

UNIVERSITE DE DSCHANG
THE UNIVERSITY OF DSCHANG



FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES
FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL SCIENCE

DEPARTEMENT DE FORESTERIE
FORESTRY DEPARTMENT

**DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE LIGNEUSE ET DES STOCKS DE
CARBONE DANS LES SYSTEMES AGROFORESTIERS A BASE DE
CACAOYER AU CENTRE CAMEROUN : CAS DE NGOMEDZAP**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Eaux, Forêts et
Chasses /Master professionnel en foresterie*

Option: Forêt-Agroforesterie

Par :

TAYO GAMO Kevin Yabuki

Ingénieur des Travaux des Eaux, Forêts et Chasses

Matricule: CM04-ASA0264

Seizième Promotion

Janvier 2014

UNIVERSITE DE DSCHANG
THE UNIVERSITY OF DSCHANG



FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES
FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL SCIENCE

DEPARTEMENT DE FORESTERIE
FORESTRY DEPARTMENT

**DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE LIGNEUSE ET DES STOCKS DE
CARBONE DANS LES SYSTEMES AGROFORESTIERS A BASE DE
CACAOYER AU CENTRE CAMEROUN : CAS DE NGOMEDZAP**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Eaux, Forêts et Chasses/
Master professionnel en foresterie*

Option: Forêt-Agroforesterie

Par :

TAYO GAMO Kevin Yabuki

Ingénieur des Travaux des Eaux, Forêts et Chasses

Matricule: CM04-ASA0264

ENCADREUR :

Dr Ing Stephane SAJ

Chercheur CIRAD/IRAD

SUPERVISEUR :

Dr. Marie Louise AVANA
TIENTCHEU

Chargée de cours au Département de
Foresterie, Coordinatrice du CRESA
FORET-BOIS

Seizième Promotion

Janvier 2014

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL

Je soussigné, TAYO GAMO Kevin Yabuki atteste que le présent mémoire est le fruit de mes propres travaux effectués au sein du Projet AIRD/SAFSE du CIRAD/IRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement/ Institut de Recherche Agricole pour le Développement) basé à Nkolbisson, Yaoundé-Cameroun. Ce travail a été réalisé dans l'arrondissement de Ngomedzap, département du Nyong et so'o, région du centre sous la supervision du Dr. Marie Louise AVANA TIENCHEU (Université de Dschang) et sous l'encadrement du Dr. Ing Stéphane SAJ (Chercheur CIRAD/IRAD). Ce mémoire est authentique et n'a pas été antérieurement présenté pour l'acquisition de quelque grade universitaire que ce soit.

Nom et Signature de l'auteur :

TAYO GAMO Kevin Yabuki

Date... /..... /.....

Visa de l'encadreur :

Visa du Superviseur

Date... /..... /.....

Date... /..... /.....

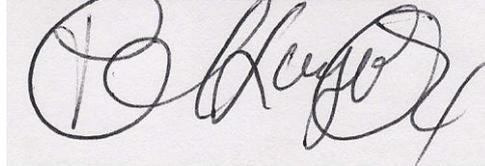
Visa du chef de département :

Date... /..... /.....

FICHE DE CERTIFICATION DE CORRECTION APRES SOUTENANCE

Je soussignée, TAYO GAMO Kevin Yabuki, atteste que le présent mémoire a été revu et corrigé conformément aux observations et suggestions des membres du jury

Noms et signature de l'auteur:



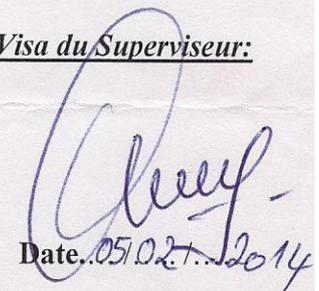
TAYO GAMO Kevin Yabuki

Date...04/02/2014

Visa du Président du jury :



Visa du Supérieur:



Visa du chef de département :



DEDICACE

Je dédie ce travail,

*A mon père **KAMO GAMO Ruben**, et à la famille **KAMO Célestine** pour les vertus de la persévérance dans l'effort transmis, et les prières constantes pour la réussite de votre progéniture.*

REMERCIEMENTS

Mes remerciements les plus sincères vont à l'endroit des personnes et entités qui ont participé de près ou de loin à la production de ce document. Cette reconnaissance s'adresse :

- ❖ Au CIRAD/IRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement/ Institut de Recherche Agricole pour le Développement) pour m'avoir offert ce cadre lié à la bonne conduite de l'étude ;
- ❖ Au Dr. Marie Louise AVANA TIENCHEU pour avoir accepté de superviser ce travail malgré ses multiples occupations;
- ❖ Au Dr. Ing Stéphane SAJ, pour la pertinence du thème et pour avoir accepté de d'encadrer ces recherches malgré ses multiples occupations ;
- ❖ Au chercheurs du CIRAD et techniciens de l'IRAD : Martin ten HOOPEN, Leila BAGNY BEILHE, Patrick JAGORET, Vivien ROSSI, Nicolas PICARD, Emmanuel BOUAMBI et Hervé TODOEM pour la qualité des échanges, la pertinence des analyses et observations à mon endroit ;
- ❖ Tous les enseignants de la FASA particulièrement ceux du Département de Foresterie, pour toutes les connaissances dissipées. Je pense particulièrement au Pr. Martin TCHAMBA Chef du Département de Foresterie, Mr. Roger NJILA pour leurs disponibilité, leurs enseignements et leurs multiples conseils au cours la formation ;
- ❖ A toute la communauté de Ngomedzap particulièrement au patriarche ESSOMBA Cosmas et Mr. OWONA OTTOU Felix pour leur hospitalité, leur sens de bonne humeur et encouragement pendant la phase de terrain ;
- ❖ La famille du feu DIEUTCHOU Hermann à Yaoundé pour son hospitalité pendant la période de rédaction du présent mémoire, afin que son âme repose en paix ;
- ❖ Mon père de Dschang, Mr. TCHENNEBOIN Vincent et ses enfants Yanick MOUMI et Jerry TCHENNEBOIN pour les bons moments passés ensemble, pour leur compréhension et leur soutien inestimable ;
- ❖ Mr. NGUEKENG Claude pour sa compréhension, ses encouragements et son amour pour la réussite des jeunes ambitieux ;
- ❖ Mes co-stagiaires et camarades de la seizième promotion à savoir : MVONDO, Claire DUROT, DJOUBANG, TCHOFFO, MVONGO, ELANGA, NDOUA ZANG, NGWA, BEUKOU, MBOHOU, PEK, DONFOUET, KENGNE, NKWINKWA, pour les moments de réflexions et ceux vécus ensemble durant toute la formation.

Table des matières

DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ANNEXES.....	ix
LISTE DES ACRONYMES ET ABBREVIATIONS.....	x
RESUME.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CHAPITRE 1 :INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte.....	1
1.2. Problématique.....	4
1.3. Objectifs.....	6
1.4. Importance de l'étude.....	7
1.5. Organisation du mémoire.....	8
CHAPITRE 2 :DEFINITION, CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTERATURE.....	9
2.1. Définition et Clarification Conceptuelle.....	9
Séquestration du carbone.....	10
2.2. Revue de la littérature.....	13
2.1.1 Généralités sur les systèmes agroforestiers complexes.....	13
2.1.2 Caractérisation des types d'utilisation de terres de la zone (TUT).....	15
2.1.3 Agroforêts à base de cacaoyers.....	15
2.1.4 Forêts dégradées (forêts secondaires).....	16
2.1.5 Arbres forestiers, stock de carbone dans les mosaïques agricoles.....	16
2.1.6 Les services environnementaux et les SAFs dans la lutte contre les changements climatiques.....	17
2.1.7 Paiement pour les Services Environnementaux (PSE).....	18
2.1.8 Mécanisme de Développement Propre (MDP).....	19
2.1.9 Les différents pools de séquestration du carbone.....	20
2.1.10 Evolution du concept du processus REDD+ au Cameroun.....	22
CHAPITRE 3 :MATERIELS ET METHODOLOGIES.....	24
3.1. Présentation de la zone d'étude.....	24
3.1.1 Historique de Ngomedzap.....	24

3.1.2	Localisation géographique et administrative.....	24
3.1.3	Caractéristiques Biophysiques	25
3.1.4	Activités socioéconomiques	26
3.1.5	Choix des sites et des villages	27
3.2.	Sources de collecte des données	28
3.2.1.	Données secondaires	28
3.2.2.	Données primaires.....	29
3.3.	Matériels Utilisés.....	29
3.4.	Méthodologie	30
3.4.1.	Echantillonnage et justification	30
3.4.2.	Dispositif d'observation	31
3.4.3.	Mise en place, dimensions et formes des placettes d'échantillonnage.....	32
3.4.4.	Inventaires, mesures dendrométriques et collecte des informations ethnobotaniques dans les placettes d'échantillonnages	33
3.4.5.	Opération de comptage.....	34
3.4.6.	Enquêtes socioéconomiques.....	37
3.5.	Analyse et traitement des données	38
3.5.1.	Analyses des données d'inventaires.....	38
3.5.2.	Estimation des stocks de carbone par pool	43
3.5.3.	Facteurs d'expansion	45
3.5.4.	Valeur écologique « carbone » liée aux Agroforêts et forêts secondaires	46
3.5.5.	Analyse statistiques.....	46
CHAPITRE 4 :	RESULTATS ET DISCUSSION.....	48
4.1.	RESULTATS	48
4.1.1	Structure et composition des SAFs de Ngomedzap	48
4.1.2	Relation entre diversité et capacité de stockage du carbone	58
4.1.3	Dynamique de stockage, valeur écologique et valeur commerciale cacao	59
4.1.4	Comparaison entre valeur commerciale du cacao et valeur écologique.....	63
4.2.	Discussion	64
CHAPITRE 5 :	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	69
5.1.	Conclusion	69
5.2.	Recommandations	70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	72	
ANNEXES.....	78	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Stock de carbone contenu dans les différentes TUT des villages de la zone d'Ambam.....	17
Tableau 2: Réservoirs et provenance du carbone dans les systèmes écologiques	21
Tableau 3: Récapitulatif des données démographiques du département d'étude	27
Tableau 4: Matériels utilisés et leurs fonctions.....	29
Tableau 5: Effectifs des agroforêts par classe d'âge et des forêts secondaires	31
Tableau 6: Répartition des placettes en fonction des villages, Classe d'âge et TUT	32
Tableau 7: récapitulatif des variables par objectifs.....	42
Tableau 8: Equation allométrique pour la détermination de la biomasse aérienne	44
Tableau 9: Nombre moyen de troncs par cacaoyer et densité de cacaoyers par ha	49
Tableau 10: Surface terrière moyenne des différents peuplements dans les agroforêts	52
Tableau 11: Récapitulatif du nombre espèces associées.....	54
Tableau 12: Entités de séquestration moyen du Carbone dans les SAFs	58
Tableau 13: Volume marchand par hectare et valeur commerciale du cacao marchand	62
Tableau 14: comparaison entre valeurs écologiques carbone et valeurs commerciales du cacao marchand	63

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la région du centre, la zone d'étude et des placettes	25
Figure 2: Schéma du dispositif expérimental sur une placette.....	33
Figure 3: Guide for determining DBH for abnormal trees.....	34
Figure 4: Principales architectures de cacaoyers identifiés pour le Centre Cameroun (Jagoret et al., 2011).....	35
Figure 5: Diagramme schématique de la mesure du diamètre des grands arbres	36
Figure 6: Mesure à 15 m de la hauteur d'un arbre à l'aide d'un clinomètre SUUNTO.....	37
Figure 7: Prise de diamètre d'un Movingui à l'intérieur d'une placette secondaire.....	37
Figure 8: Densité des cacaoyers par TUTs.....	48
Figure 9: Familles les plus introduites et conservées	54
Figure 10: Stratification générale du couvert des agroforêts	55
Figure 11: Distribution des espèces par strates identifiées dans les SAFs.....	56
Figure 23: Stock total de Carbone par village.....	61

LISTE DES ANNEXES

ANNEXES 1 : Liste des propriétaires des parcelles (SAFs et témoins forestiers).....	79
ANNEXES 2 : Liste des arbres inventoriés dans les placettes étudiées.....	81
ANNEXES 3 : Fiche exploitation - Enquête de terrain.....	87
ANNEXES 4 : Fiche parcelle - Enquête de terrain.....	88
ANNEXES 5 : relevé individuel cacaoyer - Enquête de terrain.....	90
ANNEXES 6 : relevé individuel arbres associés - Enquête de terrain.....	91

LISTE DES ACRONYMES ET ABBREVIATIONS

AGB : Aboveground Biomass ou Biomasse aérienne

BCEF: Biomass Conversion and Expansion Factor

BGB: Bellow Ground Biomass ou biomasse racinaire

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

COMIFAC : Commission des Forêts d'Afrique Central

COP : Conférence des parties

DFP : Domaine Forestier Permanent

DFNP : Domaine Forestier Non Permanent

DHP : Diamètre à Hauteur de Poitrine/ Diameter at Breast Height (DBH) en anglais

DEPFOR : Département de Foresterie

DSCE : Document stratégique pour la croissance et l'emploi

FASA : Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles

FAO : Food and Agriculture Organization

FOGEFOR : Formation à la gestion forestière

FUPROCAN : Fédération d'Unions des Producteurs de Cacao de Ngomedzap

GES : Gaz à effet de serre

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat (En anglais IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)

GPS : Global Positioning System

ICRAF : International Centre for Research on Agroforestry connu de nos jours sous la Dénomination de World Agroforestry Centre (WAC)

IRAD : Institut de Recherche Agricole pour le Développement

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

MINADER : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MINEPDED : Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement Durable

MINFOF : Ministère des Forêts et de la Faune

MDP : Mécanismes de Développement Propre

PSE : Paiement des Services Environnementaux

REALU: Reducing Emissions from all Land Uses

UREC : Unité de Réductions d'Emissions Certifiées

REDD : Réduction des émissions dues à la déforestation et à la Dégradation des Forêts

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

R-PP: Readiness Proposal Preparation

SAFs: Systèmes Agroforestiers

SAFcacao : Systèmes Agroforestiers à base de cacaoyer/ Agroforêts traditionnelles à base de cacaoyers

SAFSE : Systèmes Agroforestiers et Services Ecosystémiques

TB : Total Biomass ou Biomasse Totale

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique

OFAC : Observatoire des Forêts d'Afrique Centrale

UDs : Université de Dschang

UTCF : Utilisation des Terres, Changement d'affectation des terres et Foresterie.

RESUME

La présente étude a été menée dans l'arrondissement de Ngomedzap de Mars à Mai 2013 (Département du Nyong et so'o, Région du Centre Cameroun). Elle a eu pour objectifs (1) de caractériser la composition et la structure de la diversité arborée des agroforêts traditionnelles à base de cacaoyers (SAFcacao) ; (2) d'établir les relations entre cette diversité et la capacité de stockage de carbone dans la biomasse ligneuse ; et (3), d'évaluer la dynamique de ce stockage en fonction de l'âge des SAFcacao. L'étude s'est appuyée sur un réseau de 43 placettes temporaires, dont 36 SAFcacao (juvéniles, adultes et sénescents) et 7 de forêts secondaires, réparties dans 7 villages autour de la ville de Ngomedzap. Un total de 3976 tiges de cacaoyers, 1181 arbres associés, appartenant à 77 genres, a été inventorié dans les SAFcacao, contre 673 arbres pour 63 genres dans les forêts secondaires. La densité entre les SAFcacao a variée de 1100 à 1800 tiges/ha, et l'analyse montre que la densité diminue avec l'âge de l'agroforêt. Les estimations moyennes des stocks de C (Carbone) dans la biomasse ligneuse aérienne et souterraine ont été faites à l'aide d'équation allométrique basée sur la méthode non destructive. Ils sont de 78 tC/ha pour les SAFcacao de 0 à 10 ans, de 103,9 tC/ha pour les SAFcacao âgés de 11 à 20 ans, de 121,9 tC/ha pour les SAFcacao de 21 à 40 ans, et de 183,2 tC/ha pour les SAFcacao âgés de plus de 40 ans. L'estimation des stocks C dans la biomasse ligneuse des forêts secondaires était de 197,5 tC/ha. Par ailleurs, dans les SAF cacao, l'entité qui stocke le plus est constituée des arbres associés de DHP ≥ 30 cm (en moyenne 124,42tC/ha) plus rencontrées dans les strates moyennes et supérieures appartenant aux familles des Bignoniaceae (43%) et Meliaceae (27%) qui sont toutes conservées dans les agroforêts. Les moins stockeurs sont les cacaoyers (en moyenne 3,67tC/ha) qui appartiennent à la famille des Sterculiaceae et les associés de DHP < 30 cm (en moyenne 3,75 tC/ha) introduits et appartenant aux familles de Combretaceae, Burseraceae et Lauraceae. Enfin, il existe une variation significative de structure entre les arbres associés des SAFs et forêts en termes de densité, de composition en espèces introduites et conservées. Ces données démontrent (a) la capacité de certaines des SAFcacao de Ngomedzap à stocker autant de C que les forêts secondaires locales (b) que ce stockage dépend principalement des essences conservées de DBH ≥ 30 cm (c) que la valeur écologique liée au carbone pourrait être supérieure à la valeur commerciale liée à la vente du cacao marchand.

Mots clés : Allométrie, arbres associés, SAF cacao, stock de carbone, valeur écologique

ABSTRACT

This study was conducted in the Ngomedzap district, Nyong et so'o sub division, central region of Cameroon, from march to may 2013. Its objectives were (1) to characterize the composition and structure of the tree diversity of traditional agroforest systems based on cocoa (AFScacao), (2) to establish the relationship between the diversity and storage of carbon in timber biomass, and (3) to assess carbon storage dynamics of AFScacao. The study relied on a network of 43 temporary plots, including 36 AFScacao (young, adults, and senecents) and 7 secondary forests in 7 villages around Ngomedzap. A total of 3976 stems of cocoa, 1181 associate trees belonging to 77 genus, were surveyed in AFScacao, 673 companion trees belonging to 63 genus in secondary forests . Tree density within AFScacao varied between 1100 to 1800 stems / ha, and the analysis shows that the density decreases with the age of the agroforest. Tree sampling was non-destructive and to estimate C storage we used allometric models for above and belowground biomasses Mean estimates of carbon (C) stocks in biomass was 78 tC / ha for AFScacao from 0 to 10 years, 103.9 tC / ha for AFScacao for 11 to 20 years, 121.9 tC / ha AFScacao for 21 to 40 years, and 183.2 tC / ha for AFScacao older than 40 years. The estimation of C stocks in woody biomass in secondary forests is 197.5 tC / ha. Moreover, in the AFScocoa , associated trees with $DBH \geq 30$ cm stores the most C (average 124.42 tC / ha) more encountered in the upper and middle strata membership of the families of bignoniaceae (43%) and meliaceae (27%) which are all conserved in the system. The least stokers are cocoa trees (on average 3.67 tC / ha) which belongs to the sterculiaceae family and associated trees with $DBH < 30$ cm (on average 3.75 tC / ha) which are introduced and most belong to the families of combretaceae, burseraceae and lauraceae. Finally there is a significant difference in terms of variation between AFS' associated trees and forests trees in terms of density and composition. These data demonstrate (a) the ability of some of AFScacao in Ngomedzap to store as much C as local secondary forests (b) that storage depends mainly of conserved species $DBH \geq 30$ cm (c) the ecological value associated with carbon could be greater than the current commercial value of cocoa.

Keys words: Allometry, Associated trees, AFScacao, carbon stocks, ecological value

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1. Contexte

Les forêts du monde couvrent environ 31% des terres de la planète soit un peu plus de 4 milliards d'hectares (FAO, 2011). Ces forêts présentent une importance capitale d'autant plus qu'elles fournissent des biens et services qui sont essentiels pour 1,2 milliards de personnes dans le monde (FAO, 2004). Elles constituent l'habitat naturel de la diversité biologique tant floristique que faunique sont essentielles pour mener des études scientifiques, écologiques et socio-économiques. Mais cette richesse naturelle dans le bassin du Congo est menacée par des activités qui augmentent la pression sur les forêts au point où celles-ci connaissent des taux de déforestation annuels de 0,16 % et de dégradation de 0,09 % (COMIFAC, 2008).

Les forêts camerounaises s'étendent sur 19,09 millions d'hectares représentant 11 % des forêts du bassin du Congo et 41,3 % du territoire national (COMIFAC, 2008). Letouzey (1985) répartit ces forêts en quatre grands ensembles comprenant les forêts denses humides sempervirentes, les forêts denses humides semi-décidues, les forêts montagnardes et les galeries forestières.

Depuis le sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992 relatif, tous les pays du bassin du Congo ont entrepris la révision de leurs législations forestières en vue de les rendre compatibles avec les exigences de la gestion durable des ressources forestières. A cet effet, le Cameroun a connu dès lors une réorganisation importante de son secteur forestier marqué par l'adoption d'un nouveau code forestier à l'issue duquel un plan de zonage a été adopté par le Ministère de l'Environnement et des Forêts (Coté *et al.*, 1993). Ce zonage sépare la forêt nationale en deux catégories à savoir les Forêts du Domaine Permanent (DFP) et les Forêts du Domaine Non Permanent (DFNP). D'après Wasseige (2009), les forêts du DFP sont constituées de terres définitivement affectées à la forêt ou à l'habitat de la faune ayant une superficie de 12788026 ha, soit 80 %. Les forêts du DFNP sont, quant à elles, celles qui sont destinées à être converties en des utilisations autres que forestières. Elles comprennent tous les autres types de forêts à l'instar des forêts du domaine national où sont pratiquées les ventes de coupe, les forêts communautaires, les forêts des particuliers, de même que les zones d'influence de l'occupation humaine regroupant l'ensemble des terres perturbées par des activités anthropiques autres que l'exploitation forestière telles que les zones habitées, en

cultures (cacaoyères et champs vivriers notamment) et en jachères couvrant une superficie estimée à 6850974 ha, soit 20 % de la superficie forestière totale.

Malgré l'importance de leur superficie et la richesse de leur biodiversité, les forêts camerounaises subissent des taux de déforestation nette de 0.14 % et de dégradation nette de 0.01% (COMIFAC, 2010). Ceci est dû à la pression qu'elles subissent de la part des populations qu'elles abritent. Parmi les facteurs entraînant cette déforestation, vient en premier lieu l'agriculture itinérante sur brûlis qui serait responsable de plus de 70 à 90 % des pertes du couvert forestier et de carbone initiale (COMIFAC, 2010). Celle-ci est suivie par la coupe du bois tant pour les usages domestiques que pour l'approvisionnement du secteur du sciage artisanal et industriel.

La déforestation observée dans les pays tels que le Cameroun a pour conséquence directe l'émission de CO₂ dans l'atmosphère ce qui contribue significativement aux changements climatiques qui demeure jusqu'ici l'une des principales préoccupations de la communauté internationale. Selon la FAO (2008), l'agriculture et le changement d'affectation des terres, tel que le déboisement, représentent respectivement environ 13 et 17 % du total des émissions des GES (gaz à effets de serres) résultant de l'activité humaine.

Limiter la déforestation signifie non seulement moins de carbone (C) relâché dans l'atmosphère, mais aussi l'habitat préservé pour de nombreuses espèces en voie d'extinction et des services écologiques essentiels maintenus. C'est pourquoi au cours de la dernière décennie, le besoin de réduire les effets néfastes du changement climatique a engendré un besoin d'information sur l'évolution dans le temps et dans l'espace de la couverture végétale. Dans l'optique de définir une politique climatique mondiale, des estimations fiables des stocks de carbone (C) dans les écosystèmes forestiers sont nécessaires (Brown, 2002; Joosten *et al.*, 2004) et dans ce contexte, l'agroforesterie est aujourd'hui perçue comme une option d'utilisation des terres pouvant contribuer à résoudre certaines menaces pesant sur l'environnement ; en particulier dans les pays tropicaux où la destruction des forêts est un enjeu majeur (Torquebiau, 2002). En matière d'environnement, ces systèmes offrent une gamme de services tels que la conservation de la biodiversité et des sols, le maintien de la fertilité des sols et la séquestration du C (Duguma *et al.*, 2001 ; Rice et Greenberg, 2000 ; Schroth et Harvey, 2007 ; Gockowski et Sonwa, 2010). En effet Nair (2009) estime à environ 1 milliard d'hectares les surfaces en agroforesterie dans le monde, soit l'équivalent du tiers de l'Afrique.

D'après le rapport du GIEC (2000): la conversion de 30% de la superficie potentiellement convertible en agroforesterie dans les pays hors Annexe 1 (i.e, 630 millions d'ha) d'ici 2040 engendrerait un potentiel net de séquestration de 586 millions de Mg (Megagramme) C an⁻¹ soit environ 17.5 Pg (Pilligramme) de C entre 2010 et 2040. C'est pourquoi l'éligibilité du Cameroun au processus REDD+ (Réduction des Emission dues à la Déforestation et à la Dégradation, conservation des forêts et augmentation des stock de C) est un outil qui doit aider à atteindre l'objectif de développement durable que le gouvernement tel que fixé dans le Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE) « Faire de la REDD+ un outil de développement pour atteindre l'objectif de développement durable que le pays s'est fixé dans le cadre du DSCE et de la Vision Cameroun 2035 ». Ceci est une incitation à s'engager vers des systèmes d'utilisation des terres plus durables, captant plus de C et économiquement rentables.

Face à ces enjeux économiques et écologiques, il devient essentiel de fournir de manière plus précise les estimations des stocks de C forestier et les changements de ces stocks dans les agroécosystèmes, et de comprendre le rôle de ces systèmes et notamment leur potentiel d'atténuation et d'adaptation au réchauffement climatique. Une valeur temporelle de stock de C « time averaged carbon stock » de chaque utilisation de terre devrait être évaluée et la valeur économique conséquente déduite sous forme de valeur actualisée nette (Minang et al., 2010). D'où l'intérêt de la présente étude qui contribuera à quantifier le C pouvant être stockée dans les agroforêts à base de cacao zone de Ngomedzap (région du Centre Cameroun).

Kotto-Same *et al.* (2001a) et Zapfack (2005) ont travaillé sur les occupations des sols (forêts secondaires, vieilles jachères, jachères jeunes, cacaoyères et champs de cultures vivrières) au Cameroun afin d'estimer le stock de C s'y trouvant et les informations recueillies montrent que ces différentes mosaïques agricoles peuvent jouer un rôle non négligeable dans le stockage du C au niveau du paysage. La réduction du potentiel ligneux des mosaïques agricoles pourrait contribuer à l'émission d'énormes quantités de CO₂ dans l'atmosphère terrestre.

En raison du déplacement permanent des zones de production (Ruf, 1995), la cacaoculture est cependant considérée comme l'une des principales causes de la déforestation en Afrique (Dixon *et al.*, 2001). Les principaux pays producteurs de cacao sont donc confrontés à un double enjeu : ils doivent maintenir leur niveau de production en cacao marchand en raison de

la place que cette matière première agricole occupe dans leur économie, notamment pour assurer le devenir des exploitations familiales qui en vivent, tout en stabilisant les zones de production existantes pour faire face à la disparition des espaces forestiers et réduire l'impact négatif de la cacaoculture sur l'environnement.

1.2. Problématique

Les activités humaines sont la cause principale des émissions des GES, responsables du changement climatique. En effet, le changement d'utilisation de terres, l'utilisation des combustibles fossiles et les industries sont annuellement responsables de 80 % des émissions des GES (Le Quere *et al.*, 2009). Les gaz libérés par ces activités entraînent donc l'augmentation de la température terrestre. D'après le GIEC (2007), 65% du potentiel total d'atténuation du secteur forestier se situe dans les pays tropicaux. McKinsey (2007), quant à lui, affirme que 25% des actions nécessaires pour maintenir les températures mondiales à un niveau respectable se trouve dans les secteurs forestier et agroforestier. Ainsi, il semble urgent, et possible, de mettre sur pied dans les pays tropicaux (i.e. principaux pays possédant un couvert arboré très stockeur) une politique et des actions visant à la réduction efficace de ces émissions suivant les deux principales pistes de levier d'action que sont l'adaptation et l'atténuation(GIEC,2007).

Les agroforêts (SAF) sont conservatrices d'un certain niveau de biodiversité, pouvant aller jusqu'à un niveau proche de celui de la forêt secondaire selon les systèmes (Michon *et al.*, 1995). Cette biodiversité peut être « économiquement utile » lorsqu'elle produit des sources de revenus, « écologiquement utile » quand elle a une fonction de protection de l'environnement et est génératrice de durabilité. Les SAF apparaissent donc comme une alternative crédible pour atteindre les objectifs du millénaire en matière d'éradication de la faim et de la lutte contre la pauvreté dans le monde (Garrity, 2004) ; ceci d'autant plus que la valeur des bénéfices nets d'un arrêt de la déforestation pourraient s'élever à 3,7 milliards de Dollars américains sur le long terme (Eliasch, 2008). Ceci appelle donc à anticiper dans la caractérisation de la structure de ces types d'utilisation de terres dans l'optique de soutenir les actes visant à réduire les émissions de GES dans les pays où le coût marginal d'abattement est le moins élevé, et le potentiel de séquestration considérable dans l'optique de rechercher le meilleur rapport efficacité – coût et obtenir les avantages globaux au coût le plus bas possible.

