

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

**CENTRE DE RECHERCHE ET DE FORMATION DOCTORALE EN
SCIENCES DE LA VIE, SANTE ET ENVIRONNEMENT**

**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET DE PHYSIOLOGIE VEGETALES
*DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY***

LABORATOIRE DE BOTANIQUE ET ECOLOGIE

Diversité floristique et stockage de carbone dans les agrosystèmes élaeicoles villageois des environs de Yaoundé au Cameroun

**Thèse soutenue en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Ph.D en
Biologie des Organismes Végétaux**

Option : Botanique & Ecologie

Par :

MENYENE ETOUNDI Laurent Florent

Matricule : 07S139

Master ès Sciences

Sous la co-direction de



MBOLO Marie
Professeur

et

AMBANG Zachée
Professeur

Année : 2023

LISTE PROTOCOLAIRE

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I Faculté des Sciences Division de la Programmation et du Suivi des Activités Académiques		THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I Faculty of Science Division of Programming and Follow-up of Academic Affairs
LISTE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS		LIST OF PERMANENT TEACHING STAFF

ANNÉE ACADEMIQUE 2022/2023

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 31 MAI 2023

ADMINISTRATION

DOYEN : TCHOUANKEU Jean- Claude, *Maître de Conférences*

VICE-DOYEN / DPSAA: ATCHADE Alex de Théodore, *Professeur*

VICE-DOYEN / DSSE : NYEGUE Maximilienne Ascension, *Professeur*

VICE-DOYEN / DRC : ABOSSOLO ANGUE Monique, *Maître de Conférences*

Chef Division Administrative et Financière : NDOYE FOE Florentine Marie Chantal,
Maître de Conférences

Chef Division des Affaires Académiques, de la Recherche et de la Scolarité DAARS :
 AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (43)

N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1.	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2.	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3.	KANSCI Germain	Professeur	En poste
4.	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
5.	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	NGUEFACK Julienne	Professeur	En poste
7.	NJAYOU Frédéric Nico	Professeur	En poste
8.	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste

9.	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10	ATOgho Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
11	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	<i>Chef DAF / FS</i>
13	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Maître de Conférences	En poste

15	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	<i>VD/FS/Univ Ebwa</i>
16	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
17	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
18	LUNGA Paul KEILAH	Maître de Conférences	En poste
19	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Maître de Conférences	En poste
20	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	<i>Doyen FS / UDs</i>
21	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
22	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
23	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste

24.	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
25.	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
26.	BEBOY EDJENGUELE Sara Nathalie	Chargé de Cours	En poste
27.	DAKOLE DABOY Charles	Chargé de Cours	En poste
28.	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
29.	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
30.	FOUPOUPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
31.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
32.	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
34.	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
35.	PECHANGOU NSANGO Sylvain	Chargé de Cours	En poste
36.	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste

37.	BAKWO BASSOGOG Christian Bernard	Assistant	En Poste
38.	ELLA Fils Armand	Assistant	En Poste
39.	EYENGA Eliane Flore	Assistant	En Poste
40.	MADIESSE KEMGNE Eugenie Aimée	Assistant	En Poste
41.	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Assistant	En Poste
42.	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistant	En poste
43.	WOGUIA Alice Louise	Assistant	En Poste

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (52)

1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	DAARS/FS
2.	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	<i>Chef de Département</i>
3.	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5.	DZEUFLET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En Poste
6.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>CD et Vice Doyen/FMSB/UIYI</i>
7.	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
8.	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	En poste
9.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
10.	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
11.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
12.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
13.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service / Coord.Progr./MINSANTE</i>
14.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste

15.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	<i>Vice Doyen/ Uté Ebwa</i>
16.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
17.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
18.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline épouse FOTSING	Maître de Conférences	En poste
19.	JATSA BOUKENG Hermine épouse MEGAPTCHE	Maître de Conférences	En Poste
20.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
21.	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
22.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
23.	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
24.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
25.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
26.	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
27.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
28.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
29.	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste

31.	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
32.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
33.	EEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
34.	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
35.	FOKAM Alvine Christelle Epse KENGNE	Chargé de Cours	En poste

36.	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
37.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
38.	KOGA MANG DOBARA	Chargé de Cours	En poste
39.	LEME BANOCK Lucie	Chargé de Cours	En poste
40.	MAPON NSANGO Indou	Chargé de Cours	En poste
41.	METCHI DONFACK MIREILLE FLAURE EPSE GHOUMO	Chargé de Cours	En poste
42.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
43.	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
44.	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	<i>Chef Div. Uté Bamenda</i>
45.	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
46.	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
47.	YEDE	Chargé de Cours	En poste
48.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste

