

## Diversité ligneuse et stock de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité de Makéné, Région du Centre Cameroun

Alex Blieriot Tane Fomekong<sup>1</sup>, Marie Caroline Solefack Momo<sup>1,\*</sup>, Grace Anjah Mendi<sup>1</sup>, Junior Baudoin Taffo Wouokoue<sup>2</sup>, Samuel Severin Feukeng Kenfack<sup>1</sup>, Bruno Alex Etchike Dong<sup>1</sup>, Romuald Duplex Djeuni<sup>3</sup>, Olivier Clovis Kengne<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Département de Biologie Végétale, Université de Dschang, Faculté des Sciences, B.P.: 67 Dschang, Cameroun

<sup>2</sup> Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Maroua, B.P.: 814 Maroua, Cameroun

<sup>3</sup> Département de Foresterie, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P.: 222 Dschang, Cameroun

<sup>4</sup> Département des Sciences de la Vie et de la Terre, Ecole Normale Supérieure, Université de Maroua, B.P.: 55 Maroua, Cameroun

Mots clés	Résumé
<p>Systèmes agroforestiers ; Diversité floristique ; Stock de carbone ; REDD+.</p> <p><b>Keywords:</b> Agroforestry systems; Floristic diversity; Carbon stock; REDD+.</p>	<p>Au Cameroun, le cacao est produit en association avec des arbres au sein des systèmes agroforestiers (SAF). Avec leur structure qui s'apparente à celle des forêts, les SAF à base de cacaoyers sont éligibles au mécanisme REDD+. Dans les zones de transition forêts-savanes, les SAF à base de cacaoyers sont établis sous défriche des forêts et des savanes. Cette étude a pour objectif d'évaluer la diversité ligneuse et les stocks de carbone des SAF à base de cacaoyers de la localité de Makéné. Pour cela, un inventaire floristique des individus à DHP <math>\geq</math> 5cm a été réalisé dans 41 SAF à base de cacaoyers de 2400 m<sup>2</sup> dont 18 SAF sous savanes, 23 SAF sous forêts et 6 témoins dont 3 parcelles en forêts de 2400 m<sup>2</sup> (témoin positif) et 3 en savanes de 500 m<sup>2</sup> (témoin négatif). L'estimation des stocks de carbone a été faite par l'utilisation des équations allométriques. 85 espèces ligneuses ont été recensées dans les forêts, 44 et 27 espèces dans les SAF à base de cacaoyers sous forêts et sous savanes et 7 espèces dans les savanes. Les indices de diversité sont faibles dans les SAF à base de cacaoyers et élevés dans les forêts. Les espèces qui stockent le plus de carbone dans les SAF à base de cacaoyers sont <i>Dacryodes edulis</i>, <i>Elaeis guineensis</i> et <i>Milicia excelsa</i> tandis que dans les forêts, les espèces qui stockent le plus de carbone sont <i>Ceiba pentandra</i>, <i>Milicia excelsa</i> et <i>Terminalia superba</i>. Les stocks de carbone les plus élevés sont trouvés dans les forêts (135,956 <math>\pm</math> 13,70 tC/ha) et les SAF sous forêts (55,814 <math>\pm</math> 36,24 tC/ha). Le CO<sub>2</sub> séquestré produit une valeur économique de 1465602,98 FCFA /ha pour des forêts, 601671,42 FCFA /ha et 245921,28 FCFA /ha pour les SAF sous forêts et sous savanes respectivement et 182568,11 FCFA /ha pour les savanes arborées. Les SAF à base de cacaoyers de la localité de Makéné sont diversifiés et contribuent à l'atténuation aux changements climatiques.</p> <p><b>Abstract</b> In Cameroon, cocoa is produced in association with trees within agroforestry systems (SAF). With their structure similar to that of forests, SAF based on cocoa trees are eligible for the REDD+ mechanism. In forest-savannah transition zones, cocoa-based SAF are established under clearing of forests and savannahs. This study aims to evaluate the woody diversity and carbon stocks of SAF based on cocoa trees in the locality of Makenéné. A floristic inventory of individuals with DBH <math>\geq</math> 5 cm was carried out in 41 SAF based on cocoa trees of 2400 m<sup>2</sup>, including 18 SAF under savannahs, 23 SAF under forests and 6 controls including 3 plots in the forests of 2400 m<sup>2</sup> (positive control) and 3 in savannahs of 500 m<sup>2</sup> (negative control). The estimation of carbon stocks was made using allometric equations. 85 woody species were recorded in forests, 44 and 27 species in SAF based on cocoa trees under forests and savannahs and 7 species in savannahs. Diversity indices are low in SAF based on cocoa trees and raised in forests. The species that store the most carbon in cocoa-based SAF are <i>Dacryodes edulis</i>, <i>Elaeis guineensis</i> and <i>Milicia excelsa</i> while in forests, the species that store the most carbon are <i>Ceiba pentandra</i>, <i>Milicia excelsa</i> and <i>Terminalia superba</i>. The highest carbon stocks are found in forests (135.956 <math>\pm</math> 13.70 tC/ha) and SAF under forests (55.814 <math>\pm</math> 36.24 tC/ha). The sequestered CO<sub>2</sub> produces an economic value of 1465602.98 FCFA /ha for forests, 601671.42 FCFA /ha and 245921.28 FCFA /ha for SAF under forests and savannahs respectively and 182568.11 FCFA /ha for wooded savannahs. SAF based on cocoa trees from the locality of Makéné are diversified and contribute to climate change mitigation.</p>
<p><b>Historic</b> Received : 27 November 2023 Received in revised form : 14 December 2023 Accepted : 18 December 2023</p>	

### 1. Introduction

En Afrique, la culture du cacao (*Theobroma cacao* L.) est généralement

considérée comme une cause majeure de la déforestation. Dans le bassin du Congo, le taux de déforestation est passé de 0,13 % dans la période 1990 à 2000 à 0,26 % dans la période 2000 à 2005 ayant pour principal moteur le défrichement des forêts au profit de l'agriculture [1, 2]. Les conséquences majeures de cette déforestation sont la perte de

\*Corresponding author : Département de Biologie Végétale, Université de Dschang, Faculté des Sciences, B.P.: 67 Dschang, Cameroun. Email: [marcofr@yahoo.fr](mailto:marcofr@yahoo.fr), Tel.: +237 67713 5069.

la biodiversité et la réduction des services écosystémiques comme la séquestration du carbone [2]. Dans les zones de transition forêt-savanes, les systèmes de culture comprennent les cultures itinérantes sur brûlis mais aussi les cultures commerciales, principalement le cacao (*Theobroma cacao* L.) [2,3]. Le Cameroun est le cinquième pays producteur de cacao au monde avec une production annuelle autour de 211 000 tonnes [4]. Les principaux bassins de production du cacao sont les régions du Centre, Sud, Sud-Ouest, Littoral et Ouest où il constitue la culture de rente la plus importante pour 69% des agriculteurs [1]. En vue de réduire les impacts du changement climatique, le mécanisme REDD+ (Réduction des Emissions liées à la Déforestation et à la Dégradation des forêts) a été mis en place par les Nations Unies en 2008. Il s'agit d'une initiative qui vise à introduire les forêts tropicales dans la lutte contre le changement climatique. La mention REDD+ correspond à la prise en compte de l'augmentation des stocks de carbone dans les pays en développement [1]. En générant de nombreux services écosystémiques, les systèmes agroforestiers sont perçus comme durables et donc éligibles aux mécanismes REDD+. Ils sont connus pour être des puits de carbone et contiendraient en moyenne 62% des stocks de carbone d'une forêt primaire [5].