C'est dans cette optique qu'à la conférence des parties de la Convention Cadre des Nations Unis pour les Changements Climatiques (CCNUCC), COP11 à Montréal en 2005, les pays en

voie de développement ont demandé l'introduction de la Réduction des Emissions liées à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD) comme mécanisme de l'après Kyoto. D'après Scholz *et al.* (2008), le programme REDD+ (REDD + conservation, gestion forestière durable, augmentation des stocks de carbone) repose sur une idée de base simple: les pays désireux et aptes à réduire leurs émissions de GES liées à la déforestation devraient être dédommagés financièrement pour les actions qu'ils mènent en ce sens. Le programme vise à atténuer le déboisement, et non à l'arrêter. Du point de vue changement climatique, l'objectif (Article 2) est de : « (...) stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Pour permettre à ce mécanisme de fonctionner, la tonne de CO₂ fait l'objet d'une véritable cotation et les acteurs du marché (Etats, entreprises) peuvent l'acheter ou la vendre au gré de leurs besoins (mise en œuvre conjointe et échanges de quotas). Il permet également d'inciter ces pays à réduire volontairement leurs taux nationaux de déforestation et des émissions de C qui en sont dérivées en dessous des niveaux de références (Nasi *et al.*, 2008). Les pays qui démontreraient de telles réductions d'émissions seraient en mesure de vendre des « crédits-carbone » sur le marché international du C ou de recevoir pour leur bon comportement une compensation financière dont la modalité pratique resterait à définir.

Face à ces défis socioéconomiques, écologiques liés aux changements climatiques, et suite aux opportunités offertes par le processus REDD+ dont la phase de préparation de la stratégie nationale est en cours de réalisation dans le pays, il serait donc important d'avoir une idée assez précise des stocks de carbone présents dans tous les potentiels puits de C formellement reconnus et identifiés comme tel parmi lesquels les agroforêts à base de cacao. Ceci permettra de donner une place de choix à ce type d'occupation des sols et d'estimer les potentielles retombées socioéconomiques en cas de paiement des services environnementaux procurés par la préservation de ces différents puits. Afin d'atteindre cet objectif, il est nécessaire d'acquérir une connaissance approfondie des agroforêts, de leurs fonctionnements, leurs déterminants, ainsi que leurs conditions de productions de services écosystémiques. Comparés à d'autres écosystèmes forestiers et agroforestiers mondiaux, les SAFs font face à un déficit de données sur les stocks de C. c'est état de chose soulève un certain nombre de questionnements en ce qui concerne l'évaluation de leurs fonctionnements et la caractérisation des systèmes agroforestiers complexes à base de cacao au Cameroun particulièrement dans la région du centre. Notamment pour ce qui concerne les compromis et les synergies pouvant exister entre

les différents services (Production et écologiques) de ces écosystèmes particulièrement pour ce qui concerne le potentiel de séquestration des agroforêts ? et le coût d'opportunité susceptible d'en découler ?

1.2.1. Questions de recherche

1.2.1.1. Question centrale

Quel est le potentiel de séquestration des agroforêts à base de cacaoyer, et des forêts secondaires de Ngomedzap et le coût d'opportunité susceptible d'en découler?

1.2.1.2. Questions secondaires

- Quels sont les déterminants de la caractérisation de la structure et du fonctionnement des SAFs à base de cacaoyer de la région du Centre Cameroun (Ngomedzap) ?
- Quelle est la quantité de carbone stockée dans la biomasse arborée des forêts secondaires et les SAFs à base de cacaoyer à Ngomedzap?
- Quelles seront les retombées financières en cas de paiement des services environnementaux procurés par ces types d'utilisation des terres du fait de leur préservation, comparées aux intérêts économiques générés par la production domestique et marchande du cacao ?

1.3. Objectifs

1.3.1. Objectif général de l'étude

Caractériser la dynamique spatio temporelle de la diversité arborée, et des stocks de C dans les SAFs à base de cacaoyers en fonction de l'âge, et dans les forêts secondaires de l'arrondissement de Ngomedzap.

1.3.2. Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement, il s'agira de :

- i. Identifier la composition et la structure de la diversité arborée des agroforêts traditionnelles à base de cacaoyer et des forêts secondaires ;
- ii. Etablir les relations entre cette diversité et la capacité de stockage du carbone dans la biomasse ligneuse ;

iii. Evaluer la dynamique de stockage et les valeurs écologique et commerciale des agroforêts à base de cacaoyer en fonction de l'âge.

1.3.3. Hypothèses de recherche

Cette étude s'effectue sous les hypothèses suivantes :

La connaissance de plusieurs déterminants peuvent permettre .de caractériser et d'expliquer la structure et le fonctionnement des SAFs de Ngomedzap

Le stock de C dans les SAFs en fonction de la chronoséquence serait très inférieur au stock de carbone contenu dans les forêts secondaires

Les retombés financières liées à la valeur écologique carbone serait supérieure à la valeur monétaire résultante de la vente du cacao marchand dans les SAFs, ceci quelque soit l'âge

1.4. Importance de l'étude

1.4.1. Sur le plan théorique

Ce mémoire apporte sa contribution à la littérature sur la séquestration du C dans les systèmes agroforestiers complexes à base de cacaoyer et les forêts secondaires de la région de Ngomedzap (Cameroun). Les résultats de l'étude apportent un nouvel éclairage sur l'évolution du stockage et de la caractérisation d'un peuplement cacaoyer dans un système plurispécifique complexe.

1.4.2. Sur le plan institutionnel

Cette étude contribue à l'établissement d'une base de données, constituant une cadre de référence pour le calcul de la quantité de carbone séquestrée dans ces types d'utilisation des terres et une prise en compte effective dans les sites à comptabiliser dans les marchés de C. Elle permettra parallèlement d'orienter le regard des décideurs dans la prise en compte des systèmes agroforestiers dans le partage des bénéfices issus de la vente des crédits C, et l'intégration de ces types d'utilisation des terres dans les révisions des différentes lois relatives au secteur forêt-environnement en cours dans le pays.

1.4.3. Sur le plan de la recherche

Contribuer à la mise sur pieds d'un cadre conceptuel partagé et structurant pour les communautés de chercheurs du CIRAD (Centre International de la Recherche Agronomique pour la développement), IRD (Institut de Recherche pour le Développement) et de leurs partenaires nationaux (IRAD : Institut de Recherche Agronomique pour le Développement, Université de Dschang), en s'appuyant sur des dispositifs de recherche en partenariat déjà existants (CIRAD, 2012)

1.5. Organisation du mémoire

Après ce chapitre introductif qui a présenté tour à tour le contexte de l'étude, sa problématique, ses objectifs, ses hypothèses et la justification des études menées, le mémoire est structuré en quatre autres chapitres présentés ci-après :

- Chapitre 2 : définitions, cadre conceptuel et revue de littérature. Il s'agira d'une part de donner les définitions des termes-clés en précisant la clarification des concepts dont nous tenons compte dans le cadre de cette étude. Il sera d'autre part approprié de faire une prospection dans la littérature existante sur le sujet et les éléments corollaires ; et enfin nous définirons le cadre d'analyse qui nous a servi de support pour l'étude ;
- Chapitre 3 : Matériels et Méthodes. Ce chapitre présente les détails de la méthode, et les différents procédés logiques employés pour obtenir les résultats présentés;
- Chapitre 4 : Résultats et discussions. Il montrera les principaux résultats obtenus et leurs interprétations à la lumière des réalités du terrain et des études antérieures ;
- Chapitre 5 : Conclusions et recommandations. Ce dernier chapitre exposera les déductions auxquelles nous parvenons au terme de cette étude et les suggestions proposées.

CHAPITRE 2 : DEFINITION, CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTERATURE

2.1. Définition et Clarification Conceptuelle

Changements climatiques

On entend par "changements climatiques" des changements de 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 de périodes comparables. (CCNUCC, 1992).

Adaptation

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

Atténuation

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

Vulnérabilité

C'est le degré jusqu'auquel un système est susceptible face aux effets nuisibles des changements climatiques (CC), ou est incapable de leur faire face. La vulnérabilité est fonction du type, de l'amplitude et du rythme de variation des Changements Climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de la sensibilité et la capacité adaptative du système (GIEC 2007). Pour qu'un système soit peu ou pas vulnérable, il faut qu'il ait une forte aptitude de résister aux effets du changement climatique d'où sa résilience.

Emission

C'est une libération de gaz à effet de serre ou de précurseurs de tels gaz dans l'atmosphère au dessus d'une zone et au cours d'une période donnée. Selon le WRI (2009), les émissions résultent principalement de l'usage des énergies fossiles (61 %), de la réaffectation des terres (19 %), des pratiques agricoles (14 %), des déchets (3 %) et de certains procédés industriels (3 %)

Séquestration du carbone

Selon la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, le stock de carbone se définit comme la quantité totale de carbone contenue à l'intérieur d'un système doté de la capacité d'accumuler ou de libérer du carbone à un moment spécifié (FAO, 1997).

On peut décliner sa compréhension à trois niveaux :

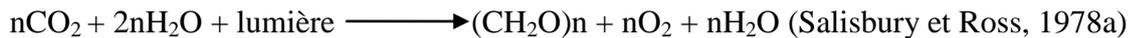
a) Puits de carbone

La séquestration du carbone (piégeage, ou emprisonnement) désigne les processus d'absorption du dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère terrestre et de leur stockage dans des puits de carbone. En 2000, le GIEC a défini le puits de carbone comme « tout processus ou mécanisme qui absorbe un gaz à effet de serre, tels le CO₂ et le CH₄, [...] présent dans l'atmosphère ». Le concept de puits de carbone s'est diffusé avec le Protocole de Kyoto créé dans le but de réduire les concentrations croissantes de CO₂ atmosphériques et de lutter ainsi contre le réchauffement climatique. L'écosystème forestier séquestre et emmagasine plus de carbone que tout autre écosystème terrestre (Gibbs et *al.*, 2007). Il accumule d'énormes quantités de carbone dans le bois, les racines, le sol et l'écosystème via la photosynthèse (Pignard et *al.*, 2004). Un puits à 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. Cependant les réservoirs ou pools de carbone désignent les Unités physiques capables de stocker du C, suite à une action de puits (par exemple la séquestration par les arbres) ou de captage (par exemple dans une formation géologique). Cependant, la quantité de C accumulée dans un réservoir désigne un stock.

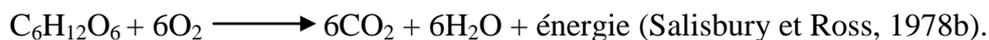
b) Cycle de carbone

Dans les écosystèmes forestiers les flux de carbone les plus importants sont causés par la photosynthèse (fixation de carbone) et la respiration (émission de carbone) (Giasson, 2005). Les plantes assimilent le CO₂ atmosphérique et le transforment en sucres. La majorité de la photosynthèse se fait dans le feuillage mais aussi (très peu) dans les tiges, les branches, l'écorce, les cotylédons, les bourgeons et les fruits (Waring *et al.*, 1998).

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



En général, plus de 35 à 60 % du carbone fixé est réémis sous forme de CO₂ par la respiration liée à la croissance et à l'entretien des tissus des végétaux, la moyenne étant d'environ 50 % (Waring *et al.*, 1998; Gifford, 2003). La respiration est le processus métabolique qui permet à l'arbre de libérer et d'utiliser l'énergie emmagasinée dans les glucides synthétisés durant la photosynthèse. L'équation de la respiration est la suivante :



La différence entre la quantité de carbone fixée en photosynthèse et celle émise par la respiration des plantes constitue la production primaire nette (PPN), c'est-à-dire la quantité de carbone contenue dans les branches, feuilles, racines et réserves énergétiques produites (Ruimy *et al.*, 1995; Waring et Running, 1998). La matière organique morte produite par les plantes sert quant à elle à alimenter une multitude d'animaux et de microorganismes, entraînant une émission de CO₂ dans l'atmosphère (Waring et Running, 1998).

Sur une base annuelle, les écosystèmes forestiers non perturbés constituent généralement des puits de carbone, c'est-à-dire que la quantité de carbone fixée est supérieure à celle émise (Giasson, 2005a). Ces écosystèmes peuvent toutefois constituer des sources de carbone au cours de certaines années (Lindroth *et al.*, 1998). D'un autre côté, au sein des écosystèmes récemment perturbés, les émissions de carbone dépassent habituellement la séquestration, transformant ces sites en sources de carbone (Giasson, 2005b). Ce bilan, qui inclut également les pertes directes de carbone survenues lors de la perturbation (matière organique brûlée ou mangée), est appelé production nette de l'écosystème.

2.1.3 Relation biomasse ligneuse et stock de carbone

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

La biomasse permet d'estimer la quantité potentielle de carbone pouvant être libérée dans l'atmosphère sous forme de CO₂ en cas de destruction de la surface forestière et la quantité de carbone pouvant être captée à travers les plantations ou la reforestation (Brown, 1997). Le calcul de la biomasse des arbres peut se faire par méthode destructive ou non destructive - nécessitant alors l'utilisation des équations allométriques.

2.1.3.1 Les équations allométriques

L'allométrie désigne la relation statistique, à l'échelle d'une population, entre deux caractéristiques de taille des individus de cette population. Les équations allométriques sont ainsi des modèles développés pour le calcul de la biomasse sèche d'un arbre à partir de caractéristiques dendrométriques plus faciles à mesurer (et de manière non destructive).

En effet, le problème majeur posé dans l'estimation de la biomasse est l'absence de modèles standards de conversion des variables dendrométriques des arbres (densité du bois, DHP, hauteur) en biomasse aérienne. L'usage des modèles allométriques est une étape cruciale dans l'estimation de la biomasse aérienne (Chave et *al.*, 2001). Parce qu'un hectare de forêt pourrait contenir plus de 300 différentes espèces d'arbres (Oliviera et Mori, 1999); les espèces du même site peuvent avoir des hauteurs différentes, des densités de bois et formes différentes par conséquent, différentes relations allométriques (Chave et *al.*, 2003). De plus, les modèles de régressions publiés sont habituellement basés sur de petits échantillons d'arbres directement abattus et ne prennent en compte qu'un nombre réduit d'arbres à gros diamètre. Ceci explique pourquoi deux modèles construits pour la même forêt peuvent aboutir des estimations différentes de la biomasse aérienne (Chave et *al.*, 2004).

La difficulté dans le choix des équations allométriques a été levée par plusieurs auteurs (Ares et Fownes, 2000 ; Hofstad, 2005). Malheureusement, cette difficulté est accrue dans le contexte de l'Afrique Sub-saharienne due au manque d'information et à l'absence des règles de décision claires pour les équations allométriques (Matieu Henry, 2010). En extrapolant au

bassin du Congo, les émissions de CO₂ due à la déforestation se situent entre 0,2 - 0,33 et 0,09 - 0,16 t/an de CO₂ respectivement. Ceci veut dire que les modèles allométriques influencent jusqu'à 40 et 42 % du stock de C dans le bassin du Congo utilisant les données de la FAO et la COMIFAC respectivement.

2.1.3.2. Unités de mesure de biomasse et des stocks de carbone (carbon budget, 2010)

- 1 Kg (kilogramme) = 10³ g (gramme)
- 1 Mg (Megagramme) = 10⁶ g (gramme) = 10³ kg (kilogramme) = tonne (t)
- 1 Gt (Giga de tonne) de C = 10⁹ tonne de C = 1 Pg (Pétagramme) de C = 1x10¹⁵g
- 1 tonne de bois sec = 0.5 tonne de Carbone (GIEC, 2003)
- 1 tonne de Carbone = 44/12 = 3.67 tonne de CO₂
- 1 Kg de Carbon (C) = 3,67 Kg de dioxyde de Carbone (CO₂)
- 1 m³ de bois = 1 t CO₂ (± 0.3)
- 1 Tg = 1 Teragramme de C = 1x10¹²gramme

2.2. Revue de la littérature

2.1.1 Généralités sur les systèmes agroforestiers complexes

Les systèmes agroforestiers complexes sont à l'origine de la définition de l'agroforesterie proposée par le laboratoire de botanique tropicale de Montpellier, à savoir un « système de gestion des ressources, contrôlé par la population locale où des arbres sont associés à l'activité agricole ou d'élevage sur une même parcelle de façon à ce que l'écosystème résultant ressemble à celui d'une forêt naturelle en termes de richesse spécifique, de structure végétale et de biomasse aérienne et racinaire ». Les agroforêts sont ainsi généralement caractérisées par un peuplement dominant, principale source de revenu ou d'utilisation (hévée, caféier, cacaoyer, etc.), tout en étant constituées de nombreux autres composants (arbres, lianes, arbustes), tant en espèces qu'en fréquence, organisés en plusieurs strates (Jagoret, 2011).

Ces systèmes sont généralement continus dans le temps et peuvent être parfois confondus avec la forêt secondaire car certaines plantes spontanées sont préservées par les agriculteurs et poussent en association avec la composante principale, soit parce qu'elles participent à la

production (fruitiers locaux, espèces médicinales, bois d'œuvre, etc.), soit parce qu'elles ne génèrent aucune baisse de productivité des autres espèces en association, soit enfin, parce qu'elles jouent un rôle d'économiseur d'intrants ou d'entretien (Penot, 2001).

Au contraire des systèmes de culture intensifs privilégiant la culture d'une seule espèce, les systèmes agroforestiers complexes mettent en pratique des principes écologiques basés sur la biodiversité, les interactions entre les espèces, qu'elles soient positives, négatives ou neutres, et d'autres mécanismes naturels de régulation. Les avantages de ces systèmes complexes sont multiples (Malézieux et *al.*, 2009). Ces systèmes permettent en particulier une productivité globale plus élevée par unité de surface, un meilleur contrôle de la pression parasitaire, des services écologiques accrus (conservation de la biodiversité, maintien de la fertilité des sols, séquestration du carbone, etc.) et une meilleure rentabilité économique (CIRAD, 2012).

L'évaluation du fonctionnement des systèmes agroforestiers complexes pose en particulier problème. D'une part, ils doivent être étudiés sur le long terme pour appréhender les différents aspects de leur durabilité (agronomique, écologique, sociale, économique). D'autre part, les interactions qui s'exercent au sein de ces systèmes pour le partage des ressources entre les espèces associées et entre les individus d'une même espèce, s'exercent à la fois dans le milieu aérien (bilan radiatif et encombrement de l'espace) et souterrain (eau, nutriments et encombrement de l'espace). Cependant, ces interactions sont donc multiples et par conséquent difficilement quantifiables. Les trois grands types de systèmes agroforestiers complexes rencontrés sont : Les SAFs à base de caféiers ou de cacaoyers en zone humide et les SAFs à base de céréales en zone sèche. Parmi les systèmes agroforestiers complexes, ceux à base de cacaoyer présentent un intérêt particulier. Les caractéristiques morphologiques et physiologiques du cacaoyer permettent en effet de le gérer sur le long terme. De plus, le cacaoyer est une plante d'ombre typique en raison de ses origines et des caractéristiques physiologiques de son appareil photosynthétique (Jagoret et *al.*, 2011). En tout état de causes, plusieurs études ont démontré que les systèmes agroforestiers (SAFs) séquestrent du C telles que Albrecht et Kandji (2003); Montagnini et Nair (2004); Nair et *al.* (2009; 2010) et peuvent offrir des opportunités d'atténuation du changement climatique en synergie avec l'adaptation. Le GIEC en 2007 rapportait des superficies mondiales propices à l'agroforesterie allant de 585 à 1215 Million d'hectare et présentant un potentiel technique d'atténuation de 1,1 à 2,2 Pétagramme de carbone d'ici environ 2050.. Les systèmes agroforestiers peuvent aussi aider à diminuer la pression sur les forêts naturelles, à promouvoir la conservation des sols et à offrir des services écologiques.

2.1.2 Caractérisation des types d'utilisation de terres de la zone (TUT)

L'utilisation de terre (TUT) est caractérisée par les arrangements, les activités et investissements entrepris par l'homme sur un type de couverture de terres donnée dans le but de l'entretenir, la transformer ou de produire (FAO, 2001). Ainsi le concept de l'utilisation des terres fait référence à une série d'activités entreprises pour générer un ou plusieurs produits et/ou services.

Les différents TUT étudiées constituent des surfaces situées dans les zones d'influences humaines et comprennent les champs de cultures vivrières, les jeunes, et vieilles jachères, les forêts dégradées, les cacaoyères agroforestières et les forêts secondaires ou seules les deux dernières seront traitées dans les paragraphes qui suivent :

2.1.3 Agroforêts à base de cacaoyers

Le cacaoyer (*Theobroma cacao L.*) est un arbre dont l'origine botanique est localisée dans les forêts humides d'Amérique tropicale où il se rencontre à l'état naturel. Anciennement classé dans la famille des Malvaceae, le cacaoyer est, depuis quelques années, classé dans celle des Sterculiaceae. La culture du cacaoyer, ou cacaoculture, a pour objectif la production de fèves de cacao principalement destinées à l'industrie du chocolat et, dans une moindre mesure, à l'industrie cosmétique et pharmaceutique (Jagoret et al., 2011).

De nos jours, deux ministères sont directement concernés par la gestion des agroforêts à base de cacao. En effet, les plantations cacaoyères possèdent en leur sein le cacaoyer, espèce dont la gestion dépend du Ministère de l'agriculture et du développement rural (MINADER) et les essences forestières dont l'exploitation est du ressort du Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF). La cacaoculture, consiste en la culture du cacaoyer sous l'ombre des arbres forestiers, créant ainsi une structure de forêt dégradée. L'objectif principal de gestion de ces espaces a pendant longtemps été la production du cacao. Ainsi pour installer des cacaoyères, les cacaoculteurs défrichent des îlots forestiers ou des recrûs forestiers dans les savanes péri-forestières en sélectionnant des arbres forestiers présents, et permettent ainsi la conservation dans un même espace des espèces de différentes formations végétales. Plusieurs travaux de recherche récents ont permis d'identifier les espèces présentes dans les cacaoyères agroforestières du Centre-Sud du Cameroun (Zapfack et al., 2002 ; Sonwa et al., 2007). Les usages des espèces les plus fréquemment rencontrées ont été également renseignés et nombreuses sont les espèces qui, tout en fournissant un ombrage aux cacaoyers, procurent aux agriculteurs une multitude de produits (fruits, bois, feuilles, écorces, etc.), commercialisés ou

non, qui interviennent dans l'autosuffisance et l'équilibre alimentaire des ménages, la pharmacopée, la construction des habitations et la trésorerie des exploitations agricoles (Duguma et al. 2001; Zapfack et al., 2002 ; Sonwa et al., 2007). La structure des agroforêts cacao est semblable à celle des forêts, ce qui leur permet ainsi de participer comme les forêts à la conservation physique et chimique du sol, à la régulation thermique et à la conservation des espèces (Sonwa et *al.*, 2001).

2.1.4 Forêts dégradées (forêts secondaires)

La FAO (1998) définit une forêt dégradée comme une forêt qui a été altérée au-delà des effets normaux des processus naturels à travers les utilisations de terres. Elle inclue à la fois des forêts surexploitées par des intensités variées d'exploitation de bois, et des formes variées de forêts secondaires, résultant de l'exploitation de bois d'œuvre ou de terres abandonnées. De ce fait, une forêt dégradée offre une fourniture réduite de biens et services et n'a qu'une diversité biologique limitée en comparaison des forêts primaires. La diversité biologique d'une forêt dégradée comprend de nombreuses composantes non arborées, qui peuvent dominer le sous-couvert végétal.

Mbarga (2004) définit une forêt dégradée comme une forêt secondaire qui a perdu, sous l'effet d'activités anthropiques, la structure, la fonction, la composition spécifique ou la productivité normalement associée à un type de forêt naturelle attendue sur le site considéré. C'est ainsi qu'une forêt dégradée délivre une offre réduite de biens et de services à partir du site considéré, et ne maintient qu'une diversité biologique limitée.

2.1.5 Arbres forestiers, stock de carbone dans les mosaïques agricoles et déforestation

Un inventaire récemment menée à Mevo-mevo et Nkolabang dans la région du Centre Cameroun montre que les mosaïques agricoles regorgent d'une grande diversité d'espèces et le nombre d'individus d'une espèce varie d'un TUT à l'autre (Lallah, 2010). Sur 49 espèces comprenant 756 individus appartenant à 21 familles et 42 genres inventoriés, alep, diana z, ekouné et ilomba ont une abondance maximale dans les forêts dégradées ; puis mutondo et aiélé dans les vieilles jachères ; fraké, latandza, movingui et iroko dans les moyennes jachères ; ayous, fromager, dabéma, lati et emien dans les jeunes jachères ; dibétou et onzabili k dans les champs vivriers.

Les recherches sur la séquestration du C dans les mosaïques agricoles ont pris corps depuis une décennie au Cameroun et se sont à ce jour limitées à certains villages des régions

du Sud et du Centre. Les informations fournies par Nolte *et al.* (2001) sur la quantité de carbone contenu dans les différentes TUT des villages de la zone de Ambam sont contenues dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1: Stock de carbone contenu dans les différentes TUT des villages de la zone d’Ambam

TUT	forêts matures	forêts secondaires	vieilles, jachères	cacaoyères	jachères jeunes	champs
Stocks de C (t/ha)	275	208	151	179	108	65

Source : Nolte *et al.* (2001)

D’autres études existent également sur les stocks de C dans les systèmes agroforestiers cacao au Cameroun au-delà de ceux mentionnés plus haut. Sonwa (2004) a estimé des stocks de carbone de 243 t/ha dans les cacaoyères au sud du Cameroun. Dans cette étude, les arbres associés aux cacaoyers, les cacaoyers, la litière et les racines stockent respectivement 70, 13, 4 et 18 tonnes par ha (t/ha). 37 t/ha de carbone sont stockés dans le sol sous cacaoyères. Le bois d’œuvre de haute valeur (constitué d’espèces généralement exportées du Cameroun), les plantes consommées et les plantes médicinales contribuent respectivement pour 30, 15 et 7 % des stocks de carbone des plantes associées aux cacaoyers. La méthode employée par ces auteurs pour la détermination des stocks de C est la méthode non destructive (allométrique) qui consiste à tracer des layons dans lesquels les mesures dendrométriques des arbres sur pied (DHP et hauteurs) sont prises et l’équation allométrique globale développée par Chave *et al.* (2005) fut celle utilisée pour le calcul de la biomasse forestière.

2.1.6 Les services environnementaux et les SAFs dans la lutte contre les changements climatiques

Parfois dénommés «services écosystémiques» ou «services écologiques», ce sont les bénéfices tirés des écosystèmes par les êtres humains. Parmi ces services, on peut citer l’eau douce, le bois, la régulation du climat, la protection contre les risques naturels, le contrôle de l’érosion et les activités de loisirs etc. (Hanson *et al.*, 2009). Ce sont tous les biens et services qu’un écosystème peut offrir aux êtres vivants. Cela comprend les biens quantifiables (production, alimentation) et les biens non quantifiables (régulation du climat, séquestration du carbone, régulation des eaux). Il s’agit des bénéfices que la biodiversité rend à la société et

qui ont bien été décrits par l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire qui les catégorise en quatre principaux services (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Les SAF présentent différents atouts comparativement aux monocultures dont les impacts environnementaux et sanitaires ainsi que la vulnérabilité socio-économique risquent de fortement limiter les progrès futurs. De façon générale, les systèmes agricoles sont sources de services écosystémiques, mais aussi de « disservices » (perte de biodiversité, pollution agrochimique, érosion des sols, émissions de GES) (Power, 2010). Comparativement aux monocultures, les SAF déplacent l'équilibre entre la fourniture de services écosystémiques et de « disservices ». Moins consommateurs d'intrants et d'énergie, ils combinent des services écologiques et des productions diversifiées tout en procurant une sécurité foncière. Power (2010) met en évidence les services rendus par les SAFs. Dans les SAFs, **les services d'approvisionnement** sont impactés par la modification du rendement de la culture de base et par de nouvelles productions qui contribuent à la diversification des revenus des producteurs et à leur sécurité alimentaire, ils participent à la stratégie d'adaptation contre les changements climatiques. Les SAF contribuent aux **services de régulation**, en particulier par le contrôle du cycle et de la qualité de l'eau, la régulation du climat à travers le contrôle des émissions de GES et du stockage de C. Ils participent aux stratégies d'adaptation et d'atténuation. D'autre part, selon leur composition, leur structure et leur gestion, les SAF peuvent contribuer de façon importante aux **services de support** qui soutiennent les autres services. Parmi ces services on peut citer : la productivité primaire, le contrôle des bioagresseurs, la conservation des sols, la régulation du cycle des nutriments et de l'eau, la préservation de la biodiversité. Ils procurent également des **services culturels** au bénéfice de la communauté ils sont de type loisirs récréatifs, éducatifs, emplois, valeurs spirituelles ou plaisir esthétique tirés des écosystèmes qui participent à la stratégie d'adaptation dans la lutte contre les changements climatiques.

