortement représentés dans les SAF de type G3 avec une proportion de 53,07%. En ce qui concerne les

espèces arbustives, les proportions les plus élevées ont été enregistrées dans les SAF de type G1 (25,04%) et G2 (23,84%). Quant à la répartition phytogéographique des espèces, on a noté que les parcelles des SAF de type G1 et G3 ont enregistré le plus grand nombre d'espèces locales (GC, GC-SZ, SZ) avec une proportion de 23,51% pour les parcelles du SAF de type G1 et 46,64% pour les parcelles du SAF de type G3. Par contre, les parcelles du SAF de type G1 et G2 comportaient les plus grands nombres d'espèces exotiques avec des proportions respectives de 76,48% et 96,31% (Tableau 4).

**Tableau 1 :** Caractéristiques moyennes des cacaoyères dans les différents sites d'études.

|                                          |                          | <b>Biankouma</b> | <b>Bonon</b> | <b>Soubré</b> |
|------------------------------------------|--------------------------|------------------|--------------|---------------|
| Aire basale moyenne (m <sup>2</sup> /ha) | Culture pérenne associée | 0,08             | 0,617        | 0,28          |
|                                          | Arbre                    | 2,35             | 1,48         | 2,29          |
|                                          | Cacaoyer                 | 9,73             | 22,41        | 28,27         |
| Densité moyenne (indv/ha)                | Culture pérenne associée | 19,55            | 71,25        | 15,31         |
|                                          | Arbre                    | 48,16            | 22,79        | 25,39         |
|                                          | Cacaoyer                 | 1000,73          | 657,86       | 862,4         |
| Hauteur (m)                              | Cacaoyer                 | 3,34             | 5,48         | 6,1           |
|                                          | Arbre (≤ 8)              | 3,36             | 0,6          | 1,17          |
|                                          | Arbre (> 8)              | 0,87             | 0,82         | 1,37          |
| Age moyen (année)                        |                          | 9,73             | 22,41        | 28,27         |

**Tableau 2:** Variables quantitatives caractéristiques des différents SAF.

|                                  |                          | G1                  | G2                  | G3                  | Valeur du test de tukey |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| Aire basale (m <sup>2</sup> /ha) | Culture pérenne associée | 0,09 <sup>a</sup>   | 0,52 <sup>b</sup>   | 0,05 <sup>a</sup>   | 33,84***                |
|                                  | Arbre                    | 2,30 <sup>a</sup>   | 1,54 <sup>a</sup>   | 2,28 <sup>a</sup>   | 0,82                    |
|                                  | Cacaoyer                 | 980,39 <sup>b</sup> | 662,97 <sup>a</sup> | 880,69 <sup>b</sup> | 23,18***                |
| Densité (indv/ha)                | Culture pérenne associée | 22,12 <sup>a</sup>  | 67,14 <sup>b</sup>  | 7,14 <sup>a</sup>   | 23,38***                |
|                                  | Arbre                    | 46,74 <sup>b</sup>  | 23,36 <sup>a</sup>  | 25,46 <sup>a</sup>  | 9,58***                 |
|                                  | Cacaoyer                 | 980,39 <sup>b</sup> | 662,97 <sup>a</sup> | 880,69 <sup>b</sup> | 23,18***                |
| Hauteur (m)                      | Arbre (≤ 8)              | 3,59 <sup>b</sup>   | 0,68 <sup>a</sup>   | 0,85                | 45,12***                |
|                                  | Arbre (> 8)              | 0,89 <sup>a</sup>   | 0,88 <sup>a</sup>   | 1,03 <sup>a</sup>   | 0,31                    |
|                                  | Cacaoyer                 | 3,32 <sup>a</sup>   | 5,37 <sup>b</sup>   | 6,29 <sup>c</sup>   | 114***                  |
| Age (année)                      |                          | 9,62 <sup>a</sup>   | 21,18 <sup>b</sup>  | 30,14 <sup>c</sup>  | 120,80***               |

Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ; seuil de signification des tests de Tukey: \* < 0,05. \*\* < 0,01. \*\*\* < 0,001, G : groupe.