Dans la zone de transition forêt-savane au Centre du Cameroun, la cacaoculture repose sur des systèmes agroforestiers où le cacaoyer est couramment planté dans des zones savanicoles à fine canopée et sous défriche des forêts secondaires. Avec leur structure qui s'apparente à celle des forêts, les systèmes agroforestiers (SAF) à base de cacaoyer participent à la conservation de la diversité ligneuse, à la séquestration du carbone et à la sécurité alimentaire [6, 7, 8]. Cependant, il n'existe pas d'étude sur la diversité ligneuse et les stocks de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers établies sous défriche des forêts et des savanes dans la localité de Makénééné.

Les études antérieures ont été faites sur la diversité floristique des systèmes agroforestiers à base de caféiers [9], des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers [10, 9] et des systèmes agroforestiers mixtes [8]. Quelques travaux ont été faits sur les stocks de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers [11], des stocks de carbone des forêts [11]. Peu d'études ont été faites sur la diversité et le stockage de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers établis sous savanes comparativement à ceux établis sous défriche des forêts.

Cette étude a pour objectif d'évaluer la diversité floristique et le stock de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers dans l'arrondissement de Makénééné.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée dans la région du Centre Cameroun, Département du Mbam et Inoubou, plus précisément dans la localité de Makénééné. La zone d'étude est située entre 4° 28' - 5° 00' de latitude Nord et entre 10° 28' - 11° 00' de longitude Est [12]. Le climat est de type équatorial à deux saisons des pluies entrecoupées de deux saisons sèches, avec une température moyenne annuelle de 25 °C. Le relief est constitué des plateaux de hauts et de basses altitudes. Les sols sont de types ferrallitiques et la texture argileuse de ces sols leur assure une bonne capacité de rétention en eau et en même temps, une perméabilité suffisante grâce à la présence des pseudo-sables. Ces sols sont propices à la culture du caféier et du cacaoyer mais demandent des amendements à long terme. La végétation est représentée par des forêts secondaires dominées par de grands arbres [13, 14].

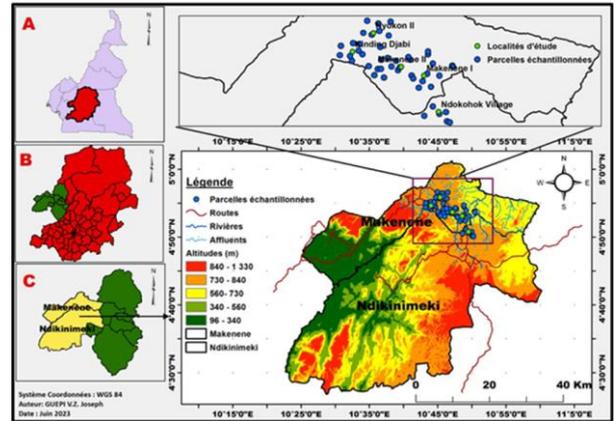


Figure 1 : Carte de localisation des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers échantillonnés dans la localité de Makénééné

### 2.2. Collecte des données

Dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers et les forêts, les placettes de 60 x 40 m (2400 m<sup>2</sup>) ont été installées, à l'intérieur desquels les ligneux de diamètre supérieur ou égale à 5 cm ont été mesurés tandis que dans les savanes, ce sont les placettes de 25 m x 20 m (500 m<sup>2</sup>) qui ont été installées à l'intérieur desquels tous les ligneux de diamètre supérieur ou égale à 5 cm qui ont été mesurés [11]. Les cacaoyers de diamètre supérieur à 5cm ont été mesurés à 30 cm au-dessus du sol et le diamètre de tous les autres ligneux a été mesuré à 1,3 m au-dessus du sol. Le diamètre de tous les ligneux a été mesuré à l'aide d'un mètre ruban. La hauteur des cacaoyers a été mesurée à l'aide d'une perche graduée et celle des autres arbres a été dérivée du diamètre à partir de la formule :

$$H = 18,657 + 0,298 * D \quad [15]$$

Les espèces ont été pour la plupart directement identifiées sur le terrain, et celles non identifiées ont été récoltées et comparées aux échantillons de l'Herbier National du Cameroun en vue de leur identification. La nomenclature botanique utilisée est celle du groupe de la classification phylogénétique des angiospermes (APG III).

### 2.3. Analyse des données

La richesse spécifique, les indices de diversités de Shannon et de Simpson, l'équitabilité de Pielou, la valeur d'importance des espèces et des familles, les stocks de carbone, les valeurs écologiques ont été considérés comme les principaux paramètres de recherche. La richesse spécifique de Margalef est donnée par la formule suivante :  $Dmg = S - 1 / \ln N$ , S est le nombre total d'espèces et N le nombre total d'individus de toutes les espèces de la communauté étudiée. Indices de diversité de Shannon-Weaver (H') est donnée par la formule suivante :

$$H' = -\sum \left( \frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left( \frac{n_i}{N} \right), \text{ où } H' : \text{indice de Shannon (s'exprime en bit)} ; n_i : \text{Le nombre d'individus d'une espèce } i \text{ et } N : \text{Le nombre total d'individus et } \log : \text{Le logarithme décimal.}$$

L'indice d'équitabilité de Pielou (EQ) est calculé de la manière suivante :  $E = H' / H_{max}$ , avec  $H_{max} = \log_2 S$ , avec H' = indice de diversité de Shannon et S = EQ nombre d'espèces présentes dans la parcelle ; Log : Le logarithme décimal

L'indice de diversité de Simpson (E) est calculé par la formule :  $E = 1 - \sum P_i^2$  où  $P_i = n_i / N$ , avec :  $n_i$  : Nombre d'individus d'une espèce i, pour i allant de 1 à S (nombre total d'espèces) ; N : Nombre total d'individus de toutes les espèces ;

L'abondance relative des taxons est calculée par la formule suivant :

$$\text{Abondance relative} = \frac{\text{Nombre d'individus d'une espèce}}{\text{Nombre total d'individus dans l'échantillon}} \times 100$$

La densité des espèces a été obtenue à partir de la formule suivante :  $N = n / S$ , avec  $N$  : la densité des individus (en tiges/ha),  $n$  : nombre de tiges présentes sur la surface considérée,  $S$  : surface de la placette considérée (ha).