49.	AMBADA NDZENGUE GEORGIA ELNA	Assistante	En poste
50.	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste
51.	NDENGUE Jean De Matha	Assistant	En poste
52.	ZEMO GAMO Franklin	Assistant	En poste

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (34)

1.	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
3.	MBOLO Marie	Professeur	En poste
4.	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5.	YOUMBI Emmanuel	Professeur	En poste
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste

7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9.	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Maître de Conférences	En poste
10.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
11.	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	<i>DAAC /UDla</i>
12.	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	En poste
13.	NGALLE Hermine BILLE	Maître de Conférences	En poste
14.	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Maître de Conférences	En poste

15	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	<i>CT / MINRESI</i>
16	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
17	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
18	ONANA JEAN MICHEL	Maître de Conférences	En poste

19.	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
20.	GONMADGE CHRISTELLE	Chargée de Cours	En poste
21.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
22.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
23.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
24.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL ANNIE CLAUDE	Chargé de Cours	<i>En détachement/UNESCO MALI</i>
25.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
26.	KABELONG BANAHOU Louis-Paul-Roger	Chargé de Cours	En poste
27.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
28.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
29.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
30.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
31.	TEMEGNE NONO Carine	Chargé de Cours	En poste
32.	MANGA NDJAGA JUDE	Assistant	En poste
33.	DIDA LONTSI Sylvere Landry	Assistant	En poste
34.	METSEBING Blondo-Pascal	Assistant	En poste

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (28)

1.	GHOYOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Mission PR</i>
2.	NANSEU NJIKI Charles Péguy	Professeur	En poste
3.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
4.	NENWA Justin	Professeur	En poste
5.	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>Doyen FS Univ.Ngaoundere</i>
6.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancelor/UB</i>
7.	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste

8.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
----	---------------	-----------------------	----------

9.	EMADAK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
10	KAMGANG YOUBI Georges	Maître de Conférences	En poste
11	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
12	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
13	MBEY Jean Aime	Maître de Conférences	En poste
14	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	<i>Chef de Département</i>
15	NEBAH Née NDOSIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>Sénatrice/SENAT</i>
16	NJOMOU C. épouse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
17	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
18	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
19	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
20	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Maître de Conférences	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
21	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Maître de Conférences	En poste
22	KOUOTOU DAOUDA	Maître de Conférences	En poste

23.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
24.	NCHIMI NONO KATIA	Chargée de Cours	En poste
25.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
26.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
27.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
28.	BOYOM TATCHEMO Franck W.	Assistant	En Poste

5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (37)			
1.	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	<i>Vice-Doyen / DPSAA</i>
2.	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UIYI</i>
3.	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de Département UDS</i>
4.	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur/ MINESUP/ Chef de Département</i>
5.	WANDJI Jean	Professeur	En poste

6.	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
----	----------------------------	------------	----------

7.	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
8.	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	En poste
9.	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
10.	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
11.	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
12.	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13.	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
14.	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
15.	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
16.	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
17.	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>C.E.A/ MINESUP</i>
18.	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>DAAC/Uté Bertoua</i>
19.	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
20.	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
21.	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
22.	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Doyen /FS/ UYI</i>
23.	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
24.	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste

25.	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
26.	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
27.	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
28.	NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste
29.	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
30.	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Chargée de Cours	En poste
31.	SIELINOU TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
32.	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33.	TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
34.	TSAMO TONTSA Armelle	Chargé de Cours	En poste
35.	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste

36.	MUNVERA MFIFEN Aristide	Assistant	En poste
37.	NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste

6- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)

1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef de Division MINESUP</i>
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Inspecteur Général/ MINESUP</i>

3.	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
4.	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste

5.	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	<i>Chef de Cellule MINFOPRA</i>
6.	AMINO HALIDOU	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
7.	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
8.	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
9.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
11.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
12.	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
13.	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
14.	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	En poste
15.	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
16.	NZEKON NZEKO'O ARMEL JACQUES	Chargé de Cours	En poste
17.	OLLE OLLE Daniel Claude Georges Delort	Chargé de Cours	<i>Sous-Directeur ENSET Ebolowa</i>
18.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste

19.	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
20.	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
21.	MAKEMBE. S . Oswald	Assistant	<i>Directeur CUTI</i>
22.	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste

7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (33)

1.	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	<i>Chef de Département</i>
----	-----------------------	------------	----------------------------

2.	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
----	----------------	--------------------------	----------

3.	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
4.	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
5.	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
6.	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>Chef Service des Programmes & Diplômes/FS/UYI</i>
7.	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
8.	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	<i>Directeur/AIMS Rwanda</i>
9.	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste

10.	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	<i>Chef Cellule MINEPAT</i>
11.	BOGSO ANTOINE Marie	Chargé de Cours	En poste
12.	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
13.	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
14.	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
15.	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
16.	LOUMNGAM KAMGA Victor	Chargé de Cours	En poste
17.	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
18.	MBATAKOU Salomon Joseph	Chargé de Cours	En poste
19.	MENGUE MENGUE David Joël	Chargé de Cours	<i>Chef Dpt /ENS Université d'Ebolowa</i>
20.	MBIAKOP Hilaire George	Chargé de Cours	En poste
21.	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
22.	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
23.	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
24.	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	<i>En stage</i>
25.	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
26.	TETSADJIO TCHILEPECK M. Eric.	Chargé de Cours	En poste

27.	BITYE MVONDO Esther Claudine	Assistante	En poste
28.	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
29.	GUIDZAVAI KOUCHERE Albert	Assistant	En poste
30.	MANN MANYOMBE Martin Luther	Assistant	En poste
31.	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste

32	NYOUMBI DLEUNA Christelle	Assistant	En poste
33	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Assistant	En poste

8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)

1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE</i>

3.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	En poste
4.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
5.	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
6.	KOUITCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Maître de Conférences	En poste
7.	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
8.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
9.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste

10	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
11	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
12	MEYIN A EBONG Solange	Chargé de Cours	En poste
13	MONI NDEDI Esther Del Florence	Chargé de Cours	En poste
14	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
15	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargé de Cours	En poste
16	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	<i>Chef de Service de la Scolarité</i>
17	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste

18	NKOUÉ TONG Abraham	Assistant	En poste
19	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistant	En poste
20	EZO'O MENGO Fabrice Téléfor	Assistant	En poste
21	EHETH Jean Samuel	Assistant	En poste
22	MAYI Marie Paule Audrey	Assistant	En poste

23	NGOUEM Romial Joël	Assistant	En poste
24	NJAPNDOUNKE Bilkissou	Assistant	En poste

9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (43)

1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM	Professeur	En poste
3.	EKOBENA FOUA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i>
4.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
5.	HONA Jacques	Professeur	En poste
6.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
7.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	En poste
8.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
9.	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
10.	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
11.	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de centre/IRGM/MINRESI</i>
12.	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FSUniv/Bda</i>
13.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
14.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
15.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste
16.	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
17.	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
18.	ENYEGUE A NYAM épouse BELINGA	Maître de Conférences	En poste
19.	EYEBE FOUA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
20.	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
21.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
22.	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
23.	MELI'I Joelle Larissa	Maître de Conférences	En poste
24.	MVOGO ALAIN	Maître de Conférences	En poste
25.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste

26.	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
27.	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
28.	VONDOU Derbetini Appolinaire	Maître de Conférences	En poste
29.	WAKATA née BEYA Annie Sylvie	Maître de Conférences	<i>Directeur/ENS/UII</i>
30.	WOULACHE Rosalie Laure	Maître de Conférence	<i>En stage depuis février 2023</i>
31.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
32.	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
33.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
34.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes	Chargée de Cours	En poste
35.	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
36.	FOUEJIO David	Chargé de Cours	<i>Chef Cell. MINADER</i>
37.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Chargé de Cours	En poste
38.	LAMARA Maurice	Chargé de Cours	En poste
39.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	Directeur Unité de production des réactifs/IMPM
40.	TEYOU NGOUPO Ariel	Chargé de Cours	En poste
41.	WANDJI NYAMSI William	Chargé de Cours	En poste
42.	NGA ONGODO Dieudonné	Assistant	En poste
43.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Assistant	En poste

10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (42)

1.	BITOM Dieudonné-Lucien	Professeur	<i>Doyen / FASA /UDs</i>
2.	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
3.	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	<i>Chef de Département</i>
4.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
5.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
6.	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste

7.	ONANA Vincent Laurent	Professeur	<i>Chef de Département/Uté. Eb.</i>
8.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Professeur	<i>Chef Div. /MINTP</i>