2.1.7 Paiement pour les Services Environnementaux (PSE)

Le Paiement des Services Environnementaux (PSE) peut être défini comme une transaction volontaire dans laquelle un service environnemental (SE) bien défini, ou une forme d'utilisation des terres qui pourrait sécuriser le dit service, est acheté par au moins un acquérant chez un « fournisseur » de SE si et seulement si le « fournisseur » continue de fournir ce service (Sven Wunder, 2005). C'est un mécanisme relativement nouveau qui vise à favoriser des externalités environnementales positives grâce au transfert de ressources

financières entre les bénéficiaires de certains services écologiques et les fournisseurs des services ou les gestionnaires des ressources environnementales (Mayrand et Paquin, 2004). Le principe fondamental du PSE est le suivant : les utilisateurs de ressources et les collectivités qui sont en mesure de fournir des services écologiques doivent recevoir une compensation, et ceux qui bénéficient de ces services doivent les payer. Donc, l'approche du PSE s'apparente au principe du Pollueur-Payeur en créant des mesures incitatives pour promouvoir la protection et la conservation de l'environnement. Ainsi, ces avantages sont internalisés. Dans le cadre de cette étude, on considérera comme externalité positive la capacité de stockage de carbone.

2.1.8 Mécanisme de Développement Propre (MDP)

Dans le cadre du protocole de Kyoto(1997), l'engagement des pays de l'Annexe I (OCDE (organisation de coopération et de développement économique) et pays de l'Europe de l'Est) était de réduire globalement leurs émissions de 5,2 %, pour la période 2008 - 2012, par rapport à leurs niveaux de 1990. Ainsi, un projet MDP est une activité entreprise dans un pays hors Annexe I qui aboutit à une réduction des émissions de GES ou une augmentation de la séquestration de GES. Les projets MDP ont été développés afin de répondre à deux objectifs majeurs (Matieu et al., 2009 ; Murphy et al., 2009): aider les pays développés à réduire leurs émissions de GES de manière rentable pour atténuer les effets du changement climatique ; et aider les pays en développement à mettre en place des actions de développement durable pour la gestion de leur environnement.

Les projets du MDP génèrent des Unités de Réductions d'Emissions Certifiées (UREC), dont chacune équivaut à une tonne équivalent de CO₂. Sur la base du marché du carbone, des UREC vendues à travers le Système International d'Echange (SIE) ont été achetées par plusieurs gouvernements pour atteindre leurs objectifs fixés par le Protocole de Kyoto.

Pour être éligible au MDP, les projets doivent remplir plusieurs conditions qui se résument aux deux conditions environnementales suivantes : les réductions d'émissions du projet doivent tout d'abord être additionnelles à celles qui se seraient produites en l'absence du projet (l'additionnalité) ; le projet ne doit pas avoir des impacts néfastes significatifs sur l'environnement dans le cas des projets MDP forestiers, la croissance des arbres permet de fixer (ou de séquestrer) le CO₂ de l'atmosphère à l'intérieur d'un matériau vivant stable. Pour prouver qu'une activité de projet présente un bénéfice pour l'atmosphère, il est nécessaire de montrer que le projet permet de faire plus que le « scénario de référence » lorsque le projet

n'était pas encore mis en place. Dans le cas des projets de boisement et reboisement, il s'agit de démontrer que la séquestration est supérieure à ce qu'elle aurait été en l'absence des activités du projet. Le projet doit aussi être « additionnel », ce qui veut dire qu'il faut être sûr que l'activité n'aurait pas eu lieu sans l'incitation du MDP ; c'est-à-dire que le financement du MDP ait été le catalyseur essentiel. Enfin, le projet ne doit pas non plus aboutir à un déplacement des émissions ou aboutir aux « fuites » de gaz. Ce qui conduirait à une perte des bénéfices de l'activité en matière de réduction ou d'émission évitée de gaz à effet de serre (Pearson et *al.*, 2009).

Aujourd'hui, la majeure partie des négociations internationales s'intéresse au rôle des écosystèmes forestiers et agroforestiers pour l'atténuation des changements climatiques et concerne le mécanisme REDD. En plus du MDP, le mécanisme REDD attire beaucoup l'attention des financements (Matieu et *al.*, 2009).

2.1.9 Les différents pools de séquestration du carbone

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

Tableau 2: Réervoirs et provenance du carbone dans les systèmes écologiques

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

Source : GIEC, 2007(modifié)

2.1.9.1. Le pool de carbone aérien

Le pool de C aérien inclus le C séquestré dans les réservoirs constitués par les ligneux sur pied, les arborescents sur pied, les herbacées, les arbres morts et la litière. Les techniques d'estimation des stocks de carbone dans ces différents réservoirs sont variables en fonction du réservoir évalué. En effet, les techniques allométriques (équations de biomasse) permettent d'estimer la biomasse des arbres à partir de leur circonférence ou de leur diamètre à 1,30 mètre au-dessus du sol (DHP). Les équations élaborées peuvent être spécifiques aux espèces ou communes aux groupes d'espèces. Le site original de l'équation devrait être considéré avant son utilisation. Ceci parce que les arbres dans un groupe qui fonctionne de manière similaire montrent de grandes différences de croissance suivant les zones géographiques (Brown et Pearson, 2005). En effet, il existe plusieurs équations allométriques permettant d'estimer la quantité de C stockée dans la zone du bassin du Congo, à partir de sa biomasse totale (biomasse aérienne et biomasse souterraine). Ces équations se servent des paramètres mesurables tel que la hauteur d'une part et le diamètre d'autre part, qui est calculé à partir de la circonférence du tronc du ligneux. En outre, l'équation allométrique de Chave et *al.*, (2005)

a été reconnue comme la plus précise par rapport aux autres équations allométriques existantes à savoir celle du GIEC, 2006, et celle établie par Djomo et al., 2010). D'ailleurs, l'équation allométrique du GIEC utilise un facteur de conversion de la biomasse / Biomass Conversion and Expansion Factor (BCEF) qui considère des données par défaut et sont par conséquent peu précises. De plus cette méthode ne prend pas en compte le facteur densité du bois (Mugnier *et al.*, 2009). Selon Djomo *et al.* (2010), l'équation allométrique de Chave *et al.* (2005) est applicable dans les zones tropicales humides pour l'estimation de la biomasse totale au-dessus du sol dans les sites différents, présente une erreur moyenne de 20,3 % nettement plus précise que la sienne qui aurait une erreur de 29,5 %. Cette équation prédit la meilleure estimation possible de la biomasse aérienne des arbres dans différents continents. Cependant son domaine d'application n'est limité qu'aux diamètres allant de 5 à 156 cm.

2.1.10 Evolution du concept du processus REDD+ au Cameroun

Le mécanisme REDD+ consiste à compenser les pays en voie de développement qui effectueraient des réductions d'émission de gaz à effet de serre (GES) au travers des activités de réduction de la déforestation, dégradation forestière; conservation, gestion durable des forêts, accroissement des stocks de carbone forestier.

Depuis sa présentation à la Conférence des Parties 11 en 2005, le concept de la Réduction des Emissions dues à la Déforestation (RED) a été élargi pour inclure la Réduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD), puis à la REDD plus au rôle de la conservation, la gestion durable des forêts et l'amélioration des stocks de carbone forestier (REDD+). Il y a eu également des propositions pour prendre en compte les émissions provenant de l'agriculture et autres utilisations des terres, dans le cadre du programme AFAUT (Agriculture, Foresterie et Autres Utilisations des Terres). Cette approche a été baptisée REDD++ ou REALU (Reducing Emission from All Land Uses). Il est à noter que d'autres ont proposé que l'examen du secteur de l'agriculture soit poursuivi de manière distincte de la REDD, notamment à travers les approches de coopération sectorielles et les actions sectorielles spécifiques (Minang *et al.*, 2009). Ce qu'on entend par REDD+ n'est pas clairement défini, et en tant que telle, elle reste une question en suspens dans les négociations. Le champ d'application pourrait inclure les options suivantes:

RED = Réduction des émissions dues à la déforestation (brute): seuls les changements du type "forestier" au type "non forestier" de couverture terrestre, sont inclus, et les détails dépendront beaucoup de la définition fonctionnelle de la 'forêt';

REDD = comme ci-dessus, + dégradation de la (forêt) ou passage à de plus faibles densités de stocks de carbone dans la forêt, les détails dépendront beaucoup de la définition fonctionnelle de la forêt;

REDD+ = comme ci-dessus, + renouvellement des stocks au sein et vers la forêt ; dans certaines versions, la REDD+ englobera également les tourbières, indépendamment de leur statut forestier; les détails restent tributaires de la définition fonctionnelle de la forêt; et

REDD++ = comme ci-dessus, + tous les changements qui surviennent dans le couvert des terres et qui affectent le stockage du carbone, que ce soit les tourbières ou les sols minéraux, les arbres à l'extérieur des forêts, l'agroforesterie, les plantations forestières ou les forêts naturelles. Elle ne dépend pas de la définition fonctionnelle de la "forêt".

L'élaboration de la stratégie REDD+ comporte quatre phases : l'initialisation, la préparation, l'implémentation et l'investissement. Le Cameroun étant encore dans la phase de préparation s'est vu validé sa R-PP (Readiness Proposal Preparation), feuille de route dont l'ultime objectif est la rédaction de la stratégie nationale REDD+ du Cameroun.

CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODOLOGIES

3.1. Présentation de la zone d'étude

3.1.1 Historique de Ngomedzap

Selon les personnes ressource (Représentant du chef du quartier et un patriarche d'Abod mveng) anciennement située près de la colline appelé « Nkol Mendiñ » (montagne de raphia qui, en mourant laisse des trous causant la mort après pénétration), sur la montagne et dans les villages on notait la présence innombrable des arbres de Moabi à l'époque du paiement de l'impôt par les chefs de famille, et ou la seule source de revenue fût l'huile de karité. Du fait du peuplement du village, le ramassage des fruits exigeait un réveil matinal avec pour éclairage des lampes fait en bambous (« Ngouë ») ; la réponse aux questions des curieux étaient que ces gens vont chercher les fruits de moabi (« Medzap »), et désormais le village prit le nom de « Ngouëmedzap » avec l'arrivé des Allemands. Ce nom changera plu tard avec l'arrivé des Français sous le règne du grand chef Charles Atangana, chef des Ewondo, Etonne, et Banen, pour être désormais « Ngomedzap », et au lieu d'un village, on aura un groupement de plusieurs villages et un lieu choisit pour la ville.

L'exploitation forestière avait pour objectif un écrémage forestier, après déclaration par les populations des catégories d'essences précieuses contenues dans leurs exploitations. Ngomedzap a connu deux (02) principales phases d'exploitation forestière :

- En 1967 le passage d'un groupe français basée à So'o avec une exigence en bois import-export et coffrage (Sapelli, Moabi, Bubinga, Iroko, etc.)
- En 1975, la venue d'un groupe Grec basé à Mbalmayo ayant les mêmes exigences que la précédente. Après leurs passage on assiste à la révolution industrielle et l'arrivé des scies mécaniques, qui laissent désormais place aux exploitations artisanales et coupes illégales.

3.1.2 Localisation géographique et administrative

Ngomedzap, chef lieu de l'arrondissement dont il porte le nom, est située dans le département du Nyong et so'o, région du Centre s'étalant suivant le point géographique entre 3°15' latitude Nord et 11°11' longitude Est (figure 1). L'altitude moyenne est comprise entre 500m et 1000m au dessus du niveau de la mer. Elle appartient à la zone agro écologique dite «zone de forêt humide bimodale»,

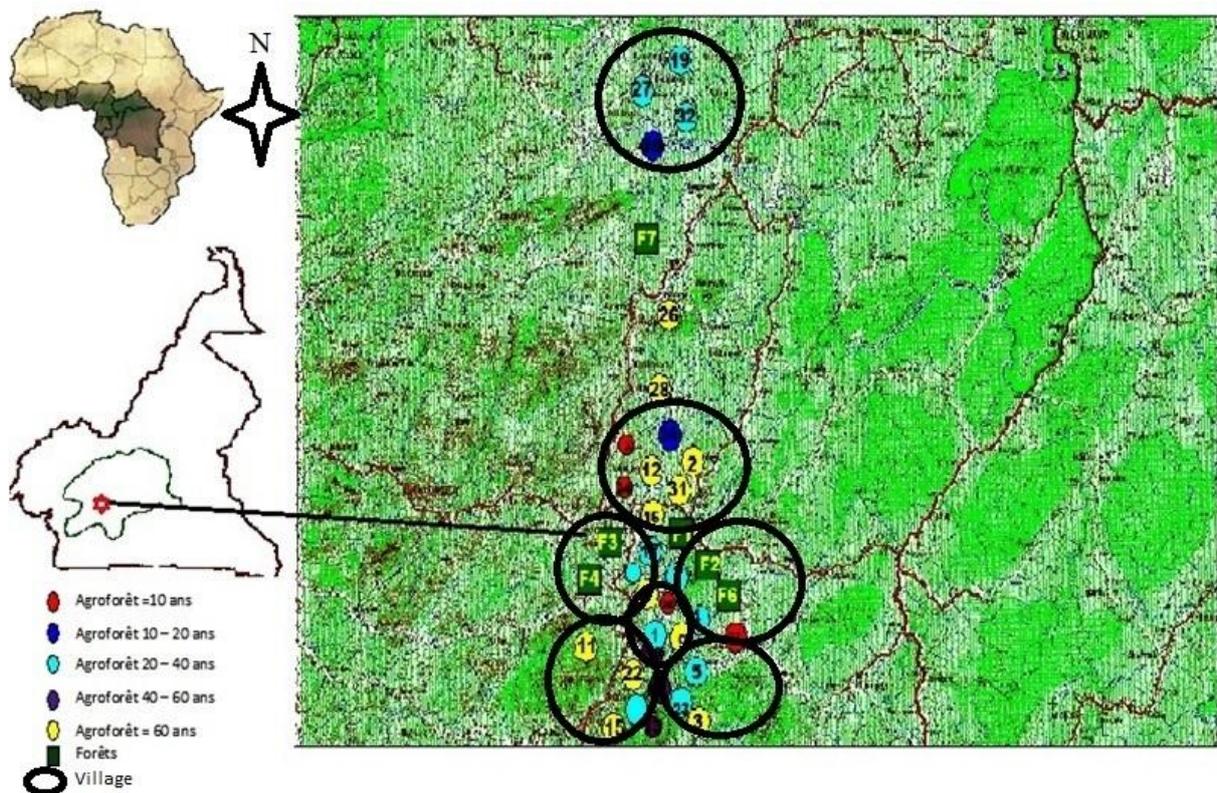


Figure 1: Localisation de la région du centre, la zone d'étude et des placettes

3.1.3 Caractéristiques Biophysiques

Cette zone est caractérisée par une végétation dominée par la forêt dense sempervirente et des sols ferrallitiques fortement désaturés.

3.1.3.1 Climat

Le climat est chaud et humide, de type «guinéen», avec des températures moyennes annuelles de 25°C et une pluviométrie comprise entre 1.700 et 1.800 mm par an, répartie en deux saisons humides bien distinctes (régime pluviométrique bimodal) permettant deux cycles de culture et un calendrier cultural bien étalé avec semis et récoltes échelonnés. La faible insolation et l'hygrométrie constamment élevée (entre juin et octobre) favorisant le développement des maladies des cultures et des animaux, contribuent aussi à la difficulté de séchage et de stockage traditionnel des récoltes (IRAD, 2005).

3.1.3.2 Relief

L'ensemble de la zone présente à l'ouest un relief constitué des hautes collines complexes à sommets supérieurs à 900 m et à l'est des collines largement ondulées. L'altitude moyenne est de l'ordre de 440 m (Todem, 2005).

3.1.3.3 Sols

Les sols sont en majorité ferrallitiques, jaune, ocre ou rouges selon la roche mère et leur situation dans le paysage et selon la durée de la saison humide. Ils sont acides (pH compris entre 4 et 5,5), argileux, à faible capacité d'échange cationique (faible capacité de rétention d'éléments nutritifs) et ils s'épuisent rapidement après leur mise en culture ce qui explique la pratique traditionnelle de l'agriculture itinérante sur brûlis suivie de jachères pour la restauration de la fertilité des sols (IRAD, 2005). On observe à l'ouest, des rochers nus, sols peu évolués lithiques, ferrallitiques fortement désaturés, typiques ou rajeunis de couleur ocre à jaune. Et à l'est, des sols ferrallitiques fortement désaturés, faciès jaune-rouge, ocre et jaune en bas de pente.

3.1.3.4 végétation

Elle est caractérisée par plusieurs formations végétales distinctes :

D'une part les forêts denses semi-décidues et sempervirentes (à l'ouest) et forêts mixtes dégradées (à l'Est), destinées essentiellement à l'exploitation artisanal du bois, à la chasse, à la collecte des produits forestiers non ligneux. Ensuite les cacaoyères servant à la cacaoculture et la collecte des fruitiers introduit. En fin les savanes arborées, généralement composées d'*Imperata cylindrica*, utilisées pour la culture des vivriers comme le manioc, l'igname, le maïs, l'arachide et le concombre (IRAD, 2005).

3.1.4 Activités socioéconomiques

3.1.4.1 Milieu humain

Ngomedzap (département du Nyong et So'o), zone forestière où la densité de population est de 37 hab/km² (Jagoret et al., 2011) et principalement constituée de l'ethnie Béti avec pour principale langue parlée l'Ewondo. La principale activité économique est la vente du cacao qui occupe plus de 60 % de la population active. Les autres activités économiques annexées à la principale sont le maraîchage, la culture de vivriers, le petit commerce, la pêche et la chasse (Todem, 2005).

La population rurale diminue fortement à cause du vieillissement et de l'exode rural, très élevé, surtout parmi la population agricole active. A cet effet, l'âge moyen des planteurs atteint 50 ans. L'agriculture traditionnelle dans le département est constituée d'environ 700.000 exploitations familiales d'une superficie moyenne d'environ 1,7 ha. Le droit coutumier reste le principal moyen d'acquisition de la propriété foncière. L'agriculture moderne constituée de grandes exploitations publiques et privées (cacaoyer, caféier robusta, canne à sucre, tabac) recouvre environ 44 % de la surface cultivée (IRAD, 2005). Dans la région la production agricole vivrière est assurée à majorité par les femmes dont le rôle dans l'exploitation agricole reste primordial. Traditionnellement, les hommes cultivent surtout les cacaoyers et caféiers robusta dans de vieux vergers (âge moyen de la plantation supérieur à 20 ans). De plus en plus, ils s'occupent aussi des cultures vivrières telles que le bananier plantain, la tomate et le maïs. Dans l'ensemble, l'utilisation des engrais reste faible (6% de la consommation nationale) (IRAD, 2005).

Tableau 3: Récapitulatif des données démographiques du département d'étude

Département	Superficie (km ²)	Nombre d'habitants en 1995	Densité (habitants au km ²)
Nyong et So'o	3 580	132 871	37

Source : IRAD et adapté par l'auteur

3.1.5 Choix des sites et des villages

Le bassin du Centre est une zone de production en déclin. Principalement en cause, la vieillesse des vergers et des planteurs. D'où la nécessité de penser à des stratégies de renouvellement de ces espaces de rente d'une manière qui puisse satisfaire les principaux acteurs, à savoir les planteurs et leurs familles. La production annuelle atteint difficilement 300 kg ha⁻¹(Sonwa et al, 2000 ; Todem, 2005). Cependant le choix porté sur la zone de Ngomedzap se justifie par la richesse de son agrobiodiversité et une exigence de l'IRAD dans le cadre du projet AIRD/SAFSE

3.1.5.1 Choix des sites

Les travaux de recherche sont conduits au Cameroun, dans la région du Centre, et plus particulièrement à Ngomedzap où les travaux proposés s'appuieront sur un partenariat solide existant entre la FUPROCAN (Fédération d'unions des producteurs de cacao de Ngomedzap) et les chercheurs de l'IRAD et du CIRAD.

Les critères de sélection de la zone d'étude répondent aux objectifs du projet AIRD/SAFSE qui consiste en la recherche des compromis et synergies entre production et services écosystémiques des agroforêts à base de cacao.

- Cependant, le choix porté sur les parcelles agroforestières s'est fait suivant un échantillonnage aléatoire simple des exploitations des planteurs appartenant au réseau de la FUPROCAM précédemment installé dans la zone par l'IRAD des parcelles répondant aux critères d'âge et de diversification des produits autres que le cacao, tout en tenant compte de la bonne représentativité de la zone. Quant aux parcelles de forêts secondaires, le critère principal était de n'avoir jamais fait l'objet d'une intervention anthropique dense durant au moins les trois années précédentes. La proximité des voies d'évacuation (véritable raccourci de Yaoundé-Kribi), rendant l'exploitation artisanale particulièrement active dans les zones anthropisées (jachères, forêt secondarisée, cacaoyère, champ) qui sont presque deux fois plus sollicitées que les écosystèmes véritablement forestiers surtout avec la venue très proche du port en eau profond de Kribi attendu comme le plus grand d'Afrique Centrale.
- Fort potentiel d'agrobiodiversité en comparaison aux systèmes agroforestiers à base de cacao des autres bassins de production cacaoyers du Centre Cameroun (arrondissements de Bokito, Talba).

3.1.5.2 Choix des villages

Les villages échantillonnés étaient fonction des propriétaires des exploitations agroforestières et des forêts secondaires, aussi sur la base des différents réseaux précédemment installés dans la zone par l'IRAD.

3.2. Sources de collecte des données

La présente étude est basée sur la collecte des données secondaires, primaires et sur des observations directes de terrain.

3.2.1. Données secondaires

Avant la descente sur le terrain, des données secondaires ont été collectées à Dschang et à Yaoundé. Après la définition du sujet de recherche et la méthodologie à employer sur le terrain, une revue de la littérature a été réalisée dans le but d'avoir une idée précise sur les travaux antérieurs déjà effectués dans la zone et ayant un lien avec cette étude. Ces données proviennent de la recherche documentaire dans la bibliothèque de l'IRAD, du CIRAD, du

Département de Foresterie (DEPFOR) à la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) de l'Université de Dschang, ainsi que des recherches sur internet. De même les documents fournis par nos encadreurs et les entretiens avec les personnes ressources permettent également d'approfondir mieux appréhender le travail de recherche.

3.2.2. Données primaires

Le travail de terrain a permis d'obtenir les données primaires de deux types :

- Données socio-économiques : collectées à l'aide des questionnaires auprès des propriétaires et gestionnaires des parcelles en vue d'avoir des informations sur les modes de gestion des agroforêts. (cf. fiche exploitation et fiche parcelle :annexes 3 et 4).
- Données biophysiques : consistant à la prise des mesures dendrométriques des cacaoyers et des arbres associés à l'intérieur des placettes temporaires d'échantillonnage installées dans les différents types d'occupations des sols lors des inventaires, et la collecte des informations ethnobotaniques. (cf relevés individuels de cacaoyers /relevés individuels arbres associés : annexes 5 et 6).

Des observations directes ont été réalisées sur le terrain et des informations sur le feuillage, les usages, et les indications sur la mortalité des arbres associés et dans les forêts ont été recueillies.

3.3. Matériels Utilisés

La réalisation de cette étude a nécessité l'utilisation du matériel suivant :

Tableau 4:Matériels utilisés et leurs fonctions

Matériel de terrain	Fonction
Une Boussole SUUNTO	S'orienter, vérifier les alignements.
Deux Triples décamètres mètres	Mesurer les côtés des placettes semi permanentes d'échantillonnage
Un GPS	localiser les placettes
Trois Rubans diamètre d'arbres (DHP) en fibre de verre	Mesurer les diamètres des arbres
Un Clinomètre SUNNTO (échelle de pourcentage)	Mesurer les hauteurs des arbres et la pente de la placette
Corde colorée rouge et blanc, marqueurs et Scotch	délimiter les bords des placettes

Des fiches d'inventaire et des calepins	Prise des notes, et remarques
Des machettes	faciliter la progression en forêt.
Des pots de peinture à huile, ajouté de diluant et des pinceaux et des marqueurs	Marquage des arbres comptés, et la nomenclature des placettes.
Une règle graduée de 5m	Mesure des hauteurs de cacaoyers
Un ordinateur portable	saisie et la consultation permanente des informations
Des blocs notes (fiches) et crayons à bille	Prise des notes
Un appareil photo numérique	Prise des vues
Une moto	Déplacements d'une parcelle à l'autre
Deux règles graduées de 50 et 30 cm	Mesurer les diamètres des arbres inaccessibles
Quatre équerres	Former les angles droits aux coins des placettes
Un classeur	Support et protection des fiches

Source : auteur

3.4. Méthodologie

3.4.1. Echantillonnage et justification

Avant la réalisation de l'inventaire, il a été nécessaire d'établir un plan d'échantillonnage. Il s'agit d'un échantillonnage aléatoire simple à deux degrés, pour lequel la population est divisée en entités plus ou moins homogènes dans un type d'utilisation de terre précis, pouvant être soit une agroforêt d'âge varié en se rassurant d'une diversification de la productivité, ou une forêt secondaire n'ayant jamais fait l'objet d'une quelconque utilisation à des fins agricoles. La technique d'échantillonnage choisie pour la sélection des répondants permet de réduire les différents biais, et d'obtenir une représentation transversale de toutes les

informations détenues par la communauté, et donc un échantillon représentatif de la diversité rencontré dans les différents types d'utilisation de terres de Ngomedzap.

3.4.2. Dispositif d'observation

Un réseau de parcelles semi-temporaires a été installé dans chacun des sept villages (Onoe ngah, Abod mveng, Nyamsi fianga, Kama, Nkol mbong, Tiga, Nkoa abeu). Les parcelles de cacaoyères ont été choisies afin de disposer d'une gamme représentative des principaux stades d'évolution des systèmes agroforestiers à base de cacaoyer au cours du temps, par variation de l'ancienneté des créations (chronoséquences) (Jagoret et *al.*, 2011) et d'une diversification de la productivité. Cinq classes d'âge des cacaoyères ont été considérées : < 10 ans (cacaoyères juvéniles entrant en production), 11-20 ans (cacaoyères adultes en production), 21-40 ans (cacaoyères adultes susceptibles de connaître une décroissance des rendements), 41-60 ans (cacaoyères sénescents susceptibles de connaître une décroissance des rendements), et >60 ans (cacaoyère sénescents).

Le dispositif comprend au total 43 placettes temporaires d'échantillonnage contenu dans 7 villages (Tableau 6) ; dont 36 cacaoyères agroforestières d'âge variant de 3 ans à 83 ans, et sept(07) placettes de forêts secondaires réparties dans le tableau suivant (Tableau 5).

Tableau 5: Effectifs des agroforêts par classe d'âge et des forêts secondaires

Types d'utilisation des terres	Classes d'âge					Témoin forestier	Total
	≤ 10 ans	10 < âge ≤ 20	20 < âge ≤ 40	40 < âge ≤ 60	> 60 ans		
Agroforêts	5	2	10	4	15	7	43

Tableau 6: Répartition des placettes en fonction des villages, Classe d'âge et TUT

Classe d'âge et TUT	Villages							Total
	Onoe ngah	Abod mveng	Nyamsi fianga	Kama	Nkol mbong	Tiga/Noum yain	Nkoa beu	
≤ 10	0	2	0	1	2	0	0	5
10 < Age ≤ 20	0	0	1	0	0	1	0	2
20 < Age ≤ 40	1	3	0	0	0	3	3	10
40 < Age ≤ 60	0	2	0	2	0	0	0	4
> 60	2	6	0	2	2	0	3	15
Temoin forestier	0	4	1	1	0	1	0	7
Total	3	17	2	6	4	5	6	43

3.4.3. Mise en place, dimensions et formes des placettes d'échantillonnage

La mise en place des parcelles expérimentales s'est faite en adaptant la méthode décrite par Hairiah et al., (2010) au contexte local. Elle préconise l'installation des placettes principales rectangulaires de 2000 m² (20 m × 100 m) pour l'échantillonnage des ligneux à grand diamètre (DHP > 30 cm) et des placettes secondaires rectangulaires de 200 m² (5 m × 40 m) pour l'échantillonnage des ligneux à petit diamètre (DHP inclus entre 5 à 30 cm).

Dans chaque cacaoyère agroforestière, une placette semi-temporaire, représentative de la parcelle en termes de gestion technique du peuplement cacaoyer et des peuplements associés, a été positionnée afin de disposer d'un échantillon typique d'individus susceptibles d'être observés. Ainsi, nous avons réalisé d'une part les placettes d'échantillonnages principales de forme rectangulaires de 2400m²(40m x 60m) pour les ligneux de DHP ≥ 30 cm du fait de la présence des arbres de diamètre maximal équivalent à 170 cm et d'autres part les placettes secondaires rectangulaires de 800m² (20 m × 40 m) pour l'échantillonnage des ligneux à petit diamètre (DHP inclus entre 5 à 30 cm) dans lesquelles toutes les mesures dendrométriques et les estimations de biomasses ont été effectuées.

