



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE COTE
D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement

Supérieur et de la Recherche

ANNEE ACADEMIQUE :

2020-2021

N° D'ORDRE

0402 / 2021

N° CARTE D'ETUDIANT :

CI0415009646

MASTER

Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes

Option : Ecologie et Gestion Durable des Ecosystèmes

THEME:

Evaluation du taux de carbone séquestré par les arbres dans différents systèmes agroforestiers à base de cacaoyers dans la localité de Bonon (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire)

LABORATOIRE :

**BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE**

Présenté par :

ZIGBE Paulin

JURY

**Président : Monsieur AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire,
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Directeur : Monsieur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Maître de
Conférences, Université Jean Lorougnon Guédé**

**Encadreur : Monsieur BAMBA Issouf, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Examineur : Monsieur AKEDRIN Tetchi Nicaïse, Maître-Assistant,
Université Jean Lorougnon Guédé**

Soutenu publiquement

Le 05 Octobre 2021



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 ACADEMIQUE :

2020-2021

N° D'ORDRE

0402 / 2021

N°CARTE D'ETUDIANT :

CI0415009646

MASTER

Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes

Option : Ecologie et Gestion Durable des Ecosystèmes

THEME

**Evaluation du taux de carbone séquestré par les arbres
dans différents systèmes agroforestiers à base de cacaoyers
dans la localité de Bonon (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire)**

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

Présenté par :

ZIGBE Paulin

JURY

**Président : Monsieur AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire,
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Directeur : Monsieur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Maître de
Conférences, Université Lorougnon Guédé**

**Encadreur : Monsieur BAMBA Issouf, Maître de Conférences, Université
Jean Lorougnon Guédé**

**Examineur : Monsieur AKEDRIN Tetchi Nicaïse, Maître-Assistant,
Université Jean Lorougnon Guédé**

Soutenu publiquement

Le : 05 Octobre 2021

DEDICACES

A

Feu Mon père TATO Zigbé

*En reconnaissance des efforts consentis et à l'amour
dont il a fait preuve pour que j'en arrive là.*

A

Tous les autres membres de la famille

*Vos encouragements et vos soutiens sans faille ainsi que
vos prières n'ont pas été en vains. Recevez par ce
mémoire, toute mon affection et ma reconnaissance. Que
ce travail soit une récompense pour votre confiance en
moi.*

AVANT-PROPOS

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la réalisation du projet de recherche dénommé «cocoa4future». Ce projet a été initié par le Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et Environnement (GRIEPE) de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) de Daloa et financé par la Commission Européenne – Initiative DeSIRA. L'objectif général de ce projet est de contribuer à la durabilité de la production cacaoyère en Côte d'Ivoire par la validation d'innovations agroforestières adaptées à la fois à l'environnement et aux conditions socio-économiques des exploitations cacaoyères et l'accompagnement de leur diffusion en mettant en valeur, des conditions de production socialement responsables.

Cet objectif global « Logiques d'évolution des économies familiales de plantation » est appliqué à 4 grands points, lesquels se déclinent à leur tour en quatre objectifs spécifiques :

- Évolution des caractéristiques des exploitations familiales ;
- Stratégies de diversification, transition, reconversions du peuplement végétal des plantations ;
- Cycles du cacao et changement écologique ;
- Innovations sociales.

REMERCIEMENTS

Le présent travail témoigne de l'étroite collaboration qui a eu lieu entre l'Université Jean Lorougnon Guédé et les populations de la localité de Bonon. Il n'aurait pu être mené à son terme sans le soutien et les encouragements de nombreuses personnes à qui nous tenons à exprimer nos remerciements et notre profonde gratitude.

A la gouvernance de l'Université Jean Lorougnon Guédé avec à sa tête la Présidente, Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE, nous vous devons toute notre reconnaissance pour avoir approuvé notre inscription à l'UJLoG et votre dévouement dans la formation des étudiants.

Nos reconnaissances vont à l'endroit du Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) en Environnement, Professeur KOUASSI Kouakou Lazare pour tous les efforts consentis pour le bon encadrement des étudiants de l'UFR Environnement.

Nous remercions les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail en vue d'améliorer sa qualité.

Nos reconnaissances vont à l'endroit du Directeur du Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale auquel nous appartenons, le Professeur KOFFI Béné Jean Claude, pour tous ses conseils depuis notre formation en Master.

Nous remercions particulièrement le Docteur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Maître de Conférences, Directeur scientifique de ce mémoire, pour sa grande générosité et son investissement dans la réalisation de ce travail. Vous nous avez permis à travers les heures de travail à vos côtés, d'apprendre davantage de votre personnalité. Votre rigueur a su éveiller en nous le goût du travail et a permis d'améliorer le présent manuscrit.

Nos reconnaissances vont à l'endroit de Docteur BAMBA Issouf, Maître de Conférences ; ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans votre encadrement, votre inestimable soutien scientifique et moral.

Nous sommes reconnaissants envers les Docteurs, SANGNE Yao Charles, KPANGUI Kouassi Bruno, N'GOURAN Kobenan Pierre, KOFFI N'Guessan Achille, KOUAKOU Akoua Tamia Madeleine, ASSALE Adjo Annie Yvette, KOUAKOU Kouassi Apollinaire et ZANH Golou Gizèle ainsi que tous les doctorants et tous les amis pour leurs soutiens, conseils et critiques.

Table des matières

TABLE DES MATIERES	Pages
DEDICACES	i
AVANT-PROPOS	ii
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xi
LISTE DES ANNEXES.....	xii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	4
I.1. Généralités sur le site d'étude	4
I.1.1. Situation géographique	4
I.1.2. Climat.....	4
I.1.3. Sol, relief et végétation	5
I.1.4. Population et activités humaines.....	5
I.2. Généralités sur les systèmes agroforestiers.....	6
I.2.1. Cacaoculture en Côte d'Ivoire	6
I.2.2. Définition de quelques concepts et travaux antérieurs	6
I.2.2.1. Agroforesterie	6
I.2.2.2. Systèmes Agroforestiers	7
I.2.2.3. Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers	7
I.2.2.4. Potentielle de séquestration des systèmes agroforestiers.....	8
I.3. Clarification conceptuelle : Le défi mondial actuel	9
I.3.1. Notion de dérèglement climatique et biodiversité	9
I.3.2. Puits et séquestration de carbone	10

Table des matières

I.3.3. Cycle de carbone.....	10
I. 3.4. Protocole de Kyoto	11
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	12
II.1. Matériel.....	12
II.1.1. Matériel biologique.....	12
II.1.2. Matériel technique	12
II.1.2.1. Matériel de collecte de données.....	12
II.1.2.2. Matériel de traitement de données.....	12
II.2. Méthodes	13
II.2.1. Méthode de collecte de données	13
II.2.1.1. Choix des localités.....	13
II.2.1.2. Choix des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers	13
II.2.1.3. Dispositif d'échantillonnage.....	13
II.2.1.4. Méthode d'inventaire floristique	14
II.2.2 Analyse et traitement des données.....	15
II.2.2.1. Détermination de la typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers	15
II.2.2.2. Analyse factorielle multiple.....	15
II.2.2.3. Classification Ascendante Hiérarchique.....	16
II.2.2.4. Analyse de variance.....	16
II.3. Détermination de la diversité floristique des systèmes agroforestiers à base.....	17
de cacaoyers	17
II.3.1. Diversité de la flore	17
II.3.2. Indice de diversité de Shannon	17
II.3.3. Indice d'équitabilité de Piélou.....	17
II.3.4. Diversité structurale des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....	18
II.4. Estimation du taux de carbone séquestré par les systèmes agroforestiers à base.....	18
de cacaoyers	18

Table des matières

II.4.1. Estimation de la biomasse aérienne	18
II.4.2. Estimation de la biomasse souterraine.....	19
II. 4.3. Estimation de la biomasse totale	19
II.4.4. Estimation du taux de carbone séquestré.....	19
II.4.5. Estimation du dioxyde de carbone atmosphérique séquestré	19
II.4.6. Valeur monétaire des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers	20
II.5. Détermination de la relation entre la diversité structurale et le taux de	20
carbone séquestré par les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.	20
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	21
III.1. Résultats	21
III.1.1. Typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité de Bonon ..	21
III.1.1.1. Relation entre les variables utilisées	21
III.1.1.2. Regroupement des parcelles.....	22
III.1.1.3. Description des groupes de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....	23
III.1.2. Diversité floristique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.....	25
III.1.2.1. Richesse floristique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers	25
III.1.2.2. Abondance des genres et des familles.....	26
III.1.2.2.1. Abondance des genres	26
III.1.2.2.2. Abondance des familles.....	26
III.1.2.3. Diversité spécifique.....	27
III.1.2.4. Diversité structurale des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers	27
III.1.2.4. 1. Classe des hauteurs.....	27
III.1.2.4.2. Structure diamétrique	29
III.1.3. Biomasse et taux de carbone séquestré en fonction des systèmes agroforestiers	31
à base de cacaoyers	31
III.I.3.1. Biomasse et taux de carbone total séquestré.....	31

Table des matières

III.1.3.2. Valeur monétaire liée au carbone.....	31
III.1.3.3. Biomasse et taux de carbone séquestré par les cacaoyers en fonction des.....	32
systèmes agroforestiers	32
III.1.3.4. Biomasse et carbone séquestré par les ligneux associés aux cacaoyers en.....	33
fonction des systèmes agroforestiers.....	33
III.1.4. Relation entre la diversité structurale des systèmes agroforestiers à base	34
de cacaoyers et le taux de carbone séquestré	34
III.1.4.1. Biomasse et taux de carbone en fonction des classes d'âges	34
III.1.4.2. Biomasse et du taux de carbone par classes de hauteur	35
III.1.4.3-Biomasse et du taux de carbone par classes de diamètre.....	36
III.2. Discussion	37
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	41
REFERENCES.....	43
ANNEXES	

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

- AFM** : Analyse Factorielle Multiple
- AGB** : Biomasse aérienne
- ANADER** : Agence Nationale d'Appui au Développement Rural
- BGB** : Biomasse souterraine
- CAH** : Classification Ascendante Hiérarchique
- CFA** : Communauté Financière Africaine
- CH₄** : Méthane
- CIRAD** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
- CNRA** : Centre National de Recherche Agronomique
- CNRS** : Centre National de la Recherche Scientifique
- CO₂** : Dioxyde de Carbone
- FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
- GIEC** : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
- GPS** : Global Positioning System ou système de positionnement global
- GRIEPE** : Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement
- ICCO** : International Cocoa Organization

Liste des sigles et abréviations

ICRAF : International Center for Research in Agroforestry

IFCC : Institut Français du Café et du Cacao

MDP : Mécanismes de Développement Propre

N₂O : Protoxyde d'azote **PK** : Protocole de Kyoto

REDD+ : Réduction des émissions dues à la déforestation et à la Dégradation des Forêts, la conservation, la gestion durable des forêts et le renforcement des stocks de carbone forestier

SAF : Systèmes Agroforestiers

UFR : Unité de Formation et de Recherche

UJLoG : Université Jean Lorougnon Guédé

UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change

LISTE DES TABLEAUX	Page
Tableau I : Valeurs propres et contribution des groupes de variables.....	22
Tableau II : Valeurs moyennes des indices floristiques et des paramètres structuraux.....	25
Tableau III : Richesse spécifique en fonction des systèmes agroforestiers.....	26
Tableau IV : Abondance des genres en fonction des systèmes agroforestiers	26
Tableau V : Abondance des familles en fonction des systèmes agroforestiers	27
Tableau VI : Indices de diversité calculés dans les types de systèmes agroforestiers.....	27
Tableau VII : Biomasse et taux de carbone total en fonction des systèmes agroforestiers	31
Tableau VIII: Valeur monétaire des systèmes agroforestiers en fonction des marchés	32
Tableau IX : Biomasse et taux de carbone séquestré par les cacaoyers en fonction des systèmes agrofrestiers.....	32
Tableau X : Biomasse et taux de carbone séquestré des arbres associés en fonction des systèmes agroforestiers	33
Tableau XI : Biomasse et taux de carbone des cacaoyers et des arbres associés en fonction des classes d'âges... ..	34
Tableau XII : Biomasse et du taux de carbone par classes de hauteur des cacaoyers.....	35
Tableau XIII : Biomasse et du taux de carbone par classes de hauteur des arbres associés	36
Tableau XIV : Biomasse et du taux de carbone par classes de diamètre des cacaoyers	37
Tableau XV : Biomasse et taux de carbone par classes de diamètre des arbres associés.....	37

LISTE DES FIGURES	Page
Figure 1 : Localisation et présentation de la zone d'étude dans la sous-préfecture de Bonon.	4
Figure 2 : Courbe ombrothermique de la Sous-Préfecture de Bonon de 1990 à 2020.	5
Figure 3 : Les types de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers en Côte d'Ivoire.....	8
Figure 4 : Gaz à effet de serre dans le réchauffement du climat	9
Figure 5 : Le cycle global du carbone	11
Figure 6 : Représentation d'une placette servant de dispositif d'échantillonnage	14
Figure 7 : Mesures de la circonférence des ligneux dans les cacaoyères	14
Figure 8: Carte factorielle des plantations	21
Figure 9 : Classification Ascendante Hiérarchique des cacaoyères de la localité.....	23
Figure 10 : Classes des hauteurs des cacaoyers en fonction des systèmes agroforestiers.....	28
Figure 11 : Classes des hauteurs des arbres associés aux cacaoyers en fonction des systèmes agrofrestiers	29
Figure 12 : Distribution des cacaoyers par classe de diamètres en fonction des systèmes agroforestiers	30
Figure 13 : Distribution par classe de diamètre des arbres associés aux cacaoyers en fonction des systèmes agroforestiers.....	30

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Relevé individuel - Enquête de terrain

Annexe 2 : Liste des espèces associées aux cacaoyers inventoriées dans les placettes

INTRODUCTION

L'un des défis majeurs à la fois pour les décideurs et les scientifiques est d'arriver à concilier le développement des agrosystèmes, la préservation de la biodiversité et le maintien des services écosystémiques (Ahimin & Mbolu, 2010). Dans les zones forestières, malgré la mise en place de diverses mesures de protection de la faune et de la flore (Parc Nationaux, Réserves biologiques, etc.), pour subvenir aux besoins d'une population en croissance, la déforestation continue de croître au profit de l'agriculture (Balaguru *et al.*, 2006). De nombreuses études ont révélé l'impact des pratiques agricoles sur la dégradation des écosystèmes. Cependant, les écosystèmes forestiers de par les divers rôles qu'ils jouent dans le maintien de la biodiversité, les équilibres climatiques et la réduction des gaz à effet de serre sont très importants pour l'homme (Zekeng, 2013). Par ailleurs, l'agriculture est même considérée à ce jour comme l'un des principaux moteurs contribuant à la perte de la biodiversité (Dudley et Alexander, 2017) car de plus en plus de terre sont converties en zone agricole pour faire face aux besoins socio-économiques divers. Dès lors, l'agriculture demeure la principale source de développement dans de nombreux pays africains (Ferraton & Touzard, 2009). En Afrique de l'Ouest, la majorité des cultures industrielles jouent un rôle majeur dans l'économie de ces principaux pays car elles répondent à trois objectifs : procurer des devises au pays, contribuer au budget de l'Etat et fournir un revenu aux populations rurales qui en vivent. Cependant ces cultures sont en grande partie responsables de la dégradation du couvert forestier (Clay, 2004). De ce fait, les écosystèmes forestiers sont soumis à une forte pression, qui a pour conséquences la dégradation allant jusqu'à la perte de grande superficie au profit des espèces cultivées (Altéri & Pengue, 2006). Cette dégradation du couvert végétal entraîne une libération de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Cet accroissement des émissions de gaz à effet de serre (GES) engendré par les activités anthropiques, a eu comme effet d'augmenter très rapidement la température moyenne mondiale, entraînant ainsi des changements climatiques ou crise écologique, sans équivoque (GIEC, 2007).

A l'instar de la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, la Côte d'Ivoire a hérité, de la période coloniale, le rôle d'exportateur de produits agricoles tropicaux notamment celui du cacao dont elle est le premier producteur mondial avec plus 2 millions de tonnes (Assiri *et al.*, 2012). En effet le développement des cultures de cacao et café s'est fait au détriment de la forêt primaire dont la superficie est passée de 16 millions d'hectares en 1960

à moins de 2 millions d'hectares aujourd'hui (Ruf & Agkpo, 2008) entraînant la disparition de nombreuses espèces animales et végétales pourtant utiles au quotidien de populations.