**Tableau 3:** Caractéristiques des différents SAF à partir des variables qualitatives.

| Site (%)  | G1    | G2    | G3    | Valeur du test de Khi <sup>2</sup> |
|-----------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| Biankouma | 97,10 | 0,00  | 0,00  | 736,31***                          |
| Bonon     | 0,00  | 98,20 | 5,00  |                                    |
| Soubré    | 2,90  | 1,80  | 95,00 |                                    |

Seuil de signification des tests de Khi-deux \*\*\*< 0,001, G : groupe.

**Tableau 4:** Caractéristiques floristiques de plantations visitées dans les différents SAF.

|                       |              | G 1                   | G2                 | G3                 | Valeur du test de Tukey |
|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
|                       | Espèce       | 3,11 <sup>b</sup>     | 3,26 <sup>b</sup>  | 1,92 <sup>a</sup>  | 19,36***                |
| Type morphologique    | Herbacée (%) | 61,68 <sup>b</sup>    | 63,89 <sup>b</sup> | 22,13 <sup>a</sup> | 55,37***                |
|                       | Arbre (%)    | 13,18 13 <sup>a</sup> | 21,47 <sup>a</sup> | 53,07 <sup>b</sup> | 53,83***                |
|                       | Arbuste (%)  | 25,04 <sup>b</sup>    | 14,64 <sup>a</sup> | 23,87 <sup>b</sup> | 5,862**                 |
| Affinité chorologique | Locales (%)  | 23,51 <sup>b</sup>    | 3,69 <sup>a</sup>  | 46,64 <sup>c</sup> | 73,34***                |
|                       | Exotique (%) | 76,48 <sup>b</sup>    | 96,31 <sup>c</sup> | 53,35 <sup>a</sup> | 73,34***                |
|                       | Shannon      | 0,65 <sup>b</sup>     | 0,63 <sup>b</sup>  | 0,45 <sup>a</sup>  | 5,53**                  |
| Indice de diversité   | Equitabilité | 0,49 <sup>a</sup>     | 0,51 <sup>a</sup>  | 0,42 <sup>a</sup>  | 2,47                    |
|                       | Simpson      | 0,33a <sup>b</sup>    | 0,34 <sup>b</sup>  | 0,26 <sup>a</sup>  | 3,90*                   |

Seuil de signification des tests de tukey \* < 0,05. \*\*< 0,01. \*\*\*< 0,001, G : groupe.

**DISCUSSION**

**Caractéristiques des SAF**

L’analyse multivariée a permis d’identifier trois (3) groupes de parcelles en fonction de la structure et de l’âge des parcelles. En plus de ces variables, Kpangui et al. (2015a) et Deheuvels et al. (2012) ont tenu compte de la diversité floristique des parcelles et aussi de leurs caractéristiques environnementales.

Chaque groupe de parcelle à l’issu des analyses représentait un SAF avec des caractéristiques spécifiques. La forte densité

des arbres associés dans les parcelles du SAF de type G1 pourrait s’expliquer par la technique culturale adoptée par les producteurs. En effet, la mise en place de ces parcelles débute par l’introduction de cacaoyers après défrichement de la forêt originelle tout en gardant les espèces d’arbres utiles. Cette pratique des agriculteurs entraine une réduction des grands arbres dans les plantations. Ensuite dans le but de maintenir l’ombrage et diversifier leur source de revenus, les agriculteurs ont tendance à introduire des

espèces d'arbres comestibles, exotiques et/ou à valeur commerciale (Koko et al., 2013).

Les valeurs élevées de la densité et de l'aire basale des cultures pérennes associées dans les parcelles de type G2 pourrait se justifier par le fait que les producteurs de ce groupe utilisent certaines cultures pérennes (anacarde) comme plants d'ombrage pour les cacaoyers. Le choix de ces cultures comme plants d'ombrage se situe à deux niveaux dont la suppression quasi-totale des arbres locaux par les producteurs lors de la création de la parcelle d'une part et d'autre part par l'importance des ressources financières que pourrait générer la vente des produits issus de ces cultures. Cette association de culture a été observée par Ruf et al. (2019) au Centre-Ouest (Bonon) de la Côte d'Ivoire.