9.	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DRC</i>
10.	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	En poste
11.	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	<i>Chef Div./Uté Ebolowa</i>
12.	Elisé SABABA	Maitre de Conférences	En poste
13.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec. d'Etat/MINMIDT</i>
14.	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
15.	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	<i>Chef de Div. /Uté Bertoua</i>
16.	MBIDA YEM	Maitre de Conférences	En poste
17.	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/MINIMDT</i>
18.	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
19.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	<i>CEA/MINRESI</i>
20.	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
21.	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
22.	TCHAKOUNTE Jacqueline épse NUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef. Cell /MINRESI</i>
23.	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
24.	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
25.	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>

26.	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
27.	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
28.	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
29.	EYONG John TAKEM	Chargé de Cours	En poste
30.	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle, épouse BITOM	Chargée de Cours	En poste
31.	MBESSE Cécile Olive	Chargée de Cours	En poste
32.	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
33.	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	<i>Chef Serv./Uté Maroua</i>
34.	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
35.	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
36.	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargée de Cours	En poste
37.	TCHAPCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
38.	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
39.	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
40.	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste

41.	KOAH NA LEBOGO Serge Parfait	Assistant	En poste
42.	NGO'O ZE ARNAUD	Assistant	En poste

43.	TENE DJOUKAM Joëlle Flore, épouse KOUANKAP NONO	Assistante	En poste
-----	--	------------	----------

Répartition chiffrée des Enseignants de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I

NOMBRE D'ENSEIGNANTS					
DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	8 (01)	15 (11)	13 (03)	7 (05)	43 (20)
BPA	14 (01)	16 (09)	18 (04)	4 (02)	52 (16)
BPV	6 (01)	12 (02)	13 (07)	3 (00)	34 (10)
CI	7 (01)	15 (04)	5 (01)	1 (00)	28 (06)
CO	6 (01)	18 (04)	11 (04)	2 (00)	37 (09)
IN	2 (00)	2 (00)	14 (01)	4 (00)	22 (01)
MAT	1 (00)	8 (00)	17 (01)	7 (02)	33 (03)
MIB	2 (01)	7 (03)	8 (04)	7 (02)	24 (10)
PHY	15 (01)	15 (04)	11 (01)	2 (00)	43 (06)
ST	8 (00)	17 (03)	15 (04)	3 (01)	43 (08)
Total	69 (07)	125 (40)	125 (30)	40 (12)	359 (89)

Soit un total de **359 (89)** dont :

- Professeurs **69 (07)**
- Maîtres de Conférences **125 (40)**
- Chargés de Cours **125 (30)**
- Assistants **40 (12)**

() = Nombre de Femmes **89**

DEDICACE

À mes parents :

Feu M. ETOUNDI NDEMBA Michel pour qui l'aboutissement de ce travail aurait été un réel motif d'émotion et de satisfaction ;

Mme veuve ETOUNDI NDEMBA née EBESSA NDI Anastasie qui a tout sacrifié pour l'éducation et le bien-être de sa progéniture.

Vous trouverez ici, l'expression de ma profonde gratitude pour vos efforts consentis.

REMERCIEMENTS

Ma gratitude va sans toutefois être exhaustif, à l'endroit de toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Il s'agit de :

- Pr AMBANG Zachée, Chef de Département de Biologie et Physiologie Végétales (BPV) de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé 1 pour ses rôles, académique et administratif. Par ailleurs ce dernier n'a ménagé aucun effort en sa qualité de superviseur pour apporter une contribution significative à l'aboutissement de ce travail ;
- Pr MBOLO Marie Marguerite qui, malgré ses multiples occupations, a accepté de diriger ces travaux tout en y contribuant aussi bien financièrement que par son objectivité et sa rigueur scientifique ;
- Pr YOUMBI Emmanuel, ancien Chef de Département de BPV de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé 1 qui malgré ses occupations a pu consacrer de son temps pour lire et apporter des amendements à ce travail ;
- tous les Enseignants du Département de BPV de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé 1 pour leurs enseignements. Qu'il me soit permis de remercier d'une façon particulière Dr KONO Léon qui a consacré du temps pour l'orientation méthodologique de ce travail et la correction des différentes moutures de ce document ;
- A M le Directeur Général de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Dr WOIN Noé, pour sa bienveillance pour la formation et le renforcement des capacités des jeunes chercheurs ;
- Dr EHABE Eugène, Directeur des Politiques et de la Planification, pour le soutien et l'orientation de ces travaux au niveau de l'IRAD ;
- Dr NDO Eunice, Chef du Centre de Recherche Agronomique de Mbalmayo, pour m'avoir permis de participer aux formations complémentaires dans le cadre des activités du DP-Agroforesterie, notamment pour ce qui est de la rédaction scientifique et de l'analyse des données ;
- Dr TATA Pricillia IJANG Epse NGOME pour son encadrement, ses encouragements et ses conseils ;
- M NJEUDENG TENKU Simon, Chef de la Station Spécialisée de Recherche Agricole (SPRA) de Minko'o, qui en qualité de responsable de structure, s'est montré suffisamment flexible pour me permettre de conduire ces travaux jusqu'à la fin ;