Ainsi, en quête d'une alternative écologiquement soutenable, socialement acceptable et économiquement profitable à l'agriculture conventionnelle, plusieurs chercheurs ont proposé l'agroforesterie (Adou Yao *et al.*, 2016). Cette approche correspond à une activité agricole complexe intégrant les arbres aux cultures et à l'élevage du bétail (Nair, 1993). L'agroforesterie peut représenter une alternative durable au déboisement et à la culture itinérante pour compenser l'empreinte écologique liée à la pratique de la cacaoculture en conciliant durablement la production agricole et la protection de l'environnement (Agroforestry Systems, 1982 ; Vroh *et al.*, 2017). La culture du cacao nécessite l'association de plantes et arbres qui selon certains travaux pourraient jouer un rôle important dans la séquestration du carbone. La préservation de la flore ligneuse dans les agrosystèmes cacaoyers permettrait de les percevoir comme durables (Jagoret, 2011). Cependant, la diversité des plantes associées aux cacaoyers varie en fonction de plusieurs facteurs tels que la variété des cacaoyers cultivés, l'origine culturelle, l'âge et les besoins du producteur (Adja *et al.*, 2005 ; Kpangui *et al.*, 2015 ; Koulibaly *et al.*, 2017). Ainsi, bien que ces espèces offrent plusieurs services écosystémiques tels que la conservation de la biodiversité, le maintien de la fertilité des sols et apportent des revenus supplémentaires aux populations (Seghieri & Harmand, 2019), plusieurs points d'ombres restent à éclaircir quant aux bénéfices écologiques notamment dans la séquestration de carbone.

De ce fait, il serait donc intéressant d'avoir une idée assez précise des stocks de carbone présents dans les systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers afin de mieux comprendre leur impact écologique sur le climat. Ceci permettra de donner une place de choix à ce type d'utilisation du sol et d'estimer les potentielles retombées socioéconomiques en cas de paiement des services environnementaux de ces SAF.

La présente étude s'est avérée indispensable, pour contribuer à la quantification du volume de carbone séquestré et ainsi mettre en relief le rôle et l'importance environnementale des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers dans la localité de Bonon. Elle part de l'hypothèse centrale selon laquelle, le taux de carbone stocké dans les SAF à base de cacao est fonction de la typologie et des caractéristiques floristiques de cet agrosystème. L'objectif général de cette étude est d'évaluer le rôle écologique des systèmes agroforestiers à base de

cacaoyers à travers l'estimation du taux de carbone séquestré dans la localité de Bonon. Pour atteindre cet objectif général, quatre objectifs spécifiques ont été définis : (i) établir la typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité ; (ii) analyser la diversité floristique en fonction des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité ; (iii) estimer le taux de carbone séquestré en fonction des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers et la valeur monétaire; (iv) établir la relation entre la diversité structurale des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers et le taux de carbone séquestré.

Outre l'introduction, la conclusion, les recommandations et les perspectives, ce mémoire s'articulera autour de trois parties. D'abord, la première partie est consacrée aux généralités. Ensuite, la deuxième partie concerne le matériel utilisé et les méthodes adoptées. Enfin, la troisième partie présente les résultats obtenus et leur discussion.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

I.1. Généralités sur le site d'étude

I.1.1. Situation géographique

Le département de Bonon est situé entre 6°58'30"N et 6°10'0"W dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Appartenant à la région de la Marahoué par le décret 11° 97-19 du 15 Janvier 1997, ce département est limité au Nord par la ville de Zuénoula, au Sud par la sous-préfecture de Zaguïéta, à l'Est par la ville de Bouaflé et à l'Ouest par la sous-préfecture de Gonaté et Gadouan. Bonon est située à 85 kilomètres à l'Ouest de Yamoussoukro et à 324 kilomètres d'Abidjan. Il est composé de Vingt villages répartis en trois (03) tribus ou cantons (Bonô, Toh, Gonâ) (Figure 1). Notre étude s'est déroulée dans cinq villages de la localité à savoir Dabouzra, Ouarebota, Blaisekro 2, N'gattakouakoukro et Koffikro.

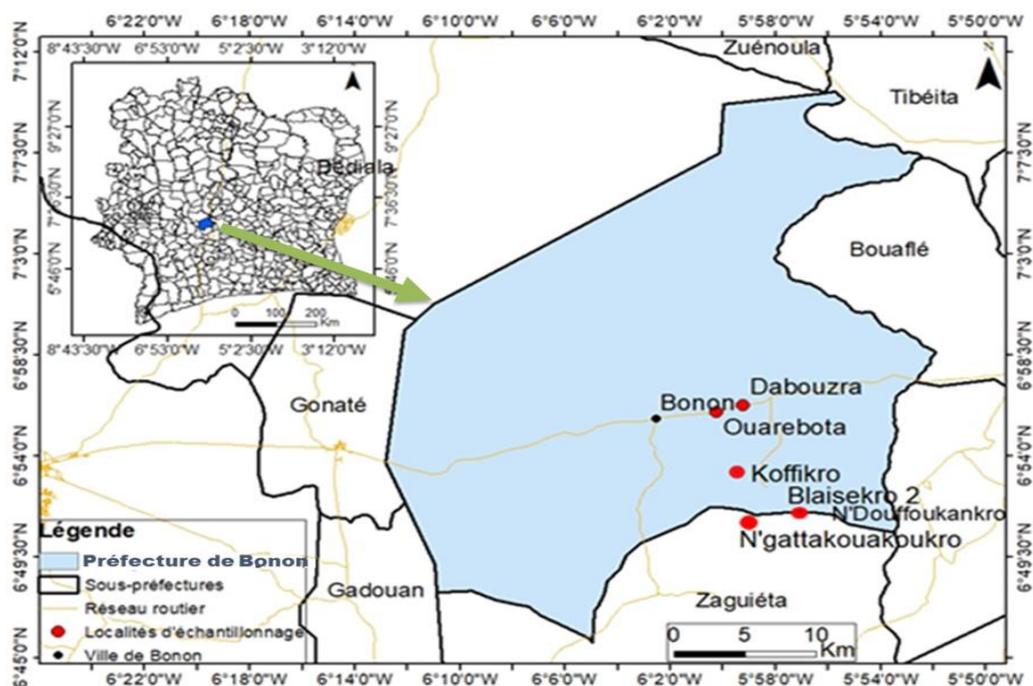


Figure 1 : Localisation et présentation de la zone d'étude dans la sous-préfecture de Bonon.

I.1.2. Climat

Le diagramme ombrothermique (Figure 2) réalisé à partir de la pluviométrie moyenne et de la température moyenne mensuelle des 30 dernières années montre deux grandes saisons : une saison pluvieuse et une saison sèche (Figure 2). La saison sèche s'étend de Novembre à Février avec une pluviométrie moyenne mensuelle de 73,84 mm et une température moyenne

mensuelle de 26,3 °C. Quant à la saison pluvieuse, elle s'étend de Mars à Octobre avec un pic de précipitation en Août de 106,80 mm et une température maximale de 27,90°C.

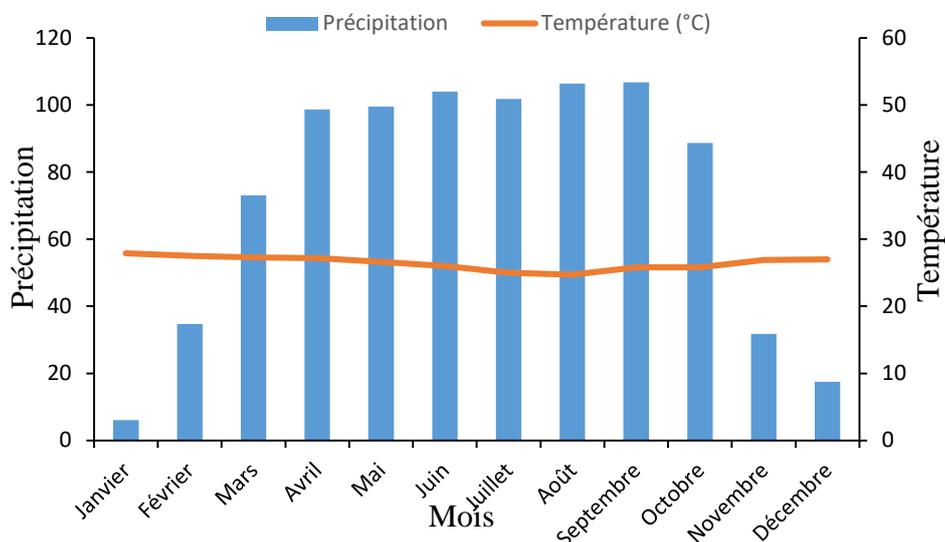


Figure 2 : Courbe ombrothermique de la Sous-Préfecture de Bonon de 1990 à 2020.

(Source des données : www.tutiempot.net)

I.1.3. Sol, relief et végétation

Située à la lisière de la forêt classée de Bouaflé et du parc national de la Marahoué, Bonon se trouve dans une zone mosaïque de forêts et de savanes incluses favorable à la production agricole. Le relief est composé de bas plateaux avec une altitude de 250 m et de petits bas-fonds rarement rencontrés. Les sols sont pour la plupart ferrallitiques, moyennement dénaturés 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).

I.1.4. Population et activités humaines

La population de la zone de Bonon est estimée à 112 629 habitants (RGPH, 2014). Cette population est composée d'autochtones, d'allochtones et d'allogènes. Les autochtones de la localité sont les Gouro. La population allochtone est composée essentiellement de Baoulé, Sénoufo, et de Tagbana. Les allogènes sont majoritairement des Burkinabé, Malien et Béninois.

L'activité principale de la population est l'agriculture, basée sur la culture du cacao, du café et des cultures vivrières telle que la banane plantain, le riz, l'igname et le maïs. C'est à partir de 2016 que la culture de l'anacarde a vu le jour du fait de la fragilité du cacao face aux

conditions climatiques. Depuis quelques années, l'élevage de bovins a pris de l'importance du fait des transformations paysagères. Selon Coulibaly *et al.*, (2019), cette activité constitue le maillon de l'économie des populations de Bonon.

I.2. Généralités sur les systèmes agroforestiers

I.2.1. Cacaoculture en Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire, grâce à la fertilité de ses sols et aux conditions climatiques favorables, s'est orientée principalement vers le secteur agricole qui lui a permis de connaître un "boom économique". En effet, depuis les années 1970, le secteur agricole constitue le socle de l'économie ivoirienne. D'après ICCO (2015), la Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de cacao. La cacaoculture est l'une des activités prioritaires en Côte d'Ivoire du moment où elle assure le succès de son économie. La Côte d'Ivoire fournit 42 % de l'offre mondiale avec une production qui s'élève à 1,7 millions de tonnes. Ce secteur représente un important pilier de l'économie du pays. En effet, le secteur cacao représente à lui seul 15% du Produit Intérieur Brut (PIB) et 40% des recettes d'exportation (World Cocoa Foundation, 2014).

I.2.2. Définition de quelques concepts et travaux antérieurs

I.2.2.1. Agroforesterie

L'agroforesterie est la mise en valeur du sol avec une association (simultanée ou séquentielle) des ligneux et de cultures ou d'animaux afin d'obtenir des produits ou des services utiles à l'homme (Torquebiau, 2007). Elle octroie plusieurs avantages au paysan, notamment la diversification de son gain et la régulation du climat.

L'agroforesterie possède donc un potentiel très élevé dans un contexte où le carbone séquestré offre un revenu supplémentaire aux agriculteurs (Dixon, 1995). Cette pratique représente l'une des meilleures solutions d'utilisation durable de ressources naturelles qui sont actuellement en baisse. En effet, la gestion des systèmes agroforestiers repose sur la recherche de la durabilité d'une production diversifiée en valorisant les interactions écologiques, économiques et sociales existant entre les composantes de ces systèmes (Raintree, 1982). L'agroforesterie est donc adoptée pour produire des forêts dégradées afin de compenser la perte de la biodiversité.

I.2.2.2. Systèmes Agroforestiers

Un système agroforestier (SAF) ou agrosystème désigne une technique de mise en valeur des terres où les ligneux pérennes (arbres, arbustes) et les non ligneux (bananiers, palmier à huile) sont volontairement associés dans une même parcelle à d'autres cultures afin d'obtenir des produits et services de qualité utiles à l'homme (Torquebiau, 2000). Comparativement aux systèmes agricoles conventionnels, les systèmes agroforestiers déplacent cet équilibre fonctionnel vers la fourniture de services. Les travaux de Foresta et Michon (1996) montrent qu'il existe deux principaux groupes de SAF: simples et complexes. Les systèmes Agroforestiers « simples » présentent une faible diversité spécifique et sont généralement composés d'herbacées ou d'arbustes associés à des espèces arborescentes. Les systèmes complexes présentent une très grande diversité spécifique dont la structure est extrêmement proche de la forêt secondaire. Les SAF offrent donc une interaction positive à la fois économique et écologique entre les arbres et les autres éléments du système (FAO, 2015).

I.2.2.3. Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

Le cacaoyer (*Theobroma cacao L.*) est un arbre dont l'origine est localisée dans les forêts humides d'Amérique tropicale où il se rencontre à l'état naturel (Braudeau, 1969). Anciennement classé dans la famille des Sterculiaceae, le cacaoyer est, depuis quelques années, classé dans celle des Malvaceae (classification phylogénique). D'après IFCC (1979), son avènement en Côte d'Ivoire remonte aux premières introductions des cabosses sur les bords du Cavally en 1892. D'après Todem (2015), un système agroforestier à base de cacaoyer est tout système d'utilisation des terres intégrant sur une même parcelle le cacaoyer, les herbacées, les arbres fruitiers et les arbres forestiers, introduits et/ou qui ont poussé spontanément, ainsi que les arbres forestiers qui n'ont pas été abattus au moment de la mise en place de la cacaoyère. Dans le cas de la Côte d'Ivoire, sur la base de la description des pratiques agricoles existantes dans la cacaoculture et décrites par des auteurs et en faisant référence aux critères d'identification des SAF (Cissé *et al.*, 2016), l'on a pu distinguer 3 types de systèmes agroforestiers depuis l'introduction de la culture de cacao (Figure 3). Cependant il peut y avoir une différence du moment où notre étude s'effectue dans une zone spécifique à la Côte d'Ivoire.

Le premier type de SAF regroupe toutes les pratiques paysannes traditionnelles telles que réalisées dans la majorité des zones cacaoyères de la Côte d'Ivoire. Les antécédents cultureux

sont essentiellement de très vieilles jachères ou des «forêts noires» (Figure 3A).

Le deuxième type de SAF décrit des pratiques culturelles de cacao caractérisées par un abandon des systèmes de culture de cacao sous ombrage des espèces forestières (Figure 3B). Le troisième type de système concerne des plantations où il n'y a pas d'ombrage véritable durant toute la phase culturale (Figure 3C). Seuls les bananiers et d'autres cultures vivrières (l'igname et le riz) ou industrielles (palmier à huile), servent d'ombrage lors de la mise en place de la cacaoyère (Tano, 2012 ; Coulibaly, 2008).

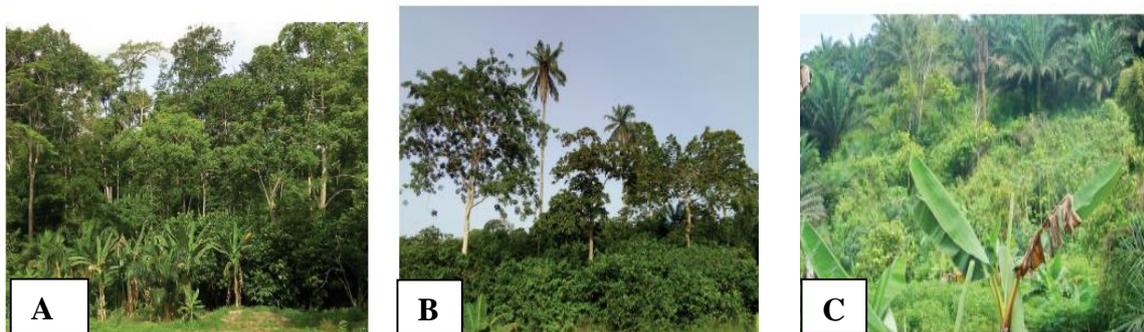


Figure 3 : Les types de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers en Côte d'Ivoire

(Source : Cissé *et al.*, 2016)

I.2.2.4. Potentielle de séquestration des systèmes agroforestiers

Les agrosystèmes sont reconnues par l'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate change), comme des pratiques qui séquestrent une quantité considérable de carbone. Les recherches sur la séquestration du carbone dans les mosaïques agricoles ont vu le jour depuis quelques années en Côte d'Ivoire. Les SAF à base de cacaoyers jouent le rôle de purificateurs de l'atmosphère par la séquestration du carbone. En effet, Oelbermann *et al.* (2006), indiquent que le potentiel de stockage de carbone par conversion de parcelles agricoles en parcelles agroforestières est très élevé à l'échelle mondiale. Ils estiment que les SAF pourraient stocker dans leur biomasse aérienne 2,1 Gt C/an en zone tropicale et 1,9 Gt C/an en zone tempérée. D'autres études ont également démontré que la séquestration de carbone des SAF varie selon certains paramètres Il s'agit de la structure de la végétation, son âge, la zone écologique et l'équation allométrique utilisée.