Dans la pratique, compte tenu de l'irrégularité des formes et des tailles des parcelles sur le terrain, des placettes d'échantillonnage de 800 m² (20m × 40m) ont été installées de telle manière que la longueur (40 mètres) suive le sens de la pente et la largeur (20 mètres) soit

parallèle aux courbes de niveau afin de mieux couvrir les parcelles. Chacun des quatre extrémités de la placette d'échantillonnage a été jalonné, marqué et les coordonnées GPS ont été enregistrées.

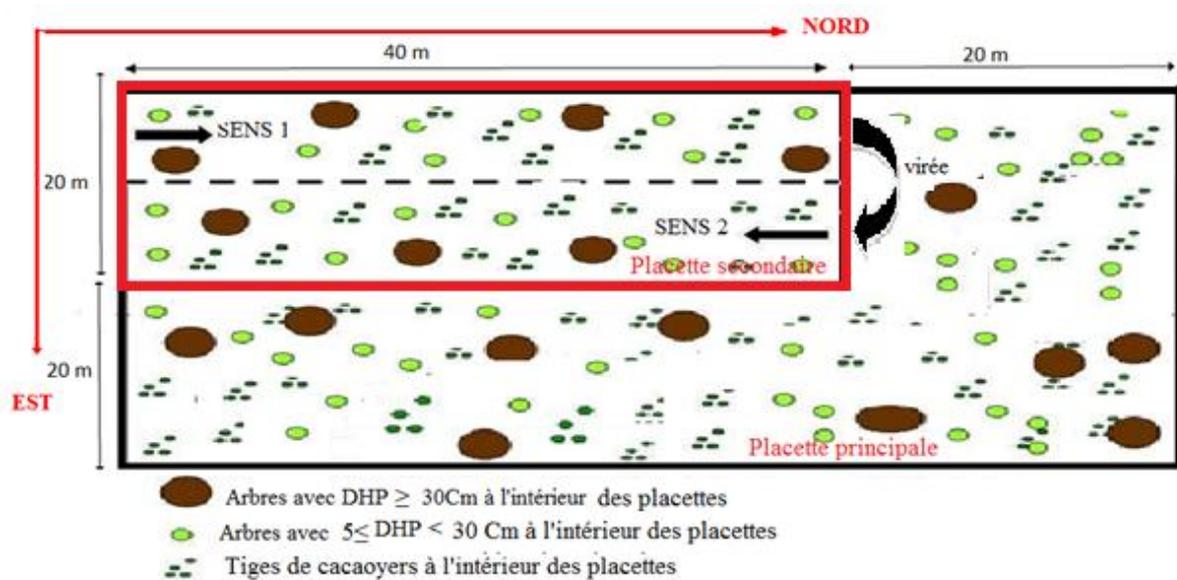


Figure 2: Schéma du dispositif expérimental sur une placette Source : adapté de Hairiah et al. (2011)

Comme limite, malgré l'étroitesse de certaines exploitations, les données ont été collectées sur l'ensemble des placettes secondaires, seules deux (02) placettes principales (N° 9 et 39) dans notre échantillon(43) n'ont pas fait l'objet de collecte.

3.4.4. Inventaires, mesures dendrométriques et collecte des informations ethnobotaniques dans les placettes d'échantillonnages

L'évaluation des systèmes agroforestiers à base de cacaoyer à un temps t implique donc d'identifier des variables qui soient « pertinentes et faciles à mesurer au champ en cours de cycle, en vue de caractériser l'état du peuplement et/ou du milieu et de relier ces états aux performances du champ cultivé » (GIEC, 2006). Par conséquent, nous évaluons la dynamique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyer en tenant compte de leur structure. Celle-ci sera caractérisée par des variables facilement mesurables à un temps t (densité, architecture, âge, composition floristique, diamètre, hauteur etc.).

Les évaluations des variations et stocks de C et de la biomasse totale se concentrent aussi sur les éléments non commerciaux exprimés en tonnes de poids sec, contrairement aux inventaires forestiers qui prennent en compte l'extraction de bois en m³ de volume commercialisable. Plusieurs méthodes existent pour dériver la biomasse des forêts et ses variations, parmi ces méthodes les principales sont les méthodes directe et indirecte. Cependant la méthode directe utilisée dans le cadre de cette étude qui consiste en la mesure des attributs des échantillons de l'arbre sur le terrain comme le diamètre et la hauteur : et en appliquant des équations allométriques ou des tableaux de biomasses basés sur ces équations, une fois ou de manière répétée (Somogy *et al.*, 2006).

3.4.5. Opération de comptage

L'inventaire est une opération qui recense, identifie et compte les arbres. Elle est faite suivant une progression Nord-Sud donnée par la boussole SUUNTO dans le but d'avoir un maximum d'éclaircissement sur le temps, l'évolution est faite en ligne chaque compteur balayant une largeur de 5m et une virée est effectuée à la fin de la placette, pour le retour sur 40 m.

L'inventaire est fait de façon systématique dans la placette secondaire de 800 m² et échantillonné dans la placette secondaire (2400 m²). L'inventaire systématique concerne dans un premier temps le peuplement de cacaoyer, ou les données collectées sont reportées sur la fiche « relevés individuels cacaoyers » (cf. annexe 5). Du fait des spécificités de certains arbres (pente, bifurcations, contreforts, etc.) les différents cas de figures recensés sur le terrain ainsi que l'approche utilisée pour la mesure du DHP sont illustrées dans la figure 3 suivante :

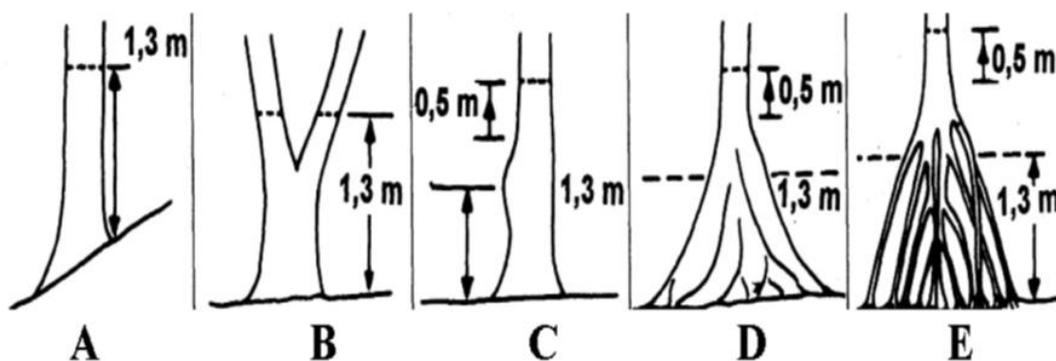


Figure 3: Guide for determining DBH for abnormal trees source: adapté Hairiah *et al.*, 2011

La hauteur du cacaoyer est mesurée à l'aide d'un tuteur gradué, l'âge de la cacaoyère agroforestière a été estimé individuellement avec l'agriculteur propriétaire. Les types

architecturaux des cacaoyers ont été caractérisés suivant les descriptions faites par Jagoret en 2011: Les types 0 et 1 correspondent aux premiers stades de développement de cacaoyers conduits sur un seul tronc au niveau de la première couronne, tel que recommandé par la recherche agronomique. Le type 2 est représentatif de cacaoyers sur lesquels l'agriculteur a laissé croître un rejet orthotrope pour qu'une seconde couronne, plus haute que la première, puisse se développer. Les types 3a et 3b sont des cacaoyers dont le développement orthotrope initial a été contrarié suite à la destruction du bourgeon terminal. Ce traumatisme a souvent pour conséquence la formation de deux troncs de même âge situés à la base de la souche, ou à mi-hauteur du tronc initial, qui ont formé chacun une couronne. Le type 4 correspond aux cacaoyers sénescents régénérés par les agriculteurs, ou en cours de régénération, et sur lesquels l'agriculteur a laissé se développer plusieurs rejets orthotropes d'âge différent à la base du tronc initial avant d'éliminer ce dernier. Le type 5 correspond aux cacaoyers sénescents non régénérés ou ayant subi un traumatisme qui a entraîné la disparition d'une partie ou la totalité de la couronne tel que illustré par la figure 4 suivante :

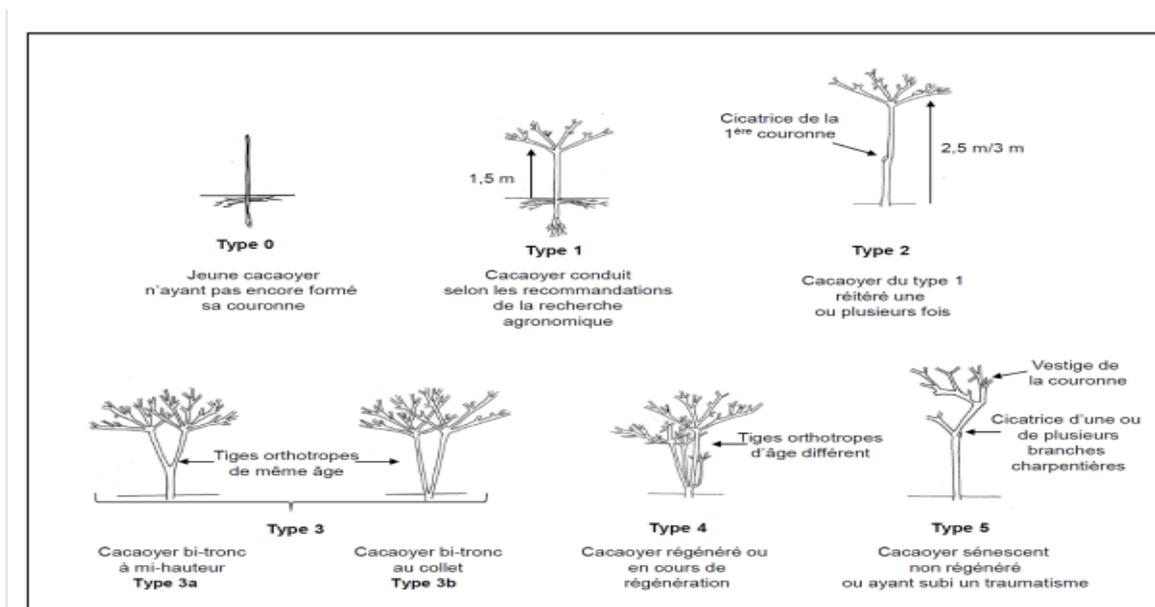


Figure 4: Principales architectures de cacaoyers identifiés pour le Centre Cameroun (Jagoret et al., 2011)

Dans un deuxième temps il est réalisé l'inventaire du peuplement associé dans la placette secondaire de 800 m² et les informations sont portées sur des fiches conçues à cet effet (« relevés des arbres associés ») (cf. annexe 6). Selon qu'ils s'agisse des arbres de diamètre inférieur à 30 cm ou supérieure ou égale à 30 cm, les informations relatives portent sur : la mesure du ou des diamètres à hauteur de poitrine à l'aide du ruban diamétrique ; la mesure du diamètre des arbres inaccessibles est faite à l'aide de la « méthode de la règle » (figure 5), de

la mesure des hauteurs à aide d'un clinomètre, du type de feuillage (caduque(C) ou persistant(P), léger(LE) ou lourd(LO)), de la strate occupée par l'arbre (en dessous de la strate cacaoyers (U), au même niveau que les cacaoyers (M), domine les cacaoyers mais dominé par d'autre arbres(H), dominant les cacaoyers et les autres arbres associés (HH)), l'introduction(int) ou la conservation(cons) de l'arbre dans le système, la valeur d'usage et la production annuelle estimée le cas échéant et ainsi, la même démarche est répétée à chaque fois sur les placettes principales de 1600 m² restant. L'identification botanique est faite avec l'utilisation de la machette par la réalisation d'une tranche (association de deux coupes sur le tronc, l'une oblique et l'autre horizontale) ou d'un blanchis (coupe parallèle à l'axe du tronc). Après l'identification de l'arbre, le nom vernaculaire est donné par le botaniste ou au cas contraire, une mention « indéterminé » est notée sur la fiche de comptage.

Des observations éventuelles sont mentionnées et les arbres sont marqués d'un point de peinture ou deux selon qu'on se trouve respectivement dans la placette secondaire ou principale avant de passer au suivant. Les arbres inventoriés sont marqués à la fois pour éviter les doubles comptages et pour permettre un repérage lors d'un passage ultérieur d'autres études.

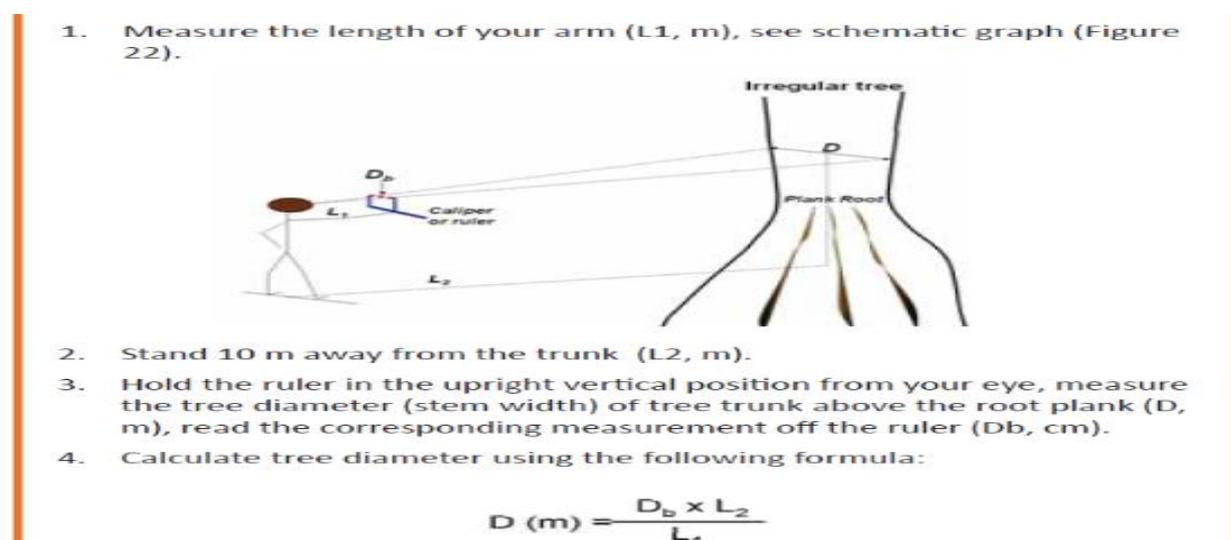


Figure 5: Diagramme schématique de la mesure du diamètre des grands arbres à l'aide de la règle, basé sur une approche géométrique source : (Hairiah et al.,2011)

Pour l'inventaire de la placette de forêt secondaire ne contenant pas de cacaoyer, la même méthodologie est appliquée et les arbres ayant un diamètre inférieur à 30 cm sont inventoriés sur la placette secondaires de 800 m² et ceux de diamètre supérieur ou égale à 30 cm sur dans les placettes principales de 2400 m². Dans cette dernière, l'inventaire se fait par

pistage, avec un effort de déplacement fait dans la placette et sur les limites précédemment matérialisées ou l'équipe évolue sur la ligne tracé par le layonneur et convergeant directement sur l'arbre ciblé ; on profite des layons déjà existant pour atteindre les arbres (COMIFAC, 2008). Ces parcelles ont pour objectif de constituer des parcelles témoins et rendre compte de la solidité de notre étude.

Les limites au niveau des opérations de mesures concernent surtout l'estimation de quelques hauteurs dans les placettes de forêts secondaires, du fait de l'obscurité du sous-bois lié à la densité des arbustes et de la présence des lianes, rotins au niveau de la cime de arbres rendant difficile et même parfois impossible l'observation du houppier aux différentes distances d'utilisation du clinomètre (15m, 20m, 30m, 40m).



Figure 6: Mesure à 15 m de la hauteur d'un arbre à l'aide d'un clinomètre SUUNTO



Figure 7: Prise de diamètre d'un Movingui à l'intérieur d'une placette secondaire

La collecte des informations ethnobotaniques s'est faite suivant une approche approfondie qui permet une meilleure compréhension du système local de savoir, avec les données mieux structurées pouvant faire l'objet d'analyses quantitatives. L'usage d'un guide d'entretien dilué dans les fiches de collectes a servi d'outil pour la collecte de ces informations.

3.4.6. Enquêtes socioéconomiques

Dans chaque village, les propriétaires ou les gestionnaires des cacaoyères agroforestières sont enquêtés par le biais des fiches d'enquêtes (cf. annexe 3). A Ngomedzap, 30 ménages sur 36 au total ont été enquêtés du fait d'une part de l'appartenance à un paysans de plusieurs exploitations retenues dans l'échantillon, et d'autre part lié à l'absence du responsable dans le village durant le séjour. Les informations recueillies à l'issue de ces enquêtes ont permis

d'obtenir des renseignements sur les rendements, les problèmes rencontrés et surtout la spécificité des modes de gestion de chaque agroforêt (cf. annexe 4).

3.5. Analyse et traitement des données

Le logiciel Map info 8.5 a été utilisé pour la confection de la carte de localisation de la zone d'étude et le positionnement des dispositifs dans les parcelles.

Les données prélevées sur le terrain sont destinées au projet SAFSE. Dans le cadre de la présente étude, les données collectées ont été saisies et compilées à l'aide du logiciel Microsoft EXCEL2007 pour le calcul des différentes variables et le logiciel XLSTAT2011 a servi à réaliser l'analyse de la variance ANOVA à deux facteurs.

Les données socioéconomiques collectés pendant la phase terrain sont traitées par les logiciels sus cités serviront de base, pour la compréhension du fonctionnement des SAFs, l'analyse des résultats et les discussions.

3.5.1. Analyses des données d'inventaires

L'analyse des données issues de l'inventaire s'est faite suite à l'évaluation des différentes variables de caractérisation retenues dans le cadre de la présente étude.

3.5.1.1. Variables explicatives du Peuplement de cacaoyer

a) Densité des cacaoyers

La densité (D) indique la valeur moyenne du nombre total d'individus par unité de surface. Elle s'exprime en nombre d'arbre/ha et se calcule par la relation suivante :

$$D = \frac{n}{St}$$

Avec : n = nombre total d'individus dans une placette d'échantillonnage St = superficie de la placette d'échantillonnage (ha)

Le nombre de cacaoyers par placette a été compté. La densité des cacaoyers à l'hectare a été extrapolée à partir du comptage des individus présents dans chaque placette. Cependant, la densité des cacaoyers est à la fois une composante du rendement et une variable explicative en tant que caractéristique de la structure des peuplements cacaoyers.

b) Structure du peuplement de cacaoyer

Les variables de structure du peuplement cacaoyer que nous avons considérées sont liées aux pratiques d'implantation et de gestion des cacaoyers au cours du temps. Ainsi la distribution diamétrique et des hauteurs sont le reflet des modalités de mise en place des cacaoyers mais également des pratiques de redensification des peuplements cacaoyers. Les structures diamétriques permettront de caractériser l'allure des populations à travers des histogrammes ; pour cela on s'appuiera sur un découpage en 5 classes de diamètre de largeur constante égale à 10 cm : la classe 1 va de 0 à 10 cm, la classe 2 va de 10 à 20 cm et ainsi de suite jusqu'à la classe 5 qui va de 40 à 60 cm. Cependant la classe de diamètre des cacaoyers ayant de nombreuses bifurcations est la classe correspondante à la somme des diamètres.

Les pratiques de redensification des cacaoyères interviennent également sur l'âge moyen du peuplement cacaoyer. Le nombre moyen de troncs par cacaoyer est une variable liée aux pratiques de régénération des cacaoyers qui permettent aux agriculteurs de renouveler le tronc et la couronne des cacaoyers âgés devenus sénescents.

- Le nombre de troncs de chaque cacaoyer a été compté, et le nombre total de troncs d'un peuplement cacaoyer est la somme des troncs de tous les individus qui le composent.
- Le type architectural des cacaoyers a été défini individuellement à partir des six types architecturaux que nous avons préalablement identifiés (figure 4). Le profil architectural d'un peuplement cacaoyer d'une agroforêt est la proportion, exprimée en pourcentage (%), des différents types architecturaux qui le caractérisent.

c) Surface terrière

La surface terrière d'un arbre est la surface de la section transversale de cet arbre à 1,30 m au-dessus du sol (Rondeux, 1993). C'est la surface occupée par un arbre i à l'hectare. La surface terrière d'un peuplement (G) et représente donc la somme des surfaces terrières des individus pris individuellement (g), qui composent ce peuplement (Pardré et Bouchon, 1988). Elles se calculent à l'aide des relations suivantes.

$$g = \frac{\pi D_i^2}{4}$$

Avec : $\pi = 3,14$,

D_i = Diamètre du ligneux i ,

g = Surface terrière du ligneux i (m^2/ha)

$$G = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\pi D_i^2}{4} \times \frac{d}{n} \right)$$

Avec : $\pi = 3,14$,

D_i = Diamètre du ligneux i ,

d = densité du peuplement à l'hectare

n = Effectif de la population dans la placette

Cette grandeur un peu abstraite dépend à la fois de la grosseur et du nombre d'arbres et est corrélée au couvert des arbres, ce qui permet de quantifier le degré de compétition au sein du peuplement, et les conditions d'éclairement du sol. Selon CRPF et (Formation à la gestion forestière) FOGEFOR (2011) :

- Un peuplement dense et âgé pourra avoir une surface terrière élevée 25 à 50 m²/ha ;
 - Un peuplement plus jeune ou plus clair aura une surface terrière faible : 5 à 15 m²/ha.
- La surface terrière moyenne par cacaoyer. La relation entre la productivité des cacaoyers et leur vigueur est connue et a été mise en évidence par plusieurs auteurs (Jagoret *et al.*, 2011). La surface terrière d'un cacaoyer, c'est-à-dire sa section transversale permet d'estimer la « quantité » de bois de cacaoyer. La surface terrière d'un cacaoyer a été calculée à partir du diamètre du ou des tronc(s) de chaque cacaoyer mesurée à 1,3 mètre du sol pour les cacaoyers adultes, et à partir du diamètre au collet mesuré à 50 cm du sol pour les cacaoyers âgés de moins de cinq ans.
 - La surface terrière totale d'un peuplement cacaoyer est la somme des surfaces terrières de tous les individus qui composent ce peuplement. Cet indice permet d'estimer la surface au sol occupée par le peuplement cacaoyer.

d) Hauteur

La hauteur de chaque cacaoyer, a été mesurée à l'aide d'une règle graduée de 5 mètre. La hauteur d'un peuplement cacaoyer est la moyenne des hauteurs tous les cacaoyers qui le composent.

e) stock de carbone des cacaoyers

La biomasse relative des troncs d'un peuplement cacaoyer a été obtenue à partir de la somme des biomasses des troncs de tous les individus qui composent le peuplement cacaoyer, lesquelles ont été estimées par l'utilisation de l'équation allométrique de Chave et al. (2005) et de la biomasse aérienne des troncs d'un peuplement cacaoyer permet de déduire le stock de carbone séquestré par les peuplements des cacaoyers des SAFs et comparer ce qu'il représente par rapport à celui des peuplements associés.

3.5.1.2. Variables explicatives du peuplement associé

a) Structure du peuplement des arbres associés

Les variables de structure des peuplements associés que nous avons considérées sont liées aux pratiques de gestion de ces peuplements au cours du temps. La densité des peuplements associés et le type d'espèces associées aux cacaoyers sont en effet le reflet des modalités de mise en place des cacaoyères agroforestières : conservation de certaines espèces en zone forestière après défriche ou, au contraire, introduction de certaines espèces pour contrôler *Imperata cylindrica* et installer un ombrage favorable aux jeunes cacaoyers. La densité des peuplements associés et le type d'espèces associées sont également liés aux pratiques de gestion de l'ombrage des agriculteurs qui se traduisent par l'élimination ou l'introduction d'arbres dans les cacaoyères. Les structures diamétriques permettront de caractériser l'allure des populations à travers des histogrammes ; pour cela on s'appuiera sur un découpage en 10 classes de diamètre avec une classe de 5 cm d'amplitude, et 8 classe 10 cm d'amplitude et la classe 10 qui regroupe les arbres de plus de 100 cm : la classe 1 va de 5 à 10 cm, la classe 2 va de 10 à 20 cm et ainsi de suite jusqu'à la classe 10.

b) Densité des arbres associés

Le nombre d'arbre associé a été inventorié à l'échelle de la placette d'échantillonnage en considérant tous les individus d'un diamètre de recrutement supérieure à cinq centimètre. Ce

nombre sera extrapolé à l'hectare et les densités des arbres fruitiers, forestiers et inconnus seront connues, de même que le nombre d'arbres introduits et ceux conservés.

Un inventaire des arbres associés aux cacaoyers a été réalisé dans chaque placette. Leur identification a été basée sur les noms vernaculaires exprimés en Ewondo (Ngomedzap). Les correspondances en noms communs et en noms scientifiques ont été établies à l'aide de lexiques de botanique (Vivien et Faure, 1985 ; Eyog Matig et al., 2006 ; cf annexe 2)

c) Hauteur

La hauteur de chaque arbre associé, a été mesurée à l'aide d'un clinomètre. La hauteur du peuplement associé est la moyenne des hauteurs des tous les arbres associés qui le composent. Nous ferons caractérisation la structure verticale définissant la stratification du peuplement associé.

d) Stock de carbone des arbres associés

La biomasse aérienne des ligneux associés sur pieds : elle correspond à la masse de matière végétale ligneuse sèche par unité de surface. La biomasse aérienne des ligneux d'un peuplement associé a été obtenue à partir de la somme des biomasses de tous les ligneux qui composent le peuplement associé, lesquelles ont été estimées par l'utilisation de l'équation allométrique décrite par Chave et al. (2005)

Tableau 7: récapitulatif des variables par objectifs

Caractéristique à décrire	Variables dépendantes	Variables indépendantes	Unité
Objectif1 : Identifier la composition et la structure de la diversité arborée			
Variables explicatives			
Structure du peuplement cacaoyer	Densité des cacaoyers	Effectifs	n ha ⁻¹
	Type architecturaux	Types 0, 1, 2, 3, 4,5	%
	Nombre moyen de troncs par cacaoyer		N
	Structure diamétrique	Diamètre, effectifs et classe d'âge	
Structure du peuplement associé	Densité	Densité des arbres associés (introduis et conservés)	n ha ⁻¹

	Familles	Proportion des familles introduites et conservées	n ha ⁻¹
	Structure diamétrique	Diamètre, effectifs et classe d'âge	n ha ⁻¹
Variabiles intermédiaires			
Etat du peuplement cacaoyer	Surface terrière	Surface terrière moyenne par cacaoyer, et totale du peuplement	cm ²
Etat du peuplement associé	Hauteur	Stratification du couvert	M
Objectif 2 : Etablir les relations entre cette diversité et la capacité de stockage du C			
Stockage du carbone et diversité	Stock de carbone des cacaoyers	Biomasse du peuplement cacaoyer (AGBcac, BGBcac)	tC/ha
	Stock de carbone du peuplement associé	Biomasse du peuplement associé (AGBass, BGBass)	tC/ha
	Stock de carbone des forêts	Biomasse du peuplement forestier (AGBfor, BGBfor)	tC/ha
Objectif 3 : Evaluer la dynamique de stockages de C et les valeurs écologiques et commerciales des agroforêts			
Dynamique de stockage	Stock total	stocks cacaoyer et associé	tC/ha
UREC	valeur écologique	stock de CO ₂	FCFA/ha
Valeur du rendement cacao marchand	valeur commerciale	rendement cacao,	FCFA/ha

3.5.2. Estimation des stocks de carbone par pool

Elle correspond à la masse de matière végétale ligneuse sèche par unité de surface. La biomasse totale en bois des ligneux sur pied se répartit en biomasse aérienne (AGB) et en biomasse souterraine (BGB). Les méthodes existantes pour le calcul du carbone forestier sont la méthode allométrique (non destructrice) et la méthode destructrice. La méthode non destructrice choisie est du fait de la limite des moyens et du temps, aussi due au fait que l'abattage d'un arbre requiert une autorisation de l'administration forestière et du propriétaire des terres.