- Dr ZEKENG Jules Christian, Dr CHIMI DJOMO Cédric, Dr NGATSI ZEMKO Patrice, Dr MANGA ESSOUMA François, M. AKOUTOU MVONDO Etienne, M. FORBI Preaceous FUNWI, M. FOMOKONG Judickaël, Dr MOUNMEMI Hubert pour leur soutien, chacun à sa manière pour la réalisation et l’aboutissement de ce travail ;
- M. MESSI EFFA Joseph Achille, Dr AMBOMBO ONGUENE Marien Ecclésiastes, M. CHIMI Pierre Marie et M. NGAH Roméo Pascal, pour leurs appuis méthodologiques et accompagnement dans la collecte des données ;
- les propriétaires des palmeraies dans lesquelles ont été menés les présents travaux, notamment Mme NGANTOU Pélégie, M. NDEMBA Pie, Mme MENGUE, pour avoir rendu possible la collecte des données dans leurs exploitations ;
- spécialement à mon frère aîné M NDEMBA Pie et son épouse Dr NDEMBA Sidonie pour qui l’aboutissement de ce travail a été un impératif. Leurs appuis multiformes et leurs encouragements ont été une véritable source de motivation tout au long de ce travail ;
- Mme KOA Jacqueline, sans qui le financement de ce travail aurait été suffisamment difficile. Chère Mère, la main sur le cœur, grandement Merci ;
- M Yvan NGONO ONANA et M AKONGA Raphael, qui m’ont accompagné à leur manière notamment dans certains aspects financiers de ce travail. Chers frères et amis, infiniment merci ;
- tous mes frères et sœurs Frédérique Patrick OSSOMBA FOE, NDEMBA ETOUNDI, BOULI ETOUNDI, NGA OWONO Delphine, BILOA Emilienne, NNOMO Marguerite, pour ne citer que ceux-ci, dont le soutien multiforme et l’amour qu’ils me portent ont été d’une réelle motivation pour l’aboutissement de ces travaux ;
- Dr ANGUE Gérard Christian Isidore, M EMAH ESSOMBA Engelbert, M MEDZI ATANGANA Louis Patrick, M OWONA ANEGA Maurice Patrick, pour ne citer que ceux-ci, pour leurs conseils et apports de natures diverses ;
- Mes enfants, Laurent David MENYENG ETOUNDI et Florian Rosny MENYENG PANGO, qui ont toujours été pour moi de véritables sources de motivation.

SOMMAIRE

LISTE PROTOCOLAIRE.....	i
DEDICACE.....	xv
REMERCIEMENTS	xvi
SOMMAIRE	xviii
LISTE DES FIGURES.....	xxi
LISTE DES ABREVIATIONS	xxiii
LISTE DES ANNEXES.....	xxiv
RESUME.....	xxv
ABSTRACT	xxvii
Chapitre I. Généralités.....	1
I.1. Introduction	1
I.2. Revue de la littérature.....	6
I.2.1. Présentation du milieu naturel	6
I.2.2. Définition des concepts.....	7
I.2.2.1. Zone agroécologique.....	7
I.2.2.2. Forêt	8
I.2.2.3. Agrosystème	8
I.2.2.4. Biodiversité	9
I.2.2.5. REDD+	9
I.2.2.6. Effet de serre	10
I.2.2.7. Gaz à effet de serre.....	10
I.2.2.8. Biomasse et stock de carbone	10
I.2.2.9. Séquestration du carbone	11
I.2.2.10. Cycle de carbone.....	11
I.2.3. Palmier à huile	13
I.2.3.1. Description taxonomique et botanique	13
I.2.3.2. Biologie.....	18
I.2.3.3. Distribution et écologie.....	20
I.2.3.4. Principales pratiques de gestion appliquées au palmier à huile	23
I.2.3.5. Palmier à huile et accords internationaux	27
I.2.3.6. Impact de l'élaeiculture sur la biodiversité.....	28
I.2.3.7. Certification RSPO	29