1.3. Clarification conceptuelle : Le défi mondial actuel

1.3.1. Notion de dérèglement climatique et biodiversité

D'après la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC, 1992), les changements climatiques sont des changements du climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables. En effet, la combustion des ressources forestières et les fumées dégagées par les usines et véhicules relâchent dans l'atmosphère une grande quantité de dioxyde de carbone (CO_2) et de nombreux autres gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère (CO_2 , N_2O , CH_4). Il est important de savoir aussi que parmi les gaz émis, le CO_2 reste le plus important, entraînant ainsi le réchauffement de la surface terrestre (Figure 4). Dawson *et al.* (2011) ont conclu que le changement climatique met effectivement en danger la biodiversité et la fonction des écosystèmes, menant bien souvent à la disparition de certaines espèces. Selon les études de Sandel *et al.*, (2011), le déplacement des zones climatiques est essentiellement dû à la température plutôt qu'aux précipitations. Dans des conditions globales de forts déplacements des zones climatiques, les régions à vitesse modérée sont des refuges essentiels pour de nombreuses espèces terrestres.

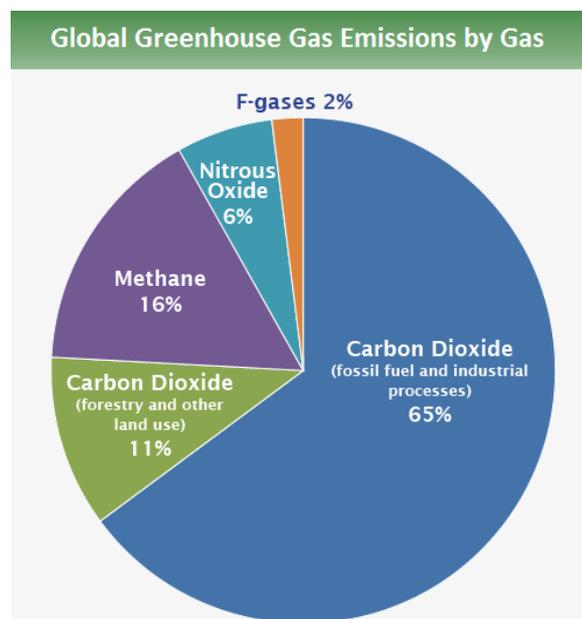


Figure 4 : Gaz à effet de serre dans le réchauffement du climat

(Source : IPCC, 2014)

I.3.2. Puits et séquestration de carbone

D'après GIEC (2000), le puits de carbone est tout processus ou mécanisme qui absorbe un gaz à effet de serre, tels le CO₂ et le CH₄, présent dans l'atmosphère. Un puits a pour contraire une source qui consiste en une émission du CO₂ ou GES dans l'atmosphère et la variation entre ces deux entités constitue le flux.

Le carbone est stocké dans quatre grands réservoirs superficiels à savoir les océans, l'atmosphère, la biosphère et les roches. De plus, la littérature évoque la séquestration de carbone sous deux angles principaux. D'une part, la séquestration de carbone fait appel à des processus naturels biologiques qui permettent de transférer le flux de carbone depuis l'atmosphère à la biosphère par photosynthèse et dans l'océan par échange physico-chimique où le CO₂ atmosphérique se dissout lentement dans l'hydrosphère (CNRS, 2006). D'un réservoir à l'autre, le carbone se présente sous différentes formes. Dans l'atmosphère, le carbone est présent sous forme gazeuse dans la molécule du dioxyde de carbone (CO₂). Au niveau de la biosphère, il est sous forme de matière organique notamment dans le bois. La lithosphère renferme également du carbone sous forme de roches, de sédiments et de combustibles fossiles (ConsoGlobe, 2014). L'hydrosphère renferme le carbone inorganique sous forme de calcaire ainsi que sous forme de CO₂ dissout (Bourque, 2010). La circulation du carbone entre les différents réservoirs est assurée par le cycle du carbone.

I.3.3. Cycle de carbone

Selon CNRS (2006), le cycle naturel du carbone consiste à un équilibre dynamique entre les émissions et l'absorption de carbone entre les différents réservoirs de celui-ci. Cependant l'homme a une large responsabilité dans l'émission du carbone stocké dans ces différents réservoirs à cause des méthodes inappropriées dans différents secteurs d'activités (transport, industrie, culture sur brûlis etc). En 2015, les activités anthropiques ont émis 35,7 GT de CO₂ (Janssens *et al.*, 2015). La figure 5 présente le flux de carbone entre les différents réservoirs.

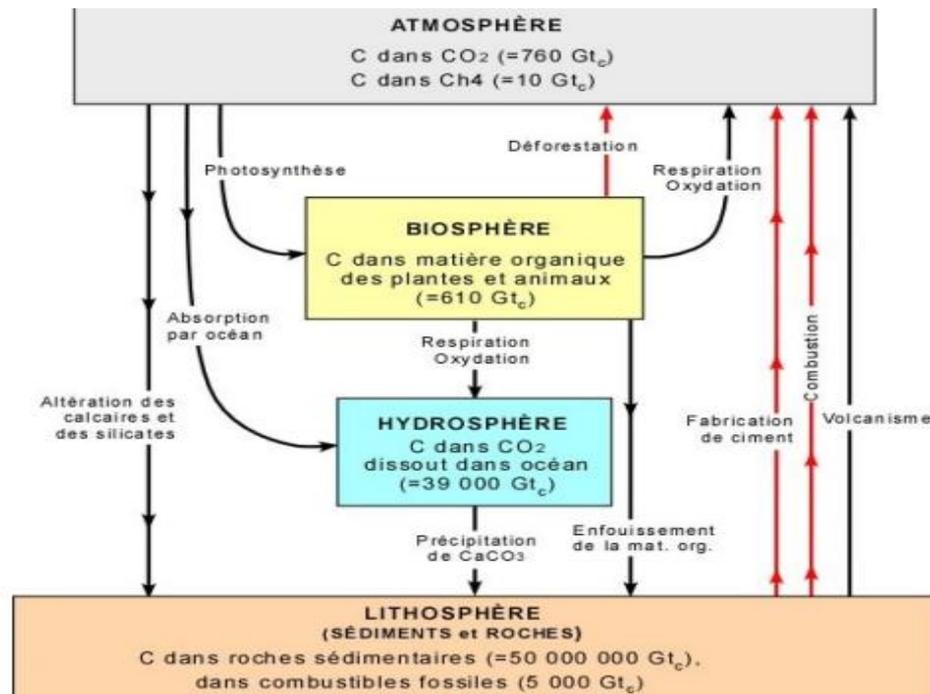


Figure 5 : Le cycle global du carbone (Source : Bourqué, 2010)

I. 3.4. Protocole de Kyoto

L'emprisonnement du carbone demeure l'une des solutions majeures, relevant des initiatives de coopération internationale, pour lutter contre les dérèglements climatiques. En 1997 à Kyoto, la CCNUCC a conduit à l'accord du Protocole de Kyoto (PK), contraignant sur la diminution des émissions de (GES) de l'ordre de 5,2 % durant la période 2008-2012 pour l'ensemble des pays industrialisés qui l'ont ratifié. En effet, le PK prend en compte l'absorption des GES par les puits et les réservoirs, selon les engagements conclus par les différentes parties dans le cadre de ce protocole en lien avec la réduction de gaz à effet de serre (Nations Unies, 2014). Les pays industrialisés du PK, pouvaient utiliser trois mécanismes de flexibilité afin de respecter leurs engagements d'émissions à moindre coût, les deux principaux étant le mécanisme de développement propre (MDP) et le marché international des crédits carbone (Karsenty & Pirard, 2007). Aussi, le PK a recours à des calculs standardisés en matière d'estimations d'absorption de gaz à effet de serre dans le calcul du bilan de GES par une méthodologie élaborée par le GIEC (Nations Unies, 2014). Les seules activités de foresterie prises en compte dans le PK sont le boisement et le reboisement (Anonyme, 1997). Mais les remarques faites, indiquent que le PK n'a aucunement incité à grande échelle à la reforestation et aucune incitation à conserver les forêts existantes.

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel

Deux types de matériels ont été utilisés dans cette étude. Il s'agit d'un matériel biologique et d'un matériel technique.

II.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué essentiellement des espèces végétales inventoriées dans la zone d'étude. Il s'agit de cacaoyers et des espèces végétales qui leur sont associées.

II.1.2. Matériel technique

Le matériel technique est composé de matériel de collecte de données et de matériel de traitement et d'analyse de données.

II.1.2.1. Matériel de collecte de données

Le matériel utilisé pour atteindre notre objectif est :

- un GPS pour localiser les placettes ;
- le logiciel Télémètreur pour estimer la hauteur des ligneux ;
- un ruban mètre pour mesurer la circonférence des arbres ;
- un sécateur pour récolter les spécimens destinés à l'herbier pour identification ;
- des papiers journaux utiles dans la confection des herbiers ;
- une étuve pour le séchage des échantillons de plantes récoltées sur le terrain ;
- un appareil photographique pour effectuer des prises de vues.

II.1.2.2. Matériel de traitement de données

Le matériel utilisé pour le traitement et l'analyse de données lors de cette étude est composé de :

- logiciel Rcmdr pour la réalisation de tests statistiques ;
- du logiciel QGIS 2.14 pour les traitements cartographiques ;

- du logiciel Microsoft Excel pour la saisie et le traitement des données ;
- du logiciel Multi-Variate Statistical Package (MVSP) pour l'analyse de la diversité floristique.

II.2. Méthodes

II.2.1. Méthode de collecte de données

II.2.1.1. Choix des localités

II.2.1.2. Choix des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

La localité de Bonon possède de nombreux systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. Le choix des plantations a consisté en une prospection et enquête de terrain auprès des paysans dans les différents villages de la localité. Les types de cultures pratiquées, les principales espèces préservées dans les plantations et la superficie de leur plantation ont été renseignés. Parmi les paysans enquêtés, 50 ont été choisis de façons aléatoires avec lesquels les travaux ont été effectués. Cependant lorsque le paysan possède plusieurs plantations de cacaoyers, nous les prenons toutes en compte.

II.2.1.3. Dispositif d'échantillonnage

Le dispositif d'échantillonnage est une placette de 25 m x 25 m (Figure 6) que nous avons installé dans 52 cacaoyères à l'aide d'un décamètre de 100 m. Au total, 72 placettes ont été installées. La disposition des placettes d'inventaires ainsi que leur nombre ont été principalement guidés par la topographie, la taille (superficie) et l'âge des parcelles. Une fois les placettes délimitées, leurs coordonnées géographiques ont été enregistrées à l'aide du récepteur GPS de type GARMIN 64 avant la collecte des données. Pour la présente étude, un minimum de trois (3) placettes ont été installées par hectare pour garantir la représentativité des données collectées dans chacune des plantations.

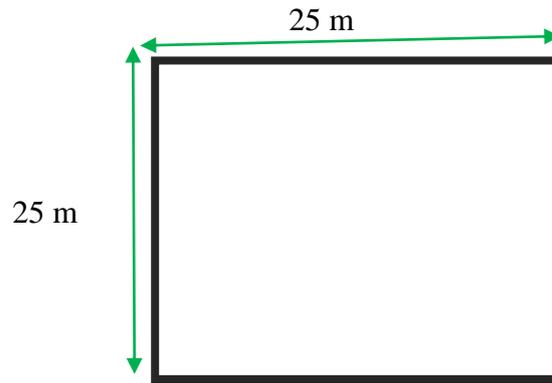


Figure 6 : Représentation d'une placette servant de dispositif d'échantillonnage

II.2.1.4. Méthode d'inventaire floristique

Pour l'inventaire, un relevé de surface a été réalisé. Il consistait à installer des placettes de 625 m² au sein des cacaoyères, dans lesquelles toutes les espèces végétales ligneuses et non ligneuses ont été identifiées. Les paramètres suivants ont été recueillis : le nom scientifique des arbres, la hauteur et la circonférence des ligneux ayant un dbh $\geq 2,5$ cm ont été mesurés à 130 cm au-dessus du sol pour les autres arbres et les cacaoyers à 30 cm du sol à l'aide d'un mètre ruban. Ces valeurs dendrométriques ont été utilisées pour estimer la biomasse et le taux de carbone séquestré (Figure 7). Par ailleurs, tous les ligneux ayant plusieurs troncs sont considérés comme un seul individu lors de l'analyse des données. Concernant les non ligneux et les ligneux dont le dbh $< 2,5$ cm, ils sont uniquement dénombrés et pris en compte pour compléter la liste floristique.



Figure 7 : Mesures de la circonférence des ligneux dans les cacaoyères

(Photo ZIGBE, 2021)

II.2.2 Analyse et traitement des données

II.2.2.1. Détermination de la typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

Afin d'identifier des groupes homogènes pour classer les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers, trois méthodes statistiques complémentaires ont été utilisées. Il s'agit de l'Analyse Factorielle Multiple (AFM), la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et l'Analyse de variance (ANOVA). La véritable raison de la mise en place de cette typologie est d'associer dans une même classe les plantations ayant des ressemblances au niveau de la structure, la composition de la flore etc.

II.2.2.2. Analyse factorielle multiple

L'Analyse Factorielle Multiple (AFM) est une méthode d'ordination utilisée lorsque les variables utilisées sont formées de sous-groupe (Pagès, 2002). Le but de l'analyse est de mettre ensemble l'information contenue à l'intérieur d'un grand nombre de variables en un ensemble restreint de nouvelles dimensions composites tout en assurant une perte minimale d'informations (Bouxin, 2011). Pour réaliser l'AFM, deux catégories de variable ont été utilisées. Ce sont les variables actives et les variables illustratives. Concernant les variables actives, elles sont au nombre de douze (12) et sont composées de la richesse floristique, des types morphologiques, la hauteur moyenne des cacaoyers, la densité des cacaoyers en production, l'âge moyen des cacaoyers, la densité des bananiers, la densité des palmiers, la densité des anacardiens en production, la densité des caféiers en production, la densité des cacaoyers jeunes, la densité des anacardiens jeunes, la densité des caféiers jeunes, la densité des autres arbres associés et les strates.

Concernant les variables illustratives, ce sont des variables complémentaires que nous avons utilisés comme variables explicatives. Elles sont au nombre de sept (7) : l'affinité chorologique des espèces associées aux cacaoyers, la localité, le nom du propriétaire, l'aire basale des cacaoyers, l'aire basale des caféiers, l'aire basale des anacardiens et l'origine des cacaoculteurs. L'AFM permet d'équilibrer l'influence des différents groupes car lorsqu'un groupe présente de nombreuses variables, il influencera dans une analyse globale, plus d'axes qu'un autre présentant peu de variables (Pagès, 2002). Les nouvelles coordonnées issues de cette analyse vont nous permettre de construire les groupes homogènes grâce aux méthodes de classifications.

II.2.2.3. Classification Ascendante Hiérarchique

La classification est une méthode d'analyse de données qui vise à regrouper en classes homogènes un ensemble d'observations et de relevées (Jain *et al.*, 1999).

Dans notre étude la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été utilisée. Elle consiste à générer un ensemble en sous-ensemble de moins en moins fines obtenues par regroupement successif de variables.

II.2.2.4. Analyse de variance

L'analyse de variance (ANOVA) a été utilisée pour comparer les moyennes des paramètres calculés des différents groupes de SAF. L'ANOVA compare la variance intragroupe à la variance intergroupe. Il s'agit d'une analyse paramétrique, c'est-à-dire que l'on considère que la variable mesurée a une distribution normale. Le but de l'analyse est d'établir si les moyennes des valeurs mesurées dans différents groupes, sont significativement différentes. Chaque fois que la probabilité calculée était significative, le test de Tukey a été effectué afin de comparer deux à deux les moyennes et apprécier les différences significatives qui existent entre celles-ci. Le niveau de significativité choisi pour ces analyses, est de 5% ($P = 0,05$). Toutes ces analyses ont été réalisées à l'aide du Package FactoMineR du logiciel R.

II.2.2.5. Richesse floristique

La richesse floristique d'une parcelle est le nombre d'espèces recensées à l'intérieur des limites de celle-ci (Aké-Assi, 1984). Cela consiste à recenser toutes les espèces présentes dans chaque placette sans tenir compte de leur abondance afin de les regrouper au sein d'une liste globale. La nomenclature des espèces floristiques inventoriées a suivi celle de Cronquist (1998). Les noms des espèces ont été vérifiés grâce à des documents de références telles que la flore de la Côte d'Ivoire d'Aké Assi (2001-2002).

II.2.2.6. Densité des espèces

La densité (d) désigne le nombre d'individus par unité de surface (Rollet, 1979). Elle traduit l'occupation du sol par les individus. Elle a été calculée pour chaque type de SAF grâce à la formule de l'équation 1 :

$$d = \frac{n}{s} \quad (\text{Equation 1})$$

Dans la formule ci-dessus, n = nombre de tiges recensées et s : surface totale exprimée en hectare (ha).

II.3. Détermination de la diversité floristique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

II.3.1. Diversité de la flore

La diversité spécifique a été évaluée grâce au calcul des indices de diversités de Shannon (1948) et d'équitabilité de Piélu (1966).

II.3.2. Indice de diversité de Shannon

L'indice de diversité de Shannon mesure la composition en espèce d'un peuplement en tenant compte de la richesse spécifique et de leur abondance relative. Il est donné par l'expression de l'équation 2.

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad (\text{Equation 2})$$

Dans cette formule, H' désigne l'indice de Shannon, n_i le nombre d'individus d'une espèce i et N le nombre total 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). Lorsque le peuplement est composé d'une seule espèce, il est égal à 0, contrairement pour une flore présentant une grande diversité, il tend vers $\ln S$.