L'aire basale ou surface terrière d'un arbre est la superficie occupée par le tronc, mesuré à 1,30 m du sol. Elle s'exprime en  $m^2/ha$  à partir de la formule suivante :

$$St = \frac{\pi Di^2}{4}, \text{ avec } \pi = 3,14, D^2 = \text{diamètre des ligneux élevé au carré.}$$

Les calculs de la densité, de la dominance, de la fréquence et de la diversité relative ont également été effectués pour mieux apprécier l'importance écologique des espèces et des taxa, précisément par le calcul de l'Indice de Valeur d'Importance (IVI) et de la Valeur d'Importance des Familles (FIV) dont les formules sont les suivantes:

$$\text{Densité relative} = \frac{\text{Nombre d'individus de l'espèce}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

$$\text{Fréquence relative} = \frac{\text{Nombre de parcelles où une espèce est présente}}{\text{Nombre total de parcelles}} \times 100$$

$$\text{Dominance relative} = \frac{\text{Surface terrière occupée par une espèce}}{\text{Surface terrière totale échantillonnée}} \times 100$$

$$\text{Diversité relative (Divr)} = \frac{\text{Nombre d'espèces au sein d'une famille}}{\text{Nombre total de familles}} \times 100$$

L'Indice de Valeur d'Importance (IVI) a été calculé suivant la formule qui intègre la densité relative, la dominance relative et la fréquence relative des espèces. Cet indice permet de mieux apprécier l'importance des espèces des communautés végétales.

$$IVI = \text{Densité relative (Dr)} + \text{Fréquence relative (Fr)} + \text{Dominance relative (Dor)} \quad [16].$$

De façon similaire, la Valeur d'Importance des Familles (FIV) qui apprécie mieux l'importance des familles dans une communauté végétale a été calculé à partir de la formule suivante :

$$FIV = \text{Densité relative (Dr)} + \text{Dominance relative (Dor)} + \text{Diversité relative (Divr)} \quad [17].$$

## 2.4. Estimation de la biomasse

La biomasse aérienne (BA) des cacaoyers et des arbres associés s'est faite en utilisant l'équation allométrique développée par [18] :

$BA \text{ (kg)} = 0,0673 \times (\rho D^2 H)^{0,976}$ , où BA est la biomasse aérienne de l'arbre (en kg), D, le diamètre de l'arbre (en cm), H la hauteur totale de l'arbre (en m),  $\rho$ , la densité spécifique de l'arbre en  $(g.cm^{-3})$ . Les densités spécifiques des espèces données par [19] ont été utilisées.

La biomasse aérienne des palmiers a été calculée suivant la formule ci-après [20] :

$$BA = 23,487 + 41,851 \cdot \ln(H)^2$$

L'estimation de la biomasse des espèces de savane a été calculée à partir de l'équation allométrique développée par [21] :

$$BA \text{ (Kg)} = 37,501 - 5,284 \times D + 0,234 \times D^2 + 0,011 \times D^3$$

L'estimation de la biomasse souterraine des ligneux sur pied s'est conformée aux lignes directrices établies par [22].  $BS = BA \times R$  avec  $R = 0,24$ , où BS est la biomasse souterraine, BA la biomasse aérienne et R le ratio racine/tige.

## 2.5. Évaluation des stocks de carbone

Le stock de carbone a été obtenu en multipliant la somme des biomasses (aérienne et souterraine) par le ratio CF (carbone fraction) qui est de 0,47 [22].  $C = (BA + BS) \times 0,47$

## 2.6. Evaluation du CO<sub>2</sub> séquestré

Le stock de CO<sub>2</sub> atmosphérique équivalent est estimé suivant la formule :  $CO_2 = Ct \times 3,67$ ,  $CO_2$  : Stock de CO<sub>2</sub> atmosphérique ;  $Ct$  : stock de carbone total

## 2.7. Valeur écologique

La valeur écologique a été obtenue en multipliant les tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent par le prix moyen de vente du crédit carbone qui est de 4,73 dollar/t  $eqCO_2$  soit 2937,33 francs CFA ou 6,629 dollars canadiens [23]. Ainsi, la formule suivante a été utilisée pour calculer la valeur écologique :  $VE = CO_2 \times VM$ , avec, VE : valeur écologique ;  $CO_2$  : Stock de CO<sub>2</sub> atmosphérique ; VM : Valeur monétaire = 2937,33 FCFA ou 6,629 dollars canadiens [23].

## 2.8. Analyses statistiques

Les données ont été encodées sous le tableau Excel 2007 et les analyses ont été faites sous le logiciel Xlstat, 2018. Les indices de diversités, les densités spécifiques, la surface terrière et les stocks de carbone ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) et les moyennes ont été séparées par le test de Student Newman Keuls au seuil de probabilité de 5%. Le logiciel Graphpad prism 8 a permis de réaliser les différents graphiques.

## 3. Résultats

### 3.1. Richesse spécifique et indice de diversités des systèmes de la localité de Makéné

Le Tableau 1 présente la richesse spécifique et les différents indices de diversité des types de systèmes à Makéné. Il y ressort que 85 espèces ont été recensées dans les forêts, 44 espèces dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêt, 27 espèces dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane, et 7 espèces dans les savanes. Les indices de diversités de Shannon ( $1,23 \pm 0,29$  bits) et de Simpson ( $0,635 \pm 0,103$ ) sont faibles dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes, augmentent dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts soit  $1,54 \pm 0,32$  bits pour l'indice de diversité de Shannon et  $0,728 \pm 0,106$  pour l'indice de diversité de Simpson. Les valeurs des indices de diversité de Shannon ( $3,47 \pm 0,15$  bits) et de Simpson ( $0,96 \pm 0,06$ ) les plus élevées ont été obtenues dans les forêts. Il existe une différence significative entre les valeurs des indices de diversité de Shannon et de Simpson obtenues dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers et celles obtenues dans les forêts ( $P < 0,05$ ).

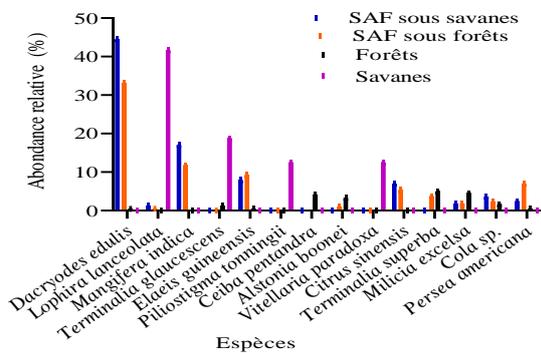
**Tableau 1** : Richesse spécifique et indices de diversité des différents types de systèmes

Types de systèmes	Richesse spécifique	Indice de Shannon	Indice de Simpson	Équitabilité de Pielou
SAF sous savanes	27	$1,23 \pm 0,29c$	$0,635 \pm 0,103 b$	$0,780 \pm 0,102 a$
SAF sous forêts	44	$1,54 \pm 0,32 b$	$0,728 \pm 0,106 b$	$0,855 \pm 0,09 a$
Forêts	85	$3,47 \pm 0,15 a$	$0,96 \pm 0,06 a$	$0,951 \pm 0,014a$
Savanes	7	$1,37 \pm 0,16 bc$	$0,77 \pm 0,08 ab$	$0,805 \pm 0,087a$

Sur une même colonne, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ , test de Students Newman keuls). SAF sous savanes : Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane ; SAF sous forêts : Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts

### 3.2. Abondance relative des espèces dans les différents types de systèmes

La Figure 2 présente l'abondance relative des espèces les plus représentées dans les systèmes. Il ressort de cette figure que dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane, les espèces les plus abondantes sont : *Dacryodes edulis* avec 44,51% d'abondance relative suivie de *Mangifera indica* (17,03%) et *Elaeis guineensis* (7,93%). En plus de ces espèces, *Persea americana* (6,96%), *Citrus sinensis* (5,54%), *Terminalia superba* (3,71%), *Polyscias fulva* (2,55%), *Azelia pachyloba* (2,32%) sont plus abondantes dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts. Dans les forêts, l'espèce la plus abondante est *Terminalia superba* (5%) suivie de *Milicia excelsa* (4,16%) ; *Leiba pentandra* (3,33%), *Alstonia boonei* (3,33%), *Pycnanthus angolensis* (2,91%) tandis que dans les savanes, *Lophira lanceolata* est l'espèce la plus abondante (44,66%), suivie de *Terminalia glaucescens* (18,75 %).