La densité des cacaoyers calculée variait de 662,97 indv/ha à 980,39 indv/ha. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus dans plusieurs travaux réalisés dans les cacaoyères ivoiriennes (Freud et al., 2000 ; Assiri et al., 2009). Par ailleurs, la forte densité de cacaoyers des SAF de type G1 et G3 pourrait se justifier par le fait que les producteurs de ces zones n'associent pas suffisamment d'autres cultures pérennes aux cacaoyers comme cela a été observé dans les parcelles du SAF de type G2. Ce choix cultural permet aux producteurs de mettre un maximum de plants de cacaoyers sur leur parcelle.

La dominance des arbres de hauteur inférieure ou égale à 8 m au niveau du SAF de type G1 confirme que nous sommes bien en présence de parcelles cacaoyères jeunes. En effet, dans les cacaoyères jeunes les producteurs ont tendance à conserver les arbustes qui sont utilisés comme plant d'ombrage pour les cacaoyers. Cette pratique a été signalée par plusieurs auteurs en Côte d'Ivoire (Adou Yao et N'Guessan, 2006; Kpangui et al., 2015b).

Les SAF de type G2 et G3 comportent les parcelles âgées. Cela pourrait s'expliquer par la localisation de ces parcelles. En effet, les parcelles du SAF de type G2 se localisent majoritairement à Bonon et celles du SAF de type G3 dans la zone de Soubré. Les villes de Bonon et de Soubré représentent

respectivement la deuxième et la troisième zone de production cacaoyère qui sont marquées par la présence de cacaoyères vieillissantes. Cependant, l'aspect plus jeune des parcelles de Bonon témoigne d'un renouvellement des parcelles cacaoyères de cette zone.

A l'issue des analyses statistiques réalisées, nous avons constaté que le SAF de type G1 se distinguait des SAF de type G2 et G3 par la forte densité des arbres associés (46,74 indv/ha). Ce taux élevé d'arbres associés était marqué par la dominance des individus de hauteurs inférieure ou égale à 8 m. Aussi, la densité des cultures pérennes associées a permis de faire une distinction entre le SAF de type G2 et les SAF de type G1 et G3. En effet, la densité des cultures pérennes associées a été la plus importante au niveau du SAF de type G2. La différence entre les SAF de type G2, G3 et le SAF de type G1 se justifie par la hauteur des cacaoyers d'une part et par l'âge des cacaoyers d'autre part. En effet, la hauteur des cacaoyers la plus importante a été observée dans les SAF de types G2 et G3. Par ailleurs, les cacaoyères les plus âgées ont été identifiées dans les SAF de type G3. Ainsi, les variables caractéristiques des SAF étaient la densité des arbres associés de hauteur inférieure ou égale à 8 m (G1) ; la densité des cultures pérennes (G2), la hauteur des cacaoyers et l'âge des cacaoyers (G3). Sur la base de ces critères les SAF identifiés pourraient être qualifiés de : système agroforestier complexe jeune à canopée ouverte (G1) ; système agroforestier simple à forte densité de cultures pérennes associées (anacarde) pour les SAF de type G2, simple à cacaoyère vieillissantes (G3). Un processus de description similaire des SAF employé par Kpangui et al. (2015a) a permis d'identifier trois (3) SAF à base de Cacaoyers au Centre de la Côte d'Ivoire. Par ailleurs, en utilisant cette même méthode de description, Deheuvels et al. (2012) a défini 4 SAF à base de cacaoyer au Costa Rica. Le SAF de type G1 pourrait être comparé à celui qualifié de SAF complexe jeune à canopée ouverte décrit par Kpangui et al. (2015a). Toutefois, du fait que les variables utilisées ne sont pas les mêmes pour

l'établissement de la typologie, il s'avère difficile de comparer les autres SAF identifiés à ceux obtenus lors de ce travail.