II.3.3. Indice d'équitabilité de Piélu

L'indice d'équitabilité de Piélu décrit la répartition des effectifs des individus entre les différentes espèces d'un peuplement (Wala *et al.*, 2005). Il est déterminé par l'expression équation 2.

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (\text{Equation 3})$$

E représente l'indice d'équitable ; H est l'indice de diversité de Shannon et S désigne le nombre total d'espèces.

Cet indice qui varie de 0 à 1 a pour rôle d'évaluer la répartition des individus entre les espèces dans le milieu. Ainsi, lorsqu'il tend vers 0, on parle de dominance d'une espèce sur les autres. Si E tend vers 1 la répartition des individus entre les espèces est équitable (Wala *et al.*, 2005).

II.3.4. Diversité structurale des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

La mesure de la diversité structurale a concerné la structure horizontale et verticale de la végétation. Elle exprime l'agencement et la répartition des individus suivant les plans horizontaux et verticaux. La structure horizontale est obtenue à travers de nombreux paramètres dont la densité (Oulaitar, 2018). La structure verticale a été établie à travers la répartition des individus dans les classes de hauteur suivantes :]0-3,5m] ;]3,5-6m] et > 6m pour les cacaoyers et]0-4 m] ;]4-8 m] ;]8-16 m] et >16m pour les arbres associés aux cacaoyers .en se référant des travaux de Bakayoko (1999).

II.4. Estimation du taux de carbone séquestré par les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

La méthodologie d'estimation du carbone séquestré a été basée sur les recommandations faites par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, 2003). Cette méthodologie consiste à déterminer le taux de carbone séquestré en multipliant la biomasse par une fraction de carbone puisque les plantes accumulent le dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique dans leurs constituants cellulaires (Tufekcioglu *et al.*, 2003 ; Sharrow & Ismail, 2004). En outre, les biomasses aérienne, souterraine et totale sont estimées par unité de surface puis converties en carbone aérien, souterrain et total.

II.4.1. Estimation de la biomasse aérienne

Pour estimer la biomasse aérienne, plusieurs méthodes sont adoptées, à savoir la méthode non destructive et la méthode destructive (Gibbs *et al.*, 2007). Du moment où le cacao est la source de revenu des paysans de la localité et du fait que l'abattage d'un arbre requiert une autorisation de l'administration forestière, nous avons adopté la méthode non destructive. Les travaux de Réjou *et al.* (2017), qui ont permis de mettre en place le package « Biomass » inclut dans le logiciel R/Rstudio, nous ont permis d'estimer la biomasse aérienne de nos différents SAF. Le Package « biomass » exécute un certain nombre de tâches standard à savoir l'identification et 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. Avec ce package, nous avons calculé la biomasse aérienne à l'aide de l'équation de Chave *et al* (2014) :

$$\text{AGB} = 0,0673 * (\rho * \text{DHP} * \text{H})^{0.976} \quad (\text{Equation 4})$$

ρ = Densité spécifique de l'espèce (g/cm^3) ; DHP = Diamètre à 130 cm du sol pour les autres ligneux et à 30 cm du sol pour les cacaoyers ; H = hauteur totale d'un arbre (m).

II.4.2. Estimation de la biomasse souterraine

L'estimation de la biomasse souterraine ou Belowground Biomass (BGB) a été faite selon la méthode adoptée par le GIEC (2003). En effet, l'équivalence en biomasse souterraine (BGB) est obtenue en multipliant la valeur de la biomasse aérienne (AGB) par un coefficient R (Root to shoot ratio) dont la valeur est estimée à 0,24 (GIEC, 2006).

$$\text{BGB} = 0,24 * \text{ABG} \quad \text{Equation 5}$$

II. 4.3. Estimation de la biomasse totale

La biomasse totale (BT) est obtenue en additionnant la biomasse aérienne (AGB) et de la biomasse souterraine (BGB) (Gueulou *et al.*, 2020). Son unité de mesure est le kg.

$$\text{BT} = \text{AGB} + \text{BGB} \quad (\text{Equation 6})$$

II.4.4. Estimation du taux de carbone séquestré

Par convention, la valeur de 0,5 est utilisée pour la teneur en carbone bois (GIEC, 2003 ; 2006). Ainsi, les biomasses aérienne (AGB), souterraine (BGB) et totale (BT) sont converties en carbone aérien (Ca), souterrain (Cs) et total (CT) séquestré en les multipliant par 0,5. Cette méthode a été déjà utilisée par Ouedraogo *et al.* (2019)

$$\text{Ca} = \text{AGB} * 0,5 \quad (\text{Equation 7})$$

$$\text{Cs} = \text{BGB} * 0,5 \quad (\text{Equation 8})$$

$$\text{CT} = \text{BT} * 0,5 \quad (\text{Equation 9})$$

II.4.5. Estimation du dioxyde de carbone atmosphérique séquestré

Après l'estimation de la quantité de carbone total contenu dans un arbre, le taux de CO_2 correspondant a été estimé. Le CO_2 séquestré est obtenu en faisant intervenir le rapport des masses molaires du carbone et du CO_2 .

Soit $MmCO_2 = M_C + 2 \times M_{CO} = 12 + 2 \times (16) = 44 \text{g/mol}$

Mm_{CO_2} est la masse molaire du CO_2 ; M_C est la masse molaire du carbone et M_o est la masse molaire de l'oxygène. Ensuite, le rapport de combinaison du carbone (C) au Dioxygène (O_2) a été estimé par le rapport suivant : Mm_{CO_2}/M_c qui nous donne $44/12 \approx 3,6$

Le stock de CO_2 atmosphérique séquestré par la biomasse totale à l'intérieur des différents SAF a été estimé en multipliant le stock de carbone issu de la biomasse par 3,67 (Somarriba *et al.*, 2013).

$$CO_2 = C_t * 3,67 \quad (\text{Equation 10})$$

II.4.6. Valeur monétaire des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

La monétaire correspond à la valeur sur le marché déduit du stock de carbone séquestré par les SAF dans le cadre de notre étude. Cette valeur susceptible d'être générée en cas de paiement pour les Services Ecosystémiques (PSE) aux systèmes agroforestiers à travers la séquestration du CO_2 atmosphérique peut avoir une équivalence économique ou monétaire d'après les marchés réglementés. Nous avons opté pour les prix des marchés de MDP, des marchés volontaires et de la REDD+. Le prix moyen de vente du crédit forestier est de 1968 franc CFA/teq CO_2 pour le MDP, 3084 franc CFA/teq CO_2 pour les marchés volontaires (Chenost *et al.*, 2010) et 9184 franc CFA/teq CO_2 (valeur forte) pour la REDD+ (Boulier & Simon, 2010).

II.5. Détermination de la relation entre la diversité structurale et le taux de carbone séquestré par les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.

A ce niveau, il s'agissait essentiellement d'évaluer le taux de carbone en fonction des classes d'âges, des classes des diamètres et des classes de hauteurs.

En effet, cela nous permettra de comprendre l'influence de l'âge, de la hauteur et du diamètre sur la quantité de biomasse et du taux de carbone des ligneux de l'ensemble des SAF.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats

III.1.1. Typologie des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité de Bonon

III.1.1.1. Relation entre les variables utilisées

En vue de décrire les relations entre les variables utilisées pour distinguer les groupes de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sur la base de la description des pratiques agricoles existantes dans la cacaoculture, une Analyse Factorielle Multiple (AFM) a été réalisée (Figure 8). Les deux premiers axes de l'AFM appliquée aux parcelles inventoriées restituent 36,23 % de la variance des relations entre les caractéristiques floristiques des plantations. Après l'examen du plan factoriel des caractéristiques floristiques, celui-ci oppose les différents qu'il classe suivant les côtés positif et négatif des axes

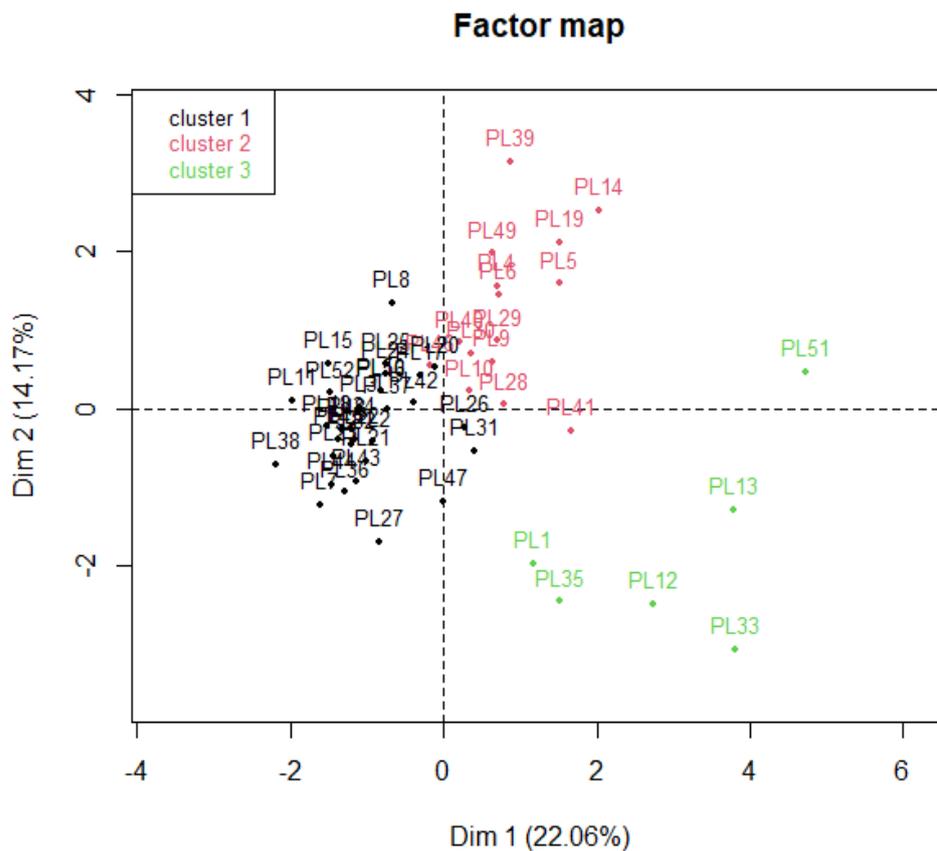


Figure 8: Carte factorielle des plantations

Résultats et discussion

L'analyse du premier plan factoriel des variables met en évidence un axe 1 qui est caractérisé par les groupes de variables tels que le type morphologique (27,83), densité des espèces associées (28,79), et les strates (27,98). Un axe 2, où les plantations sont caractérisées par les types morphologiques (20,69), la densité des espèces associées (29,53), les strates (20,72) et la richesse floristique (25,35) (Tableau I)

Tableau I : Valeurs propres et contribution des groupes de variables

	Axe_1	Axe_2	Axe_3	Axe_4	Axe_5
Valeur propre	2,28	2,08	1,62	1,23	1,14
Pourcentage d'inertie	24,24	13,14	10,92	8,27	7,7
Pourcentage cumulé d'inertie	24,24	37,38	48,3	56,57	64,27
Contribution des groupes de variable utilisés					
Richesse floristique	7,69	25,35	2,87	0,19	0,53
Type morphologique	27,83	20,69	5,74	28,88	8,83
Densité espèces associées	28,79	29,53	26,81	36,6	1,74
Densité des cacaoyers	7,65	2,32	18,96	4,25	16,75
Hauteur moyenne cacaoyers	0	0,85	24,02	13,03	0,33
Strate	27,98	20,72	7,02	14,76	31,52
Âge moyen des cacaoyers	0,06	0,53	14,56	2,29	40,31

III.1.1.2. Regroupement des parcelles

La classification ascendante hiérarchique (CAH) réalisée sur les coordonnées des axes factoriels de l'AFM, a permis de distinguer trois (3) groupes de SAF à partir des 52 plantations analysées (Figure 9). Sur les 19 variables utilisées dans les analyses, onze (11) ont permis de décrire les différents groupes de SAF. Les huit (8) autres variables n'ont pas pu influencer significativement le regroupement des plantations. Il s'agit, des variables suivantes : les, Géophyte, l'âge moyen des cacaoyers, la strate (16 à 32 m) la hauteur moyenne des cacaoyers, la densité des palmiers, la densité des anacardiens non en production (jeunes), densité de banane et la densité des cacaoyers en non production (jeunes).

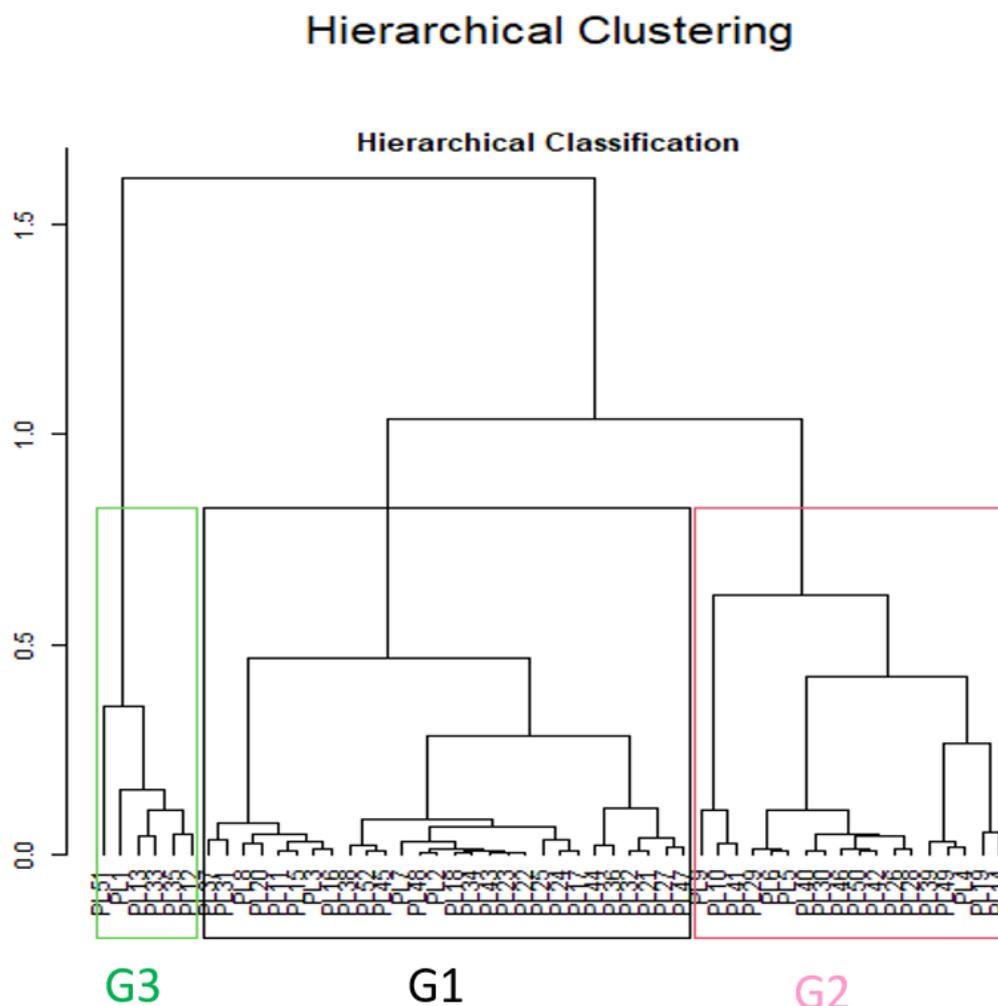


Figure 9 : Classification Ascendante Hiérarchique des cacaoyères de la localité

G 3 = groupe 3, G 1 = groupe 1, G 2 = groupe 2

III.1.1.3. Description des groupes de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

Le Groupe 1 (système agroforestier 1) représente 61,53 % des plantations prospectées. Il rassemble les plantations ayant de forte densité de cacaoyers en production (734,4 tiges/ha) avec un faible nombre d'arbres associés aux cacaoyers (Tableau II). En effet, la richesse floristique moyenne est de 4,6 espèces. Par ailleurs, l'âge moyen de ce groupe de plantations est de 17,4 ans avec une hauteur moyenne de 5,3 m.

Le second groupe (système agroforestier 2) représente 26,53 % des plantations. C'est une association de cacaoyers avec quelques arbres dont la plupart ont généralement de grande taille. La densité moyenne des cacaoyers en production est (651,5 tiges/ha) avec une richesse floristique moyenne de 8,6 espèces par plantation (Tableau II). Aussi, l'âge moyen des cacaoyers est de 24,5 ans avec une hauteur moyenne de 6,6 m.