SAF sous savanes : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane ; SAF sous forêts : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts

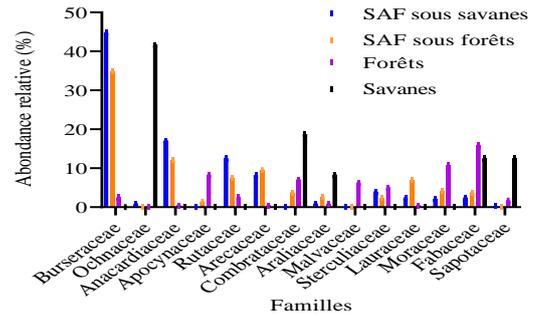
Figure 2 : Abondance relative des espèces les plus représentées dans les systèmes

### 3.3. Abondance relative des familles dans les différents types de systèmes

Dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité de Makéné, les familles les plus représentées sont les Burseraceae avec une abondance relative de 44,81% dans les SAF à base de cacaoyers sous savanes et 34,80% dans les SAF à base de cacaoyers sous forêts. Les Anacardiaceae suivent avec une abondance relative de 17,07% dans les SAF à base de cacaoyers sous savanes et 12,06 % dans les SAF à base de cacaoyers sous forêts. Les Arecaceae avec une abondance relative de 8,23% dans les SAF à base de cacaoyers sous savanes et 9,51% dans les SAF à base de cacaoyers sous forêts. Dans les forêts, les familles les plus abondantes sont les Fabaceae, suivies des Moraceae, des Apocynaceae et des Combretaceae avec des abondances relatives respectives de 15,83%, 10,83%, 8,33% et 7,08% tandis que dans les savanes, les Ochnaceae (46,66%), les Combretaceae (18,75%) et les Fabaceae (12,5%) sont les familles les plus abondantes (Figure 3).

### 3.4. Densité des cacaoyers et des arbres associés dans les différents types de systèmes

La densité des cacaoyers des SAF sous savanes (1076,62 ± 66,79 tiges/ha) est significativement plus élevée que celle des SAF sous forêts (860,145 ± 226,01 tiges/ha) (P<0,05). La densité des arbres associés varie d'un système à un autre. La densité des arbres est plus élevée dans les forêts (333,33 ± 61,11 arbres/ha) que dans les différents types de



SAF sous savanes : Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane ; SAF sous forêts : Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts

Figure 3 : Abondance relative des familles les plus représentées dans les SAF

systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. La densité des arbres de diamètre supérieur à 30 cm est significativement supérieure à celle de tous les autres systèmes (P<0,05) (Tableau 2).

Tableau 2 : Densité des cacaoyers et des arbres associés dans les différents types de systèmes

Types de systèmes	Cacaoyers	Arbres < 30 cm	Arbres > 30 cm	Total des arbres
SAF sous savanes	1076,62 ± 66,79 a	58,33 ± 9,25c	17,59 ± 4,78 b	75,92 ± 18,98 c
SAF sous forêts	860,14 ± 226,01 b	37,64 ± 17,352c	41,25 ± 5,77b	78,07 ± 18,88 b
Forêts	0,00 ± 0,00 c	176,38 ± 24,07b	158,3 ± 38,89a	333,33 ± 61,11 a
Savanes	0,00 ± 0,00 c	293,33 ± 48,88a	26,66 ± 17,77b	320 ± 26,67 a

Sur une même colonne, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05). SAF sous savanes : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane ; SAF sous forêts : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts

### 3.5. Surface terrière des cacaoyers et des arbres associés dans les différents types de systèmes

La surface terrière des cacaoyers est significativement plus élevée (p<0,05) dans les systèmes agroforestiers sous savanes (13,14 ± 5,73 m<sup>2</sup>/ha) et faible dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts (7,26 ± 2,18 m<sup>2</sup>/ha). La surface terrière occupée par les arbres dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts est significativement plus élevée (10,98 ± 5,16 m<sup>2</sup>/ha) que celle des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes (4,64 ± 1,77 m<sup>2</sup>/ha) (Tableau 3). Pour les arbres de diamètre supérieur à 30 cm et inférieur à 30 cm respectivement, la surface terrière est significativement plus élevée dans les forêts (31,418 ± 5,58 m<sup>2</sup>/ha et 5,156 ± 0,89 m<sup>2</sup>/ha) et faible dans les SAF sous savanes (2,73 ± 0,98 m<sup>2</sup>/ha et 1,91 ± 0,41 m<sup>2</sup>/ha).

Tableau 3 : Surface terrière des cacaoyers et des arbres associés dans les différents types de systèmes

Types de systèmes	Cacaoyers	Ligneux < 30 cm	Ligneux > 30 cm	Ligneux Totaux
SAF sous savanes	13,14 ± 5,73 a	1,913 ± 0,41 b	2,731 ± 0,98 b	4,64 ± 1,77 c
SAF sous forêts	7,26 ± 2,18 b	1,38 ± 0,40 b	9,394 ± 1,13 b	10,98 ± 5,16 b
Forêts	0,00 ± 0,00 c	5,156 ± 0,89 b	31,418 ± 5,58 a	36,572 ± 3,65 a
Savanes	0,00 ± 0,00 c	11,638 ± 3,65 a	4,53 ± 3,02 b	16,17 ± 6,46 b

abc: pour chaque colonne, les moyennes portant une même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05). SAF sous savanes : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane ; SAF sous forêts : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts

### 3.6. Importance écologique des espèces (IVI) dans les différents types de systèmes

Il ressort du tableau 4 que parmi les 27 espèces recensées dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane, trois espèces

ont eu une importance relative supérieure à 40%. Parmi ces espèces, *Dacryodes edulis* est l'espèce la plus importante (IVI= 99,24%), suivie de *Mangifera indica* (IVI= 42,24 %) et *Elaeis guineensis* (IVI = 41,73%). Dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts, *Dacryodes edulis* est l'espèce la plus importante (IVI= 67,37%), suivie d'*Elaeis guineensis* (IVI = 28,05%), *Mangifera indica* (IVI= 26,66 %), *Persea americana* (IVI= 21,09%), *Citrus sinensis* (IVI = 15,19%), *Terminalia superba* (IVI=14,77%) et *Milicia excelsa* (IVI=14,77%). Dans les forêts, l'observation du tableau 3 montre que parmi les 85 espèces recensées, 3 espèces ont eu une importance relative supérieure à 8%. Nous avons par ordre décroissant *Ceiba pentandra* (IVI= 20,79 %), *Musanga cecropioides* (IVI= 9,86%) et *Alstonia boonei* (IVI = 8,61%). Dans les savanes, sur les sept espèces recensées, six espèces ont eu une importance relative supérieure à 10 %. Il s'agit de *Lophira lanceolata* (IVI= 120,94%), *Piliostigma tanningii* (IVI= 46,98%), *Terminalia glaucescens* (IVI= 44,31%), *Vitellaria paradoxa* (IVI= 36,74%), *Cussonia arborea* (IVI= 28,61 %) et *Bridelia micrantha* (IVI= 12,64).