3.5.2.1. Biomasse aérienne (AGB)

L'estimation de la biomasse aérienne des cacaoyers et des arbres associés dans l'agroforêt est réalisée à partir du modèle allométrique de Chave et al., (2005) présenté dans le tableau suivant :

Tableau 8: Equation allométrique pour la détermination de la biomasse aérienne

pluviométrie locale (mm/an)	Equations allométriques (Kg/arbre)	Domaine de validité	Auteurs
1500-4000	$AGB \text{ (kg)} = 0.0509 \times \rho D^2 H$	$5 \leq DHP \leq 156 \text{ cm}$	Chave et al., (2005)

Source: adapté Hairiah et al., 2011

Avec: DHP = Diamètre à Hauteur de Poitrine en Cm

AGB = Above Ground Biomass (Kg)

ρ = Densité spécifique du bois (g/cm^3)

Une densité spécifique du bois sera attribuée à chaque espèce, pour les espèces inconnues et pour celles dont les densités spécifiques n'ont pas été identifiées, une moyenne pondérée sera calculée et attribuée à chacune de ces espèces ($0,52475 \text{g/cm}^3$; cf. annexes 2).

3.5.2.2. Biomasse souterraine (BGB) des ligneux sur pied

L'estimation de la biomasse racinaire des ligneux sur pied se conformera aux lignes directrices établies par le GIEC (GIEC, 2006). En effet, selon ces derniers, l'équivalence en biomasse racinaire des ligneux sur pied est trouvée en multipliant la valeur de la biomasse aérienne (AGB) par un coefficient R dont la valeur est estimée à 0,24.

$$BGB = AGB \times R$$

Avec : BGB = Below Ground Biomass ou Biomasse souterraine (Kg)

ABG = Aboveground Biomass ou biomasse aérienne (Kg)

R = Root to shoot ratio = 0,24

3.5.2.3. Biomasse Totale des ligneux sur pied

La biomasse totale (TB) des ligneux sur pied sera alors estimée en sommant les deux valeurs ci-dessus :

$$TB = AGB + BGB$$

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

BGB = Below Ground Biomass ou Biomasse Souterraine (Kg)

AGB = Above Ground Biomass ou Biomasse Aérienne (Kg)

3.5.2.4. Estimation des stocks de carbone et de CO₂ atmosphérique séquestrés

La biomasse totale estimée à partir des différentes équations a été convertie en stock de carbone séquestré correspondant en la multipliant par 0,47 selon le GIEC (2006). En ce qui concerne le stock de CO₂ atmosphérique séquestré, il est reconnu que la masse atomique du Carbone (MaC) est égale à 12,001115 et celle de l'Oxygène (MaO) est de 15,9994. La masse moléculaire du CO₂(MmCO₂) est estimée par l'opération suivante :

$$MmCO_2 = MaC + 2MO \text{ Soit } MmCO_2 = 12,001115 + 2 \times (15,9994) = 43,999915 = 44$$

Ainsi, le rapport de combinaison du carbone (C) au Dioxygène (O₂) a été estimé par le rapport suivant MmCO₂/MaC qui nous donne 3,6663 - soit environ 3,67. Le stock de CO₂ atmosphérique séquestré par la biomasse totale à l'intérieur des différents types d'utilisation des terres (agroforêts et forêts) a donc été estimé en multipliant le stock de carbone issu de la biomasse par 3,67.

3.5.3. Facteurs d'expansion à l'échelle des différentes aires d'estimation des stocks de carbone

Les valeurs de stocks de carbone trouvées à l'échelle des différentes aires d'échantillonnage ont été extrapolées à l'hectare (10 000 m²) à l'aide des Facteurs d'Expansion (FE), représentant la proportion d'un hectare dans l'aire d'échantillonnage évaluée.

Facteur d'expansion au niveau de la placette principale

La placette d'échantillonnage de 2400 m² à l'échelle de laquelle la biomasse des végétaux sur pied est évaluée, est extrapolée à l'hectare en multipliant les stocks de carbone qui en ressortent par le Facteur d'Expansion (FE) suivant :

$$FE_1 = \frac{\text{Surface Unitaire}}{\text{Surface de la placette principale}} \text{ Soit } FE_1 = \frac{10000 \text{ m}^2}{2400 \text{ m}^2} = 4,166$$

Facteur d'Expansion au niveau des placettes secondaires

Le stock de carbone issu des 43 placettes secondaires d'échantillonnage (800 m²) des espèces ligneuses) été extrapolé à l'hectare en multipliant les stocks carbone qui en ressortent par le

Facteur d'Expansion (FE_2) suivant :

$$FE_2 = \frac{\text{Surface unitaire}}{\text{Surface de la placette secondaire}} \text{ soit } FE_2 = \frac{10000 \text{ m}^2}{800 \text{ m}^2} = 12,5$$

Après l'estimation des stocks de carbone à l'intérieur de différents agroforêts en fonction de la chronoséquence, des forêts secondaires, les résultats ont été rassemblés pour la détermination du stock total de carbone à l'échelle des différents types d'utilisation de terres.

3.5.4. Valeur écologique « carbone » liée aux Agroforêts et forêts secondaires

La valeur écologique est la valeur financière sur le marché déduite du stock de carbone séquestré par toutes les espèces recensées dans le cadre de cette étude. Cette valeur susceptible d'être générée en cas de paiement pour les Services Ecosystémiques (PSE) aux agroforêts et forêts secondaires à travers la séquestration du CO_2 atmosphérique peut avoir une équivalence économique ou monétaire d'après les marchés règlementés tels que le Mécanisme de Développement Propre (MDP) et la REDD ou marchés volontaires. A cet effet, Il existe plusieurs unités de même valeur sur le marché de carbone à savoir : les Unités de Quantités Attribuées (UQA), les Unités séquestrées par l'Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et la foresterie ou Removal Unit (RMU) from Land Use, Land Use Changes and Forestry (LULUCF), les EU ETS Allowances (EUA), et les Unités de Réductions d'Emissions Certifiées (UREC). Bien que toutes ces commodités soient différentes, elles ont toutes le même prix en considérant que la tonne équivalent de CO_2 séquestrée sur le marché des MDP est de 6\$ (Glenn, 2008).

$$1EUA = 1UQA = 1UREC = 1RMU = 1 \text{ tonne de } CO_2 \text{ équivalent} = 6\$ = 3000FCFA$$

3.5.5. Analyse statistiques

Les tests de comparaison multiples ont été réalisés à l'aide du logiciel XLSTAT 2011 afin de comparer les stocks totaux moyens et les valeurs écologiques et commerciales entre les différents types d'occupation des sols.

Les données collectées sont encodées et regroupées par thématique et par Types d'Utilisation de Terre à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2007. Ces données ainsi regroupées sont importées dans le logiciel XLSTAT 2011 ; Une analyse de variance (ANOVA) a été appliquée sur les différentes variables étudiées à 95 % de probabilité. Les comparaisons de moyennes (densité, surface terrière, de stock de carbone des cacaoyers et arbres associés)

entre les classes d'âge des agroforêts et forêts des villages de la zone de Ngomedzap ont été effectuées par le test de Fisher. Quand des différences significatives entre les moyennes ont été observées, le test de TUKEY à été utilisé pour comparer les moyennes entre les traitements. Les valeurs significativement différentes ont été identifiées par des lettres différentes dans les tableaux.

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. RESULTATS

4.1.1 Structure et composition des SAFs de Ngomedzap

4.1.1.1 Structure et composition du peuplement cacaoyer

Les agroforêts complexes ont des éléments dans leur composition et leur structure qui permettent de les caractériser. Leur composition permet de connaître les espèces qui les constituent, et leur structure permet de connaître leur disposition spatiale dans l'exploitation.

4.1.1.1.1 Densité des peuplements cacaoyers

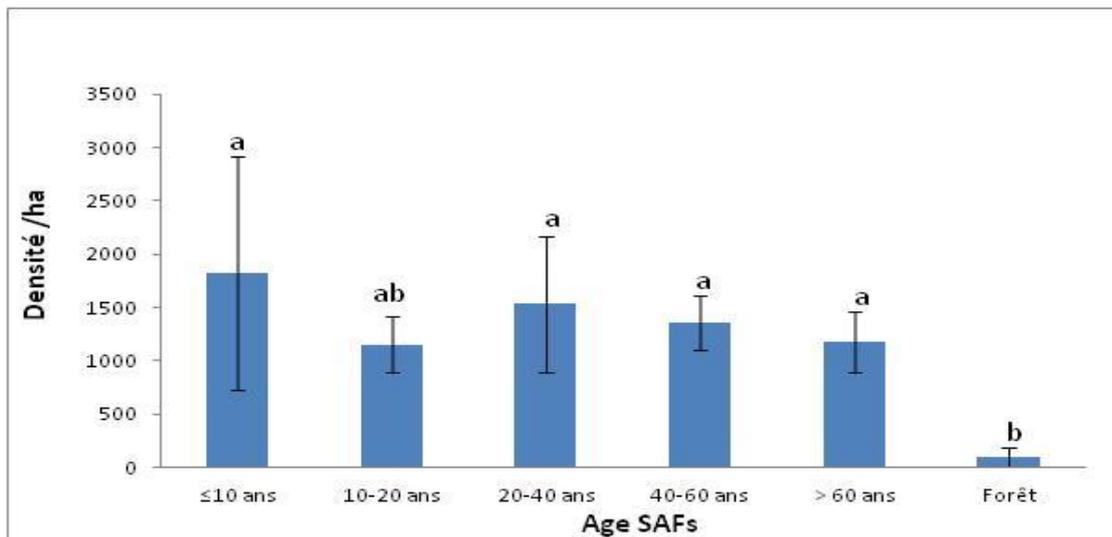


Figure 8: Densité des cacaoyers par TUTs

La densité des cacaoyers est en moyenne de 1175 plants ha^{-1} . La densité cacaoyère de plusieurs agroforêts est comprise entre 1300 et 1600 cacaoyers ha^{-1} , ce qui est supérieure aux normes recommandées par la recherche agronomique (1111 tiges /ha), on observe cependant dans certains cas, qu'elle peut être relativement basse (inférieure à 1100 plants ha^{-1}) ou au contraire, très élevée (supérieure à 1800 plants ha^{-1}). La densité par classe d'âge d'agroforêt montre une très faible variabilité parcellaire entre les SAFs et une forte variabilité des SAFs avec la forêt (figure 8). La présence des cacaoyers dans certaines forêts serait du fait que les graines sont disséminées par les animaux. En effet les pulpes sont sucrées, les graines odorantes et dotées de couleurs voyantes qui attirent les oiseaux ou les mammifères.

Il n'existe aucune différence significative entre les densités cacaoyères des SAFs entre elles (tableau 1) et une différence hautement significative entre les SAFs et les forêts ($F = 8,684$ et $p < 0,0001$). On observe cependant une diminution du nombre de cacaoyers ha^{-1} dans les cacaoyères les plus âgées. Aucune différence significative de densité n'est mise en évidence entre les différents villages de Ngomedzap. La densité des cacaoyers est toutefois relativement plus élevée à Abod mveng, où elle est supérieure à 1 600 plants ha^{-1} , qu'à Nyamsi fianga où elle est en moyenne de 612 plants ha^{-1} .

Tableau 9: Nombre moyen de troncs par cacaoyer et densité de cacaoyers par ha

Classe d'âge	N	Dens cac/ha	Nombre de troncs / cacaoyer
≤ 10 ans	5	1817,5(±1091,35) a	1,7(±1)b
10 - 20 ans	2	1150(±265,16) ab	2,23(±1,31)ab
20-40 ans	10	1531,25(±634,95) a	1,85(±1,03)ab
40 - 60 ans	4	1356,25(±256,07) a	2,62(±5,47)a
> 60 ans	15	1171,66(±282,82) a	2,25(±1,373)ab
Forêt	2	93(±88,38)b	1,08(±0.17)b
villages	N village		
Abod mveng	13	1611,53(±686,63) a	2,07(±1,24)ab
Kama	6	1319,64(±703,07) a	2,01(±4,81)ab
Nkoa abeu	5	1087,5(±233,68) a	2,39(±1,44)ab
Nkol mbong	4	1034,37(±446,55) a	2,17(±1,05)ab
Nyamsi fianga	1	612,5(±494,97) ab	2,53(±1,61)ab
Onoe ngah	3	1187,5(±221,14) a	2,5(±1,32)ab
Tiga/noum yain	4	1450(±642,50) a	1,43(±0,75)b

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

4.1.1.1.2. Nombres de troncs de cacaoyers

Globalement, le nombre moyen de troncs par cacaoyer est de deux (02). Après analyse il ressort qu'il existe une différence significative entre le nombre de troncs par cacaoyer dans les SAFs en fonction de l'âge ($F = 0,260$ et $p = 0,047$). Ce pendant on observe une influence de l'âge et de la densité sur le nombre de troncs par cacaoyer.

La l'augmentation relative du nombre de troncs et la diminution de la densité avec l'âge (tableau 9), suggère que cet accroissement du nombre moyen de troncs par cacaoyer avec l'ancienneté des cacaoyères pourrait compenser la diminution du nombre de cacaoyers. Par contre, il existe une différence significative entre le nombre de troncs par cacaoyer en fonction du village ($F = 2,776$ et $p = 0,043$), signe potentiel d'une gestion différente en fonction du village.

4.1.1.1.3. Profils architecturaux des cacaoyers

Les types architecturaux 4 (cacaoyer régénéré), 3 (bifurcation de même âge) et 1 (recommandation agronomique) sont globalement les plus fréquemment rencontrés dans les agroforêts de Ngomedzap. Ils représentent respectivement en moyenne 46%, 23 % et 20 % des effectifs. Le type architectural 2 représente 19 % des cacaoyers alors que les types architecturaux 0 (jeune cacaoyer) et 5(cacaoyer sénecent non régénéré ou ayant subit un traumatisme) représentent respectivement 7 % et 2 % des cacaoyers. Aucune différence significative de type architectural n'est mise en évidence entre les différents villages de la zone d'étude (Figure 10).

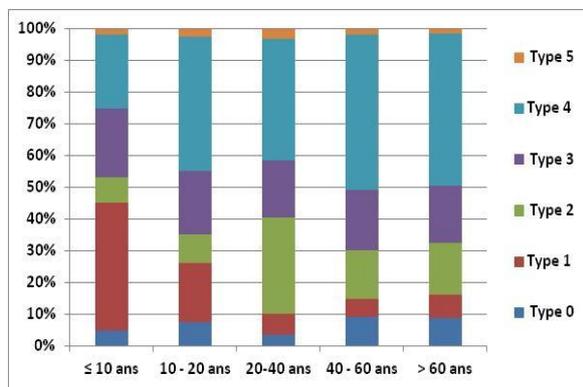


Figure 9: Profil architectural en fonction de l'âge

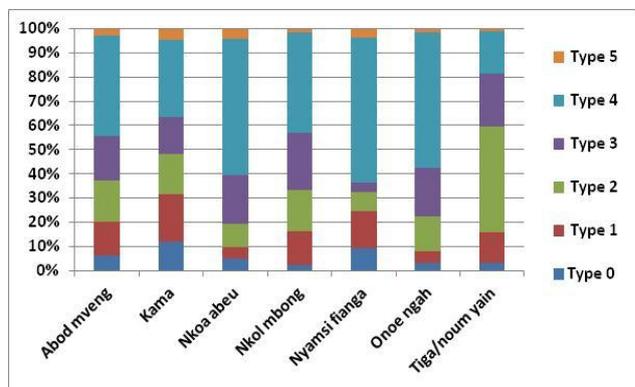


Figure 10: Profil architectural en fonction des villages

(Profils établies suivant la caractérisation des architectures de cacaoyer faite par Jagoret (2011) dans le cente du Cameroun)

Le profil architectural des cacaoyères agroforestières évolue avec l'ancienneté (Figure 9). La proportion des types architecturaux 0 et 1 diminue significativement lorsque l'on passe des cacaoyères de moins de 10 ans (7 et 20 %) aux cacaoyères plus âgées ($F = 1,83$ et $p = 0,025$). La tendance est moins nette en ce qui concerne les types 2 et 3 qui représentent respectivement pour les classes d'âge et les villages entre 18 et 20 % et entre 19 et 23% des effectifs. Par contre, la proportion du type 4 est significativement supérieure dans les cacaoyères âgées entre 40 – 60 ans (55 %) par rapport aux autres classes d'âge.

4.1.1.1.4. Structure diamétrique du peuplement cacaoyer

Il existe une grande variabilité entre les parcelles pour ce qui concerne la distribution des cacaoyers par classe de diamètre dans les SAFs tant en fonction de l'âge (Figure 11) qu'en

fonction du village (figure 12). Ce pendant elle est mise en évidence dans les SAFs juvéniles que dans les SAFs adultes et sénescents.

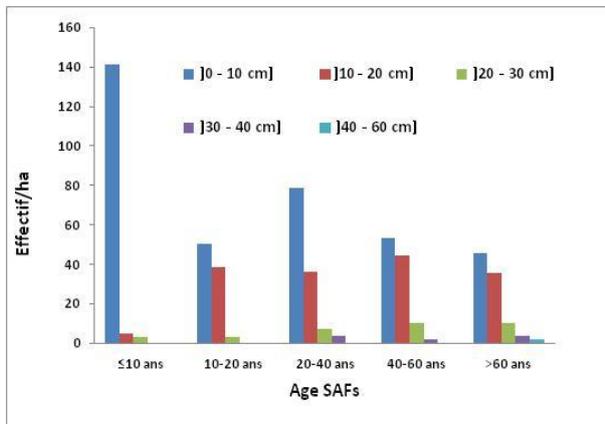


Figure 11: Distribution diamétrique des cacaoyers en fonction de l'âge de l'agroforêt

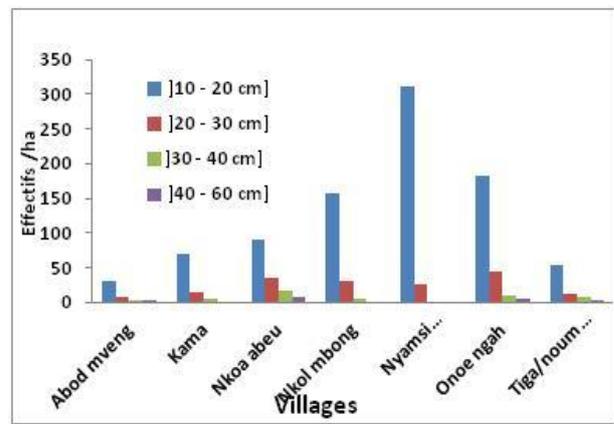


Figure 12: Distribution diamétrique des cacaoyers en fonction des villages

Les Figures 11 et 12 nous permettent de confirmer la faible circonférence des cacaoyers quelque soit l'âge de l'agroforêt et les modes de gestion pratiqués par les agriculteurs. Les placettes sont caractérisées par des individus de petits diamètres d'où la structure en J renversée indiquant une population jeune en pleine reconstitution après un recepage et ceci pendant tous les stades d'évolution de l'agroforêt. Seules les placettes d'âge supérieur à 60 ans possèdent les 5 classes de diamètres avec les plus grosses tiges qui auraient été maintenues lors des différentes phases de régénération.

Dans l'ensemble, les placettes des différents villages présentent une structure diamétrique en J renversée caractéristique d'une population jeune (Figure 12). La présence des gros troncs à Nkoa beu, Nkol bong, et Onoe ngah serait dû aux différents modes de gestion des agroforêts (récoltes sanitaires et tailles fréquemment effectués dans ces villages après les récoltes) et synonyme de la présence des cacaoyères sénescents.

4.1.1.1.5. Surface terrière des cacaoyers

Les surfaces terrières moyennes à l'intérieur des différents peuplements de cacaoier varient de 1,36 à 8,13 m²/ha en fonction de la chronoséquence et de 3,55 à 8,07 m²/ha dans les villages de Ngomedzap (Tableau 2).

Tableau 10: Surface terrière moyenne des différents peuplements dans les agroforêts

Age agroforêt	N	ST total peuplement (m ² /ha)	ST moyenne (m ² /ha)±ET	Max /agroforêt (m ² /ha)	Min/agroforêt (m ² /ha)
≤10 ans	5	6,81	1,36(±0,11)b	1,64	1,21
10 - 20 ans	2	9,39	4,7(±0,27)ab	5,84	3,55
20-40 ans	10	65,75	6,57(±0,46)a	12,18	2,52
40 - 60 ans	4	26,66	6,67(±0,43)a	8,57	3,28
> 60 ans	15	121,88	8,13(±0,54)a	11,72	4,88
Villages	N				
Abod mveng	13	71,48	5,5(±0,42)ab	10,14	1,44
Kama	6	34,46	5,74(±0,4)ab	8,57	1,24
Nkoa abeu	5	50,46	10,09(±0,72)a	12,18	6,9
Nkol mbong	4	19,96	4,99(±0,54)ab	9,78	1,21
Nyamsi fianga	1	3,55	3,55(±0,2)b	3,55	3,55
Onoe ngah	3	24,21	8,07(±0,43)a	8,74	7,62
Tiga/noum yain	4	26,37	6,59(±0,34)a	11	3,04

Les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0.05$, test de TUKEY).

Il existe une différence significative entre les surfaces terrières des cacaoyers dans les différents SAFs ($F = 8,623$ et $p < 0,0001$). Une forte variabilité entre les parcelles est observée (tableau 2). On remarque que la surface terrière totale des peuplements cacaoyers augmente significativement avec l'ancienneté des cacaoyères (tableau 2). Jusqu'à atteindre un pic ou elle diminue puis augmente de nouveau. A l'instar de la surface terrière moyenne par cacaoyer ($5,75 \text{ m}^2/\text{ha}$), la surface terrière totale des peuplements cacaoyers peut à la fois traduire une relation physiologique et refléter l'impact la régénération des cacaoyers âgés sur leur développement végétatif de même que la compétition au sein des agroforêts.

Une différence significative de surface terrière totale est mise en évidence entre les SAFs dans les villages d'étude ($F = 3,162$ et $p = 0,027$), le peuplement cacaoyer de Nyamsi fianga présentant cependant la valeur la plus basse ($3,55 \text{ m}^2/\text{ha}$) et Abod mveng la valeur du peuplement la plus élevée ($71,48 \text{ m}^2/\text{ha}$).

4.1.1.2 Structure et composition du peuplement associé

4.1.1.2.1. Densité moyenne des espèces associées

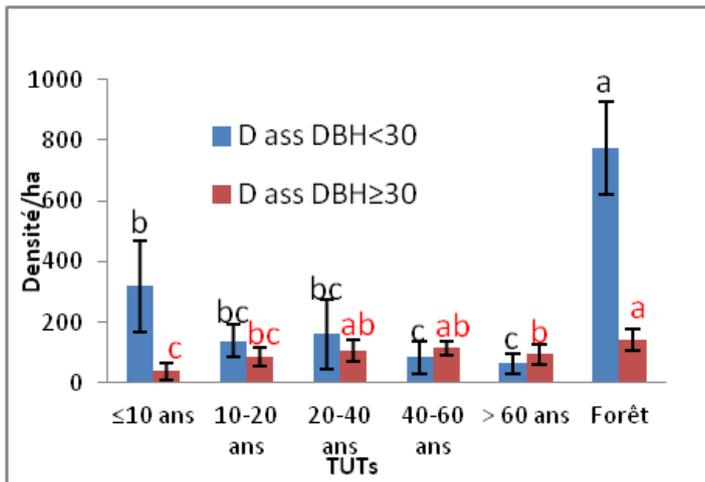


Figure 13: Densité des espèces associées en fonction des TUTs

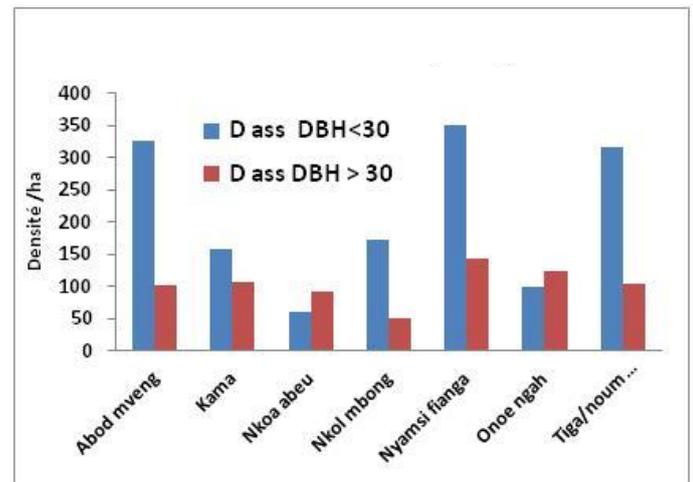


Figure 14: Densité des espèces associées en fonction des villages

La densité des arbres associés de DBH inférieur à 30 cm varie de 80 à 325 tiges /ha et celle de DBH supérieure à 30 cm varie de 25 à 185 tiges /ha. Les cacaoyères des villages Abod mveng, Nyamsi fianga et Tiga possèdent les plus d'espèces associées au cacaoyer : 428, 494, 422 tiges ha⁻¹ pour les DBH inférieure à 30 cm et 100, 150, et 120 respectivement pour les associées à DBH supérieur à 30 cm. le village Nkoaabeu possède le moins d'arbres associés (153 et 80 tiges ha⁻¹ respectivement). Il existe une différence significative entre les densités des arbres associés dans les SAFs en fonction de la chronoséquence et les différents villages. En effet, la densité des espèces associées de diamètre inférieur à 30 cm dans les agroforêts diminue significativement avec l'âge de l'agroforêt ($F = 53,33$ et $p < 0,0001$); tandis que les densités des espèces associées de diamètre supérieur à 30 cm augmentent relativement avec l'âge de l'agroforêt ($F = 6,139$ et $p = 0,0003$).

4.1.1.2.2. Nombre espèces conservées / introduites associées aux cacaoyers

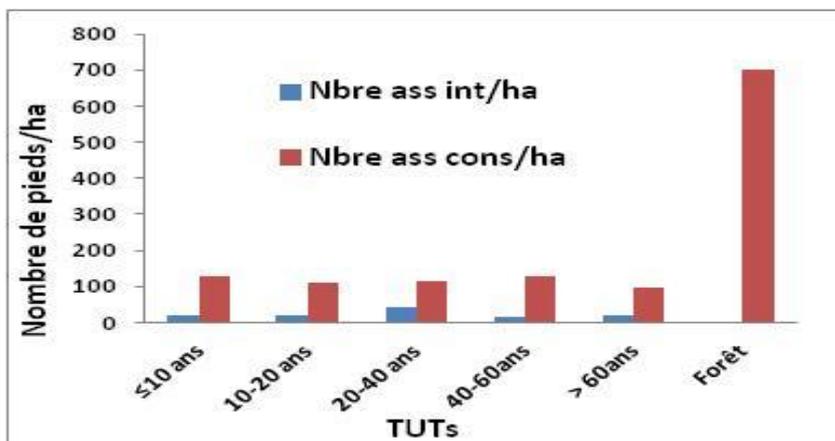


Figure 15: Nombre d'associés conservés/ introduits par TUTs

Tableau 11: Récapitulatif du nombre espèces associées

Age agroforêt	Nbre ass int/ha±ET	Nbre ass cons/ha±ET	N	Max ass int/ha	Max ass cons/ha	Min ass int/ha	Min ass cons/ha
≤ 10 ans	18(±15)a	127(±65)a	5	37	175	0	46
10 - 20 ans	21(±0)a	110(±15)a	2	21	121	21	100
20-40 ans	44(±42)a	115(±50)a	10	150	225	8	58
40 - 60 ans	15(±4)a	128(±35)a	4	17	179	8	100
> 60 ans	19(±9)a	98(±41)a	15	37	162	8	33
Forêt	0b	700(±192)b	7	0	1200	0	300
Villages	/	/	N	/	/	/	/
Abod mveng	25(±15)a	126(±56)a	13	58	225	8	33
Kama	15(±5)a	108(±40)a	6	21	162	8	46
Nkoa abeu	24(±10)a	87(±27)a	5	33	133	8	67
Nkol mbong	14(±14)a	93(±55)a	4	33	171	0	46
Nyamsi fianga	21(±0)a	121(±0)a	1	21	121	21	121
Onoe ngah	18(±6)a	139(±17)a	3	25	158	12	129
Tiga/noum yain	62(±63)a	90(±23)a	4	150	112	12	58

Dans tous les types d'agroforêts et dans tous les villages, le nombre d'espèces associées conservées est, supérieur aux espèces introduites (figure 16) et vari entre 8 et 150 espèces introduites, entre 33 et 225 espèces conservées à l'hectare dans les SAFs ; cependant le village Tiga possède le plus d'espèces introduites. Il existe une différence significative entre les nombres des espèces associées introduites et conservées entre les différentes SAFs et les forêts. ($F = 1,59$ et $p = 0,03$) et ($F = 2,150$ et $p = 0,01$) respectivement. (Tableau 11).