Le troisième et dernier groupe (système agroforestier 3) représente 11,54 % de l'ensemble des plantations. Ce sont des plantations dans lesquelles, outre les cacaoyers, on trouve en majorité des cultures pérennes telles que les caféiers et les anacardiens en production. La densité moyenne de cacaoyers en production est estimée à 401,9 tiges/ha. En effet, les cultures pérennes associées aux cacaoyers sont dominées par les caféiers en production, en moyenne 160 tiges/ha puis les anacardiens en production, en moyennent 117 tiges/ha. En ce qui concerne la richesse floristique moyenne, elle est de 6,8 espèces par plantations (Tableau II). Par ailleurs ; l'âge moyen des cacaoyers est de 12 ans avec une hauteur moyenne de 6,7 m

Résultats et discussion

Tableau II : Valeurs moyennes des indices floristiques et des paramètres structuraux des groupes de relevés issus de la classification hiérarchique ascendante

Groupe	Variable	G1	G2	G3	Test statistique
Diversité floristique	Richesse	4,6 ^a	8,6 ^b	6,8 ^b	29,2***
Cacaoyers	d_cacao_prod (ind/ha)	734,4 ^b	651,5 ^{ab}	401,9 ^a	4,4*
	d_cacao_non prod. (ind/ha)	154,9 ^a	231,7 ^a	214,5 ^a	0,7NS
	Age_cacao	17,4 ^a	24,5 ^a	12,0 ^a	2,5NS
	Hauteur moyen_cacao(m)	5,3 ^a	6,6 ^a	6,7 ^a	2,8NS
Densité des Cultures pérennes (ind/ha)	d_ana_non prod	16,5 ^a	50,3 ^a	14,5 ^a	1,6NS
	d_ana_Prod	19,3 ^a	35,4 ^a	117,8 ^b	13,3***
	d_café_pro	7,4 ^a	30,3 ^a	160,3 ^b	29,4***
	d_café_non pro	4,0 ^a	11,4 ^a	120,5 ^b	24,4***
Densité des autres plantes (ind/ha)	d_Palm	2,1 ^a	5,6 ^a	7,2 ^a	4,1NS
	d_Bana	27,9 ^a	33,5 ^a	31,3 ^a	0,4NS
	d_esp_fores.	19,1 ^a	48,9 ^b	16,8 ^a	16,7***
Type morphologique	Geophyte	5,0 ^a	6,1 ^a	10,0 ^a	0,2NS
	Arbre	1,5 ^a	5,1 ^b	3,2 ^{ab}	16,7***
	Arbuste	8,4 ^a	18,5 ^a	87,7 ^b	60,9***
Strate	H < 4	2,7 ^a	8,6 ^a	31,5 ^b	11,2***
	H (4 à 8 m)	3,1 ^a	5,1 ^a	40,0 ^b	36,8***
	H (8 à 16 m)	1,9 ^a	5,6 ^b	8,0 ^b	14,9***
	H (16 à 32 m)	0,03 ^a	0,2 ^a	0,0 ^a	2,7NS
Origine	Autochtone	10	6	5	
	Allochtone	19	6	1	
	Allogène	3	2	0	

NS : non significative, *Pour chaque ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p. c. Seuil de signification des tests statistiques : * < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, d : densité, d_cacao_pro : densité de cacao en production, Hmoy_cacao : Hauteur moyenne cacao, d_ana_Prod : densité anacarde en production, d_ana_non_pro : densité anacarde en non production, d_café_prod : densité café en production, d_café_non_prod : densité café en non production.

III.1.2. Diversité floristique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

III.1.2.1. Richesse floristique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

Les inventaires ont permis de recenser 8886 individus dans les systèmes agroforestiers, dont 7386 cacaoyers et 1500 individus associés aux cacaoyers. Ces 1500 individus sont repartis

en 41 espèces, 34 genres et 24 familles (Tableau III). On observe une faible variation du nombre d'espèces associées aux cacaoyers entre les groupes de SAF. Le groupe 1 enregistre le plus grand nombre d'espèces végétales (30 espèces) réparties en 24 genres et 19 familles. Les cacaoyères du groupe 2 enregistrent le plus petit nombre d'espèces avec 24 espèces réparties en 25 genres et 16 familles.

Tableau III : Richesse spécifique en fonction des systèmes agroforestiers

Groupes	Nbr ind	P.ind (%)	Nbr esp	P.esp (%)	NbrG	P.G (%)	Nbr.F	P.F (%)
G1	696	46,4	30	37,5	24	35,3	19	36,5
G2	408	27,2	24	30	25	36,8	16	30,8
G3	396	26,4	26	32,5	19	27,9	17	32,7

G 1= groupe 1 ; G 2 = groupe 2 ; G 3 = groupe 3 ; Nbr ind = nombre d'individus ; P.ind = proportion des individus ; P.esp = proportion des espèces ; NbrG = nombre de genres ; P G = proportion des genres ; Nbr.F = nombre de familles ; P F= proportion des familles

III.1.2.2. Abondance des genres et des familles

III.1.2.2.1. Abondance des genres

Dans le groupe 1, les genres les plus abondants sont respectivement *Anacardium* (26 %), *Musa* (24,1 %) et *Coffea* (23,2 %). *Coffea* (37,5 %), *Anacardium* (26,60 %) et *Musa* (14,5 %) sont les plus représentés dans le groupe 2 et *Coffea* (35,6 %), *Anacardium* (28,3 %) et *Musa* (19,9 %) le sont pour le groupe 3 (Tableau IV).

Tableau IV : Abondance des genres en fonction des systèmes agroforestiers

	<i>Anacardium</i>	<i>Coffea</i>	<i>Musa</i>	<i>Autres</i>
G 1	26 %	23,20 %	24,10 %	26,70 %
G 2	26,60 %	37,50 %	14,50 %	21,40 %
G 3	28,30 %	35,60 %	19,90 %	16,20 %

III.1.2.2.2. Abondance des familles

Le tableau ci-dessous montre une dominance respective des familles des Anacardiaceae, Rubiaceae, Musaceae et Moraceae pour chacun des groupes de SAF. Le groupe 1 est dominé respectivement par les Anacardiaceae (29 %), Musaceae (24,1 %) et Rubiaceae (23,9 %). Quant au groupe 2, il est dominé par les Anacardiaceae (29,4 %), Moraceae (37,7 %) et Musaceae

(14,5 %). Enfin, le dernier groupe a une forte dominance en Rubiaceae (36,4 %), Anacardiaceae (28,5 %) et Musaceae (20 %) (Tableau V).

Tableau V : Abondance des familles en fonction des systèmes agroforestiers

	Anacardiaceae	Musaceae	Rubiaceae	Autres
G 1	29,0 %	24,1 %	23,9 %	23,0 %
G 2	29,4 %	37,7 %	14,5 %	18,4 %
G 3	28,5 %	20,0 %	36,4 %	15,1 %

III.1.2.3. Diversité spécifique

Les paramètres de diversité varient d'un système agroforestier à l'autre (Tableau VI). Les valeurs de l'indice de Shannon oscillent entre 0,71 et 1,08 et celles d'Équitabilité varient entre 0,20 et 0,33. L'indice de Shannon calculé montre que le groupe 3 est le plus diversifié (1,08). Quant à l'indice d'Équitabilité de Pielou, il indique que dans tous les groupes, les espèces ne sont pas équitablement réparties. Cependant, lorsqu'on compare les groupes entre eux, les espèces présentes dans le groupe 3 sont les mieux équitablement réparties (0,33). À l'opposé, les indices d'Équitabilité observés dans le groupe 1 (0,2) et le groupe 2 (0,24) montrent que ses groupes se caractérisent par la dominance de certaines espèces.

Tableau VI : Indices de diversité calculés dans les types de systèmes agroforestiers

	SAF	Shannon	Équitabilité
Groupe 1		0,71	0,20
Groupe 2		0,81	0,24
Groupe 3		1,08	0,33

III.1.2.4. Diversité structurale des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

III.1.2.4. 1. Classe des hauteurs

La répartition des individus par classe de hauteur indique que la grande partie de la flore cacaoyère est comprise entre l'intervalle] 3,5- 6 m] dans tous les groupes (Figure 10). Le groupe 1 contient 90,15% des individus ensuite vient le groupe 3 avec 90,15 % des individus enfin le groupe 2 qui enregistre 89,81 %. En ce qui concerne les cacaoyers dont la hauteur > 6 m, seuls

les groupes 1 et 2 en contiennent avec les valeurs respectives de 9,78% (groupe 1) et 10,82% (groupe2). Enfin dans l'intervalle] 0-3,5 m] les cacaoyers sont peu représentés dans tous les SAF, mais dominés par le groupe 3 avec 10,19 % de représentativité. Par ailleurs, le groupe 1 enregistre la plus faible quantité de cacaoyers dans cet intervalle (0,07%).

Parlant des arbres associés aux cacaoyers, ils sont au nombre de 1500. Ces arbres sont situés en dessous de la strate cacaoyère (les troncs d'arbres en reprise et les arbrisseaux) et au-dessus (arbustes et arbres) (Figure 11). On constate qu'un grand nombre d'arbres se trouve dans l'intervalle] 4-8 m] et le groupe 3 enregistre la plus grande quantité d'arbres avec 55,6 % de représentativité, suivi du groupe1 (37,1 %). Considérant l'intervalle] 0-4 m] , le groupe 1 enregistre la plus grande proportion des individus. Ce groupe contient 50,3 % des individus ayant pour hauteur incluse dans cet intervalle.

Pour ce qui est la classe de hauteur] 8-16 m], elle contient généralement les arbres de taille moyenne, constitués à la fois des arbres fruitiers introduits et les arbres forestiers. On peut citer entre autres, *Persea americana*, *Mangifera indica*, *Cola nitida*, *Artocarpus altilis*, *Coco nucifera*, *Albizia zygia* etc. Ces arbres se présentent dans chaque groupe mais dominés par le groupe 1 (24,3 %). Dans la dernière classe de hauteur (hauteur >16 m), seulement les groupes 2 et 3 contiennent quelques individus qui ont une hauteur supérieur à 16 m avec 0,07% de représentativité dans chacun de ces groupes. Ce sont généralement les arbres forestiers et principalement ceux conservés depuis la création de la plantation comme : *Ceiba pentandra*, *Terminalia ivoirensis*, *Terminalia superba*, *Triplochiton scleroxylon*, *Ficus exasperata*.

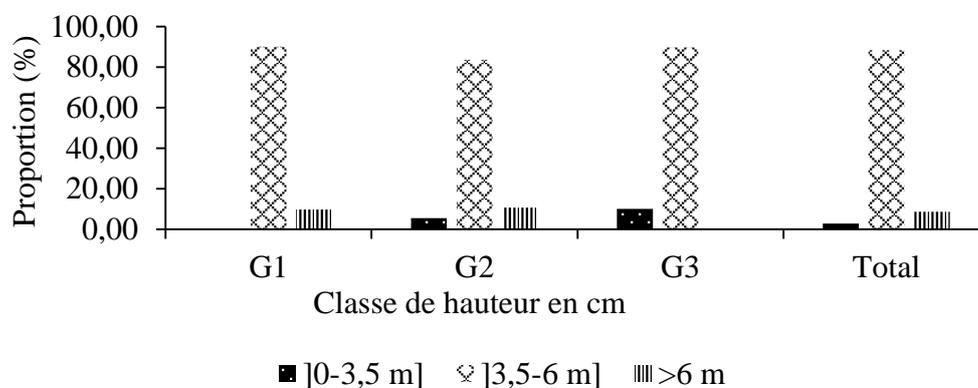


Figure 10 : Classes des hauteurs des cacaoyers en fonction des systèmes agroforestiers

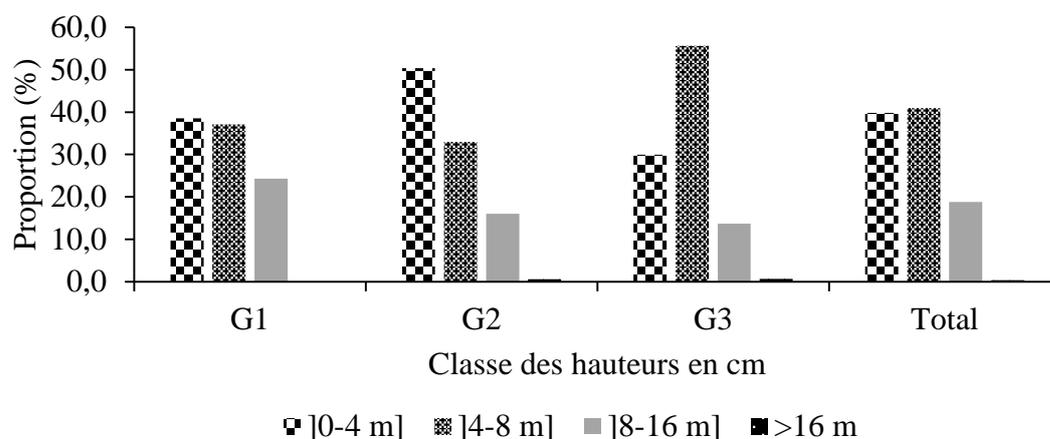


Figure 11 : Classes des hauteurs des arbres associés aux cacaoyers en fonction des systèmes agroforestiers

III.1.2.4.2. Structure diamétrique

Les tiges de cacaoyers issues des placettes sont caractérisées par des individus de diamètres moyens et varient en fonction des pratiques paysannes (Figure 12). Seules les classes de diamètres [2,5-10 cm] et]10 -20 cm] enregistrent plus de tiges de cacaoyers dans les groupes. Cependant, les groupes 2 et 3 enregistrent plus de cacaoyers dans la classe de diamètre [2,5-10 cm] avec des valeurs respectives de 61,4 % (groupe 2) et 71,5 % (groupe 3) et 47,3 % pour le groupe 1. Dans l'intervalle]10 à 20] cm le groupe 1 domine avec 30,8% de représentativité suivi du groupe 2 avec 24,8 % et enfin le groupe 3 avec 21,4 % des tiges. Les autres classes de diamètres élevées contiennent moins de cacaoyers. Il s'agit des cacaoyers maintenus pendant la phase de régénération.

Concernant la flore associée aux cacaoyers, l'histogramme de leur distribution présente une forme en 'j renversé' (Figure 13). Quand on passe d'une classe de diamètre à une autre, la proportion des arbres diminue progressivement. La plupart des arbres ont un diamètre compris entre 2,5 et 10 cm dans le groupe 3 (67,6 %) des tiges. Contrairement le groupes 1 et 2, ils regorgent plus d'individus entre 10 et 20 cm, soit 57,9 % pour le groupe 2 et 49,4 % pour le groupe 1. Pour les autres classes de diamètre, on a une très faible proportion des individus surtout ceux ayant un diamètre >50 cm.

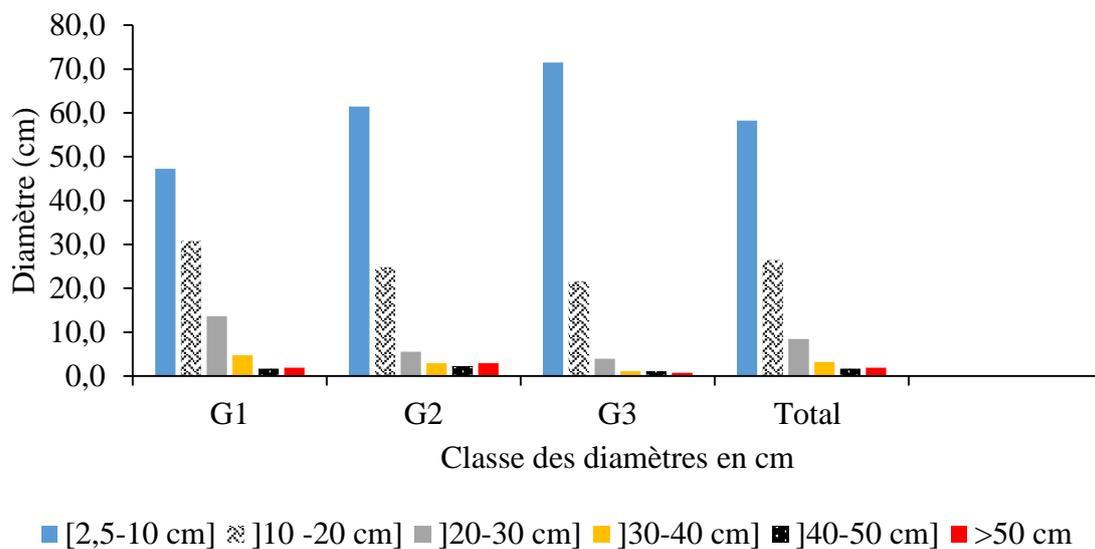


Figure 12 : Distribution des cacaoyers par classe de diamètres en fonction des systèmes agroforestiers

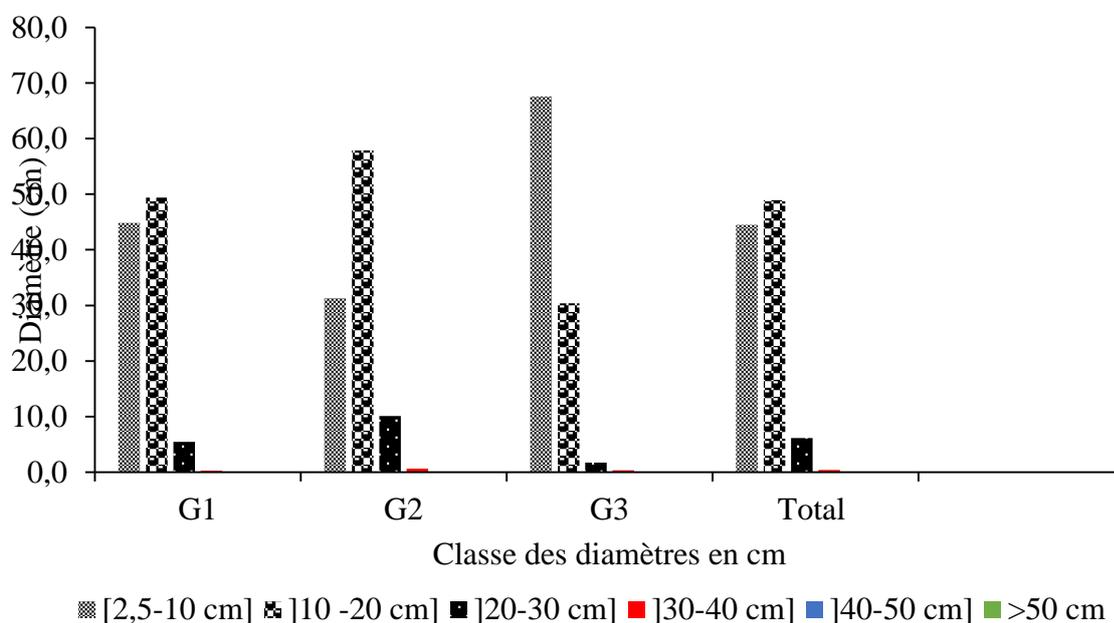


Figure 13 : Distribution par classe de diamètre des arbres associés aux cacaoyers en fonction des systèmes agroforestiers

III.1.3. Biomasse et taux de carbone séquestré en fonction des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers

III.1.3.1. Biomasse et taux de carbone total séquestré

La valeur moyenne de la biomasse des cacaoyers et des arbres associés dans les trois groupes de SAF est estimée à 23,08 tMS/ha (Tableau VII). La biomasse des individus du groupe 2 est plus importante avec 30,48 tMS/ha suivi du groupe 1 avec 22,71 tMS/ha. La biomasse du groupe 3 est la plus faible avec une valeur de 16,06 tMS/ha.