### Diversité floristique des SAF

Les inventaires réalisés ont permis de recenser 84 espèces réparties en 66 genres et 31 familles. Ce nombre d'espèce est inférieur à 165, nombre d'espèce obtenu par Nomo et al. (2008) dans les cacaoyères du Cameroun. Cette différence au niveau du nombre d'espèces pourrait s'expliquer par la méthodologie adoptée. En effet, la méthodologie d'inventaire utilisé par Nomo et al. (2008) est celle des transects. Cette méthode est différente de la méthode de relevé de surface (25 m x 25 m) utilisée dans le cas de nos travaux. Aussi, le nombre d'espèce obtenu est également inférieur à 91 espèces identifiées par Ballo et al. (2020) dans les cacaoyères de la Sous-préfecture d'Azaguié (Côte d'Ivoire). Ce nombre élevé d'espèces obtenu par Ballo et al. (2020) pourrait se justifier par la surface élémentaire d'échantillonnage utilisée qui était de 900 m<sup>2</sup>. Ce choix au niveau de la surface élémentaire d'échantillonnage aurait favorisé la rencontre d'un plus grand nombre d'espèce végétale. Ce nombre important d'espèce pourrait aussi s'expliquer par le type de végétation rencontré dans la région d'Azaguié (forêt dense humide) qui aurait influencé la diversité floristique des plantations cacaoyères.

Lorsque nous considérons la répartition des espèces par SAF, les SAF de type G1 et G2 ont enregistré le plus grand nombre d'espèces. Ce nombre important d'espèces au niveau de ces SAF pourrait se justifier par la pratique culturelle adoptée par les producteurs. La grande connaissance des espèces chez les producteurs du SAF de type G1 pourrait favoriser la préservation d'un grand nombre d'espèce dans les cacaoyères. Ces espèces sont généralement utilisées pour l'alimentation, pour des soins médicaux et pour la création d'ombrage en faveur des cacaoyers (Koulibaly et al., 2017). Outre ces espèces locales, certaines espèces exotiques sont introduites dans les plantations pour leur valeur commerciale. Cette pratique a été relevée par

les travaux de Koko et al. (2013) dans les SAF à base de cacaoyers ivoiriens et par Yabi et al. (2013) dans les agroforêts du Bénin. Le nombre élevé d'espèces dans le SAF de type G2 pourrait s'expliquer par le fait que dans ce système, les producteurs privilégient les espèces exotiques qu'ils utilisent comme plante d'ombrage pour les cacaoyers. En effet, les producteurs de ce système ont tendance à détruire la quasi-totalité des espèces locales sans intérêt lors de la mise en place de leur plantation et à les remplacer par des fruitiers et/ou des arbres d'intérêts. Parmi ces espèces d'intérêts, on peut citer *Musa paradisiaca* (bananiers), *Anacardium occidentale* (anacardières) et *Persea Americana* (avocatier) qui jouent généralement un rôle d'ombrage pour les cacaoyers. Par ailleurs, ces espèces sont majoritairement des espèces comestibles et à forte valeur commerciale. Cette pratique a été décrite par Ruf et Schroth (2004) dans les agroforêts à base de cacaoyers du Cameroun.

En ce qui concerne les types morphologiques, la dominance des espèces herbacées au niveau des SAF de type G1 et G2 pourrait s'expliquer par la présence d'espèces exotiques telles que *Musa paradisiaca* généralement utilisées comme plantes d'ombrage pour les jeunes plants de cacaoyers. La présence de *Musa paradisiaca* dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers a été signalée dans plusieurs travaux aussi bien en Afrique de l'Ouest (Sonwa et al., 2007; Koulibaly et al., 2017) qu'en Amérique latine (Deheuvel et al., 2012). L'analyse des données a révélé une dominance des espèces d'arbres locaux dans les plantations du SAF de type G1 et G3. En ce qui concerne le SAF de type G1 la dominance des arbres locaux pourrait s'expliquer par la forte présence de jeunes parcelles cacaoyères. Ces arbres sont laissés lors de la création de la plantation pour leur valeur médicinale, alimentaire et/ou commerciale (Plas, 2020). Aussi, cette dominance des arbres pourrait également s'expliquer par la présence de plusieurs rejets de souches issus des arbres coupés lors de la création des parcelles. Cette remarque a été faite par Kpangui et al. (2015b) qui a constaté une dominance des arbres au niveau des jeunes