4.1.1.2.3. Proportion et groupes taxonomiques introduits et conservés dans les SAFs

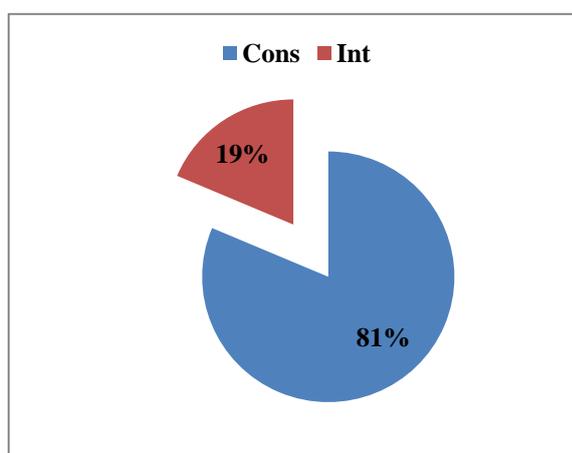


Figure 16 : Proportion des arbres introduits et conservés dans les agroforêts

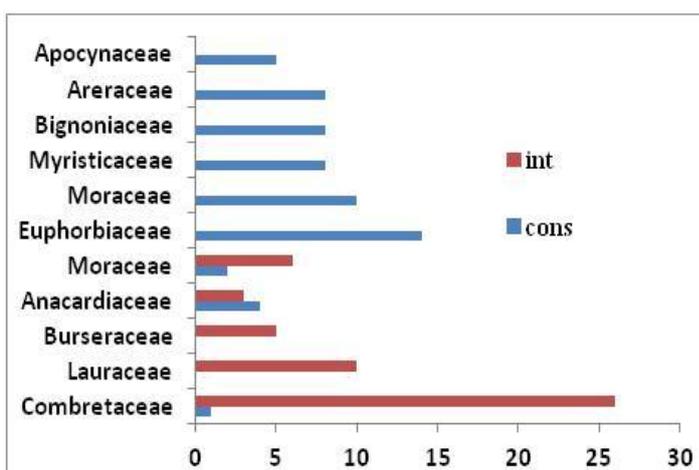


Figure 9: Familles les plus introduites et conservées

Sur un échantillon de 1260 arbres inventoriés parmi lesquels 1175 arbres identifiés et 85 indéterminés, l'analyse révèle que seulement 219 (19%) sont introduits contre 956 soit 81% conservés. Ainsi, suivant la valeur du rapport introduction/conservation les 5 familles les plus introduites dans les agroforêts de Ngomedzap sont successivement : Combretaceae, Lauraceae, Burseraceae, Anarcadiaceae, Moraceae. Les 6 familles les plus conservées sont les Euphorbiaceae, Moraceae, Myristicaceae, Bignoniaceae, Areraceae, et Apocynaceae. On remarque également des familles qui sont à la fois introduites et conservées : Anarcadiaceae, Moraceae et Combretaceae.

4.1.1.2.5. Stratification du couvert et distribution des espèces associées

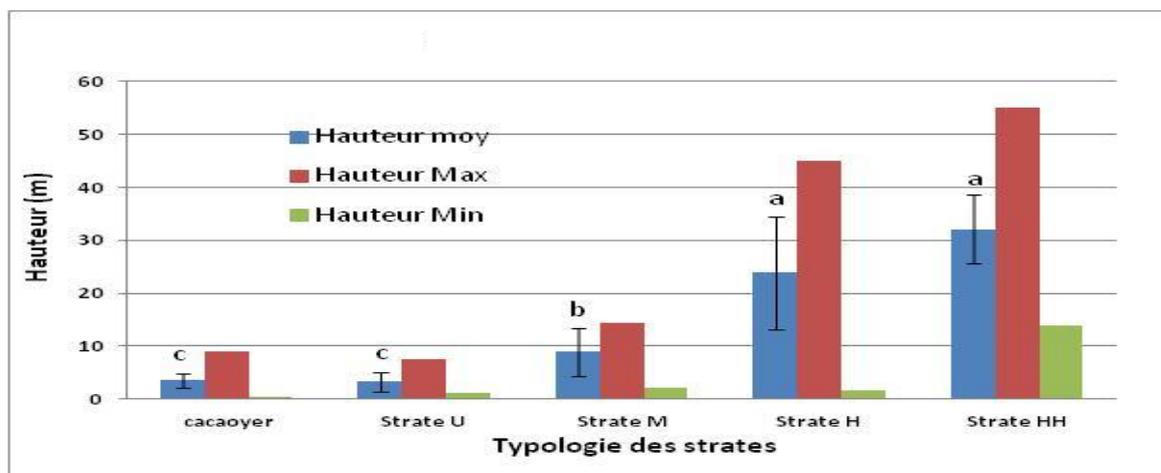


Figure 10: Stratification générale du couvert des agroforêts

L'échantillon de 4030 cacaoyers, 39 essences de la strate U, 159 de la strate M, 704 de la strate H et 281 de la strate HH montre que la strate U qui est la strate inférieure (hauteur comprise entre 1 et 7,5 m) située en dessous de la strate cacaoyère et comprend les troncs d'arbres en reprise, les arbrisseaux les essences les plus rencontrées sont : *Elaeis guineensis*, *Dacryodes edulis*, *Penthaclerthra macrophylla*, *Persea americana*, et de nombreuses espèces qui n'ont pas pu être identifiées. Directement au dessus de cette dernière se situe la strate cacaoyère M très dense avec une hauteur allant jusqu'à 14,4 m. On y retrouve en plus des espèces de la strate U les espèces telles que : *Markhamia lutea*, *Macaranga hurifolia*, *Ficus exaspérata*, *Rauvolfia vomitonia*., la strate H qui va jusqu'à 35 m est et à la fois constituée des fruitiers, des arbres forestiers : *Dacryodes edulis*, *Persea americana*, *Terminalia superba*, *Ficus mucoso*, *Markhamia lutea*, *Macaranga hurifolia*. La dernière strate avec une hauteur pouvant aller jusqu'à 55 m constituée principalement des arbres forestiers et ceux conservés depuis la création de l'exploitation. Ces principales espèces sont : *Terminalia superba*, *Pygnanthus angolensis*, *Milicia excelsa*, *Albizia adhiantifolia*, *Ricinodendron heudelotii*,

Alstonia bonei, *Ceiba pentandra*. Du fait qu'il existe une différence significative entre les hauteurs moyennes de ces différentes strates ($F = 3,709$ et $p = 0,023$), Ceci permet les SAFs de Ngomedzap comme celles de la région du Centre sont stratifiés et possèdent trois principaux étages (Figure 18)

4.1.1.2.6. Distribution des espèces associées par strate

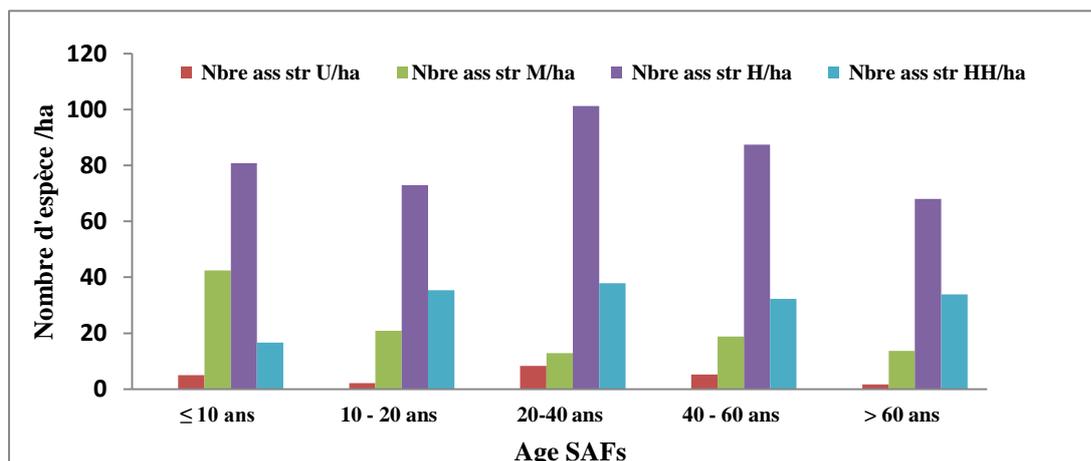
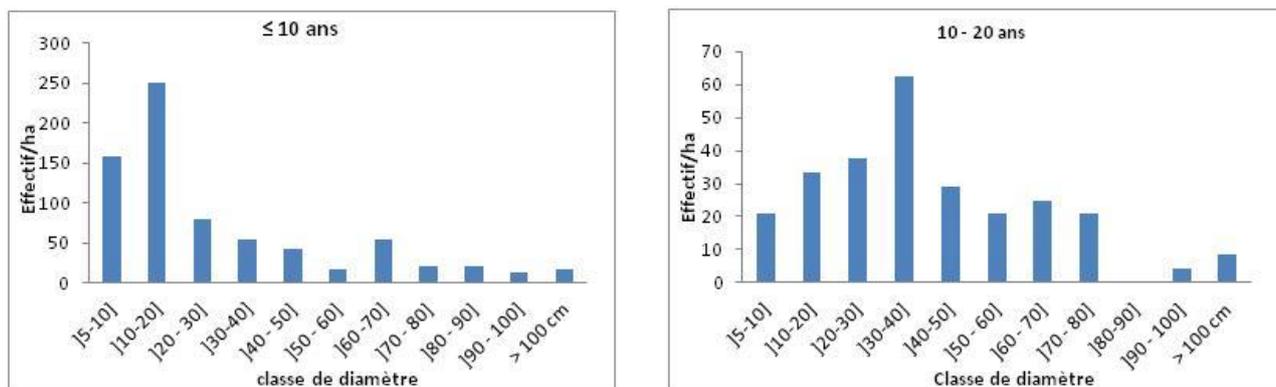


Figure 11: Distribution des espèces par strates identifiées dans les SAFs

Le plus important nombre d'espèces associées à été obtenu dans les agroforêts âgées entre 20 et 40 ans contenu dans la strate H (101 arbres /ha).Aucune différence, n'est mise en évidence entre le nombre d'espèces associées par strate dans les différents SAFs en fonction de l'âge et du village ($F = 1,55$ et $p = 0,212$; $F = 1,257$ et $p = 0,358$; $F = 2,403$ et $p = 0,07$; $F = 0,769$ et $p = 0,554$) respectivement pour les nombres d'associés des strates H, HH, M et U. La distribution des espèces associées varie selon la strate dans laquelle on se situe, ce pendant les nombres d'associés de la strate H sont plus nombreux, que ceux de la strate HH, plus nombreux que ceux des autres strates M et U. Exceptionnellement c'est dans les agroforêts juvéniles, que le nombre d'associé de la strate M est plus élevé (Figure 19).

4.1.1.2.7. Structure diamétrique du peuplement associé



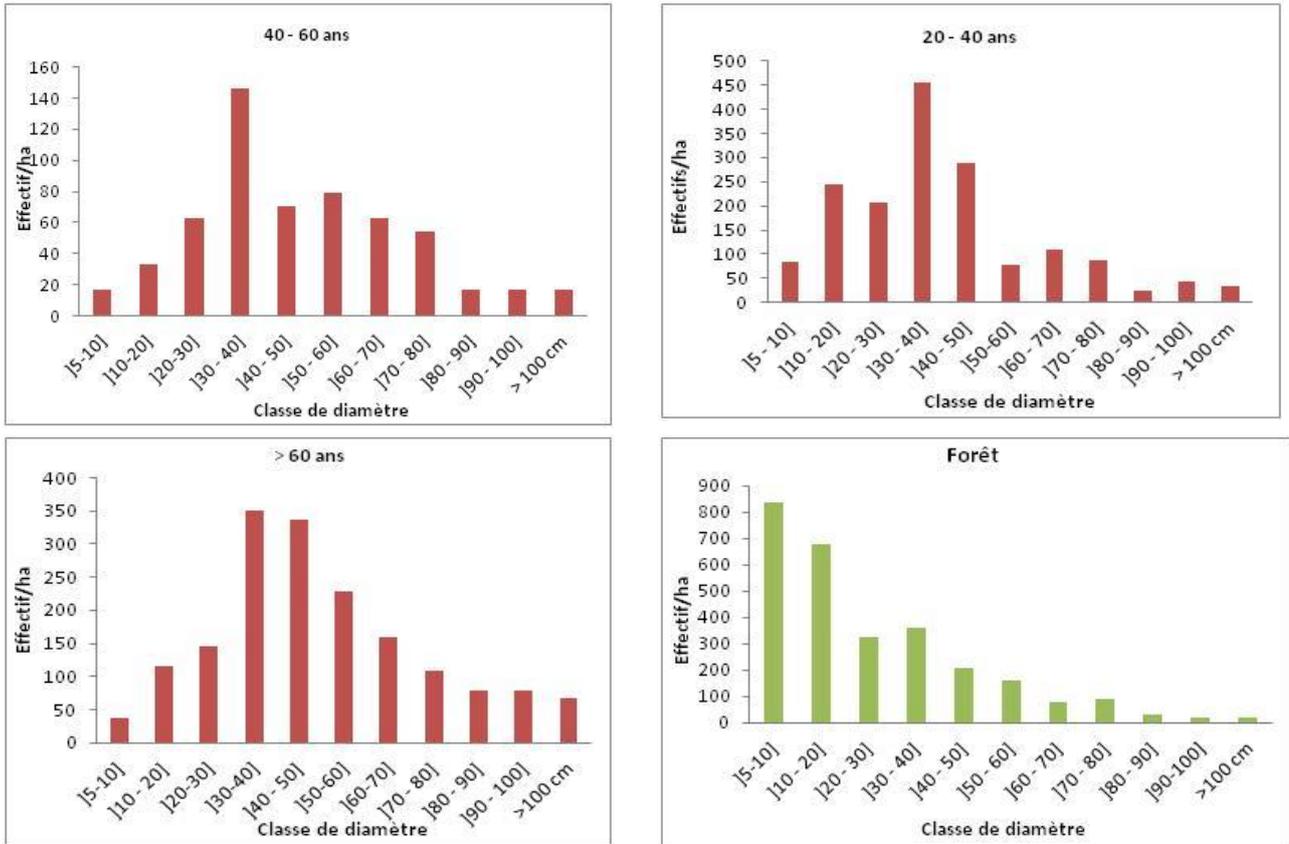


Figure 20: Distributions diamétriques des espèces associées dans les agroforêts

Les figures ci-dessus présentent l'allure de distribution de l'effectif général des essences associées par classes de diamètre dans les différents types d'agroforêts en fonction de la chronoséquence. Les structures diamétriques spécifiques aux SAFs de Ngomedzap peuvent être classées en 2 catégories qui sont réparties entre structure exponentielle décroissante et structure en cloche.

La structure exponentielle décroissante (J renversée): elle caractérise les SAFs dans lesquels les tiges restent concentrées dans les classes de petits diamètres, dénotant ainsi une régénération soutenue dans le temps : elle est rencontrée dans les SAFs d'âge juvéniles inférieur à 10 ans et dans les forêts.

La distribution générale du peuplement de forêt présente une forme exponentielle décroissante (J inversé) à forte pente . Cette structure montre que la forêt dispose de plusieurs tiges d'avenir pour assurer la régénération. C'est la principale caractéristique d'un peuplement forestier supposé être en équilibre, avec beaucoup de tiges de petit diamètre et peu de tiges de gros diamètre.

La structure en cloche (population normale) : elle présente une voûte, et par conséquent les essences qu'elle caractérise présente un effectif plus important des tiges à diamètre moyen. Elle est caractéristique d'une faible régénération et d'une forte représentativité des classes de diamètre médiane. Elle s'observe dans les agroforêts à partir de 20 ans, ce qui exprimerait une forte densité de plant lors de la création de la plantation.

4.1.2 Relation entre diversité et capacité de stockage du carbone

4.1.2.1 Estimation du Carbone séquestré dans les entités des différents TUTs

Les estimations des stocks de C de cacaoyers et des arbres associées de DHP < 30 cm dans les différents TUT sont significativement différents ($F = 4,099$ et $P = 0,005$) et ($F = 13,816$ et $P = <0,0001$) respectivement. Par contre aucune différence significative n'est mise en évidence entre les classes d'âge des cacaoyères pour les stocks des arbres associées de $DHP \geq 30$ cm dans les différents TUTs ($F = 2,471$ et $P = 0,05$) (Tableau 5).

Tableau 12: Entités de séquestration moyen du Carbone dans les SAFs

Pools de séquestration	≤ 10 ans	10 - 20 ans	20-40 ans	40 - 60 ans	> 60 ans	Forêt
N	5	2	10	4	15	7
Stock C cac (tC/ha)	0,83(±0,66)b	2,67(±1,67)ab	4,71(±1,83)a	4,52(±1,66)a	5,66(±1,93)a	0,61 (±0,48)b
Stock C ass <30(tC/ha)	4,49(±3,42)b	3,87(±3,21)b	4,53(±2,52)b	3,38(±3,57)b	2,36(±1,56)b	13,36(±4,83)a
Stock C ass ≥ 30(tC/ha)	72,7(±61,56)a	97,45(±16,86)a	112,68(±40,41)a	175,31(±78,41)a	163,96(±94,86)a	182,94(±54,17)a
Total Stock C	78,01(±63,88)c	103,98(±11,98)ab	121,92(±40,02)ab	183,22(±77,79)a	171,98(±94,68)a	197,52(±51,82)a

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

Les tests d'ANOVA montrent qu'il existe une différence significative entre les quantités de carbone séquestré dans la biomasse aérienne des cacaoyers dans les TUTs ($F = 12,553$ et $p < 0,0001$). Il existe également une différence significative entre les stocks de C des arbres associés de diamètre inférieur à 30 cm ($F = 13,81$ et $p < 0,0001$) entre les SAFs et les forêts par contre, aucune différence significative n'est mise en évidence entre les stocks de C des arbres associées de $DHP \geq 30$ cm ($F = 2,309$ et $p = 0,063$) (Tableau 5). Ainsi, il existe une différence relativement significative entre les stocks totaux des différents TUTs ($F = 2,539$ et $p = 0,045$). Les stocks de C aérien moyens des SAFs d'âges inférieurs à 10 ans, 10-20 ans, 20-40 ans, 40-60 ans, supérieur à 60 ans et dans les forêts sont respectivement : 78,01±63,88 tC/ha ; 103,98±11,98 tC/ha ; 121,92±40,02 tC/ha ; 183,22±77,79 tC/ha ; 171,98±94,68

tC/ha ; $197,52 \pm 51,82$ tC/ha et $197,52 \pm 51,82$ tC/ha . Ces stocks de C sont différemment répartis selon l'entité de séquestration dans lequel on se situe : ils varient de 0,16 à 8.62tC/ha dans les cacaoyers, de 0,14 à 9,04 tC/ha, dans l'entité constituée des arbres associés de DHP < 30 Cm, de 9,21 à 429,46 tC/ha dans l'entité constituée des associés de DHP \geq 30 cm (Tableau 5).

4.1.2.2 Evaluation du Carbone suivant les groupes taxonomiques

Les résultats de l'inventaire estiment à 33 le nombre de familles recensées réparties dans 77 genres et 17 essences non identifiées. La figure 21 qui met en évidence les proportions de séquestration du C en fonction de 10 groupes taxonomiques, identifie les familles des Bignoniaceae et Méliaceae comme les familles ayant les plus fortes proportions de séquestration du C 43% et 37 % respectivement, suivie des Irvingiaceae (20%) et Cesalpiniaceae (15%).

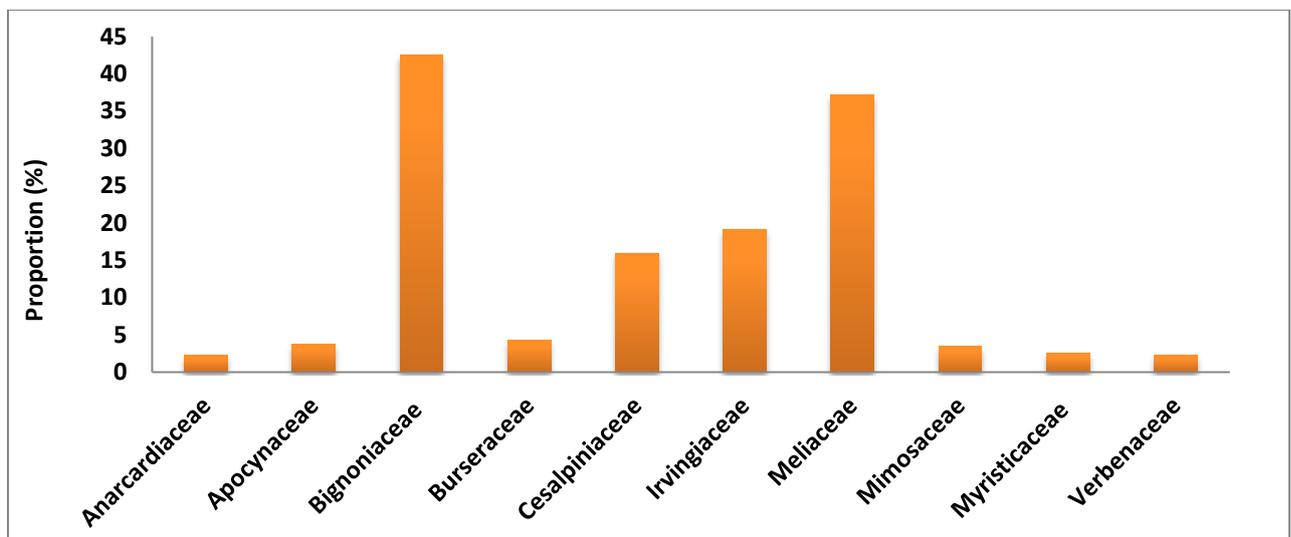


Figure 21: Proportion de stockage du carbone suivant 10 groupes taxonomiques

4.1.3 Dynamique de stockage, valeur écologique et valeur commerciale cacao

4.1.3.1 Dynamique du carbone dans les SAFs

L'aperçu global de la dynamique du carbone aérien présenté dans les différents TUTs (Figure 22) présente le flux total de carbone dans les différentes occupations du sol, en fonction des entités spécifiques que sont les associés de diamètre inférieure et supérieure à 30 cm et les cacaoyers. Le carbone épigé des forêts passe de $197,52 \pm 51,82$ tC/ha à $78,01 \pm 63,88$ tC/ha lors de la conversion de ceux-ci en agroforêts juvéniles, soit une perte de près de $119,51 \pm 12,06$ tC/ha. La principale cause de perte de C est liée à la préparation du sol pour la mise en place

des premières cultures, correspondant à 119,51tC/ha de perte dans le système. La principale fuite liée aux pertes (61%) est tributaire à la destruction de la végétation naturel.

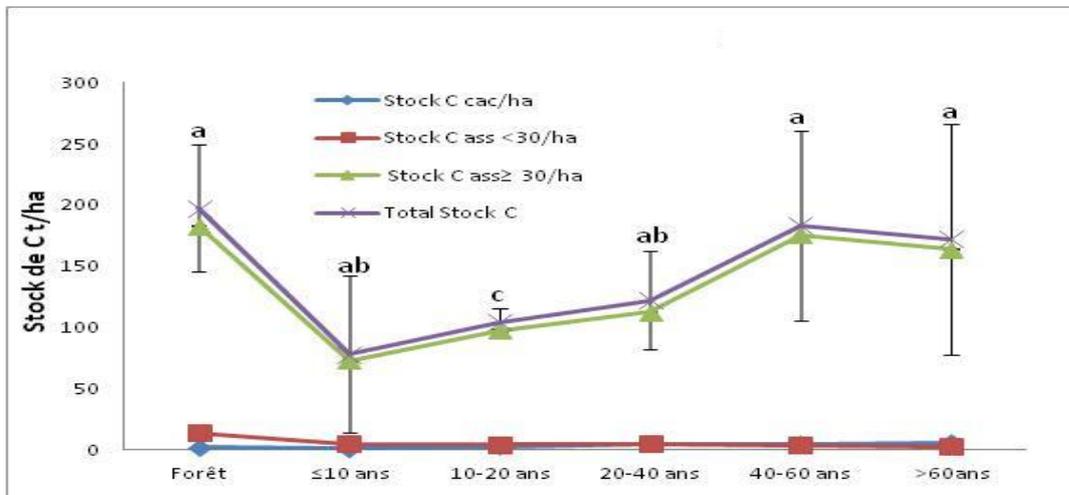


Figure 22: Dynamique des stocks de carbone par entité en fonction des TUTs

Les stocks moyens de carbone sont plus importants dans la biomasse des ligneux de DHP ≥ 30 cm quel que soit le TUTs. Les stocks de C des cacaoyers sont relativement plus importants dans les agroforêts d'âge supérieur à 60 ans (31%), ceux des arbres associés inférieurs à 30 cm dans des agroforêts d'âge inférieur à 10 ans et de 20-40 ans (24%) et pour ceux des arbres associées de DHP ≥ 30 cm dans les agroforêts de 40-60 ans (28%) et supérieurs à 60 ans (26%) .

On observe cependant une augmentation des stocks avec l'ancienneté des cacaoyères pour les entités à gros diamètre et une diminution pour les cacaoyers et arbres associés à petit diamètre.

4.1.3.2 Variation des stocks de C dans les différentes entités des TUT des villages

Aucune différence significative n'est mise en évidence entre les stocks totaux de C dans les SAFs des différents villages de Ngomedzap ($F = 0,612$ et $p = 0,718$). Cependant il existe une différence significative entre les stocks de C des arbres associées dans les différents villages ($F = 3,326$ et $p = 0,022$)

Le potentiel de séquestration du C varie : il est plus élevé dans les villages Onoe ngah, Abod mveng, Nyamsi fianga, Kama, Nkoa abeu, Tiga/noum yain avec respectivement les stocks moyen de $217,43 \pm 70,89$ tC/ha ; $168,33 \pm 93,04$ tC/ha ; $159,22 \pm 66,14$ tC/ha;

154,11±83,36 tC/ha; 130,33±34,84 tC/ha; 127,18±33,83 tC/ha et relativement faible à Nkol mbong (78,45±49,76 tC/ha) tel que présenté dans la Figure 23

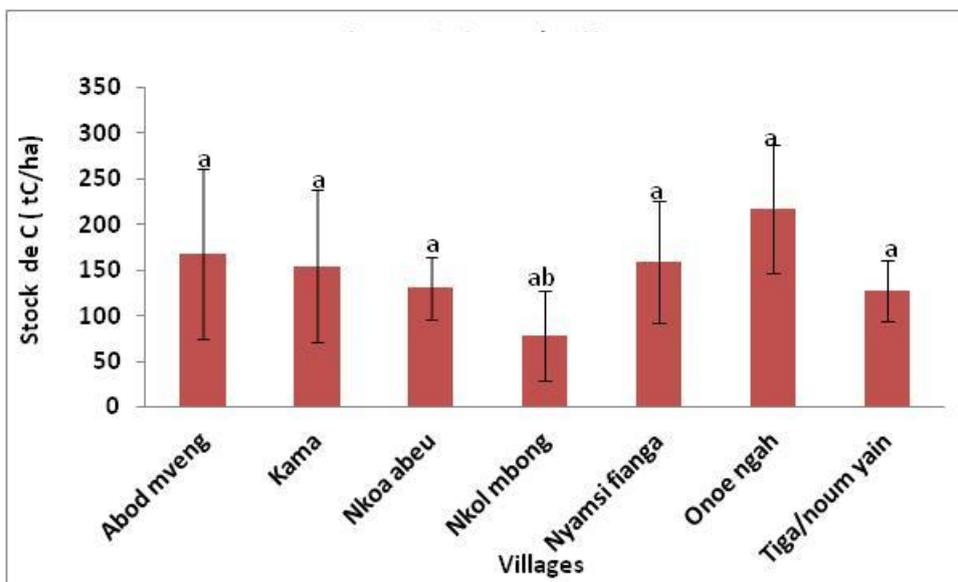


Figure 23: Stock total de Carbone par village

Les stocks totaux de carbone des différents villages gardent la même allure (Abob mveng, Kama et Nkoa beu) puis chute (Nkol bong, Tiga), et ensuite augmentent considérablement (Onoe ngah et Nyamsi fianga) ; lieu où les stocks de carbone sont les plus élevés (Figure 23).