Quant au taux moyen de carbone séquestré par les différents groupes de SAF, il s'élève à 11,54 tC/ha. Les parcelles du groupe 2 présentent la plus grande biomasse donc plus riche naturellement en carbone (15,24 tC/ha). Elles sont suivies des parcelles du groupe 1 avec 11,36 tMS/ha. Les plantations du groupe 3 séquestrent le plus faible taux de carbone avec une valeur de 8,03 tC/ha. D'un groupe de SAF à l'autre, les différences observées entre les valeurs moyennes de biomasse sont significatives ($F=13,106$; $p\text{-value} = 0.00000213$).

Tableau VII : Biomasse et taux de carbone total en fonction des systèmes agroforestiers

Groupes	Individus	BT (tMS/ha)	CT (tC/ha)
G1	4642	22,71 ^b	11,36 ^b
G2	2163	30,48 ^c	15,24 ^a
G3	1268	16,06 ^a	8,03 ^c
Total	8073	69,25	34,63

Sur une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0.05$, test de Tukey (HSD))

BT= biomasse totale ; CT = carbone totale ; G 1 = Groupe 1 ; G 2= Groupe 2 ; G 3= Groupe 3

III.1.3.2. Valeur monétaire liée au carbone

Les taux moyens de carbone séquestrés en fonction des SAF ont été convertis en valeur monétaire en traduisant d'abord le taux de carbone en tonne de CO₂ équivalente telle que préconise le marché de carbone (Tableau VIII). En cas de paiement des services environnementaux dans les SAF, le cout financier oscille entre 249 530 francs CFA/ha et 1 167 216 francs CFA/ha en fonction des marchés considérés. La plus grande valeur monétaire est obtenue à partir du marché REDD+ qui engendre en moyenne 1 167 215 francs CFA/ha.

Résultats et discussion

Tableau VIII : Valeur monétaire des systèmes agroforestiers en fonction des marchés

Groupes	CO2 (tCO2 /ha)	Prix carbone MDP (Fcfa)	Prix C marché volontaire (Fcfa)	Prix carbone REDD+ (Fcfa)
G1	41,69	81 390	128 544	382 895
G2	55,93	110 143	172 443	513 668
G3	29,47	57.997	90 863	270 653
Total	127,09	249530	391 850	1 167 216

G 1 = groupe 1 ; G 2 = groupe 2 ; G 3 = groupe 3

III.1.3.3. Biomasse et taux de carbone séquestré par les cacaoyers en fonction des systèmes agroforestiers

L'estimation de biomasse moyenne des cacaoyers dans l'ensemble des trois groupes de SAF à base de cacaoyers s'élève à 14,003 tMS/ha (Tableau IX). La biomasse des cacaoyers varie de 8,32 tMS/ha à 19,39 tMS/ha. La biomasse la plus élevée est obtenue dans le groupe 2 suivi du groupe 1 avec les valeurs respectives de 19,39 tMS/ha et 14,32 tMS/ha. Cependant le groupe 3 reste le SAF qui enregistre moins de biomasse (8,32 tMS/ha).

Concernant le carbone moyen séquestré dans les SAF, il est de 7,003tC/ha. Les taux de carbone séquestré sont plus élevés dans le groupe 2 (9,39tC/ha) et le groupe 1 (7,16 tC/ha), puis le plus faible taux de carbone est séquestré dans le groupe 3 avec 4,16 tC/ha. Les différences observées entre les valeurs moyennes sont significatives ($F = 136,4$; $P = 0,000$).

Tableau IX : Biomasse et taux de carbone séquestré par les cacaoyers en fonction des systèmes agroforestiers

Groupes	Individus	Biomasse (tMS/ha)	Carbone (tC/ha)
G1	4223	14,3 ^b	7,16 ^b
G2	1857	19,39 ^c	9,69 ^c
G3	991	8,32 ^a	4,16 ^a
Total	7071	42,01	21,01

Sur une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0.05$, test de Tukey (HSD))

G 1= groupe 1 ; G 2= groupe 2 ; G 3= groupe 3

III.1.3.4. Biomasse et carbone séquestré par les ligneux associés aux cacaoyers en fonction des systèmes agroforestiers

Dans les plantations, la valeur moyenne calculée de biomasse issue des ligneux associés aux cacaoyers est de 16,73 tMS/ha (Tableau X), dont 13,64 tMS/ha pour les arbres forestiers et 3,09 tMS/ha issues des cultures pérennes. En considérant les différents types de ligneux, la biomasse est plus élevée chez les espèces forestières qui enregistrent 40,28 tMS/ha. A l'inverse, la plus basse concerne les arbres introduits dans les plantations avec 9,28 tMS/ha.

Au niveau du carbone épigé, les espèces ligneuses associées aux cacaoyers séquestrent en moyenne 8,361 tC/ha dont 6,82 tC/ha pour les arbres forestiers et 1,54 tC/ha pour les cultures pérennes associées aux cacaoyers. Le groupe 1 détient la plus grande teneur en carbone (11,07 tC/ha), suivi par le groupe 2 avec 9 tC/ha. Le groupe 3 ayant la plus faible biomasse séquestre naturellement la plus petite quantité de carbone avec une valeur de 5,03 tC/ha. Le test de Turkey réalisé montre qu'au niveau des cultures pérennes, il existe une différence significative entre le taux de carbone séquestré dans le groupe 3 et le groupe 1 et entre le groupe 3 et le groupe 2. Cependant aucune différence significative n'est observée entre le taux de carbone séquestré dans le groupe 2 et le groupe 3 ($F = 10.26$; $p\text{-value} = 0.0000428$). Pour les autres arbres associés aux cacaoyers, aucune différence significative n'est observée entre les taux de carbone séquestrés dans les différents groupes. ($F = 4.10$, $p\text{-value} = 0.01868$)

Tableau X : Biomasse et taux de carbone séquestré des arbres associés en fonction des systèmes agroforestiers

Paramètres	Cultures pérennes		Arbres forestiers	
	Biomasse (tMS/ha)	Carbone (tC/ha)	Biomasse (tMS/ha)	Carbone (tC/ha)
G1	2,85 ^b	1,43 ^b	19,28 ^a	9,64 ^a
G2	3,35 ^a	1,67 ^a	14,67 ^a	7,33 ^a
G3	3,08 ^a	1,54 ^a	6,97 ^a	3,49 ^a

Sur une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0.05$, test de Tukey (HSD)).

G 1= groupe 1 ; G 2= groupe 2 ; G 3= groupe 3

III.1.4. Relation entre la diversité structurale des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers et le taux de carbone séquestré

III.1.4.1. Biomasse et taux de carbone en fonction des classes d'âges

Le tableau XI présente la biomasse et le carbone moyen piégés par les cacaoyers et les arbres associés en fonction des classes d'âges. Ainsi, la biomasse totale épigée est de 26,62 tMS/ha dont 13,77 tMS/ha pour les cacaoyers et 12,85 tMS/ha pour les arbres associés aux cacaoyers. Les plantations d'âges supérieurs à 25 ans et d'âges compris entre 15 et 25 ans, avec les valeurs respectives de 31,66 tMS/ha, 28,55 tMS/ha, possèdent les plus hautes biomasses. Les plus faibles biomasses sont obtenues dans les plantations ayant l'âge compris entre 3 et 5 ans (23,96 tMS/ha) et 5-15 ans (22,29 tMS/ha).

Concernant le carbone séquestré, les valeurs moyennent s'élève à 13,31 tC/ha dont 6,88 tC/ha pour cacaoyers et 6,43 tC/ha pour les arbres associés. En effet, le carbone séquestré est plus élevé dans les plantations dont l'âge est compris entre 15 et 25 ans (14,27 tC/ha) et supérieur à 25 ans (15,84 tC/ha). Cependant les faibles taux s'observent dans les plantations juvéniles qui ont l'âge compris entre 3 et 5 ans et 5 à 15 ans avec les valeurs respectives de 11,98 tC/ha et 11,15 tC/ha. Mais il n'y a aucune différence significative entre le taux de carbone séquestré par les classes d'âges, sauf entre le groupe 1 et le groupe 2 ($F = 78.52$, $p = 0,000$).

Tableau XI : Biomasse et taux de carbone des cacaoyers et des arbres associés en fonction des classes d'âges

Paramètres	B cac	B arb as	Total	Carb cac	Carb arb as	Total
] 3-5 ans]	8,52	15,44	23,96 ^a	4,26	7,72	11,98 ^a
] 5-15ans]	12,33	9,96	22,29 ^a	6,17	4,98	11,15 ^a
15-25ans]	16,65	11,9	28,55 ^b	8,32	5,95	14,27 ^b
>25 ans	17,57	14,09	31,66 ^c	8,79	7,05	15,84 ^c
Total	55,07	51,3	106,46	27,54	25,7	53,24

Sur une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0.05$, test de Tukey (HSD))

B cac=Biomasse des cacaoyers ; B arb as=Biomasse des arbres associés aux cacaoyers
Carb cac= Carbone des cacaoyers ;Carb arb as=Carbone des arbres associées aux cacaoyers.

III.1.4.2. Biomasse et du taux de carbone par classes de hauteur

En fonction de la classe des hauteurs, les cacaoyers emmagasinent en moyenne 11,4 tMS/ha équivalent à un taux de carbone de 5,7 tC/ha (Tableau XII). La biomasse et le taux de carbone sont plus élevées au sein de la strate des émergents supérieurs (>6 m et 6 m) avec les valeurs respectives de 14 tMS/ha et 17 tMS/ha. Ces valeurs de biomasse correspondent aux taux de carbone de 7 tC/ha et 8,7 tC/ha. La valeur la plus faible est observée dans la strate des plus jeunes plantations dont la hauteur moyenne est de 3,5 m avec une biomasse de 2,8 tMS/ha qui donne 1,4 tC/ha. D'une classe d'hauteur à une autre, les différences entre les valeurs moyennes de biomasse sont significatives ($F = 64.124$, $p\text{-value} = 0,000$).

Au niveau des arbres associés aux cacaoyers, ils emmagasinent en moyenne 5,22 tMS/ha soit 2,61 tC/ha (Tableau XIII). Les individus issus des intervalles] 8-16 m] et] 0-4 m] enregistrent les plus grandes biomasses avec 6,7 tMS/ha et 6,3 tMS/ha. Ces valeurs moyennes donnent des taux de carbone de 3,14 tC/ha et 3,15 tC/ha. La biomasse et taux de carbone les plus faibles sont observés au niveau des individus dont la hauteur est supérieure à 16m avec 2,9 tMS/ha équivalent à un taux de carbone de 1,45 tC/ha. La différence au sein d'une classe à l'autre est significative ($F = 34.38$, $p\text{-value} = 0.0000$).

Tableau XII : Biomasse et du taux de carbone par classes de hauteur des cacaoyers

Classe des hauteurs	Individus	Biomasse (tMS/ha)	Carbone (tC/ha)
] 0-3,5 m]	207	2,8 ^a	1,4 ^a
] 3,5-6 m]	6250	14 ^b	7 ^b
>6 m	614	17,4 ^c	8,7 ^c
Total	7071	34,2	17,1

Sur une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0.05$, test de Tukey (HSD))

Tableau XIII : Biomasse et du taux de carbone par classes de hauteur des arbres associés

Classe des hauteurs	Individus	Biomasse (tMS/ha)	Carbone (tC/ha)
] 0-4 m]	399	6,3 ^a	3,2 ^a
] 4-8 m]	410	5 ^a	2,5 ^a
] 8-16 m]	189	6,7 ^b	3,3 ^b
>16 m	4	2,9 ^c	1,4 ^c
Total	1003	20,9	10,4

Sur une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0.05$, test de Tukey (HSD))

III.1.4.3-Biomasse et du taux de carbone par classes de diamètre

Au niveau des classes de diamètre des cacaoyers, la valeur moyenne de la biomasse et du carbone est de 4,11 tMS/ha et 2,05 tC/ha. La valeur la plus élevée se retrouve au sein de la classe [10-20 m [avec 8,5 tMS/ha donnant 4,25 tC/ha. La biomasse la plus faible est obtenue au niveau de la classe [30-40 [avec une biomasse de 1,2 tMS/ha qui est égale à 0,6 tC/ha. Entre ces deux valeurs moyennes extrêmes, l'on observe des valeurs intermédiaires au sein des autres classes (Tableau XIV). D'une classe de diamètre à une autre, les différences entre les valeurs moyennes de biomasse sont significatives ($F = 130.45$; p -value = 0.00000).

En ce qui concerne la classe de diamètre des arbres associés, les valeurs moyennes de la biomasse et du carbone sont de 6,13 tMS/ha et 3,07 tC/ha (Tableau XV). Cependant les diamètres supérieurs à 50 cm ont la plus grande biomasse avec une valeur de 15 tMS/ha. Cette quantité de biomasse produit 7,5 tC/ha. La classe de diamètre de] 30-40 cm] contient la biomasse minimale (3,2 tMS/ha), équivalent à 1,6 tC/ha. D'une classe à une autre, les différences entre les valeurs moyennes de biomasse sont significatives ($F = 579.78$, p -value=0,0000)

Résultats et discussion

Tableau XIV : Biomasse et du taux de carbone par classes de diamètre des cacaoyers

Class de diamètre cacao	Individus	Biomasse tMS/ha	Carbone (tC/ha)
[2,5-10 cm]	3146	4 ^a	2,2 ^a
] 10 -20 cm]	3462	8,5 ^b	4,3 ^b
] 20-30 cm]	433	3,1 ^c	1,5 ^c
] 30-40 cm]	25	1,2 ^d	0,6 ^d
] 40-50 cm]	3	3,2 ^e	1,6 ^e
>50 cm	2	4,7 ^f	2,4 ^f
Total	7071	24,7	12,35

Sur une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0.05$, test de Tukey (HSD))

Tableau XV : Biomasse et taux de carbone par classes de diamètre des arbres associés.

Classes de diamètre des arbres associés	Individus	Biomasse (tMS/ha)	Carbone (tC/ha)
[2,5-10 cm]	584	6,1 ^a	3,1 ^a
] 10 -20 cm]	265	3,6 ^b	1,8 ^b
] 20-30 cm]	85	3,4 ^c	1,7 ^c
] 30-40 cm]	32	3,2 ^d	1,6 ^d
] 40-50 cm]	17	5,5 ^e	2,7 ^e
>50 cm	19	15 ^f	7,5 ^f
Total	1002	36,7	18,4

Sur une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0.05$, test de Tukey (HSD))

III.2. Discussion

L'analyse factorielle des correspondances a permis d'obtenir trois groupes de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers dans le département de Bonon. Celle-ci a révélé que le groupe 1 est attribué à des plantations dont la densité des cacaoyers en production est plus élevée avec une hauteur moyenne de 5,3 m et contient plus d'espèces que les deux autres du faite de la quantité de plantations qu'il contient, mais ayant une richesse moyenne faible. Le groupe 2 se caractérise par une densité moyennement élevée des cacaoyers en production avec une hauteur moyenne de 6,6 m mais les arbres autres que les cultures pérennes dominant comparativement

au groupe 3 où se sont les cultures de cafés et d'anacardes qui ont une densité élevée parmi les arbres associés aux cacaoyers. Pour ce dernier groupe, la hauteur moyenne des cacaoyers est de 6,7 m. L'ensemble de ces paramètres indiquent que le groupe 2 est le lieu actuel de la majorité des projets d'agrosystèmes cacao. Les structures du domaine agricole (CNRA, ICRAF et ANADER) conseillent aux cacaoculteurs d'associer des arbres (20 pieds/ ha) qui ont une croissance rapide dès le jeune âge du cacaoyer ou avant l'introduction du cacaoyer dans les parcelles (Assiri, 2010). Cela permet une grande densité des arbres donnant aux plantations, une structure généralement continue dans le temps et qui peut être confondue avec une forêt secondaire (Sonwa *et al.*, 2007). Aussi l'âge avancé de ces plantations fait qu'elles ne sont pas entretenues régulièrement permettant aux arbres de se développer. Le faible nombre de gros arbres dans le groupe 3 et le groupe 1 pourrait s'expliquer par le fait que les planteurs éliminent les grands arbres dans les parcelles cacaoyères pour limiter l'ombrage et laissent seulement quelques arbres fruitiers pour bénéficier des leurs fruits. En effet, les plantations adultes n'ont pas besoin d'ombrage pour bien produire dans la mesure où les rendements sont très élevés lorsque les cacaoyères sont exposées au soleil (Assiri *et al.*, 2009). Ainsi les planteurs introduisent de nombreux arbres fruitiers agricoles et des cultures pérennes dans les cacaoyères pour combler les espaces vides de la parcelle afin de diversifier leurs sources de revenus et compenser la faible productivité des plantations. Ce type de systèmes est propre au groupe 3.