cacaoyères du Centre de la Côte d'Ivoire. Quant à la dominance des arbres locaux au niveau du SAF de type G3, elle pourrait s'expliquer d'une part par l'importante des vieilles plantations cacaoyères. En effet, plusieurs travaux (Adou Yao et N'Guessan, 2006; Vroh et al., 2015) ont signalé la dominance des arbres dans les plantations âgées. D'autre part, la dominance des arbres dans les parcelles du SAF de type G3 pourrait se justifier par une valorisation des arbres dans les plantations. En effet, dans la zone du Sud-Ouest, on assiste à une réintroduction des arbres dans les plantations à la suite à plusieurs campagnes de sensibilisations effectuées par les structures d'encadrement auprès des producteurs. La réintroduction des arbres dans les cacaoyères a été constaté par Sanial (2018) lors de ces travaux réalisés au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.

La proportion importante d'espèces locales dans les plantations du SAF de types G1 et G3 montre l'importance des espèces d'arbres locales dans la vie des producteurs. En effet, face à l'effet dévastateur de la cacaoculture sur le couvert forestier entraînant la disparition de plusieurs espèces utiles, plusieurs producteurs ont tendance à conserver des arbres indigènes pour leur valeur médicinale, alimentaire et/ou commerciale lors de la création des plantations. La conservation des espèces d'arbres locales dans les plantations a été également signalée par Cissé et al. (2016) dans les agroforêts à cacaoyers de Lakota (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Par ailleurs, les travaux de Plas (2020) ont montré que les cacaoculteurs de l'Ouest de la Côte d'Ivoire conserve de nombreux arbres indigènes dans les plantations qui sont généralement utilisés pour l'alimentation, pour des soins médicaux ou pour la protection des jeunes plants contre les rayons solaires.

La dominance des espèces exotiques au niveau du SAF de type G1 et G2 pourrait s'expliquer d'une part, par la prépondérance des bananiers (*Musa paradisiaca*) constatée dans ces parcelles et d'autre part par le choix des producteurs qui privilégient les espèces exotiques à valeur commerciale telle que *citrus* sp, *Persea americana*. Cette pratique des

cacaoculteurs a été décrite par Koulibaly et al. (2017) dans les cacaoyères de la région de Oumé en Côte d'Ivoire.

Les indices de diversité calculés ont montré une diversité plus grande au niveau des SAF de type G1 et G2. Cette forte diversité pourrait s'expliquer par le fait que les parcelles des SAF de type G1 et G2 sont les moins âgées. A cela s'ajoute le nombre élevé d'espèces exotiques dans les plantations de ces SAF. La forte diversité des parcelles jeunes a été démontrée dans plusieurs travaux en Côte d'Ivoire (Adou Yao et N'Guessan, 2006; Koulibaly et al., 2017).

## Conclusion

Les inventaires réalisés au sein des cacaoyères dans les zone de production du Centre-Ouest (Bonon), Sud-Ouest (Soubré) et Ouest (Biankouma), ont permis d'identifier 84 espèces végétales réparties en 66 genres et 31 familles. Outre, la diversité des espèces, nos travaux ont permis d'apprécier la composition et la structure des cacaoyères. Les analyses multivariées réalisées sur la base de la structure et de l'âge des plantations ont permis d'identifier trois (3) SAF qui diffèrent en fonction des zones de production cacaoyère. Les SAF complexes jeunes à canopée ouverte (G1) marqué par une forte densité d'arbres associés ont été majoritairement rencontrent dans la zone Ouest (Biankouma), les SAF simples à forte densité de cultures pérennes associées (G2) ont été observés dans la zone du Centre-Ouest (Bonon). Enfin les SAF simples à cacaoyères vieillissantes (G3) caractérisés par la présence de cacaoyers de grande taille (6 m) au sein de parcelles de 30 ans d'âge en moyenne, ont été observés en grande partie dans la zone du Sud-Ouest (Soubré). Cette étude a permis de montrés une variation des SAF suivant la zone de production cacaoyère en Côte d'Ivoire. Cependant, une évaluation du rendement de ces SAF ainsi que de leur valeur écologique s'avère nécessaire afin de proposer un système durable aux producteurs.

## CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas d'intérêts concurrents sur cet article.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

KGD, KKB, KKA ont participé à la collecte de données, à l'analyse et au traitement des données. La supervision de ce travail a été réalisée par BYSS. Tous ces auteurs ont contribué à la rédaction de ce manuscrit.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce travail remercient vivement les structures d'encadrement des cacaoculteurs de la région de Soubré notamment l'ANADER pour avoir facilités leur intégration dans la zone. Nos remerciements vont aussi à l'endroit des autorités villageoises et des producteurs pour leur collaboration dans la réalisation de ce travail.

## REFERENCES

- Adou Yao CY, N'Guessan EK. 2006. Diversité Floristique Spontanée des Plantations de Café et de Cacao dans la Forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. *Schweiz. Z. Forstwes*, **157**(2): 31-36. DOI: <https://doi.org/10.3188/szf.2006.0031>.
- Aké-Assi L. 1984. Flore de la Côte d'Ivoire : Etude Descriptive et Biogéographique avec quelques notes Ethnobotaniques, Tome I.II.III. Thèse de doctorat, Université Abidjan, Abidjan, p. 1205.
- Aké-Assi L. 2002. Flore de la Côte d'Ivoire 2, Catalogue Systématique, Biogéographie et Écologie. Conservatoire et Jardin Botanique: Genève, Suisse. URL: <https://bibliotheques.mnhn.fr/medias/doc/exploitation/HORIZON/312431/>
- Assiri AA, Yoro GR, Deheuvels O, Kébé BI, Keli ZJ, Adiko A, Assa A. 2009. Les Caractéristiques Agronomiques des Vergers de Cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **2**(1): 55- 66. URL: [https://publications.cirad.fr/une\\_notice.php?dk=555828](https://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=555828)
- Avenard JM. 1971. Aspects de la géomorphologie. In *le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoire ORSTOM, 50: Paris (France); 1-70.
- Ballo Z, Dien, KO, Vroh BTA. 2022. Caractéristiques des Cacaoyères Post-Forestières dans la Sous-préfecture d'Azaguié (Sud-Est de la Côte d'Ivoire): Pratiques Paysannes, Flore et végétation. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, **16**(5): 2088-2101. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i5.2>.
- Cissé A, Kouadio AJC, Djaha K, Vroh BTA, Yves AYC. 2016. Caractérisation des Pratiques Agroforestières à base de Cacaoyers en zone de Forêt dense Semi-décidue: Cas de la localité de Lakota (Centre-Ouest, Cote d'Ivoire). *European Scientific Journal*, **12**(21): 50-69. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n21p50>.
- Conseil Régional de la Nawa (CRN). 2016. La Nawa, le Guide des Potentiels à Découvrir. URL: <http://www.lanawa.ci> (accessed on 12 Février 2023).
- Deheuvels O. 2007. Dynamiques de Plantation/Replantation Cacaoyères en Côte d'Ivoire: Comparaison de Choix Techniques avec Olympe. L'Harmattan; 49-61.
- Deheuvels O, Avelino J, Somarriba E, Malezieux E. 2012. Vegetation Structure and Productivity in Cocoa-Based Agroforestry Systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **149**: 181-188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.003>.
- FAO. 2017. Données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire: Cartographie de la Dynamique Forestière de 1986 à 2015. Abidjan, Côte d'Ivoire, p. 33.
- Freud EH, Petithuguenin P, Richard J : 2000. *Les champs de cacao: Un défi de Compétitivité Afrique-Asie*. Karthala et CIRAD : Paris, France.
- Guillaumet J-L, Adjanohoun E. 1971. La Végétation de la Côte d'Ivoire. In *le Milieu naturel de la Côte d'Ivoire*.