4.1.3.3 Valeur écologique liée au carbone des SAFs

Les stocks moyens de C séquestrés en fonction de la chronoséquence des SAFs et forêts ont été convertis en valeur écologique telle que le préconise le marché de carbone dans la REDD+ pour obtenir les Certificat d'Emissions Réduites (CER) qui seront traduits en tonnes équivalentes de CO₂ qui est la monnaie d'échange sur le marché du C. Par application d'une valeur de 6\$ par unité de tonne équivalente de CO₂ séquestrée (Glenn, 2008),

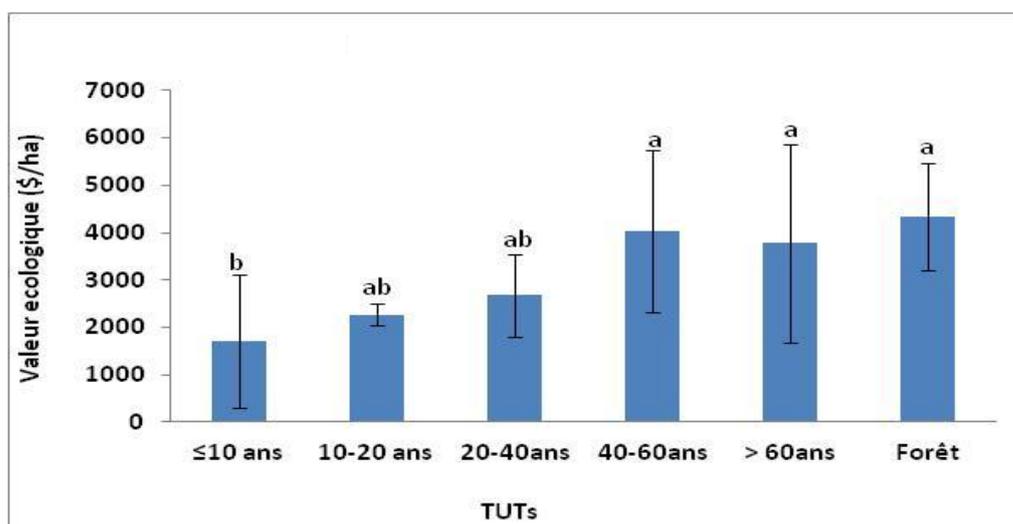


Figure 24: Valeur écologique des TUTs

La figure 24 présente la valeur du service écologique de séquestration du C en cas de paiement dans les différents SAFs, pour Les stocks de CO₂ variant de 286,31 à 722,65 tCO₂/ha. La plus grande valeur écologique à été trouvé dans les forêts secondaires (4335,9 ± 1136,8\$/ha). Les tests statistique au seuil de probabilité de 5% montrent que cette valeur diminue relativement sans être significativement différent (F = 2,108 et p = 0,103) lorsqu'on passe des forêts vers les agroforêts sénescents (3775,49 ± 2090,32 \$/ha), les agroforêts adultes 4034,52 ± 1713,03 \$/ha), les agroforêts jeunes (2675,68 ± 867,92 \$/ha et 2265,99 ± 230,42 \$/ha), mais significativement différent (F = 9,041 et p <0,0001) lorsqu'on passe aux agroforêts juvéniles.

Cette valeur écologique étant la valeur du C s'il est vendu sur le marché, elle décroît donc progressivement des milieux ayant les plus importants stocks de carbone vers les milieux ayant les stocks les plus faibles c'est-à-dire des forêts secondaires vers les agroforêts juvéniles en passant successivement par les agroforêts sénescents, adultes et jeunes. La vente du carbone permettrait de bénéficier de 2266 ± 230 à 4336 ± 1137\$/ha en fonction du TUT considéré. Mais cette valeur écologique, vue seule, ne permet pas d'apprécier nettement la rentabilité écologique des milieux. Il est donc nécessaire de faire une comparaison en évaluant aussi la valeur monétaire qui résulterait de la vente du cacao marchand dans chaque type d'agroforêts.

4.1.3.4 Valeur commerciale du cacao marchand dans les SAFs

La valeur commerciale est la valeur en francs CFA/ha de toutes les récoltes de cacao dans les différents SAFs de la zone, issus des enquêtes villageois auprès des différents propriétaires.

Elle s'obtient en multipliant le volume net de toutes les récoltes (en kg) en fonction des différents SAFs par le prix unitaire minimum du kg publié par ONCC (Office national du cacao café) en 2013.

Tableau 13: Volume marchand par hectare et valeur commerciale du cacao marchand

Type de SAFs	Moyenne pdt (kg)/ha	Nbre récolte	Max pdt (kg)/ha	Min pdt (kg)/ha	Valeur commerciale (FCFA/ha)
≤ 10 ans	32,35±18,022	1	40,5	24,2	32800(±18483)d
10 - 20 ans	40,35±22,52	2	50,3	30,4	82000(±23104)c
20-40 ans	261,33±147,07	3	453,33	53,33	803600(±150755)ab
40 - 60 ans	342,22±286,07	3	533,33	13,33	1052333(±293223)a
> 60 ans	259,20±127,07	3	457,14	40	797065,(±130252)ab

Il existe une différence significative entre les valeurs commerciales des différents SAFs ($F = 17,47$ et $p = 0,0000$). La plus importante valeur a été obtenue dans les SAFs adultes de 40-60 ans ($1,05\text{millions}\pm 293000$ FCFA/ha). Cette valeur commerciale va décroissante sans être significativement différente ($p > 0,05$) des forêts primaires vers les SAFs sénescents (797065 ± 130252 FCFA/ha) et les SAFs adultes (803600 ± 150755 , FCFA/ha), mais elle est significativement différente vers les SAFs jeunes ($82000\pm 23104,214$ FCFA/ha; $p = 0,000142$), et les SAFs juvéniles (32800 ± 18483 , FCFA/ha; $p = 0,000140$)

La valeur commerciale étant une fonction du rendement, elle est plus élevée dans les SAFs adultes car les plants de cacaoyers sont à un stade de productivité, elle faiblie dans les SAFs sénescents car c'est à ce stade que les plants sont susceptibles de connaître une décroissance en rendement de cacao marchand (Jagoret *et al.*, 2011). De plus, les plants subissent des stress liés au recepage régulier. Cette valeur est très faible dans les SAFs juvéniles du fait que les plants ne sont pas réellement entrés dans la phase de production proprement dite et très susceptibles aux attaques parasitaires, aussi que la récolte ne se fait pas sur tous les pieds de cacaoyers du fait de la non entrée en production de certains pieds.

4.1.4 Comparaison entre valeur commerciale du cacao marchand et valeur écologique du carbone

La différence entre la valeur économique et la valeur écologique permet de mieux comparer ces deux valeurs. Le tableau 7 fait ressortir cette comparaison selon les différents SAFs.

Tableau 14: comparaison entre valeurs écologiques carbone et valeurs commerciales du cacao marchand

SAFs	VC (FCFA/ha)	VE(FCFA/ha)	VE-VC (FCFA/ha)
≤ 10 ans	32800±18483	858936,15±703287	826136,15±684804
10 - 20 ans	82000±23104,	1132994,93±115208	1050994,93±92104
20-40 ans	803600±150755	1337838,93±433960	534238,93±283205
40 - 60 ans	1052333,33±293223	2017258,43±856513	964925,10±563289
> 60 ans	797065,30±130252	1887744,45±1045160	1090679,15±914908

Il existe une différence significative au seuil de 5 % entre les valeurs écologiques et les valeurs commerciales des différents SAFs ($F = 2,07$; $p < 0,0001$). La différence entre la valeur écologique et la valeur commerciale est plus importante et significative dans les SAFs de 10–20 ans (1050994 ± 92104 FCFA/ha $F = 3,97765$, $p = 0,0073$) et dans les agroforêts juvéniles

(826136±684804 FCFA/ha; $F = 5,4739$, $p < 0,001$). Par contre cette différence entre la valeur écologique et la valeur commerciale est relativement significative dans les agroforêts adultes et sénescents âgées de 20 – 40 ans (964925±563289FCFA/ha; $F = 2,281$; $p = 0,05$).

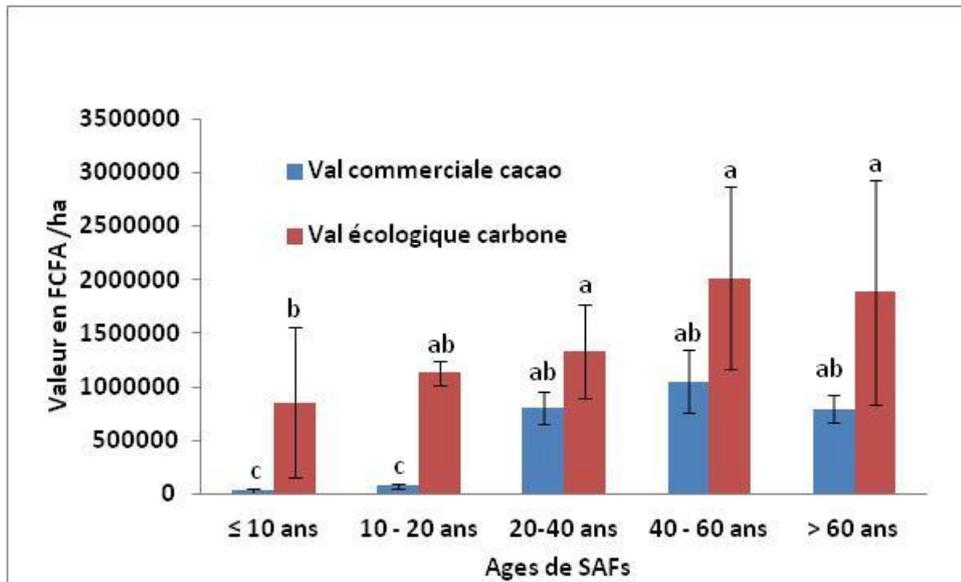


Figure 25: Valeur écologique carbone – valeur commerciale cacao marchand

Cette différence entre la valeur écologique et la valeur commerciale positive et significative montre que maintenir des arbres sur pieds dans les SAFs adultes et sénescents est plus rentable que la cacaoculture. Cette comparaison n'implique pas l'abandon de la cacaoculture au profit de la séquestration du carbone, mais montre plutôt que la vente du carbone serait une source de diversification des revenus assez consistante et durable. La différence entre la valeur écologique et la valeur commerciale bien que positive n'est pas significative dans les SAFs juvéniles et jeunes donc la cacaoculture dans ces milieux pourrait à moyen terme aussi rentable que son rôle écologique. Et, compte tenu de l'importance de ces systèmes dans la séquestration de carbone (660 t C/ha), il est impératif, dans un souci de gestion durable, d'intensification écologiques et de protection de l'environnement, de concilier cacaoculture et séquestration du carbone.

4.2. Discussion

La pratique de l'agroforesterie adopté dans l'ensemble des villages de la zone de Ngomedzap procure les services d'approvisionnement (alimentaires, médicinal, fourniture du bois de chauffe de bois d'œuvre), des services de support (amélioration de la fertilité des sols), et

services de régulation destinés à améliorer les conditions de vie des populations. La cacaoculture qui avaient été vulgarisé par le gouvernement, est la principale activité des endogènes, et rencontre actuellement dans la zone de nombreuses vieilles exploitations qui sont hérités de génération en génération et les modes de gestion les plus fréquents sont la régénération, le recepage, les tailles irrégulières et un entretien plus ou moins fréquent des arbres associés. Trois principaux précédents cultureux sont rencontrés dans la zone : les champs de culture, les jachères sous forêts et les forêts. Malgré quelques légères différences, les modes de gestions des agroforêts varient en fonction de la sensibilité de chaque agriculteur ; ce qui à rendu impossible la corrélation entre les modes de gestion et les objectifs. Il existe une nette volonté d'amélioration des SAFs par les agriculteurs. S'agissant du service de régulation, les changements climatiques apparaissent pour presque tous les agriculteurs comme une science nouvelle, malgré le fait qu'ils ressentent les modifications du climat, mais ignorent le lien pouvant exister entre leurs agroforêts et l'atténuation des changements climatiques. Ainsi même si les cacaoyers ne contribuent pas significativement au stockage du carbone dans notre étude, les systèmes dans lesquelles ils sont inclus permettent de stocker significativement le C et peuvent aussi contribuer à d'autres services écologiques tels que la conservation (Saj *et al.*, 2013)

D'une manière générale la biodiversité ligneuse des SAFs de Ngomedzap évaluée en fonction de l'âge d'installation des cacaoyers, présente des caractéristiques différentes. En effet, les agroforêts juvéniles entrant en production sont caractérisées par une population plus jeune de cacaoyer et espèces associées et la densité des plants à l'intérieur de la parcelle est grandement influencée par la périodicité des futures éclaircies qui seront effectuées, la fragilité des jeunes plants de cacaoyers, et le besoin de diversification de la production ; c'est à dire la rentabilisation de l'agroforêt avant l'entrée en production des plants de cacaoyers.

Les agroforêts adultes sont caractérisées par une population normale et plus ou moins un équilibre entre les proportions des arbres de grands et de petits diamètres avec des modes de gestion assez complexes. Les agroforêts sénescents quant, à elles sont caractérisées par une population plus ou moins normale avec des modes de gestion basés sur la régénération et le recepage des vieux pieds de cacaoyer et une libre croissance des espèces associées. De manière générale les densités de cacaoyers estimées dans le cadre de la présente étude diminue avec l'âge de l'agroforêt, ce qui est différent de celle trouvées par Jagoret (2011) ou la densité de cacaoyers a tendance à augmenter. Il en est de même pour la densité moyenne proposée par Jagoret (2011) pour la zone de Ngomedzap (2325 pieds/ha). Par contre, les

nombres de troncs par cacaoyers des deux études et celles de Sonwa (2004) sont en conformité, de même que les valeurs des densités des espèces associées. La moyenne de densité des espèces associées trouvée est similaire aux résultats de Norgrove et Hauser (2013) et supérieure à celle trouvée par Gockowski *et al.* (2010) dans les exploitations cacaoyères au Cameroun. Les surfaces terrières à l'intérieur des différents agroforêts sont fortement influencées par le caractère arbustif (petit diamètre) des cacaoyers et l'intensité des gestions (périodicité et intensité des éclaircies qui influencent les densités) des agroforêts juvéniles en production et sénescents. Selon le FOGEFOR (2011), les valeurs de la surface terrière trouvées à l'intérieur des agroforêts juvéniles, et jeunes leur confèrent la caractéristique de peuplement plus jeune ou plus clair et aux SAFs adultes et sénescents possèdent un peuplement ombragé et compétitif.

Par ailleurs, plusieurs études ont démontré que les systèmes agroforestiers (SAFs) séquestrent du C notamment celle de Albrecht et Kandji (2003); Montagnini et Nair (2004); Nair *et al.* (2009; 2010) et peuvent offrir des opportunités d'atténuation au changement climatique en synergie avec l'adaptation. Malgré la diversité et la complexité des modes de gestion appliqués par les agriculteurs, les stocks moyens de carbone dans les différents types d'agroforêts varient presque de la même manière, avec une première variation du stock de carbone correspondant à la série de plants introduits ou conservés mais à faible densité et des éventuels rejets de souche ayant des diamètres inférieurs à 30 cm ; et une seconde variation du stock de carbone correspondant aux plants conservés dans les parcelles comme semenciers ou ne pouvant être abattus par les paysans du fait des dégâts qu'il causerait. Quel que soit le type d'agroforêts, la majorité du carbone stocké se situe dans la biomasse des grands arbres associés ce qui est similaire aux résultats de Saj *et al.* (2013) effectué dans la même zone et sur les placettes plus ou moins semblables à l'aide du même modèle allométrique.

Dans la présente étude seulement une faible proportion de C a été estimée dans la biomasse cacaoyères des différents agroforêts (18,9tC/ha), ceci est comparable aux résultats de Norgrove et Hauser (2013) effectués dans les agroforêts de Zoatoupsie à 10 km au sud de Mbalmayo, et similaire aux résultats de Saj *et al.*, (2013). Une étude au Ghana en zone subhumide dans un agroforêt de 8 ans à densité similaire estime les stocks de C de cacaoyer à 10,3tC/ha (Isaac *et al.*, 2007). Toujours au Ghana, les stocks de C étaient estimés à 16,8tC/ha dans les agroforêts de 15 ans d'âge avec une densité de 1362 tiges /ha et 15.tC/ha dans celles âgées de 25 ans à densité de 900 tiges/ha (Norgrove et Hauser 2013). Ces cas de figures donneraient un total de stocks de C (incluant la biomasse souterraine) estimée respectivement

à 11,8tC/ha, 19,3tC/ha et 18,3tC/ha (Isaac en 2005 et 2007). Particulièrement à âge similaire, ces résultats sont largement supérieurs à ceux de la présente étude. Cependant, cette supériorité serait due au fait de l'utilisation de l'équation multi-espèces pantropicale de Brown et al (1989) pour l'estimation des biomasses. Cette équation, n'inclue pas la densité spécifique comme variable et ainsi pourrait surestimer le calcul de la biomasse et donc des stocks de C des cacaoyers - qui possèdent une faible densité de bois : 0.42 g/cm³: (Chave et al 2006) utilisé dans notre étude, 0.34 g/cm³ (Boyer 1973), ou 0.69g/cm³ (Brown et al., 1989)).

Kotto-Same et al. (1997), Gockowski et al. (2010), Norgrove et Hauser (2013) estiment les stocks de carbone des arbres associés dans les cacaoyères ombragées au Cameroun à respectivement à 88,7tC/ha et 107tC/ha, 135,5tC/ha. Ces estimations sont inférieures à celles de la présente étude (89,255tC/ha pour les jeunes agroforêts (<30ans) et 154,07tC/ha pour les agroforêts adultes (≥ 30 ans). Par ailleurs, les stocks de C aérien estimés dans les forêts secondaires de Ngomedzap (197,52tC/ha) sont équivalents à ceux trouvés par Kotto-Same et al. (1997) dans les forêts originelles (204tC/ha).

Les cacaoyères sénescentes peuvent être maintenues ou régénérées, mais cela demande des utilisations de méthodes de suivis et de contrôles des maladies et des ravageurs parmi lesquelles la réduction de l'ombrage apparaît comme inévitable. Particulièrement, il serait important retirer des agroforêts les arbres constituant les hôtes de *P. megakarya* tels que *Ricinodendron heudelottii* (Euphorbiaceae), arbres à épice rencontrés en forêts et que l'on retrouve en association avec le cacaoyer dans les agroforêts (Norgrove et Hauser, 2013). *Markhamia lutea* (Bignoniaceae), *Ficus mucosa* (Moraceae), *Erythrophleum ivorense* (Caesalpinaceae), *Triplochyton scleroxylon* (Sterculiaceae), *Ceiba pentandra* (Bombacaceae), *Pycnanthus angolensis* (Myristicaceae), *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae), *Ricinodendron heudelottii* (Euphorbiaceae), *Distemonanthus benthamianus* (Caesalpinaceae), *Pteleopsis hylodendron* (Combretaceae) sont les essences à plus gros diamètres (170 à 120 cm) rencontrées dans les agroforêts et par conséquent leur chute causerait d'importants dégâts. Surtout que beaucoup d'entre elles ont selon les savoirs locaux des usages, alimentaires, médicinaux, restauration de la fertilité, pompage de l'eau et stockage du C etc. Cependant, selon les mêmes auteurs, *C. pentandra* et *Cola spp* seraient les hôtes du virus (CSSV) swollen shoot virus rencontré dans certains pays africains mais non encore enregistrés au Cameroun mais pourrait surgir si les méthodes phytosanitaires ne sont pas observées. La réduction de l'ombrage par les méthodes sylvicoles (élagage et éclaircie) diminuerait également la quantité de C dans le sol. Ainsi la réduction du C et de l'ombrage auraient des effets de cascade sur les

autres services produits par les agroforêts, notamment la propagation rapide des zoospores de *P. megakarya* suivie de l'accroissement des infections se traduisant par la perte de rendement.

Les valeurs écologiques trouvées dans les SAF cacao et les forêts secondaires sont inférieures à celles trouvées par Moffo (2011) dans les cacaoyères et les forêts secondaires du Sud situées autour du parc national de Lobeké, ceci malgré la même équation allométrique utilisée avec les quantités de C plus ou moins comparables. Ceci est dû au fait de l'utilisation des données de l'étude réalisée par l'ONF International (Office national des forêts) et le CIRAD (2006) sur les prix de vente des crédits auprès de 62 fournisseurs indiquant que 17 fournisseurs travaillant uniquement avec des projets forestiers avec un prix moyen de 17,31 USD par t CO₂ soit 8931,96 FCFA/ha la tonne de CO₂. Ce taux correspond au triple de celui utilisé dans le cadre la présente étude (3000 FCFA/ha)

CHAPITRE 5 : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

5.1. Conclusion

Au terme de cette étude dont le thème est « la dynamique de la biodiversité ligneuse et des stocks de carbone dans les SAFs à base de cacaoyer au centre Cameroun : cas de Ngomedzap », fort est de constater que l'analyse des variables de structure (densité des peuplements associés et cacaoyers, nombre moyen de troncs par cacaoyer, distributions diamétriques, diversité de stockage par exemple) et d'autres variables qui reflètent l'état des peuplements (surface terrière, stratification des SAFs, types architecturaux, valeur écologiques et commerciale), nous ont permis de caractériser la composition de la biodiversité des SAFs, d'identifier les causes de variation des stocks de carbone et d'estimer les valeurs potentielles liées à la valorisation des services écosystémiques et de productions par les SAFs en fonction de l'âge.

Les principaux résultats montrent que les paysans accordent une valeur particulière à certaines espèces qu'ils conservent volontairement (81%) et introduisent (19%) dans leurs agroforêts. Pour les groupes taxonomiques conservés (Euphorbiaceae, Moraceae, Myristicaceae, Bignoniaceae, Arecaceae), et s'agissant des familles introduites Combretaceae, Moraceae et les fruitiers tels que Lauraceae, Burseraceae. Ces arbres lorsqu'ils sont associés au cacaoyer forment une agroforêt constituée de trois strates distinctes interdépendantes du point de vue de l'écologie, mais indépendantes du point de vue de la gestion. Les arbres de la strate M à laquelle appartient *Theobroma cacao* dépendent des arbres de la strate H (*Dacryodes edulis* et *Irvingia gabonensis*, *Persea americana*) et des arbres de la strate HH dans laquelle se situe *Ricinodendron heudelotii*, pour l'ombrage qu'ils peuvent lui procurer et qui leur est indispensable. Cependant dans chacune des strates en question, les modes de gestions peuvent variés du spécifique au général. C'est ainsi que la densité de moyenne de cacaoyer, d'associées à $DBH < 30$ cm et à $DBH \geq 30$ cm de 1175, 154 et 88 tiges/ha respectivement.

Les estimations moyennes des stocks de C dans la biomasse ligneuse sont de 78 tC/ha pour les SAFcacao de 0 à 10 ans, de 103,9 tC/ha pour les SAFcacao pour de 11 à 20 ans, de 121,9 tC/ha pour les SAFcacao de 21 à 40 ans, et de 183,2 tC/ha pour les SAFcacao âgées de plus de 40 ans. L'estimation des stocks C dans la biomasse ligneuse des forêts secondaires est 197,5 tC/ha. Par ailleurs, dans les SAF cacao, l'entité qui stocke le plus est constituée des arbres associés de $DBH \geq 30$ cm (en moyenne 124,42tC/ha) plus rencontrés dans la strate H

appartenant aux familles des Bignoniaceae (43%) et Meliaceae (27%) qui sont tous conservés dans les agroforêts. Les moins stockeurs sont les cacaoyers (en moyenne 3,67tC/ha) qui appartiennent à la famille des Sterculiaceae et les associées de DBH < 30 cm (en moyenne 3,75 tC/ha) qui sont le plus introduit.

Ainsi les systèmes traditionnels à base de cacao sont rentables tant au niveau de la production en cacao marchand qu'au niveau de la quantité de carbone séquestrée se rapprochant même des forêts locales. Cette comparaison n'induit pas l'abandon de la cacaoculture au profit de la valorisation écologique de l'écosystème mais fait ressortir aussi la contribution potentielle des PSE à l'accroissement de l'économie nationale et la capacité qu'on ces systèmes à s'intégrer dans ces types de marchés innovants. La combinaison du rôle écologique et économique des habitats permettrait de gérer durablement les écosystèmes mais aussi d'améliorer les conditions de vies des populations.

Dans l'ensemble, nos résultats montrent la grande variabilité des pratiques des agriculteurs. Nos travaux permettent aujourd'hui de formuler un certain nombre de recommandations techniques, notamment les informations sur les leviers dont disposent les agriculteurs pour faire évoluer leurs systèmes et augmenter ainsi leur rendement potentiel en cacao marchand et en service écosytémique « carbone ».

5.2. Recommandations

Au terme de cette étude, nous recommandons :

➤ Au MINADER

-De promouvoir des modes de gestion durables et concertés par le biais des écoles paysannes au sein des agroforêts ;

➤ Au MINFOF

-De faire un inventaire National multi ressources dans les agroforêts à base de cacaoyer du pays pour permettre une valorisation optimale de leur potentiel d'agrobiodiversité ;

➤ Au MINEPDED

-De Prendre en compte les systèmes agroforestiers dans les l'établissement de la stratégie nationale REDD+ en cours.

➤ Au Ministère du Commerce

D'opérationnaliser l'observatoire national des changements climatiques en lien avec les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers.

➤ Aux institutions nationales et internationales (Bourse du carbone)

- D'harmoniser les prix de la tonne du CO₂ sur le marché volontaire de carbone.

➤ Aux institutions de recherches (CIRAD/IRAD)

- Qu'une étude sociale soit faite afin d'envisager le principe standard de paiements pour les services environnementaux ;

- De poursuivre cette évaluation de stock de carbone en la complétant avec les stocks de carbone d'autres pools de carbone tels que le sol, le bois mort en vue de réaliser le bilan carbone ;

- Promouvoir la création des jeunes SAFs à base de cacao par l'établissement des champs semenciers et des nouvelles techniques de mise en place;

- Former les populations dans les techniques de multiplications des plants notamment les ligneux à usages multiples.

➤ Aux populations de Ngomedzap

- D'avoir les modes de gestions durables concertées ;

- D'utiliser les groupes mis à mettre en place dans le cadre de la vente groupé du cacao certifié pour réaliser les projets « carbones-communautaires ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albrecht, A. et Kandji, S. 2003.** Carbon sequestration in tropical agroforestry Systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 99: p.15-27.
- Brown S., 1997.** Estimating biomass and biomass change of tropical forests. FAO, forestry paper Rome, Italy. 134 p.
- Carrière S., 2002.** L'abattage sélectif : une pratique agricole ancestrale au service de la régénération forestière. *B.F.T: N0 272*: 42-61
- CCNUCC (Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques). 2005.** Préserver le climat. Guide de la Convention sur les changements climatiques et du Protocole de Kyoto, Bonn, Allemagne, 41p.
- Chave J., Riera B. et Dubois M.A., 2001.** Estimation of biomass in aneotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *J Trop Ecol* 17: 79–96.
- Chave J., Condit R., Lao S., Caspersen J.P., Foster R.B. et Hubbell S.P., 2003.** Spatial and temporal variation in biomass of a tropical forest: results from a large census plot in Panama. *J Ecol* 91: 240–252.
- Chave J., Brown S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus D., Folster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescuyer J.P., Nelson B., Ogawa H., Puig H., Reira B. & Yamakura T., 2005.** Tree allometry and improved estimation of carbon stock and balance in tropical forest. *Oecologia* 145: 87-99.
- CIRAD/IRD/AIRD. (2012).** Recherche des compromis entre production et services écosystémiques fournis par les systèmes agroforestiers (SAFSE)- Document principal, 3p
- COMIFAC, 2008** Manuel de référence pour l'installation de dispositifs permanents en forêts de production dans le bassin du Congo 78-81p
- COMIFAC, 2008** Etat des forêts du bassin du Congo
- CRPF et FOGFOR. 2011.** La surface terrière, 4p.
- Brown S., Pearson T., 2005.** Exploration du potentiel de séquestration du carbone dans les forêts classées de la République de Guinée. Guide de Mesure et de Suivi du Carbone dans les Forêts et Prairies Herbeuses, Winrock International. 39p.
- Dixon, R.K. 1995.** Agroforestry systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, 31: 99-116.

- Djomo A. N., Ibrahima A., Saborowski J., Gravenhorst G. 2010.** Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management*. 260: 1873 – 1885.
- FAO. 1997.** Stratégie d'assistance dans le bassin du Congo : Analyse des causes de la dégradation des ressources forestières dans le bassin du Congo, 32p.
- FAO. 2008.** Financial Mechanisms for Adaptation to and Mitigation of Climate Change in the Food and Agriculture Sectors. Paper presented at the High Level Conference on World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy, Rome, 3-5 June. 28p.
- FAO. 2011.** State of the world's forests. FAO, Rome, Italy. 164 p.
- Garrity D.P., 2004.** Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems* 61 : 5-17p.
- GIEC. 2006.** Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autre usage des terres. Institute for Global Environmental Strategies, Japon 4: 46-52.
- GIEC. 2007.** Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A., Genève, Suisse, 103 p.
- Gockowski and Denis Sonwa 2011.** Cocoa Intensification Scenarios and Their Predicted Impact on CO₂ Emissions, Biodiversity Conservation, and Rural Livelihoods in the Guinea Rainforest of WestAfrica
- Glenn H. 2008.** Aperçu général au MDP et le marché Carbone, Programme UNEP, RISOE, Projet CD4CDM, Atelier sectoriel énergie, Alger, 21p.
- Hairiah, K., Kotto-Same, J., Mendes, A., Moukam, A., Murdiyarso, D., Njomgang, R., Parton, W.J., Ricse, A., Rodrigues, V., Sitompul, S.M. et Van Noordwijk, M. 2000.** Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land uses in the humid tropics. Final Report, Alternatives to Slash and Burn (ABS). Climate Change Working Group, Phase II. ICRAF, Nairobi, Kenya. 29 p.
- Hairiah K, Dewi S, Agus F, Velarde S, Ekadinata A, Rahayu S and van Noordwijk M, 2010.** Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office, 155p.
- Henry M., 2010.** Carbon stocks and dynamics in Sub Saharan Africa. PhD Thesis.