**Tableau 4 :** Importance écologique des espèces dans les différents types de systèmes

Types de système	Espèces	Dr (%)	Dor (%)	Fr (%)	IVI (%)
SAF sous savanes	<i>Dacryodes edulis</i>	44,51	35,38	19,35	99,24
	<i>Mangifera indica</i>	17,07	13,33	11,83	42,24
	<i>Elaeis guineensis</i>	7,93	17,67	16,13	41,73
SAF sous forêts	<i>Citrus sinensis</i>	7,01	3,786	9,68	20,47
	<i>Milicia excelsa</i>	1,83	6,75	5,38	13,95
	<i>Cola sp.</i>	3,66	1,99	6,45	12,10
	<i>Persea americana</i>	2,44	3,89	5,38	11,71
Forêts	<i>Dacryodes edulis</i>	33,18	20,81	13,37	67,37
	<i>Elaeis guineensis</i>	9,28	8,58	10,19	28,05
	<i>Mangifera indica</i>	11,83	5,27	9,55	26,66
	<i>Persea americana</i>	6,96	5,85	8,28	21,09
	<i>Citrus sinensis</i>	5,34	3,49	6,37	15,19
	<i>Terminalia superba</i>	3,71	7,24	3,82	14,78
	<i>Milicia excelsa</i>	1,86	8,42	3,82	14,09
	<i>Ceiba pentandra</i>	4,17	13,72	2,61	20,49
	<i>Musanga cecropioides</i>	0,83	8,16	0,87	9,86
	<i>Alstonia boonei</i>	3,33	3,54	1,74	8,61
Savanes	<i>Pycnanthus angolensis</i>	3,33	2,93	1,74	8,01
	<i>Cola sp.</i>	1,66	2,85	2,61	7,13
	<i>Terminalia superba</i>	5	0,14	1,74	6,88
	<i>Milicia excelsa</i>	4,58	0,55	1,74	6,87
	<i>Lophira lanceolata</i>	41,67	57,85	21,43	120,95
	<i>Piliostigma tanningii</i>	12,5	13,0	21,43	46,98
Savanes	<i>Terminalia glaucescens</i>	18,75	11,27	14,28	44,309
	<i>Vitellaria paradoxa</i>	12,5	9,96	14,28	36,74
	<i>Cussonia arborea</i>	8,33	5,99	14,28	28,68
	<i>Bridelia micrantha</i>	4,167	1,34	7,14	12,65
	<i>Annona senegalensis</i>	2,08	0,58	7,14	9,81

SAF sous savanes : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane et SAF sous forêts : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts, Dr : Densité relative (%); Fr : Fréquence relative (%); Dor : Dominance relative (%).

### 3.7. Importance écologique des familles (FIV) dans les différents types de systèmes

Des 18 familles identifiées dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes, le Tableau 5 montre que, les familles les plus importantes sont les Burseraceae (IVI= 89,79 %), les Anacardiaceae (IVI= 34,10 %), les Arecaceae (IVI= 33,39 %), les Rutaceae (IVI= 32,32 %) et les Moraceae (IVI= 17,18 %). Dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts, les familles telles que les Burseraceae (IVI= 62,07 %), suivies des Moraceae (IVI= 24,49%), des Arecaceae (IVI= 22,79%), des Anacardiaceae (IVI= 21,99 %), des Lauraceae (IVI= 15,08%) et des Combretaceae (IVI=13,22 %) ont eu des valeurs d'importance les plus élevées. Dans les forêts, les Fabaceae (44,68%), les Moraceae (29,77%), les Malvaceae (21,09%) sont parmi les familles les plus

importantes tandis que dans les savanes, ce sont les Ochnaceae (113,80 %), les Fabaceae (39,83 %), les Combretaceae (44,31 %) qui sont les familles les plus importantes.

**Tableau 5 :** Importance écologique des familles dans les différents types de systèmes

Types de système	Familles	Dr (%)	Dor (%)	Dir (%)	FIV (%)	
SAF sous savanes	Burseraceae	7,41	37,57	44,82	89,79	
	Anacardiaceae	3,71	13,33	17,07	34,10	
	Arecaceae	7,41	17,76	8,23	33,39	
	Rutaceae	14,81	5,005	12,5	32,32	
	Fabaceae	2,44	3,54	14,81	20,79	
	Moraceae	7,41	7,64	2,13	17,18	
	Sterculiaceae	7,41	2,32	3,96	13,69	
	Lauraceae	3,70	3,89	2,44	10,03	
	SAF sous forêts	Burseraceae	4,56	22,72	34,80	62,07
		Moraceae	6,82	13,50	4,18	24,49
Arecaceae		4,55	8,73	9,51	22,79	
Fabaceae		3,71	6,95	11,36	22,03	
Anacardiaceae		4,55	5,39	12,06	21,99	
Rutaceae		6,82	4,43	7,42	18,67	
Lauraceae		2,27	5,85	6,97	15,08	
Combretaceae		2,27	7,24	3,71	13,22	
Forêts		Fabaceae	15,83	13,55	15,29	44,68
		Moraceae	10,83	11,87	7,06	29,77
	Malvaceae	6,25	11,31	3,53	21,09	
	Combretaceae	7,08	7,13	4,71	18,92	
	Apocynaceae	8,33	5,36	4,71	18,40	
	Boraginaceae	3,33	4,68	7,06	15,07	
	Savanes	Ochnaceae	41,67	57,85	14,29	113,81
		Combretaceae	18,75	11,27	14,29	44,31
		Fabaceae	12,5	13,05	14,29	39,81
		Sapotaceae	12,5	9,96	14,29	36,74
Araliaceae		8,33	5,99	14,29	28,61	
Phyllanthaceae		4,17	1,33	14,29	19,79	
ANNONACEAE	2,08	0,58	14,29	16,95		

SAF sous savanes : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane et SAF sous forêts : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts, Dr (%) : Densité relative ; Dor (%) : Dominance relative ; Dir (%) : Diversité relative

### 3.8. Stock de carbone des espèces par type de système

Le Tableau 6 présente la biomasse épigée et stock de carbone accumulés par les espèces dans les différents types de systèmes. Dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes, les espèces qui ont eu les quantités de biomasse épigée et des stocks de carbone les plus élevées sont *Dacryodes edulis*, *Elaeis guineensis* et *Milicia excelsa*, avec des valeurs respectives de 6,75 t/ha, 3,93t/ha, 2,89 t/ha pour la biomasse épigée et 3,94 tC/ha, 2,29 tC/ha et 1,69 tC/ha pour les stocks de carbone. Dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts, les espèces *Dacryodes edulis*, *Milicia excelsa*, *Pterocarpus soyauxii* et *Ficus mucosa* ont eu des biomasses et des stocks de carbone les plus élevées avec des valeurs respectives de 13,46 t/ha, 12,08 t/ha, 6,76 t/ha, 5,85 t/ha pour la biomasse épigée et 7,84 tC/ha, 7,043 tC/ha, 3,94 tC/ha, 3,41 tC/ha pour les stocks de carbone. Dans les forêts, ce sont des espèces telles que *Ceiba pentandra*, *Milicia excelsa*, *Terminalia superba* qui ont eu des valeurs de biomasse épigée et des stocks de carbone les plus élevées. Ces valeurs sont de 61,26 t/ha, 21,74 t/ha, 12,51 t/ha pour la biomasse épigée et 35,69 tC/ha, 12,67 tC/ha, 7,29 tC/ha pour les stocks de carbone tandis que dans les savanes, ce sont des espèces telles que *Lophira lanceolata*, *Piliostigma tanningii*, *Terminalia glaucescens* avec des valeurs respectives de 19,04 t/ha, 3,67 t/ha, 2,90 t/ha pour la biomasse épigée et 11,09 tC/ha, 2,14 tC/ha et 1,69 tC/ha pour les stocks de carbone.