- Mémoire ORSTOM, 50: Paris (France); 166-262.
- Koko LK, Snoeck D, Lekadou TT, Assiri AA. 2013. Cocoa-fruit tree Intercropping effects on Cocoa yield, Plant Vigour and Light Interception in Côte d'Ivoire. *Agroforestry Systems*, **87**: 1043-1052. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-013-9619-8>.
- Kouamé D. 2009. Rôle des Animaux Frugivores dans la Régénération et la Conservation des Forêts: Cas de l'Eléphant (*Loxodonta africana cyclotis Matschié*, 1900) dans le Parc National d'Azagny (Sud-est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire, p. 215.
- Koulibaly A, Amon Anoh D, Konan D, Goetze D, Traoré K. 2017. Évaluation de l'Impact de la Pratique de Défrichement » sur la Végétation pour une culture durable du Cacao en Côte d'Ivoire. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, **6**(1): 6-391. DOI: <http://dx.doi.org/10.21275/ART20163891>
- Kpangui KB, Kouamé D, Gone BZB, Vroh BTA, Koffi BJC, Adou Yao CY. 2015a. Typologie des Systèmes Agroforestiers à base de Cacao en zone de transition Forêt-Savane: Etude de cas de Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire). *Journal International d'agronomie et de Recherche Agricole (IJAR)*, **6**(3): 36-47. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/230580845.pdf>
- Kpangui KB, Vroh BTA, Goné BZB, Adou YCY. 2015b. Diversité Floristique et Structurale des Cacaoyères du « V Baoulé »: Cas de la Sous-Préfecture de Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, **11** (36) : 40-60. URL: <https://ejournal.org/index.php/esj/article/view/6751>
- Nomo B, Madong BA, Sinclair F. 2008. Status of Non-Cocoa tree Species in Cocoa Multistrata Systems of southern. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **2**(2): 207-215. DOI: 10.4314/ijbcs.v2i2.39735.
- Lebrun J-P, Stork AL. 1997. *Énumération des Plantes à Fleurs d'Afrique tropicale : 4. Gamopétales : Clethraceae à Lamiaceae*. Conservatoire et Jardin Botaniques : Genève, Suisse. URL: <https://agritrop.cirad.fr/314181/>
- Perraud A. 1971. Les sols. In *le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoire ORSTOM, 50: Paris (France); 269-391.
- Pielou EC. 1966. Species Diversity and Pattern Diversity in the study of Ecological Succession. *Journal of theoretical biology*, **10**(2): 370-383. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90133-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90133-0).
- Plas B. 2020. Les Cacaoyères Agroforestières de la région de Man: Un système de culture à l'Agonie ou l'Emergence d'une Stratégie Post-forestière? Mémoire de Master en Agroécologie, université de Liège, Belgique, p. 76.
- Ruf F, Schroth G. 2004. Chocolate forests 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 (USA); 107-134.
- Ruf F, Kone S, Bebo B. 2019. Le boom de l'Anacarde en Côte d'Ivoire: Transition Ecologique et Sociale des Systèmes à base de Coton et de Cacao. *Cahiers Agricultures*, **28**: 21. DOI: <https://doi.org/10.1051/cagri/2019019>.
- Sanial E. 2018. L'appropriation de l'arbre, un nouveau front pour la Cacaoculture Ivoirienne ? Contraintes Techniques, Environnementales et Foncières. *Cahiers Agricultures*, **27**(5): 55005. DOI: <https://doi.org/10.1051/cagri/2018036>.
- Shannon C.E. 1948. The mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, **27**: 379-423. DOI: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.
- Simpson EH. 1949. Measurement of Diversity. *Nature*, **163**: 160-163. DOI: <https://doi.org/10.1038/163688a0>.

- Schroth G, Mota MDSSD, Hills T, Soto-Pinto L, Wijayanto I, Arief CW, Zepeda, Y. 2011. Linking Carbon, Biodiversity and Livelihoods near Forest Margins: The Role of Agroforestry. In *Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems*. Springer: Dordrecht; 179-200.
- Sonwa DJ, Nkongmeneck BA, Weise SF, Tchataat M, Adesina AA, Janssens MJ. 2007. Diversity of Plants in Cocoa Agroforests in the Humid Forest Zone Of Southern Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, **16**(8): 2385-2400. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9187-1>.
- Tano MA. 2012. Crise Cacaoyère Et Stratégies des Producteurs de la Sous-Préfecture de Méadji au Sud-Ouest Ivoirien. Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale TESC: Economie, Toulouse, p. 239.
- Tiebre MS, Ouattara D, Kpangui KB, Kouassi DF, N'guessan KE. 2016. Diversité Floristique de la Région de Founbesso en Zone de Transition Forêt-Savane à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **10**(3): 1007-1016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.8>.
- Vroh BTA, Cissé A, Constant YAY, Kouamé D, Kouao JK, Kouassi BK, Béné JCK. 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. DOI: 10.4314/acsj.v23i4.2.
- World Bank. 2000. World Bank Reviews Global Forest Strategy. World Bank: Washington, DC (USA); p. 193.
- Yabi I, Biaou FY, Dadeignon S. 2013. Diversité Des Espèces Végétales Au Sein des Agro-Forêts à Base D'anacardier dans la Commune de Savalou au Bénin. *Journal International Des Sciences Biologiques Et Chimiques*, **7**(2): 696-706. DOI: 10.4314/ijbcs.v7i2.24.