- Paris Institute of Technology for Life, Food and Environmental Sciences (AgroParisTech) Speciality: ecosystems. 397 p.
- IRAD. 2005.** zone agro-écologique: forêts humides à pluviométrie bimodale. Page disponible sur http://www.irad-cameroon.org/zones_fr.php?idz=4&idRub=1
- Jagoret P., Todem Ngnogue H., Bouambi E., Battini J.L., Nyassé S. 2009.** Diversification des exploitations agricoles à base de cacaoyer au Centre Cameroun : mythe ou réalité ? *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 13 (2) : 271-280.
- Jagoret P., Michel-Dounias I., Malézieux E. 2011.** Long-term dynamics of cocoa agroforests: A case study in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 81 (3) : 267-278.
- Jagoret P, 2011.** Analyse et évaluation de systèmes agroforestiers complexes sur le long terme : Application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au Centre Cameroun, Thèse Pour l'obtention du grade de Docteur de Montpellier supagro 9-10p
- Lallah Fotsa M., 2011.** Contribution à l'étude du potentiel ligneux des différents types d'utilisations de terre dans les zones de forêts dense humide du Cameroun : cas des départements de la Lékié et de la Mefou-Afamba. Mémoire de Master, Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA) Forêt-Bois. Yaoundé (Cameroun). 94 p.
- Le Quere C., Raupach M.R., Canadell J.G., Marand G., Bopp L. et Ciais P., 2009.** Trends in the source and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience* 2(12): 831-836.
- Letouzey R., 1985.** Notice de la carte topographique du Cameroun au 1/50000. Domaine de la Forêt dense humide toujours verte. IRA-Yaoundé, institut international de la végétation. Toulouse, France. pp. 95-142.
- Lindroth A., Grelle A. et Morén A.S., 1998.** Long-term measurements of boreal forest carbon balance reveal large temperature sensitivity. *Global Change Biology*. 4, 443-450.
- Lieunang L. A .2013** Potentialités de séquestration du carbone dans les jachères du département de la Menoua (région de l'Ouest Cameroun), Mémoire présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de MSc. en Gestion de l'Environnement Option : Gestion des Ressources Naturelles
- Malézieux R., Crozat Y., Dupraz C., Laurans M., Makowski D., Ozier-Lafontaine H., Rapidel B., de Tourdonnet S., Valantin-Morison M., 2009.** Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29 : 43-62.

- Mbarga, N.L. 2004.** Manuel de suivi et d'évaluation de la mise en œuvre des principes/critères/indicateurs (PCI) de gestion durable des forêts de production du Cameroun. PD23/99 Rev. 2 (F) : 5-9.
- Minang P. A., Jungcurt S., Meadu V., Murphy D. 2009.** Négociations de la REDD. L'avancée vers Copenhague. 2009. International Institute for Sustainable Development (IISD), ASB Partnership for the Tropical Forest Margins, Manitoba Canada, 161p.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystem and Human Well-Being :** synthesis, island press, Millennium Ecosystem Assessment, 137p.
- Moffo F. 2011.** Evaluation des stocks de carbone dans la zone périphérique du parc national de Lobeke (Est-Cameroun) et perspectives de gestion durable, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur des Eaux, Forêts et Chasses, FASA/ Uds. 84p.
- Montagnini, F. et Nair, P.K.R. 2004.** Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 61: 281-295.
- Murphy D., Drexhage J. et Wooders P. 2009.** Les mécanismes internationaux du marché du carbone au sein d'un accord post-2012 sur les changements climatiques, Dialogue informatif en politique avec la société civile sur les négociations de la CCNUCC, Montréal, 19 mai 2009, International Institute of the Sustainable Development, 35p.
- Norgrove and Hauser. 2013.** Carbon stocks in shaded *Theobroma cacao* farms and adjacent secondary forests of similar age in Cameroon *Tropical Ecology* 54(1): 15-22, 2013 International Society for Tropical Ecology www.tropecol.com
- Nolte C., Kotto-Same J., Moukam A., Thenkabail P.S., Weise S.F. et Zapfack L., 2001.**
Land use characterization and estimation of carbon stock in the alternative to slash and burn B enchmark area in Cameroon. Resource and crops management research monograph 28. IITA, I badan. 83 p.
- O.Eyog Matig, O.Ndoye, J. Kengue et A. Awono., 2006.** Les fruitiers Forestiers comestibles du Cameroun. IPGRI regional office for west and central Africa, International plant genetic resource institute.
- ONCC. 2013.** Les mesures prises par le Gouvernement pour parvenir à une économie cacaoyère durable. Cas du Cameroun. séminaire-atelier sur le « Renforcement et modernisation du système d'information des filières cacao et café au Cameroun » (SIF),
- Pagiola, S. et Platais G. 2002.** Payments for Environmental Services, Washington, D.C., Banque mondiale, service de l'environnement. 4p.

- Patrick Jagoret, Isabelle Michel-Dounias, Didier Snoeck , Herve Todem Ngnogue EricMalezieux.,2012.** Afforestation of savannah with cocoa agroforestry systems: A small-farmer innovation in central Cameroon
- PCP. 2010.** Pôle de compétence en partenariat, Agroresterie-Cameroun
- Pearson T., Walker S., Chalmers J., Swails E. et Brown S. 2009.** Guide pour l'élaboration de projets de boisement/reboisement et de bioénergie sur le marché réglementé du carbone, Winrock International, ITTO, United Nation Environment Programme, 83p.
- Pignard G., Hanza N. et Dupouey J., 2004.** Estimation des stocks et des flux de carbone dans la biomasse des forêts françaises à partir des données de l'Inventaire forestier national. Rapport final du projet CARBOFOR : Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles. Juin 2004. 87 p.
- Power, A.G. (2010)** Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, 2959–2971.
- Robiglio V., Ngendakumana S., Gockowski J. Yemefack M., Tchienkoua M., Tchawa P., Tchoundjeu Z. and Bolognesi M. 2010.** Reducing Emissions from All Land Uses in Cameroon. Final National Report. ASB Partnership for the Tropical Forest Margins. Nairobi, Kenya. 96p.
- R-PP. 2012.** Propositions de mesures pour l'état de préparation présentées par les pays participants au programme REDD (2012) 1p
- Saj S., Patrick Jagoret., Herve Todem Ngnogue . 2013** Carbon storage and density dynamics of associated trees in three contrasting *Theobroma cacao* agroforests of Central Cameroon 3-9p
- Schoeneberger, M. M. 2009.** Agroforestry: Working trees for sequestering carbon on agricultural lands. 37p.
- Sonwa D., Weise S.F., Tchatat M., Nkongmeneck B., Adesina A.A., Ndoye O. et Gockowski J., 2001.** Rôle des agroforêts cacao dans la foresterie paysanne et communautaire au Sud-Cameroun. 10 p.
- Sonwa D.,2004.** Biomass management and diversification within cocoa agroforests in the humid forest zone of southern Cameroon. PhD Thesis. Institut für Gartenbauwissenschaft der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. 112 p.

- Todem Ngnogue, H. 2005.** Bilan financier des systèmes de cacaoculture du Centre-Cameroun. Mémoire de fin d'études. Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun. 88p.
- Torquebiau E.F., 2002.** Les associations agroforestières et leurs multiples enjeux. *Bois et Forêts des Tropiques* 271 : 23-34.
- UICN. 2003.** *Le sommet mondial pour le développement durable.* Par Ibrahim Thiaw. Bulletin d'information du bureau régional de L'UICN pour l'Afrique de l'Ouest.
- Vivien et J.J.Faure, arbres des forêts denses d'Afrique Central espèces du Cameroun,** République Française, Ministère des relations extérieures coopération et développement, agence de coopération culturelle et technique.
- Waring R.H. et Running S.W., 1998.** Forest ecosystems: analysis at multiple scales, Second edition. Academic Press, San Diego, CA. 370 p.
- Zapfack L., Kotto-same J. et Moukan S., 1997.** Carbon dynamics in slash and burn agriculture and land use alternatives in the humid forest zone of Cameroon. *Agriculture, Ecosystems and environment* 65(3): 245-246p.

SITES CONSULTES

<http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget> (consulté le 10 octobre 2013)

<http://www.sifcameroun.org> (consulté le 02/10/2013)

ANNEXES

ANNEXES 1 : Liste des propriétaires des parcelles (SAFs et témoins forestiers)

N°	Nom prénom du planteur	coordonnées GPS		Class d'âge SAF (ans)	Inventaires /enquêtes réalisées	Mise en place
		Nord (°)	Est (°)			
1	ZAMBO ETOUNDI Emile	03.26578	011.26285	20 < âge ≤ 40	Oui/Oui	/
2	ESSOMBA Cosmas	03.28843	011.24159	> 60	Oui/Oui	/
3	ESSOMBA Tabi	03.27137	011.28957	> 60	Oui/Oui	/
4	ENGOUDOU Denis	03.28352	011.27161	20 < âge ≤ 40	Oui/Oui	/
5	NVONDO Marie	03.28150	011.28819	20 < âge ≤ 40	Oui/Oui	/
6	FOUDA OWONA Felix	03.26716	011.24572	> 60	Oui/Oui	vers 1930
7	ESSOMBA Honoré	03.26947	011.24556	20 < âge ≤ 40	Oui/Oui	1973
8	ESSOMBA Honoré	/	/	> 60	Oui/Oui	/
9	BOUNOUNGOU Alphonse	03.26927	011.26760	/	Oui/Oui	/
10	BOUNOUNGOU Alphonse	03.26705	011.26942	40 < âge ≤ 60	Oui/Oui	/
11	FOUDA EMARAN	03.25964	011.26438	> 60	Oui/Oui	/
12	EBOMBO OWONA Moïse	03.26930	011.22257	> 60	Oui/Oui	/
13	FOUDA Landry	03.25653	011.26949	40 < âge ≤ 60	Oui/Oui	/
14	NMOMO Leonie	03.25614	011.26649	40 < âge ≤ 60	Oui/Oui	/
15	ADALBERT Bala Bomba	03.24899	011.26431	> 60	Oui/Oui	/
16	ATEBA ESSOMBA	03.25160	011.22155	> 60	Oui/Oui	/
17	ATANGA OWONA Marc	03.25114	011.22272	20 < âge ≤ 40	Oui/Non	/
18	OTTOU Didier	03.23756	011.21532	20 < âge ≤ 40	Oui/Non	/
19	NKODO Ernest	03.28804	011.13643	20 < âge ≤ 40	Oui/Oui	/
20	ESSOMBA René (Damien)	03.27213	011.13867	10 < âge ≤ 20	Oui/Oui	2002
21	EBOMBO MANI Frederic	03.25009	011.26152	20 < âge ≤ 40	Oui/Non	/
22	BOMBA Mathieu	03.25138	011.26013	> 60	Oui/Oui	/
23	ZONG SEME Claude	03.25437	011.26678	20 < âge ≤ 40	Non/Non	/
24	ATEBA Abini Bernard	/	/	40 < âge ≤ 60	Oui/Oui	/
25	ESSOMBA ELONG Jean	03.28374	011.19275	> 60	Oui/Oui	/
26	OLINGA Bertrand	03.28324	011.19337	> 60	Oui/Oui	/
27	EKONGOLO MESSI Vincent	03.25998	011.11188	20 < âge ≤ 40	Oui/Oui	/
28	AMBASSA OTTOU+NOAH Abamssa	03.26113	011.19183	> 60	Oui/Oui	/
29	EWONDO Clovis	/	/	> 60	Oui/Oui	vers 1935
30	ONDOA OYE Rose	/	011.27959	> 60	Oui/Oui	/
31	ESSOMBA Honoré	03.26262	011.21927	> 60	Oui/Oui	/
32	NKODO Ernest	03.28581	011.13875	20 < âge ≤ 40	Oui/Oui	1990
33	OMBGA SEME Claude	03.22258	011.17942	≤ 10	Oui/Non	2009-2010
34	OMBGA SEME Claude	03.22259	011.17943	≤ 10	Oui/Non	2009-2010
35	ESSOMBA Benoît	03.28778	011.23374	10 < âge ≤ 20	Oui/Oui	2000
37	OTTOU Fidèle	03.26822	011.25833	≤ 10	Oui/Oui	2005
38	OTTOU Fidèle	03.26842	011.25993	≤ 10	Oui/Oui	/
39	FOUDA OWONA Felix	/	/	≤ 10	Oui/Oui	2007
F1	ESSOMBA Cosmas	03.274430	011.24064	/	/	/
F2	ESSOMBA Cosmas	03.27534	011.24179	/	/	/

F3	ESSOMBA Pierre	03.27258	011.24179	/	/	/
F4	ESSOMBA Honoré	03.26587	011.25125	/	/	/
F5	ATEBA Marcel	/	/	/	/	/
F6	ENGOUDOU Denis	03.28187	011.27136	/	/	/
F7	NOAH EBEBORA	03.26741	011.1587	/	/	/

ANNEXES 2 : Liste des arbres inventoriés dans les placettes étudiées

Nom commun	Nom vernaculaire (Ewondo)	Nom scientifique	Famille	Densité du bois	Référence	Usâges
esok	Essok	<i>Garcinia lucida</i>	Clusiaceae	0,748	Zanne et al. Global wood density database.	vente, autoconsommation
/	Abeu	/	/	0,57999998	World agroforestry database	
/	Akam	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	Ombrâge, bois de chauffe, bois d'œuvre
/	Akoë	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	Ombrâge, autoconsommation
/	Akoue	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	Ombrâge, fertilité, autoconsommation
Abut	Amvut	<i>Trichoscypha acuminata</i>	Anacardiaceae	0,644	Zanne et al. Global wood density database.	autoconsommation, vente, médicinal
onzabili	Angongui	<i>Anthrocaryon klaineannum</i>	Anacardiaceae	0,5	World agroforestry database	ombrâge, médicinal, autoconsommation
kumbi	Ekoa	<i>Lanea welwitschii</i>	Anacardiaceae	0,44999999	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, fertilité, bois de chauffe
/	Manguier	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	0,536	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, autoconsommation, vente
/	Atom-bekoe	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	Anacardiaceae	0,57999998	World agroforestry database	Ombrâge, bois de chauffe, culturel
/	casimangue	<i>Spondias cytherea</i>	Anacardiaceae	0,57999998	World agroforestry database	autoconsommation
/	Angena	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, bois de chauffe
/	Angok	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	Ombrâge, bois de chauffe
/	Anguok	<i>Anguok</i>	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, autoconso, bois de chauffe
Sobu	Avom	<i>Cleistopholis glauca</i>	Annonaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge
/	Ebom-afan	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	0,4	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, médicinal
	Oyakui	<i>Xylopiya aurantiiodora</i>	Annonaceae	0,42	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois de chauffe
Emien	ekouk	<i>Alstonia boonei</i>	Apocynaceae	0,321	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, médicinal

Mejangmejang	Esombi	<i>Rauvolfia macrophylla</i>	Apocynaceae	0,47	World agroforestry database	
	Mejang mejang	<i>Rauvolfia vomitoria</i>	Apocynaceae	0,484	Zanne et al. Global wood density database.	medicinal
mutondo	Ndamba	<i>Funtumia elastica</i>	Apocynaceae	0,467	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, culturel
/	Palmier	<i>Elaeis guineensis</i>	Areraceae	0,385	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, vente, autoconsommation
/	Abayak	<i>Vernonia conferta</i>	Asteraceae	0,57999998	World agroforestry database	Ombrâge, médicinal
/	Ndolet	<i>Vernonia amidalina</i>	Asteraceae	0,52475	D moyenne Ngdzap	autoconsommation
/	Avehg	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	bois de chauffe
Osse, Atag	Angossa	<i>Markhamia lutea</i>	Bignoniaceae	0,57999998	World agroforestry database	Ombrâge , bois de chauffe, médicinal
/	Mbikam	<i>Newbouldia laevis</i>	Bignoniaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, culturel, medicinal
tulupier du gabon	Evovone	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	0,232	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, eau, fertilité
kapokier	esodum	<i>Bombax buenopozense</i>	Bombacaceae	0,31999999	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, fertilité, eau
Fromâger	doum	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	0,281	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, fertilité, eau
cordia d'afrique	ébé	<i>Cordia platythyrsa</i>	Boraginaceae	0,385	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, médicinal
	Atom	<i>Dacryodes macrophylla</i>	Burseraceae	0,61000001	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge; vente, autoconsommation
aiélé	Otou/abel	<i>Canarium schweinfurthii</i>	Burseraceae	0,409	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bos d'œuvre, culturel, autoconsommation
	safoutier	<i>Dacryodes edulis</i>	Burseraceae	0,516	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, vente, autoconsommation, culturel
kibakoko	akoung élé évélé	<i>Anthonotha sp.</i>	Caesalpiniaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, médicinal
Lati	Edib	<i>Amphimas ferrugineus</i>	Caesalpiniaceae	0,63	World agroforestry database	ombrâge
tali	Elon	<i>Erythrophleum ivorense</i>	Caesalpiniaceae	0,774	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre, durci le sol, atuoconsommation
movingui	Eyen	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Caesalpiniaceae	0,605	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre
Movingui	eyen	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Caesalpiniaceae	0,605	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre, medicinal

Mvanda	Mvanda	<i>Hylodendron gabunense</i>	Caesalpiniaceae	0,77999997	World agroforestry database	ombrâge, bois d'œuvre
Dabema	atui	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	Caesalpiniaceae	0,605	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre, bois de chauffe
Parasolier	asseng	<i>Musanga cecropioides</i>	Cecropiaceae	0,23	World agroforestry database	ombrâge, bois de chauffe
doussie	Mbanga	<i>Azelia bipidensis</i>	Cesalpiniaceae	0,66000003	World agroforestry database	bois d'œuvre
Bitter cola	onié	<i>Garcinia kola</i>	Clusiaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, vente, autoconsommation
Fraké/limba	Akom	<i>Terminalia superba</i>	Combretaceae	0,459	Zanne et al. Global wood density database.	Ombrâge, bois d'œuvre, fertilité, bois de chauffe
osanga	Sikong	<i>Pteleopsis hylodendron</i>	Combretaceae	0,678	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre, médicinal
	Ebabi	<i>Ebabi</i>	Ebabi	0,52475	D moyenne Ngdzap	Ombrâge, autoconsommation
landa	Landa	<i>Erythroxylum mannii</i>	Erythroxylaceae	0,547	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre
	Asas	<i>Macaranga hurifolia</i>	Euphorbiaceae	0,388	Zanne et al. Global wood density database.	Ombrâge, bois de chauffe, culturel
dambala	Dambala	<i>Discoglypemma caloneura</i>	Euphorbiaceae	0,31999999	World agroforestry database	ombrâge, bois de chauffe
ebebeng	ebebeng	<i>Phyllanthus dicoïdes</i>	Euphorbiaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, bois de chauffe, culturel
/	Efoble	<i>Tetrorchidium didymortemon</i>	Euphorbiaceae	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge,culturel
/	Ewolot	<i>Bridelia micrantha</i>	Euphorbiaceae	0,67	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, chenilles comestibles, bois de chauffe
Njanssang	essessang	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	0,211	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, fertilité, eau, vente, autoconsommation
	kakoa	<i>Milletia sp</i>	Fabaceae	0,72000003	World agroforestry database	ombrâge, medicinal
Nsangomo	Nsangomo	<i>Allanblackia floribunda</i>	Guttiferae	0,63	World agroforestry database	ombrâge, bois de chauffe, culturel
Andok	Andok	<i>Irvingia gabonensis</i>	Irvingiaceae	0,775	Zanne et al. Global wood density database.	Ombrâge , vente, autoconsommation, médicinal
eweuss	Ngon	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	Irvingiaceae	0,87000001	World agroforestry database	ombrâge, autoconsommation, bois d'œuvre
alep	Oman	<i>Desbordesia glaucescens</i>	Irvingiaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, culturel
/	Andok ngoué		Irvingiaceae	0,775	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, culturel

/	avocatier	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	0,523	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, vente, autoconsommation, bois de chauffe
Essia	Abing	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Lecythidaceae	0,57999998	World agroforestry database	médicinal, bois d'œuvre, autoconsommation, vente
Acajou	n'gollong	<i>Khaya ivorensis</i>	Meliaceae	0,44	World agroforestry database	bois d'œuvre
Dibetou	Bibolo	<i>Lovoa trichilioides</i>	Meliaceae	0,455	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre
Kossipo	aom-assié	<i>Entandrophragma candollei</i>	Meliaceae	0,58999997	World agroforestry database	ombrâge, bois d'œuvre
Sapelli	assie	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Meliaceae	0,572	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre, autoconsommation
Okan	Adiñ/adoum	<i>Cylicodiscus gabunensis</i>	Mimosaceae	0,80000001	World agroforestry database	ombrâge, bois d'œuvre
Akpa	Akpa	<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Mimosaceae	0,53	Zanne et al. Global wood density database.	autocossommation, vente, fertilité
mubala	Ebaye	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	Mimosaceae	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, fertilité, médicinal
mepepe	saliemo	<i>Albizia adianthifolia</i>	Mimosaceae	0,51999998	World agroforestry database	ombrâge, bois de chauffe
	Akule	<i>Ficus exaspérata</i>	Moraceae	0,57999998	World agroforestry database	Ombrâge, bois de chauffe, culturel
Iroko	abang	<i>Milicia excelsa</i>	Moraceae	0,575	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre
Tol	Tol	<i>Ficus mucoso</i>	Moraceae	0,38999999	World agroforestry database	ombrâge, fertilité, eau, autoconsommation
ilomba	Eteng	<i>Pycnanthus angolensis-</i>	Myristicaceae	0,409	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, fertité
niove	Mbonda	<i>Staudtia kamerunensis</i>	Myristicaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, bois d'œuvre
angueuk	Angueuk	<i>Ongokea gore</i>	Olacaceae	0,749	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, medicinal
coula	Ewomé	<i>Coula edulis</i>	Olacaceae	0,77999997	World agroforestry database	ombrâge, bois de chauffe , autoconsommation
Mban-mbazona	Mban-mbazona	<i>Strombosia grandifolia</i>	Olacaceae	0,74000001	World agroforestry database	
padouk	mbel	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	papillonaceae	0,658	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, bois d'œuvre, medicinal
musizi	Nkangela	<i>Maesopsis eminii</i>	Rhamnaceae	0,41	World agroforestry database	ombrâge,

						fertilité, autoconsommation
	akeng	<i>Morinda lucida</i>	Rubiaceae	0,558	Zanne et al. Global wood density database.	Ombrâge, fertilité, bois de chauffe, médecine
olon	Mbongo	<i>Faraga heitzii</i>	Rutaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, bois d'œuvre
awonog	Awonog	<i>Eriocoelum macrocarpum</i>	Sapindaceae	0,57999998	World agroforestry database	bois d'œuvre
Longhi	Abam (Ewondo)	<i>Gambeya lacourtiana</i>	Sapotaceae	0,63	World agroforestry database	Ombrâge, bois d'œuvre, autoconsommation
Moabi	adjap	<i>Baillonella toxisperma</i>	Sapotaceae	0,70999998	World agroforestry database	ombrâge, vente, autoconsommation, bois d'œuvre
	Olo-tombo	<i>Afrosersalisia afzelii</i>	Sapotaceae	0,57999998	world agroforestry database	ombrâge, culturel, bois de chauffe
cola des singes	ekom	<i>Cola pachycarpa</i>	Setruliaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, vente, autoconsommation
	Ahep-ele	<i>Cola ballayi</i>	Sterculiaceae	0,57999998	World agroforestry database	Ombrâge, bois de chauffe, médicinal
ayous	Ayous	<i>Triplochyton scleroxylon</i>	Sterculiaceae	0,335	Zanne et al. Global wood density database.	ombrâge, fertilité, eau, bois d'œuvre
	Efok	<i>Cola lateritia</i>	Sterculiaceae	0,507	Zanne et al. Global wood density database.	autoconsommation, vente
eyong	Nkanang	<i>Eribloma oblongum</i>	Sterculiaceae	0,60000002	World agroforestry database	ombrâge, bois d'œuvre
cola vrai	abeu goro	<i>Cola nitida</i>	Sterculiaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, vente, autoconsommation
faux colatier	abeu	<i>Cola acuminata</i>	Sterculiaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, vente, autoconsommation
Kekele	Ahep	<i>Holoptelea grandis</i>	Ulmaceae	0,58999997	World agroforestry database	Ombrâge, bois de chauffe, médicinal
evoula	Evoula	<i>Vitex grandifolia</i>	Verbenaceae	0,57999998	World agroforestry database	ombrâge, fertilité
/	Abol-zoak	<i>Abol-zoak</i>		0,52475	D moyenne Ngdzap	Ombrâge, médicinal
/	Angouona		/	0,52475	D moyenne Ngdzap	Ombrâge, bois de chauffe, culturel
/	corna		/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, culturel
/	Ekekam	<i>Ekekam</i>	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	
/	Ekoban		/	0,52475	d moyenne Ngdzap	ombrâge, culturel

/	Elelom		/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, bois de chauffe, medicinal
/	Hevea sauvage		/			
/	Miemi-ngom			0,52475	D moyenne Ngdzap	
/	Ngome-afan	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, bois de chauffe
/	Ngounda	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, bois de chauffe
/	Ngueuk	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, culturel
/	Odzobi	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, médicinal
/	Okoyom	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, fertilité
/	Otolof	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	ombrâge, culturel
/	Oyebe	/	/	0,52475	d moyenne Ngdzap	ombrâge
/	tomba	/	/	0,52475	D moyenne Ngdzap	autoconsommation
/	Tsi-moto	/	/	0,52475		

ANNEXES 3 : Fiche exploitation - Enquête de terrain

Données générales :

Nom et prénom _____
 Ethnie _____

 Présence autochtone allochtone étranger précisez : _____
 Âge _____
 sait
 Niveau d'étude illettré sait lire écrire primaire secondaire supérieur
 Appartenance à une organisation de producteurs : oui non
n° des parcelles étudiées chez l'agriculteur : _____

Structure familiale

Situation matrimoniale marié célibataire polygame (précisez le nombre de femmes)
 Activités autres qu'agricole non oui
 si oui, laquelle : _____

Les terres de l'exploitation

SURFACE TOTALE DES TERRES

	_____		_____
	surface (ha)		surface (ha)
Terres reçues en location	_____	Terres en propriété par héritage	_____
Terres données en location	_____	Terres en propriété par achat	_____
Terres reçues en métayâgé	_____	Terres en propriété par don	_____
Terres données en métayâgé	_____		

ASSOLEMENT

	surface (ha)		surface (ha)
Cacao	_____	plantains	_____
Café	_____	jachères	_____
Palmier	_____	forêt	_____
Hévéa	_____	autres	_____

CACOYERES

	surface (ha)	âge	production moyenne	atouts / contraintes de la parcelle
Parcelle n°1	_____	_____	_____	_____
Parcelle n°...	_____	_____	_____	_____

synthèse _____
 engrais _____
organique _____
 autres _____

Désherbage
: non oui si oui : manuel chimique
nb /an _____ nb /an _____

Attaques mirides : forte moyenne faible
dégats pourriture brune : forts moyens faibles
Présence dye back : oui non

Niveau d'ombrage estimé :
 faible
 moyen
 fort

Les productions associées

plantes annuelles :

nom	qté /an	vente (oui/non)	autoconsommation (oui/non)

plantes pérennes :
(arbres et arbustes)

nom	nb individus	qté /an	vente (oui/non)	autoconsommation (oui/non)
...				

Entretien des arbres associés producteurs : oui non

Date de mise en place des cultures pérennes : avant les cacaoyers date _____

en même temps que les cacaoyers

après les cacaoyers date _____

ANNEXES 5 : relevé individuel cacaoyer - Enquête de terrain

N° parcelle

Coordonnées GPS

n° ind	tronc 1		tronc 2		tronc 3		tronc 4		haut (m)	Âge	Type architectural	Taille régulière	Productif (oui/non)	Obs
	Diam (cm)	circ (cm)	Diam (cm)	circ (cm)	Diam (cm)	circ (cm)	Diam(cm)	circ (cm)						
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
...														

ANNEXES 6 : relevé individuel arbres associés - Enquête de terrain

NB : 30 cm de diamètre = 188,5 cm de périmètre

N° parcelle

Coordonnées
GPS

n°individu	Nom vernaculaire	Nom latin	tronc 1		tronc 2		hauteur (m)	Strate HH; H; M; U	Introduit (Int) ou Conservé (Cons)	Présent avant plantation cacaoyers	si introduit, date	feuillage	
			Diamètre (cm)	circonférence (cm)	Diamètre (cm)	circonférence (cm)						Caduque (C), Permanent (P)	léger (LE), lourd (LO)
1													
2													
...													

Usages										
Ombrage	Fertilité	Eau	Nourriture à vendre	nourriture autoconsommée	bois d'œuvre	bois de chauffe	médecine	cultuel/culturel	délimitation parcelle	aucun