### 3.9. Stocks de carbone des cacaoyers et des arbres associés dans les différents types de système

L'observation du Tableau 7 présentant le stock de carbone des différents types de systèmes montre que le stock de carbone des cacaoyers des SAF sous savanes (9,95 tC/ha ± 4,25 tC/ha) était significativement plus élevé que celui des SAF sous forêt (5,67 tC/ha ± 1,49 tC/ha) (P<0,05). Les

**Tableau 6 :** Biomasse épigée et stock de carbone accumulés par les espèces dans les différents types de systèmes

Types de système	Espèces	Biomasse épigée (t/ha)	Stocks de Carbone (tC/ha)
SAF sous savanes	<i>Dacryodes edulis</i>	6,75	3,94
	<i>Elaeis guineensis</i>	3,93	2,29
	<i>Milicia excelsa</i>	2,89	1,69
	<i>Mangifera indica</i>	2,19	1,27
	<i>Persea americana</i>	1,13	0,66
	<i>Canarium schweinfurthii</i>	1,09	0,63
SAF sous forêts	<i>Citrus sinensis</i>	0,66	0,38
	<i>Dacryodes edulis</i>	13,46	7,84
	<i>Milicia excelsa</i>	12,08	7,043
	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	6,76	3,94
	<i>Ficus mucosa</i>	5,85	3,41
	<i>Terminalia superba</i>	4,92	2,87
Forêts	<i>Persea americana</i>	4,56	2,66
	<i>Elaeis guineensis</i>	4,44	2,59
	<i>Ceiba pentandra</i>	61,26	35,69
	<i>Milicia excelsa</i>	21,74	12,67
	<i>Terminalia superba</i>	12,51	7,29
	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	8,48	4,94
Savanes	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	7,166	4,18
	<i>Pachypodanthium staudtii</i>	7,165	4,17
	<i>Pterygota bequaertii</i>	6,54	3,81
	<i>Lophira lanceolata</i>	19,04	11,09
	<i>Piliostigma tonningii</i>	3,67	2,14
	<i>Terminalia glaucescens</i>	2,90	1,69
Savanes	<i>Vitellaria paradoxa</i>	2,03	1,18
	<i>Cussonia arborea</i>	1,26	0,74
	<i>Bridelia micrantha</i>	0,13	0,07
	<i>Annona senegalensis</i>	0,03	0,019

SAF sous savanes : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane ; SAF sous forêts : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts

forêts stockent plus de carbone (135,95 ± 13,70 tC/ha) comparativement aux autres systèmes et les arbres de diamètre > 30 cm sont plus nombreux en forêt. La quantité totale de carbone stocké dans les SAF à base de cacaoyers sous forêts est de 55,81 ± 36,24 tC/ha et est significativement supérieure à celle des SAF à base de cacaoyers sous savanes (22,81 ± 9,03 tC/ha) et celle des savanes (16,93 ± 4,60 tC/ha) (P<0,05).

**Tableau 7 :** Stock de carbone (tC) des différents types de systèmes

Types de systèmes	Cacaoyers	Arbres < 30 cm	Arbres > 30 cm	Stock de carbone total
SAF sous savane	9,95 ± 4,04 a	3,67 ± 0,82b	9,17 ± 4,018c	22,81 ± 9,03c
SAF sous forêts	5,67 ± 1,77 b	2,91 ± 0,43b	46,18 ± 9,613 b	55,81 ± 36,24b
Forêts	0,00 ± 0,00c	8,95 ± 1,68ab	126,99 ± 12,01a	135,95 ± 13,70 a
Savanes	0,00 ± 0,00c	11,24 ± 4,33 a	5,68 ± 3,79 c	16,93 ± 4,60 c

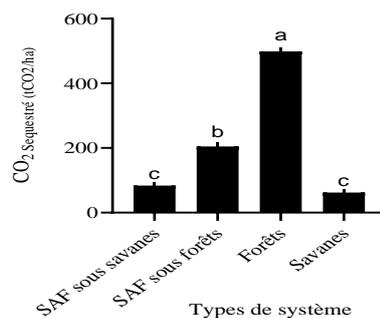
Sur une même colonne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05). SAF sous savanes : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane et SAF sous forêts : systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts.

### 3.10. Conversion des stocks de carbone des différents types de système en équivalent de CO<sub>2</sub> atmosphérique

L'observation de la Figure 4 montre que, les ligneux des forêts séquestrent significativement plus de CO<sub>2</sub> (498,958 tCO<sub>2</sub>/ha), suivis des ligneux des SAF à base de cacaoyers sous forêts (204,836 tCO<sub>2</sub>/ha) (p<0,05). Les valeurs les plus faibles ont été obtenues dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes (83,723 tCO<sub>2</sub>/ha) et dans les savanes (62,154 tCO<sub>2</sub>/ha).

### 3.11. Valeur écologique des différents types de systèmes

Les forêts ont eu des valeurs écologiques les plus élevées (1465602,98 FCFA), elles sont suivies des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts (601671,42 FCFA) (Tableau 8). Les valeurs écologiques les plus faibles ont été obtenues dans les systèmes



SAF sous savanes : Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane ; SAF sous forêts : Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts.

**Figure 4 :** CO<sub>2</sub> total séquestré par les différents types de système

agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes (245921,28 FCFA) et dans les savanes (182568,11 FCFA).

**Tableau 8 :** Valeur écologique des différents types de systèmes

Types de système	Valeur écologique en FCFA
SAF sous savanes	245921,28 c
SAF sous forêts	601671,42 b
Forêts	1465602,98 a
Savanes	182568,11 c

Sur une même colonne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes (p > 0,05). SAF sous savanes : Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savane ; SAF sous forêts : Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts

## 4. Discussion

Les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts (44 espèces) de la localité de Makéné sont plus riches que les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes (27 espèces). Cette richesse élevée des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts pourrait s'expliquer par le fait qu'en plus des espèces introduites pour des besoins socio-économiques, ces SAF possèdent plusieurs espèces conservées après défriche des forêts. Cependant, la faible richesse spécifique des SAF à base de cacaoyers sous savanes (27 espèces) se rapproche de celle trouvée par Manfo *et al.* [24] (26 espèces) et Madountsap *et al.* [25] (21 espèces) dans les cacaoyères de la localité d'Obala et de Talba. Cette similitude peut se justifier par les objectifs des agriculteurs des zones de transition forêt savane du Centre Cameroun qui ne conservent ou n'introduisent dans leurs cacaoyères que des espèces qui leur sont vraiment utiles, ce choix étant guidé par les opportunités commerciales des espèces.