## RESUME

Ces dernières années, la Côte d'Ivoire a renforcé la promotion des systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers pour répondre à des défis comme la variabilité climatique, le vieillissement des plantations, et la propagation de maladies telles que le swollen shoot. Cependant, la durabilité de ces systèmes reste à démontrer. Cette étude vise à évaluer la durabilité des SAF à base de cacaoyers en Côte d'Ivoire pour garantir une production respectueuse de l'environnement, viable économiquement, et socialement acceptable. Pour y arriver, un inventaire floristique et des mesures dendrométriques réalisés dans 157 cacaoyères ont permis de définir une typologie des SAF et d'en déterminer les caractéristiques écologiques. Parallèlement, une enquête auprès des producteurs suivis de mesure sur les cacaoyers ont permis d'évaluer les aspects socioéconomiques, tandis que l'analyse multicritère à partir du modèle DEXiCacao a permis d'identifier le SAF le plus durable. Les résultats révèlent trois types de SAF : des SAF complexes jeunes à canopée ouverte (SAF 1) dans l'Ouest, des SAF simples avec une forte densité de cultures pérennes associées (SAF 2) dans le Centre-Ouest, et des SAF à cacaoyères vieillissantes (SAF 3) dans le Sud-Ouest. Par ailleurs, l'analyse des caractéristiques socioéconomiques des SAF a révélé des rendements cacaoyers élevés et de meilleurs revenus annuels pour le SAF 1 par rapport aux SAF 2 et 3. L'analyse multicritère réalisée a relevé une durabilité moyenne pour le SAF 1, et faible pour les SAF 2 et 3. L'étude souligne l'efficacité du modèle pour l'évaluation de la durabilité, tout en révélant la faible durabilité des SAF actuels dans les différentes zones de production

**Mots clés :** Typologie, Système Agroforestier, durabilité, Cacaoculture, Côte d'Ivoire

## ABSTRACT

In recent years, Côte d'Ivoire has intensified the promotion of cocoa-based agroforestry systems (AFS) to address challenges such as climate variability, aging plantations, and the spread of diseases like swollen shoot. However, the sustainability of these systems remains to be demonstrated. This study aims to assess the sustainability of cocoa-based AFS in Côte d'Ivoire to ensure environmentally friendly, economically viable, and socially acceptable production. To achieve this, a floristic inventory and dendrometric measurements were carried out in 157 cocoa farms, which made it possible to define a typology of the SAF and determine their ecological characteristics. In parallel, a survey of farmers, along with measurements on cocoa trees, was carried out to evaluate socio-economic aspects, while a multi-criteria analysis using the DEXiCacao model was employed to identify the most sustainable AFS. The results reveal three types of AFS : young complex AFS with an open canopy (AFS 1) in the West, simple AFS with a high density of associated perennial crops (AFS 2) in the Central-West, and AFS with aging cocoa plantations (AFS 3) in the South-West. Additionally, the analysis of the socio-economic characteristics of AFS showed higher cocoa yields and better annual incomes for AFS 1 compared to AFS 2 and 3. The multi-criteria analysis indicated moderate sustainability for AFS 1 and low sustainability for AFS 2 and 3. The study highlights the effectiveness of the model in assessing sustainability while revealing the low sustainability of current AFS in different production zones.

**Keywords :** Typology, Agroforestry system, sustainability, Cocoa production, Côte d'Ivoire