I.2.3.8. Profil de l'élaiiculture au Cameroun	30
I.2.3.9. Palmier à huile, dérivés et atouts nutritionnels	32
I.2.4. Stockage de carbone dans les systèmes de cultures à base de <i>Elaeis guineensis</i>	32
I.2.4.1. Modèles allométriques d'estimation de la biomasse chez <i>Elaeis guineensis</i>	34
I.2.4.2. Carbone organique du sol	35
Chapitre II. Matériel et méthodes	37
II.1. Matériel	37
II.1.1. Description des sites d'étude	37
II.1.2. Choix du type de plantation et des plantations	38
II.1.3. Matériel technique	38
II.2. Méthodes	39
II.2.1. Dispositifs d'échantillonnage	39
II.2.2. Méthodes de collecte des données	41
II.2.2.1. Méthode de collecte des données pour la caractérisation des plantations	41
II.2.2.2. Inventaires floristiques et mesures dendrométriques	42
II.2.2.3. Méthodes d'estimation de la biomasse dans les Agrosystèmes élaicoles	43
II.2.4. Analyse des données	47
II.2.4.1. Analyse des données de caractérisation des agrosystèmes élaicoles villageois	47
II.2.4.2. Analyse des données floristiques des agrosystèmes élaicoles villageois	47
II.2.4.3. Calcul du stock de carbone des agrosystèmes élaicoles villageois	50
Chapitre III. Résultats et discussion	56
III.1. Résultats	56
III.1.1. Typologie des agrosystèmes élaicoles villageois	56
III.1.1.1. Caractérisation des agrosystèmes élaicoles villageois	56
III.1.1.2. Pratiques de gestion des agrosystèmes élaicoles villageois	57
III.1.1.3. Regroupement des agrosystèmes élaicoles villageois en fonction de leurs caractéristiques	58
III.1.2. Caractéristiques floristiques des agrosystèmes élaicoles villageois	62
III.1.2.1. Richesse spécifique des agrosystèmes élaicoles villageois	62
III.1.2.2. Diversité spécifique des agrosystèmes élaicoles	64
III.1.2.3. Affinités floristiques	66
III.1.3. Estimation des stocks de carbone dans les agrosystèmes élaicoles villageois	69
III.1.3.1. Stocks de carbone des végétaux des agrosystèmes élaicoles villageois	69
III.1.3.2. Estimation des stocks de carbone des litières	75

III.1.4.3. Stocks de carbone organique des sols	76
III.1.4.4. Récapitulatif des stocks de carbone des agrosystèmes élaicoles villageois .	77
III.1.4.5. Crédits carbone.....	78
III.2. Discussion.....	79
III.2.1. Typologie des agrosystèmes élaicoles villageois	79
III.2.2. Caractérisation floristique des agrosystèmes élaicoles villageois.....	80
III.2.3. Stocks de carbone des agrosystèmes élaicoles villageois	82
Chapitre IV. Conclusion et perspectives	95
IV.1. Conclusion.....	85
IV.2. Perspectives	86
Bibliographie	87
Annexes	i