Les indices de diversité de Shannon des SAF à base de cacaoyers sont tous inférieurs à 1,55 indiquant une faible diversité et une mauvaise répartition des espèces dans les cacaoyères de la zone de transition forêt-savane de la localité de Makéné. Ce résultat est proche de celui de Durot *et al.* [11] dans les cacaoyères de Bokito et de celui de Ndonmou *et al.* [9] dans les cacaoyères des savanes humides de l'Ouest Cameroun. Il est à noter que les valeurs de l'indice de diversité de Shannon obtenues dans notre étude restent supérieures à celle de Temgoua *et al.* [1] dans les cacaoyères de la région de l'Est Cameroun et à celle de Jagoret *et al.* [10] dans les cacaoyères de la zone de transition forêt-savane du Centre Cameroun, cette différence pouvant être due au nombre élevé d'individus des espèces introduites dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité de Makéné telles que *Dacryodes edulis*, *Mangifera indica* et *Elaeis guineensis*.

La forte abondance des espèces telles que *Dacryodes edulis* et *Mangifera indica* dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes et sous forêts pourrait être due aux préférences paysannes qui accordent plus d'importance à ces espèces qu'à toute autre espèce. Ces espèces sont aussi les plus abondantes dans les études de Nifmeijer *et al.* [26] dans les cacaoyères du Centre Cameroun et de Ndonmou *et al.* [9] dans les cacaoyères des savanes humides de l'Ouest Cameroun. Les familles des Burseraceae, des Anacardiaceae et des Arecaceae, sont les plus abondantes dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes et sous forêts et ces mêmes familles ont également été trouvées par Temgoua *et al.* [27] dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité de Loum. La densité des cacaoyers des SAF à base de cacaoyers sous savanes ( $1076,62 \pm 66,79$  tiges/ha) diminue dans les SAF à base de cacaoyers sous forêts ( $860,145 \pm 226,01$  tiges/ha). Durot *et al.* [11] dans les cacaoyères de Bokito ont également obtenus les valeurs de densité du même ordre. Cependant, la densité des cacaoyers obtenue dans les différents types de système de Makénéne reste faible comparativement aux 1100 tiges/ha recommandées par la recherche agronomique et développement et par rapport à la valeur de densité trouvée par Jagoret *et al.* [10] (1723 tiges/ha) dans les cacaoyères de Ngomedzap, 1217 tiges/ha dans les cacaoyères de Bokito et 1751 tiges/ha dans les cacaoyères de Zima. Dans les cacaoyères de Makénéne, les producteurs font face à un problème de mort subite liée à l'assèchement des tiges de cacaoyers. La densité des cacaoyers préalablement plantée lors de la création des parcelles se voit réduite considérablement au fil du temps. Ces pertes subites des tiges de cacaoyers pourraient expliquer la faible densité rencontrée dans les SAF à base de cacaoyers de la localité de Makénéne. La densité des arbres associés aux cacaoyers sous forêts ( $78,079 \pm 18,88$  arbres/ha) est inférieure à celle trouvée par Temgoua *et al.* [27] dans les cacaoyères de la localité de Kwata et Jagoret *et al.* [10] dans les cacaoyères du Centre Cameroun soit respectivement 183 arbres/ha et 204 arbres/ha. La localité de Makénéne étant une zone de transition forêt-savane, elle abrite une bonne partie de la population issue de la zone anglophone en crise et les essences conservées après défriche forestières sont couramment coupées pour être utilisées comme bois de chauffe et pour la construction des habitations, d'où les faibles valeurs de densité.

La surface terrière des arbres associés aux cacaoyers des SAF sous forêts est supérieure à celle des arbres associés aux cacaoyers des systèmes agroforestiers sous savanes, car les SAF à base de cacaoyers sous savanes sont moins complexes que les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts. De plus, les arbres sous savanes sont à majeure partie constitués des espèces de petit diamètre telles que *Dacryodes edulis*, *Elaeis guineensis* introduites lors de la création des parcelles, par contre dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts, la majorité des arbres sont ceux conservés après défriche de forêt avec des très grands diamètres.

Le carbone stocké par les cacaoyers des systèmes agroforestiers sous savanes est supérieur à celui des cacaoyers des systèmes agroforestiers sous forêts, puisque la surface terrière et la densité des cacaoyers est plus élevée dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes. Le carbone stocké par les arbres des savanes arborées ( $16,93 \pm 4,60$  tC/ha), se rapproche de celui ( $18,64$  tC/ha) trouvé par Zakari *et al.* [28] dans les savanes des formations forestières dans la forêt classée des monts-kouffe au Centre-Benin mais s'éloigne des résultats de Durot *et al.* [11] ( $9$  tC/ha) dans les cacaoyères de Bokito. Ces différences seraient probablement dues à la diversité des milieux et à la densité des arbres mais également aux différentes équations allométriques utilisées. Le stock de carbone des forêts ( $135,956 \pm 13,70$  tC/ha) est proche de 131 tC/ha trouvé dans les forêts du Sud Cameroun par Gockowski & Sonwa [29]. Le carbone stocké par les arbres associés aux cacaoyers des systèmes agroforestiers sous forêts ( $55,81 \pm 36,24$  tC/ha) est supérieur

à celui stocké par les arbres associés aux cacaoyers des systèmes agroforestiers sous savanes ( $22,81 \pm 9,03$  tC/ha) à cause des arbres associés de grand diamètre retrouvés dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. La plus grande partie du carbone a été stocké par les arbres associés de diamètre supérieur à 30 cm et la forêt possède donc une valeur écologique élevée à cause de la densité des arbres mais également du diamètre de ces arbres qui sont plus gros, leur permettant de séquestrer plus de carbone que ceux des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous savanes et sous forêts. Cette valeur monétaire serait encore plus importante si seulement les différents types de systèmes obéissent aux règles de conservation et d'utilisation durable des ressources naturelles. En effet, une action anthropique par le reboisement et les bonnes pratiques culturales peut augmenter la séquestration de carbone dans la biomasse pour des durées de plusieurs décennies [30].

## 5. Conclusion

Les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la zone de transition forêt-savane dans la localité de Makénéne présentent une grande diversité en termes de composition floristique et structurelle. Ces systèmes agroforestiers sous forêt sont plus diversifiés que ceux des savanes, avec une abondance des espèces fruitières telles que *Dacryodes edulis*, *Mangifera indica* et *Elaeis guineensis*. Dans les forêts, *Terminalia superba*, *Milicia excelsa*, *Ceiba pentandra* sont les plus abondantes tandis que dans les savanes, il y a *Lophira lanceolata* et *Terminalia glaucescens*. Les stocks de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sous forêts, quoique très faibles par rapport à ceux des forêts, n'en demeurent pas moins importants. Une gestion durable de ces systèmes agroforestiers à base de cacaoyers à travers le reboisement aux densités recommandées pour une production optimale de cacao (au moins 100 arbres par hectare), avec des espèces à fort pouvoir de séquestration de carbone à l'exemple de *Milicia excelsa* ferait d'eux de véritables puits de carbone et pourrait ainsi permettre aux populations environnantes de bénéficier non seulement du cacao marchand mais également des ressources conséquentes issues du mécanisme REDD+. Afin de lier séquestration de carbone et production, il serait important d'examiner d'autres puits de carbone à l'instar du bois mort, des herbacées, la litière, le carbone du sol et d'analyser la qualité des sols des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers établis sous savanes et sous forêts pour une meilleure production du cacao et une adaptation des espèces à fort potentiel de séquestration de carbone dans leur biomasse.