Ensuite, l'inventaire floristique réalisé dans l'ensemble des 52 plantations a permis d'obtenir un total de 41 espèces associées aux cacaoyers. Certaines de ces espèces sont laissées pendant les défrichages ou introduites lorsque les plantations sont jeunes (âgées de 0 à 5 ans). Nos résultats sont similaires à ceux observés (45 espèces) dans les agroforêts à base de cacaoyers (AFC) au Cameroun dans la localité de Pendiki par Mbade (2012). Cependant, ils sont inférieurs à ceux obtenus par Laird *et al.* (2007) avec 59 espèces au Cameroun. Mais ils sont supérieurs ceux de (30 espèces) obtenus dans les AFC de plus de 40 ans du Centre du Cameroun par Jagoret *et al.* (2011).

En effet, dans la liste floristique obtenue, les espèces les plus abondantes dans les trois groupes de SAF sont essentiellement, *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Elaeis guineensis*, *Cola nitida*, *Anacardium occidentale*, *Coffea arabica*. L'absence ou la rareté de certaines espèces ainsi que les faibles valeurs des indices de diversités s'expliqueraient par le fait que la

mise en place de ces systèmes, a consisté d'abord, à abattre la quasi-totalité des espèces locales de sorte à ne garder que les espèces utiles qui accompagneront les cacaoyers dans leur croissance. Cette pratique se traduit par une faible densité de grands arbres dans les plantations. Les paysans introduisent ensuite des espèces locales comestibles ou exotiques pour assurer l'ombrage et une diversification des sources de revenus (Vroh *et al.*, 2014 ; Tano, 2012).

Aussi, la variation de la diversité floristique entre les différents SAF de la localité de Bonon dépend de la volonté des planteurs car ces derniers choisissent la quantité ainsi que la qualité des arbres à conserver dans leurs plantations en fonction de leurs vertus. D'après les cacaoculteurs, les espèces laissées sur pied sont utiles soit pour la médecine traditionnelle, soit pour la nutrition, soit pour la fertilisation des sols soit lié aux difficultés d'abattage ou pour l'ombrage dans le cas de la plus part des espèces forestières. Les trois SAF se ressemblent quant à la composition et à l'abondance des familles. Les familles des Musaceae, Rubiaceae et Anacardiaceae sont les plus abondantes en termes d'individus dans les plantations prospectées. Ces résultats corroborent ceux de Adou Yao *et al.*, (2016) qui avaient montré que le choix des paysans pour les espèces associées dans les agrosystèmes à base de cacaoyers était fortement influencé par l'usage et l'intérêt de ces espèces pour le paysan.

En outre, les résultats de biomasse et de carbone obtenus montrent une faible variabilité dans les différents SAF. Les SAF enregistrent dans leur biomasse en moyenne 30,69 tMS/ha. Le carbone qui en résulte est de 11,54 tC/ha. Ces valeurs sont comparables à celles des travaux d'Albrecht & Kandji (2003). Ces auteurs affirment que le taux de séquestration de carbone des systèmes agroforestiers dans le monde, varie entre 12 et 228 tC/ha. Notre résultat est néanmoins supérieur à celui obtenu par Somarriba *et al.* (2013) dans les cacaoyères de six pays d'Amérique Centrale (7 tC/ha à 10,5 tC/ha). Dans la présente étude, les cacaoyers seuls séquestrent en moyenne dans leur biomasse (7,07 tC/ha) avec une densité de 585 tiges/ha. Cette valeur demeure inférieure à celle de Kpangui (2015) qui a obtenu une valeur moyenne de carbone stockée par les cacaoyers de 11,23 tC/ha avec une densité de 1764 tiges/ha dans le Centre de la Côte d'Ivoire. Cette différence de valeurs s'expliquerait par le fait que dans nos zones d'études, la densité des cacaoyers est faible à cause de la mortalité due aux variétés cultivées et aux conditions écologiques. De plus, les cacaoyers en sénescence sont en train d'être remplacés par des jeunes plants et bien d'autres cultures sur la même parcelle.

De plus, les arbres associés aux cacaoyers séquestrent plus de carbone que les cacaoyers dans les différents SAF (8,67 t C/ha). On peut expliquer cette remarque par le fait que la majorité du carbone se trouve stocké par les grands arbres forestiers (Saj *et al.*, 2013). Par ailleurs, d'une classe de hauteur à une autre et d'une classe de diamètre à une autre, les valeurs moyennes du taux de carbone augmentent. Le diamètre et la hauteur des arbres ont donc une influence sur le taux de carbone séquestré. En effet, plus le diamètre de l'arbre est grand et plus l'arbre possède une taille élevée, le taux de carbone séquestré par celui-ci est important. Nos résultats concordent avec ceux de MacPherson (1998) ; Nowak & Crane (2001) qui estiment que les paramètres qui déterminent la captation de carbone sont la densité de l'arbre, la hauteur et son diamètre. Par la même occasion, d'une classe d'âges à une autre, les valeurs moyennes de biomasse et du taux de carbone varient. Une telle quantité de carbone emmagasiné par les arbres de grand diamètre indique le rôle significatif qu'ils jouent dans la réduction des GES.

Enfin ,les recettes générées par les groupes de SAF sont évaluées entre 249 530 FCFA/ha à 1 167 216 FCFA/ha selon le marché de carbone utilisé. Cette valeur est similaire à celle obtenue par Affian (2020) dans trois différents systèmes agroforestiers à base de cacaoyers dans le département d'Agboville (Côte d'Ivoire). La valeur monétaire obtenue dans cette étude représenterait une valeur ajoutée pour les paysans en cas de paiement des services environnementaux rendus par ces agrosystèmes et pourrait permettre à ces derniers de lutter contre la pauvreté. On peut conclure avec Zapfack *et al.* (2002) que l'agroforesterie pourrait offrir aux agriculteurs des gains substantiels issus de la vente du carbone séquestré en plus des revenus provenant de la vente des produits forestiers non ligneux en dehors du cacao et serait important pour le bien-être de l'Homme et le développement économique.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

La présente étude réalisée dans la localité de Bonon nous a révélé que l'évaluation du taux de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers est un élément important à prendre en compte dans les propositions d'alternatives, d'amélioration et de la conservation des SAF. A partir des caractéristiques de la flore issue des relevés floristiques dans les cacaoyers, l'on a pu définir trois systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. Suivant cette typologie, le groupe 1, caractérisé par une forte densité de cacao en production est composé de 61,53 % des plantations prospectées et il est plus diversifié. Il est suivi du groupe 2 avec 26,53 % dans lequel les arbres forestiers sont dominants parmi les ligneux associés. Enfin vient le groupe 3 avec 11,54 % de représentativité, caractérisé par une forte densité de cultures pérennes. L'inventaire floristique dans les différentes plantations donne au total, 41 espèces végétales outre le cacaoyer, qui sont réparties en 34 genres et 24 familles botaniques. Le groupe 1 enregistre 30 espèces, réparties en 25 genres et 19 familles botaniques. Le groupe 2, moins diversifié que le groupe 1 contient 24 espèces qui sont réparties en 19 genres et 16 familles. Enfin le groupe 3 moins diversifié que le groupe 1 et plus diversifié que le groupe 2 contient 26 espèces qui sont réparties en 19 genres et 17 familles. D'une façon générale, la séquestration de carbone dans les plantations étudiées ainsi que les capacités de stockage de carbone dépendent non seulement des choix et des pratiques des agriculteurs mais aussi des paramètres tels que la densité, la diversité biologique, la hauteur des arbres et leur diamètre. En considérant l'impact écologique, dans notre zone d'étude, la quantité moyenne de carbone séquestrée par l'ensemble des trois SAF réunis, est de 11,45 tC/ha. Les cacaoyers séquestrent en particulier 7,003 tC/ha et les arbres associés en séquestrent 8,66 tC/ha.

Enfin, les SAF contribuent à la conservation de la biodiversité, et pourraient permettre de générer des revenus supplémentaires pour les populations en cas de paiement pour les services environnementaux. En effet, l'exploration de la valeur monétaire qui varie de 249 513 franc CFA/ha à 1 167 516 franc CFA/ha en fonction des marchés de carbone montre que les incitatifs pouvant émaner des marchés de carbone sont nécessaires pour les SAF à base de cacaoyers.

Conclusion ; recommandation et perspectives

Comme recommandations, nous pensons que les efforts synergiques de plusieurs acteurs permettraient d'obtenir les résultats escomptés.

Pour cela, nous recommandons aux paysans, d'adopter l'agroforesterie pour la durabilité de la cacaoculture dans la zone de Bonon en particulier et dans toutes les régions de production cacaoyères en Côte d'Ivoire en générale pour l'ombrage qu'elle procure aux cacaoyers.

Nous demandons également aux paysans de mettre en place des techniques de multiplications des plants notamment les ligneux à usages multiples.

Nous recommandons à l'Etat de Côte d'Ivoire, de renforcer la capacité des producteurs dans la pratique de l'agroforesterie à base de cacaoyers par l'organisation de formations et d'échanges d'expériences entre producteurs et agents d'encadrements.

Toujours à l'Etat, d'apporter davantage une assistance matérielle et/ou financière sous forme de don en produits phytosanitaires aux producteurs, pour l'amélioration des rendements et de prendre en compte les systèmes agroforestiers dans les établissements de la stratégie nationale REDD+ en cours.

En perspectives, rappelons d'abord que cette étude s'est limitée à évaluer uniquement le taux de carbone dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers dans cinq villages du département de Bonon. Elle pourrait se poursuivre suivant plusieurs axes de recherches. Ainsi, elle pourrait aussi :

-Etendre cette étude dans la mesure du possible dans toute les zones de production cacaoyères en Côte d'Ivoire, pour compléter les informations en vue de mieux comprendre le rôle écologique de ceux-ci ;

-Etendre aux autres types de services écosystémiques rendus par les SAF à base de cacaoyers car ils regorgent plusieurs

-Prendre en compte tous les autres types de systèmes agroforestiers

-Réaliser une étude sur le rendement économique d'un projet REDD+ sur les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.

REFERENCES

- Adja A.M., Tokro P.G., Aidara S., Tahiri M.G. & Koua K.H. (2005). Influence de la hauteur des cacaoyers et des facteurs climatiques sur la densité des populations de miridae (Hétéroptères) à Duekoué, Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 17 (3) : 179-187.
- Adou Yao C.Y., 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.
- Affian E.J. (2020) Modélisation du stock de carbone et évaluation économique des systèmes agroforestiers à base de cacao : cas du département d'agboville. Mémoire Pour l'obtention du Diplôme d'Agronomie Approfondie (D.A.A), école supérieure d'agronomie (ESA), (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire), 55 p.
- Agroforestry Systems. (1982). Editorial-What is Agroforestry? *Agroforestry Systems* 1: 7-12.
- Ahimin A.O. & Mbololo M. (2010). Process in the high conservation value (HCV) Concept within community-managed Forests: case study of COPAL and BB Community forests in Cameroon. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 12(2): 215-237.
- Aké Assi L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue systématique, biogéographique et écologie. *Conservatoire et jardin botanique Genève (Suisse)*, 401 p.
- Aké Assi L. (2001). Flore de la Côte d'Ivoire 1, catalogue systématique, biogéographique et écologie. *Conservatoire et jardin botanique Genève (Suisse)*, 396 p.
- Aké Assi L. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire : étude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques. Tome I, II et III. 1205 p.
- Altieri M. & Pengue W. (2006). GM soybean: Latin America's new coloniser. *Seedling January*: 13-17
- Anonyme (1997). Protocole de Kyoto à la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques. 24 p.
- Assiri A.A., Kacou E.A., Assi F.A., Ekra K. S., Dji K.F., Couloud J.Y. & Yapo A.R. (2012). Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 14 (2): 1939 - 1951.

- Assiri A.A. (2010). Etude de la régénération cacaoyère en Côte d'Ivoire : Amélioration de la production des vergers par la réhabilitation et identification de techniques adaptées de replantation. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 158 p.
- Assiri A.A., Kacou E.A., Assi F.A., Ekra K.S., Dji K.F. & Couloud J.Y. (2009). Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Plant Sciences* 2: 55- 66.
- Bakayoko A.,(1999). Comparaison de la composition floristique et de la structure forestière de parcelles de la Forêt Classée de Bossématié dans l'Est de la Côte d'Ivoire. Mémoire DEA, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 72 p
- Balaguru B., Britto S. J., Nagamurugan N., Natarajan D. & Soosairaj S. (2006). Identifying conservation priority zones for effective management of tropical forests in Eastern Ghats of India. *Biodiversity and Conservation*, 15: 1529 - 1543.
- Boulier J. & Simon L. (2010). Les forêts au secours de la planète : quel potentiel de stockage du carbone. p 17.
- Bourque P. (2010). Le cycle du carbone. Repéré sur le site de l'université Laval, section Les grands cycles biogéochimiques et les changements climatiques : <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/cycle.carbone.html>
- Bouxin G. (2011). Evolution de la végétation macrophytique et trophie dans les deux ruisseaux du bassin hydrographique de la molignée (Condroz, Belgique). *Revue des Sciences de l'Eau*, 24 : 253-266
- Braudeau J. (1969).Le cacaoyer. Collection Techniques agricoles et productions tropicales. Paris, (France), Maisonneuve et Larose, 304 p.
- CNRS (2006). Le cycle du carbone. Repéré sur le site de la section Géodynamique externe : http://www.cnrs.fr/cnrsimages/sciencesdelaterreaulycee/contenu/dyn_ext2-3.htm
- Chave J., Réjou M.M. & Burquez A. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of *tropical trees*. *Global Change Biology*, 20 : 3177-3190
- Chenost C., Gardette Y.-M., Demenois J., Grondard N., & Perrier M. (2010). Les marchés du carbone forestier ; Bringing forest carbon projects to the market. *ONF International*, 173 p.

- Cissé A., Aka J.C.K., Kouamé D., Vroh B.T.A., Adou Yao C.Y. & N'Guessan K.E. (2016). Caractérisation des pratiques agroforestières à base de cacaoyers en Zone de forêt dense semi-décidue: cas de la localité de Lakota (Centre-ouest, Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 12 : 50-69.
- Clay J. (2004). *World Agriculture and the Environment : A Commodity-By-Commodity Guide To Impacts And Practices*. Island Press, 594 p.
- ConsoGlobe (2014). La séquestration du carbone. Repéré sur le site de ConsoGlobe, section Capture et stockage du carbone : http://www.encyclo-ecolo.com/CSC_Capture_et_stockage_du_carbone
- Coulibaly B., Krouba D.I., Kouakou A.A.C., Ouattara A.A., Berté D., Ta Bi T.D., Rayaisse J-P., Jamonneau V., Solano Ph., Koffi Y.J.J., Kaba D., Courtin F., Assi Kaudjhis J-P. & Anoh K.P. (2019). Conséquences sanitaires de la dynamique du paysage rural dans le foyer de trypanosomiase humaine africaine (tha) de Bonon (Côte d'Ivoire) entre 2002 et 2015. *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, 1(2) : 19-36.
- Dawson T.P., Jackson S.T., House J.I., Prentice I.C. & Mace G.M. (2011). Beyond Predictions : Biodiversity Conservation in a Changing Climate. *Science*, 332 : 53–58
- Dixon, R.K (1995). Agroforestry systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, 31: 99-116.
- FAO (2015). Promouvoir l'agroforesterie dans les politiques publiques
- Ferraton N. & Touzard I., 2009. Comprendre l'agriculture familiale : diagnostic des systèmes de production. *Edition Quae*, CTA, Presse Agronomique de Gembloux, 135 p.
- Foresta H. & Michon G. (1996). Etablissement et gestion des agroforêts paysannes en Indonésie : Quelques enseignements pour l'Afrique forestière. Fonds IRD ; Montpellier (Centre IRD), 22 p.
- Gibbs H.K., Brown S., Niles J.O. & Foley, J.A., (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2 (4): 1–13. Doi:10.1088/1748-9326/2/4/045023
- GIEC. (2007). Bilan 2007 des changements climatiques, rapport de synthèse, 114p.
- GIEC (2006a). Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autre usage des terres. *Institute for Global Environmental Strategies*: pp 46-52.