LISTE DES FIGURES

Fig. 1. Transfert de carbone dans les différents pools.....	11
Fig. 2. Schéma simplifié du cycle biogéochimique du carbone.....	12
Fig. 3. Structure de l'inflorescence mâle.....	16
Fig. 4. Structure de l'inflorescence femelle	17
Fig. 5. Description des fruits des différentes variétés de palmier	18
Fig. 6. Feuilles jaunes sur une tige de <i>E. guineensis</i> var. <i>tenera</i> indiquant une déficience en azote	26
Fig. 8. Localisation des sites d'étude	Erreur ! Signet non défini.
Fig. 9. Dispositif imbriqué de collecte des données au sein des agrosystèmes élaeicoles villageois	40
Fig. 10. Dispositif d'inventaire itinérant pour les espèces associées	40
Fig. 11. Aperçu d'un agrosystème élaeicole villageois dans la localité de Ngoas.....	41
Fig. 12. Feuille de <i>Elaeis guineensis</i> prélevée à l'aide d'une faucille pour l'évaluation de la biomasse.....	43
Fig. 13. Pesée de quelques compartiments de la feuille de <i>E. guineensis</i>	44
Fig. 14. Fleurs mâles du palmier disséquées	44
Fig. 15. Dispositif pour le prélèvement des échantillons de sol en vue de l'évaluation de la densité apparente	46
Fig. 16. Prélèvement des échantillons de sols.....	46
Fig. 17. Dispositif de pesée des échantillons de sol en laboratoire	50
Fig. 18. Schéma d'estimation de la hauteur des palmiers	51
Fig. 19. Classification ascendante hiérarchisée des agrosystèmes élaeicoles villageois.....	58
Fig. 20. Regroupement des variables de typologie des agrosystèmes élaeicoles villageois	60
Fig. 21. Répartition des individus d'espèces associées dans les familles	62
Fig. 22. Fond floristique général des agrosystèmes élaeicoles villageois des environs de Yaoundé	67
Fig. 23. Fond floristique des Agrosystèmes de Type 1	68
Fig. 24. Fond floristique des AEVs de Type 2.....	68
Fig. 25. Fond floristique des AEVs de Type 3	69
Fig. 26. Proportions des stocks de carbone dans les organes du palmier.....	71
Fig. 27. Prédiction des stocks de biomasse des grappes	73
Fig. 28. Régression linéaire des stocks de COS en fonction de la MO.....	77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Niveaux indicatifs des sols propices à la culture du palmier	22
Tableau II. Caractéristiques et aménagements des terrains pour la culture du palmier à huile	23
Tableau III. Apports en fumure minérale au cours des trois premières années d'une plantation	24
Tableau IV. Estimation des superficies occupées par le palmier à huile au Cameroun	31
Tableau V. Présentation de l'élaeculture en fonction des réserves foncières et des classe sociales	31
Tableau VI. Fertilisation des palmeraies en fonction des types de producteurs	32
Tableau VII. Conversion des stocks de biomasse en stocks de carbone	52
Tableau VIII. Caractéristiques des agrosystèmes élaicoles villageois	56
Tableau IX. Pratiques de gestion appliquées dans les agrosystèmes élaicoles villageois	57
Tableau X. Variation de la richesse spécifique en fonction de la typologie des AEVs	63
Tableau XI. Corrélations entre la richesse spécifique, l'âge, la densité et l'altitude	64
Tableau XII. Variation des indices de diversité en fonction de la typologie des AEVs	65
Tableau XIII. Corrélations entre indices de diversité, l'âge, l'altitude et la densité	66
Tableau XIV. Stocks de carbone des végétaux en fonction des types d'AEVs	70
Tableau XV. Stocks de carbone des individus d' <i>Elaeis guineensis</i> en fonction du type d'AEV	70
Tableau XVI. Contribution des organes aériens des palmiers au stockage du carbone	72
Tableau XVII. Matrice de corrélations entre facteurs biotiques et C des stipes	73
Tableau XVIII. Variation des stocks de C des herbacées et des espèces associées en fonction des types d'AEV	74
Tableau XIX. Variation des stocks de carbone des litières en fonction des types d'AEV	75
Tableau XX. Variation des stocks de COS en fonction des types d'AEV	76
Tableau XXI. Variation des pools de carbone dans les AEVs	77
Tableau XXII. Récapitulatif des stocks de C des pools en fonction de la typologie des AEVs	78
Tableau XXIII. Estimation des crédits carbone dans les agrosystèmes élaicoles villageois..	78