## Références

- 1 Temgoua L.F., Dongmo W., Ngumdo V. and Nguena C. 2018. Woody Diversity and Carbon Stock of Cocoa-Based Agroforestry Systems in Eastern Cameroon: case of the Teaching and Research Forest of the University of Dschang, *Journal of Applied Biosciences*, 122: 12274-12286.
- 2 CARPE. 2005. The forest of the Congo Basin: A preliminary assessment. Central African Regional Program for the Environment (CARPE). 37p.
- 3 Sunderlin W.D., Ndaye O. and Bikié H. 2000. Economic crisis, farming systems and forest cover change in the humid forest zone of Cameroon. *International Forestry Review*. 2: 173-181
- 4 ICCO. 2017. Annual report 2014/2015. International Cocoa Organization. 76pp.
- 5 Kotto-Same J., Paul L.W., Moukam A. and Zapfack L., 1997. Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 65 (3):245-256.

- 6 Sonwa D.J., Nkongmeneck B.A., Weise S.F., Tchata M., Adesina A.A., Jansens M.J.J. 2007. Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Biodiversity and Conservation*. 16: 2385-2400.
- 7 Saj S., Durot C., Mvondo-Sakouma K., Tayo G.K. and Avana T.M.L. 2017. Contribution of companion trees to long-term tree conservation, carbon storage and agroforest sustainability: a functional analysis of the diversity in cacao plantations of Central Cameroon. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 15 : 282-302.
- 8 Dong E.B.A., Mapongmetsem M.P. et Ngassoum B.M. 2017. Phytodiversité et stock de carbone dans les agroforêts de l'écotone du Mbam et Inoubou au Cameroun. *Cameroon Journal of Experimental Biology*. 11 (01): 9-22.
- 9 Ndonmou C.E., Woukoue J.T.B., Tankou C.M., Sime S.H.C. and Avana T.M.L. 2023. Contribution des agroforêts cacaoyers et caféiers à la conservation de la biodiversité végétale des savanes humides de l'Ouest-Cameroun. *Cameroon Journal of Experimental Biology*. 16 (01): 67-75. DOI.
- 10 Jagoret P., Michel-Dounias I and Malézieux E. 2011. Long-term dynamics of cocoa agroforests: a case study in central Cameroon. *Agroforestry Systems*. 81:267-278.
- 11 Durot C., Saj S. and Sitraka K. 2013. Evaluation et comparaison des stocks de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers du Centre Cameroun : Cas de l'arrondissement de Bokito. Mémoire de fin d'études d'ingénieurs. Montpellier SupAgro. 83p.
- 12 Kengne A.F. 2002. Producteurs ruraux dans la crise au Cameroun : la province du Centre, Le Harmattan". 164 p.12.
- 13 Letouzey R. 1985. Notice explicative de la carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000. Encyclopédie biologique 69, Edition Paul Le Chevalier. Paris. 240 pp.
- 14 Zapfack L., Weise F.S., Ngobo M.N., Tchamou A. and Gillison. 2000. Biodiversité et produits forestiers non ligneux de trois types de jachères du Cameroun méridional. In: Floret C., Pontanier R., Libbey J. La jachère en Afrique tropicale. *Eurotext*, Paris". 484-492.
- 15 Libalah B.M., Fayolle A., Barbier N., Picard N., Momo S., Bocko Y., Mofack G., Katembo M.J., Loumeto J., Diane Yongo D.D., Ngomanda A., Couteron P., Sonké B. and Vivien R. 2022. Allometric options for predicting tropical tree height and crown area from stem diameter. *Research square*.
- 16 Curtis J.T. and Macintosh R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie - forest border region of Wisconsin. *Ecology*. 32: 476-496.
- 17 Mori S.A., Boom B.M., De Caryano A. M. and Dos Santos T.S., 1983. Southern Bahian moist forest. *Botany Review*, 49: 155-232.
- 18 Chave J., Réjou-Méchain M., Búrquez A., Chidumayo E., Colgan M.S., Delitti W.B.C., Duque A., Eid T., Fearnside P.M., Goodman R.C., Henry M., Martínez-Yrizar A., Mugasha W. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* 20: 3177-3190.
- 19 Zanne A.E., Lopez-Gonzalez G., Coomes D.A., Ilic J., Jansen S., Lewis S.L., Miller R.B., Swenson N.G., Wiemann M.C. and Chave J. 2009. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. Dryad Data Rep.
- 20 Winrock, 2005. Guide de Mesure et de Suivi du Carbone dans les Forêts et Prairies Herbeuses. *Winrock International*, Timothy Pearson et Sandra Brown, 1621 N., Kent St., Suite 1200 Arlington, VA 22209, USA ; 39 p.
- 21 Woukoue J.T. B., Nguetsop. F.V and Fonkou T. 2018. Allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical highlands savannahs trees. *Cameroon Journal of Experimental Biology*. 12(1) : 49-56.
- 22 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, Japan*. 4: 46-52.
- 23 Ecosystem Market place. 2021.
- 24 Manfo, D. A., Tchindjang, M. and Youta, H. J. 2015. Systèmes agroforestiers et conservation de la biodiversité dans un milieu fortement anthropisé : le cas d'Obala. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*. (5): 22-34.
- 25 Madountsap T. N., Zapfack L., Chimi D. C., Kabelong B., Tsopmejo T. I., Forbi P. F. and Nasang J. M. 2017. Biodiversity and carbon stock in the SODECAD Agroforestry System of Center Region of Cameroon: Case of Talba Locality. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 5 (4): 121-129.
- 26 Nijmeijer A., Lauri P.E., Harmand J.M. and Saj S. 2019. Carbon dynamics in cocoa agroforestry systems in Central Cameroon: afforestation of savannah as a sequestration opportunity. *Agroforestry System*. 93 : 852-868.
- 27 Temgoua L. F., Momo. S. M. C. et Boucheke R. K. 2019. Diversité Floristique des Ligneux des Systèmes Agroforestiers Cacaoyers du Littoral Cameroun : Cas de l'Arrondissement de Loum. *European Scientific Journal*. (15) 9 : ISSN : 1857 - 7881. (Print) e - ISSN 1857-743.
- 28 Zakari. S., Mazo I., Arouna O., Djaouga M., Orou, Matilo A., Toko Imorou I., Yabi I., Djego J., Thomas O. et Houssou C. 2022. Potentiel de séquestration du carbone des formations forestières dans la forêt classée des monts-kouffe au centre-Benin. *Revue Espace Géographique et Société Marocaine*. 56 : 195-213.
- 29 Gockowski J. and Sonwa D. 2011. Cocoa intensification scenarios and their predicted impact on CO2 emissions, biodiversity conservation and rural livelihoods in the Guinea Rain Forest of West Africa. *Environmental Management*. 48 : 307-321.
- 30 Robert M. et Saugier B. 2004. Contribution des écosystèmes continentaux à la séquestration du carbone. *Edafologia*. 11 (1) : 45-65.