- GIEC (2006b). Introduction aux Lignes Directrices 2006. 13 p.
- GIEC (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for *Global Environmental Strategies, Kamiyamaguchi Hayama*, 2108(11) : 240- 0115.
- Gueulou N., Douffi K.G.C., Yenilougo S.O.R.O., Kone M. & Bakayoko A. (2020). Evaluation de la couverture forestière et du stock de carbone forestier de la réserve scientifique de Lamto (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 28(3) : 682-689
- ICCO (2015). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLI, No. 2, Cocoa year 2014/15. International Cocoa Organization (ICCO), Westgate House, London, United Kingdom. <http://www.icco.org/statistics/otherstatisticaldata.html>. Accessed 02 Janvier 2016.
- IFCC (1979). Le cacaoyer, origine de sa culture, son introduction et son développement en Côte d'Ivoire. Note technique, 5 p.
- IPCC (2014). Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J. C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1251–1274.
- Jagoret P., Michel-Dounias I. & Malezieux E. (2011). Long-term dynamics of cocoa agroforests: a case study. *In* : Central Cameroon. *Agroforest Systems*. 81: 267-278.
- Jain A.K., Murty M.N. & Flynn P.J., (1999). Data Clustering: A Review. *ACM Computing Surveys*, 31 (3) : 265-323.
- Janssens-Maenhout G., Muntean M., Peters J. & Olivier J. (2015). Trends in global CO2 emissions: 2015 Report. Repéré sur le site de European Commission, section New Documentations : http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2015-trends-in-global-co2-emissions-2015-report98184.pdf
- Karsenty A. & Pirard R. (2007). Changement climatique : faut-il récompenser la « déforestation évitée » ? *Natures Sciences Société*, 15 : 357-369.

- 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)
- Koulibaly A., Monian M., Ackah J.A.A.B., Koné M.W. & Traoré K. (2017). Étude ethnobotanique des plantes médicinales : cas des affections les plus fréquentes d'une région agricole Daloa (Centre Ouest, Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(2) : 5021-5032.
- Kpangui K.B., Kouamé D., Goné Bi Z.B., Vroh B.T.A., Koffi B.J.C. & Adou Yao C.Y. (2015). Typology of cocoa-based agroforestry systems in a forest-savannah transition zone: case study of Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(3) : 36-47.
- MacPherson G. E. (1998). <<Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest>>, *Journal of Arboriculture* Vol 24. 9 p.
- Maxime T.A. (2012). Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji (Sud-Ouest ivoirien) Thèse de doctorat en UMR Dynamiques Rurales de Université de Toulouse 2 (France), 260 p.
- Mbade L.F. (2012). Biodiversité et dynamique de la végétation dans les agroforêts cacaoyers : cas du village Pendiki (Département de la Sanaga Maritime-Arrondissement de Nyanon). Mémoire de Master en Biologie des organismes végétaux, Faculté des sciences de l'Université de Yaoundé I, (Cameroun), 60 p.
- Nair P.K.R. (1993). An introduction to agroforestry. Published by Kluwer Academic Publishers, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, 489 p
- Nations Unies (2014). Plus de la moitié de la population mondiale vit désormais dans des villes – ONU Repéré sur le site de l'UNFCCC, section Département des affaires économiques et sociales.
<http://www.un.org/fr/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects.html>
- CCNUCC. (1992). Convention Cadre des Nations Unies sur le changement Climatique, 25 p.
- Nowak D. J. & Crane D. E. (2001) <<Carbon and sequestration by urban tree in the USA>> p. 381-389

- Oelbermann M., Voroney R.P., Thevathasan N.V., Gordon A.M., Kass D.C.L. & Schlönvoigt A. M. (2006). Soil carbon dynamics and residue stabilization in a Costa Rican and southern Canadian alley cropping system. *Agroforestry Systems*, 68 (1) : 27-36.
- Oke D.O. & Odebiyi K.A. (2007). Traditional cocoa-based agroforestry and forest species conservation in Ondo State, Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122 : 305-311.
- Ouedraogo W.O., Gomgnimbou A.P., Santi S., Ilboudo D. & Toguyeni A. (2019). Quantification de la Biomasse et stockage du carbone du massif forestier de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Dindéresso province du Houet au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(7) : 3276-3288.
- Oulaitar M.E. (2018). Diversité végétale et services écosystémiques du jardin botanique et de la réserve naturelle partielle dahliafleure de bingerville dans la vie des populations du district d'abidjan (Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 151 p.
- Pagès P. (2002). Analyse factorielle Multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes. *Revue de statistique appliquée*, 50 (4) : 5-37
- Piélou E. C. (1966). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of theoretical biology*, 10: 370 – 383
- Raintree J.B.,(1982). Sustained agroforestry. In : Nestel B., (ed). Agricultural research for development: potentials and challenges in Asia. The Hague: Isnar, 37-49.
- Réjou M.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. Ecology and evolution*, 5 : 1163-1167.
- RGPH (2014). Répertoire des localités Région de la Marahoué, institution nationale de la statistique. 40 p.
- 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.
- Ruf F., & Agkpo J.L. (2008). Etude sur les revenus et les investissements des producteurs de café et de cacao en Côte d'Ivoire, 118 p.

- Saj S., Jagoret P. & N’Gogue H. T. (2013). Carbon storage and density dynamics of associated trees in three contrasting *Theobroma cacao* agroforests of Central Cameroon. *Agroforestry systems*, 87(6) : 1309-1320.
- Sandel B., Arge L., Dalsgaard B., Davies R.G. & Gaston K.J. (2011). The Influence of Late Quaternary Climate-Change Velocity on Species Endemism. *Science*, 334 : 660–664
- Seghier J. & Harmand J.-M. (2019). Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale. Éditions Quae, 252 p.
- Shannon C.E. (1948). The mathematical theory of communications. *The Bell System Technical Journal*, 27 : 379-423.
- Sharrow S.H. & Ismail S. (2004). Carbon and Nitrogen Storage in Agroforests, Tree Plantations, and Pastures in Western Oregon, USA. *Agroforestry Systems*, 60 : 123-130.
- Somarriba E., Cerda R., Orozco L., Cifuentes M., Davila H., Espin T., Mavisoy H., Avila G., Alvarado E., Poveda V., Astorga C., Say E. & Deheuvels O. (2013). Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 173 : 46-57.
- Sonwa D.J., Bernard A., Nkongmeneck A., Weise F., Tchatat M., Akin A.A., Janssens M.J.J. (2007). Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Conservation de la biodiversité*, 16: 2385-2400.
- Sonwa D., Weise S.F., Tchatat M., Nkongmeneck B., Adesina A.A., Ndoye O. & Gockowski J. (2001). Rôle des agroforêts cacao dans la foresterie paysanne et communautaire au Sud-Cameroun. 10 Dixon, R.K. 1995. Agroforestry Systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems* : 99-116.
- Tano A.M. (2012). Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji au SudOuest ivoirien. Doctorat de l’Université Toulouse 2 Le Mirail. 261pp.
- Todem N.H. (2015). Contribution des systèmes agroforestiers à base de cacaoyer a la structure économique des exploitations agricoles familiales dans la région du Centre Cameroun. Mémoire présenté et soutenu en vue de l’obtention du diplôme de Master en Biologie des organismes végétaux, option biotechnologie végétale. Université de Yaoundé I; The University of Yaoundé I, 67 p.

- Torquebiau E. (2007). L'agroforesterie : Des arbres et des champs. L'Harmattan, 65 p.
<https://agritrop.cirad.fr/539555/>
- Torquebiau E. (2000). A renewed perspective on agroforestry concepts and classification.
Comptes rendus de l'Académie des Sciences / Life Sciences 323 : 1009-1017.
- Tufekcioglu A., Raich J.W., Isenhardt T.M. & Schultz R.C. (2003). Biomass, carbon and nitrogen dynamics of multi-species riparian buffers within an agricultural watershed in Iowa, USA. *Agroforestry System*, 57 : 187-198.
- Vroh B.T.A., N'Guessan K.E & Adou Yao C.Y. (2017). Trees species diversity in perennial crops around Yapo protected forest, Côte d'Ivoire. *Journal of Horticulture and Forestry*, 9: 98-108
- Vroh B.T.A., Ouattara D. & Kpangui K.B. (2014). Disponibilité des espèces végétales spontanées à usage traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 76: 6386 - 6396.
- Wala K., Sinsin B., Guelly K. A., Kokou K. & Akpagana K. (2005). Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture de Doufelegou (Togo). *Sécheresse*, 16 (3) : 209 - 216.
- World Cocoa Foundation. (2014). *Developpement durable du cacao en Côte d'Ivoire*
- Zapfack L., Engwald S., Sonke B., Achoundong G & Mandong AB.,(2002). The impact of land conversion on plant biodiversity in the forest zone of Cameroon. *Biodiversity and Conservation* 11: 2047-2061.
- Zenkeng. (2013). Evaluation du carbone séquestré par quelques agroforêts à base de cacaoyers de la localité de Mbankomo au Cameroun. Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des organismes végétaux, option Botanique-Ecologie. Université de Yaounde I, 58 p.

ANNEXES

Annexes

Annexe 1 : Relevé individuel - Enquête de terrain

Hauteur moyenne des cacaoyers
5,2 mètres
Age de la plantation : 16 ans

PROJET « COCOA4 FUTURE »

CARACTERISATION STRUCTURALE DES PLANTATIONS CACAOYERES

Identification

Date : 22/11/2021 Site : Béhou Localité : Dabouza Numéro de la fiche : 01
 Enquêteur : Z. IGBE Paulin Nom de l'enquête : M. Bou Raja
 Coordonnées de la placette : 305 173545 X 7622 154

Description

Nombre de strate : ≤ 4 m]4-8 m]]8-16 m]]16-32 m] Plus de 32 m
 Topographie : Bas de pente Mi pente Haut de pente Basfond
 Recouvrement des cacaoyères : 0- 25 % 25-50 % 50-75 % Plus de 75 %

Nom vernaculaire de l'espèce végétale	Nom Scientifique de l'espèce végétale	Circonférence (cm)	Hauteur (m)
Cacaoyer	Theobroma cacao	21, 35, 24	
"	Theobroma cacao	28, 44, 11	
"	Theobroma cacao	31, 45	
"	Theobroma cacao	12	
Poivre long	Xylocarpus aethiopicus	43, 6	10
Anacardier	Anacardium occidentale	14	5
"	Anacardium occidentale	19, 2	5, 3
Cacaoyer	Theobroma cacao	9, 13, 5	
"	Theobroma cacao	23	
Bananier	Musa paradisiaca (10)		
Cacaoyer	Theobroma cacao	36, 11, 9, 5	
"	Theobroma cacao	10, 29, 12	
"	Theobroma cacao	9, 8, 14, 9	
Palmier	Elaeis guineensis (1)		
Cacaoyer	Theobroma cacao jeune (5)	17, 6	
"	Theobroma cacao	11	

Annexes

Caféier	Coffea arabica	10,5; 8,2	3,5
Cacaoyer	Theobroma cacao	19; 16,7	
Clatier	Cola nitida	76	9
Coféier	Coffea arabica	9; 10,8	4
li	Coffea arabica	18; 14; 40	4,2

Annexes

Annexe 2 : Liste des espèces associées aux cacaoyers inventoriées dans les placettes

N°	Espèce	Famille	Densité du bois	Type biologique	Affinité chorologique
1	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F.Macbr	Mimosaceae	0,49	me	GC-SZ
2	<i>Alcornea cordifolia</i> (schum & Thonn.) Mull. Arg.	Euphorbiaceae		mp	GC-SZ
3	<i>Alstonia boonei</i> De wild.	Apocynaceae	0,32	mg	GC
4	<i>Anacardium occidentale</i> Linn.	Anacardiaceae	0,45	me	i
5	<i>Antiaris toxicaria</i> Var.africana (Engl.) C.C. Berg	Moraceae	0,38	me	GC
6	<i>Artocarpus altilis</i>	Moraceae	0,43	me	i
7	<i>Azadirachta indica</i> A. Jus	Meliaceae	0,64	mi	i
8	<i>Blighia unijugata</i> Baker	Sapindaceae	0,51	me	GC
9	<i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	0,76	me	GC-SZ
10	<i>Carica papaya</i> Linn. Var. bady Aké Assi	Caricaceae		mp	GC
11	<i>Ceiba pentandra</i> (Linn.) Gaerth.	Bombacaceae	0,31	mg	GC-SZ
12	<i>Citrus limon</i> Burn. f.	Rutaceae	0,74	mi	i
13	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Rutaceae	0,74	mi	i
14	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	0,78	mi	i
15	<i>Coco nucifera</i> Linn.	Arecaceae		mg	i
16	<i>Coffea Arabica</i> L.	Rubiaceae	0,62	mi	i
17	<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl..	Sterculiaceae	0,61	me	GC
18	<i>Cordia senegalensis</i> Juss. Juss.	Boraginaceae	0,54	me	GC
19	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae		me	i

Annexes

20	<i>Ficus exasperata</i> Vahl.	Moraceae	0,34	mi	GC-SZ
21	<i>Ficus sur</i> Forsk.	Moraceae	0,41	mi	GC-SZ
22	<i>Hevea brasiliensis</i> (Kunth) Mull Arg	Euphorbiaceae	0,47	me	i
23	<i>Holarrhena floribunda</i> (G.Don) Dur.& Schinz var.	Apocynaceae	0,47	me	GC-SZ
24	<i>Mangifera indica</i> Linn.	Anacardiaceae	0,55	me	i
25	<i>Millettia zechiana</i> Harms	Fabaceae	0,7	mi	GC
26	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	0,54	me	GC-SZ
27	<i>Musa paradisiaca</i> Linn.	Musaceae		G	i
28	<i>Napoleonaea vogelii</i> (Hook.f.) Planch.	Napoleonaeaceae	0,58	mi	GC
29	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R.Capuron.	Sterculiaceae	0,65	mg	GC
30	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Bignoniaceae	0,34	mi	GC
31	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.	Mimosaceae	0,53	mi	SZ
32	<i>Persea americana</i> Will.	Lauraceae	0,55	mg	i
33	<i>Psidium guajavia</i> L.	Myrtaceae	0,65	mi	i
34	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Bill.) Pierre ex pax	Euphorbiaceae	0,21	me	GC
35	<i>Tamarindus indica</i> Linn.	Caesalpiniaceae	0,98	mi	GC-SZ
36	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	0,46	mg	GC
37	<i>Terminatia ivorensis</i> A. Chev.	Combretaceae	0,44	mg	GC
38	<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub.A	Mimosaceae	0,57	me	GC
39	<i>Trema guineensis</i> (Schum. & Thonn.) Ficalho	Ulmaceae	0,34	mi	GC-SZ
40	<i>Vitellaria paradoxa</i> C.F. Gaertn.	Sapotaceae	0,55	mi	SZ
41	<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.	Annonaceae	0,44	me	GC-SZ

Annexes

Résumé

La présente étude visait à évaluer le rôle écologique des systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyers à travers l'analyse de la diversité floristique et l'estimation du taux de carbone séquestré dans la localité de Bonon, au Sud de la côte d'Ivoire. Des inventaires floristiques réalisés dans les cacaoyères couplées à des analyses statistiques ont permis d'identifier trois (03) groupes de SAF à base de cacaoyers. L'analyse des données d'inventaire a permis de déterminer la diversité floristique dans les groupes de SAF. Ainsi, le groupe 1 enregistre en moyenne 30 espèces réparties entre 24 genres et 19 familles. L'application de modèles de régression sur des mesures faites sur le terrain a révélé que le groupe 2 séquestre la plus grande quantité de carbone (15,28 tC/ha). Ainsi, nous recommandons aux producteurs d'associer à leurs plantations des arbres à grands diamètres afin de rehausser la contribution des systèmes agroforestiers à base de cacaoyer dans la lutte contre le changement climatique.

Mots-clés : Systèmes agroforestiers, Diversité végétale, Séquestration du carbone, Changement climatique, Côte d'Ivoire.

Abstract

The present study aimed to assess the ecological role of agroforestry systems (AFS) based on cocoa trees through the analysis of floristic diversity and the estimation of the rate of carbon sequestered in the locality of Bonon, south of the coast. Ivory. Floristic inventories carried out in the cocoa trees coupled with statistical analyzes made it possible to identify three (03) groups of AFS made from cocoa trees. Analysis of inventory data determined the floristic diversity in the groups of FAS. Thus, group 1 records an average of 30 species divided between 24 genera and 19 families. Applying regression models to field measurements revealed that group 2 sequesters the greatest amount of carbon (15.28 tC / ha). We therefore recommend that producers combine large-diameter trees with their plantations in order to enhance the contribution of cocoa-based agroforestry systems in the fight against climate change.

Keywords: Agroforestry systems, Plant diversity, Carbon sequestration, Climate change, Côte d'Ivoire