LISTE DES ABREVIATIONS

AEV : Agrosystème élaeicole villageois ;
APG : Angiosperm Phylogeny Group ;
CCNCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatique ;
CDB : Convention sur la Diversité Biologique ;
CDC : Cameroon Development Cooperation ;
CFC: chlorofluorocarbone;
COP : Conference of the Parties;
D : indice de Simpson ;
DBH : Diameter at Breast Height / Diamètre à hauteur de poitrine ;
FONADER : Fonds National du Développement Rural ;
H' : Indice de Shannon ;
IRHO : Institut de Recherche pour les Huiles et Oléagineux ;
IRAD : Institut de Recherche Agricole pour le Développement ;
J : Indice de Piélou ;
LABASCE : Laboratoire d'Analyses des Sols et de Chimie de l'Environnement de la Faculté
des Sciences Agronomique de l'Université de Dschang ;
MINADER : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural ;
ODD : Objectifs de Développement Durable ;
PDPV : Programme de Développement des Palmeraies Villageoises ;
POIG : Palm Oil Innovation Group;
RED : Réduction des Émissions dues à la Déforestation
REDD : Réduction des Émissions dues la Déforestation et à la Dégradation des Forêts ;
REDD+ : Réduction des Émissions provenant du Déboisement et de la Dégradation des forêts,
associée à la gestion durable des forêts, la conservation et l'amélioration des stocks de carbone
forestier ;
RSPO : Roundtable on Sustainable Palm Oil;
SAFACAM : Société Africaine Forestière et Agricole du Cameroun ;
SOCAPALM : Société Camerounaise des Palmeraies ;
SPFS : Société des Palmeraies de la Ferme Suisse ;
SPOM : Sustainable Palm Oil Manifesto
TREES : Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellite;
WRM : World Rainforest Movement / Mouvement Mondial pour les Forêts Tropicales ;
WWF: World Wildlife Fund / Fond Mondial pour la Nature.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Publication scientifique.....	i
Annexe 2. Abondances relatives des plantules et herbacées dans quelques plantations.....	i
Annexe 3. Affinités floristiques des classes d'âge des plantations	xiii
Annexe 4. Similarités floristiques en fonction des modalités de la fertilisation	xiii
Annexe 5. Similarités floristiques en fonction des modalités de l'élagage	xiii
Annexe 6. Similarités floristiques en fonction des modalités de désherbage.....	xiii
Annexe 7. Similarités floristiques en fonction des modalités du type de désherbage.....	xiii
Annexe 8. Variation des stocks de COS entre agrosystèmes élaeicoles	xiii
Annexe 9. Variation des stocks de COS en fonction de la pratique de la fertilisation.....	xiv
Annexe 10. Variation des stocks de COS en fonction du type de désherbage.....	xiv
Annexe 11. Variation des stocks de COS en fonction du type de désherbage.....	xiv
Annexe 12. Variation des stocks de COS en fonction de la pratique du désherbage.....	xiv
Annexe 13. Modélisation des crédits carbone des AEV en fonction du C des litières	xv
Annexe 14. Modélisation des crédits carbone des AEV en fonction du C aérien des végétaux	xv
Annexe 15. Quelques images	xv

RESUME

La culture du palmier à huile suscite de la controverse à cause de son impact jugé négatif pour le maintien de la biodiversité. En effet, la diversité floristique des agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) est mal connue, tout comme leur performance à séquestrer le carbone. Ce travail porte sur l'étude de la diversité végétale et le stockage de carbone dans les AEVs des environs de Yaoundé au Cameroun. Les données ont été collectées à travers les enquêtes auprès des producteurs, les inventaires floristiques en champs, l'échantillonnage des herbacées et litières, la prise des mensurations des espèces associées et des palmiers et le prélèvement des échantillons des sols.

Au total 12 agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) d'âges compris entre 7 et 22 ans et de superficies allant de 4 à 13 ha, pour un total de 93 ha, ont été parcourus. Leurs variables biotiques et abiotiques ont permis de les regrouper en trois types. Les AEVs Type 1 désignent ceux dans lesquels les intrants chimiques sont appliqués, ainsi qu'une pratique plus ou moins régulière de l'élagage et du désherbage. Les AEVs de Type 2 regroupent ceux qui ne reçoivent pas d'intrants chimiques mais où le désherbage et l'élagage sont pratiqués de façon plus ou moins régulière. L'ensemble constitué des palmeraies dans lesquelles la récolte des grappes est l'unique pratique de gestion appliquée forme les AEVs de Type 3.

Dans l'ensemble des 12 AEVs 105 individus d'espèces ligneuses associées appartenant à 33 espèces et 23 familles ont été inventoriés. De manière globale dans la strate inférieure, 156 espèces appartenant à 128 genres et 59 familles ont été inventoriées. Les AEVs de Type 2 et de Type 3 sont les plus riches en espèces, avec respectivement, 20 ± 5 espèces et 17 ± 6 espèces. Ils présentent également une richesse spécifique élevée, comparés aux AEVs de Type 1. Le fond floristique des AEVs est dominé par *Costus afer* Ker Gawl., *Chromolaena odorata* (L.) R.King & H.Rob., *Laportea aestuans* (L.) Chew et *Marattia cicutifolia* Kaulf.

Les AEVs stockent 80,37 tC / ha dans la biomasse végétale aérienne ; 0,44 tC / ha dans les litières et 57,96 tC / ha dans le sol. Le stock de carbone des palmiers est estimé à 77,47 tC / ha, soit 67,99 t/ha dans les stipes, 6,25 t/ha dans les feuilles, 2,83 t/ha/ans dans les grappes et 0,38 t/ha dans les fleurs. Le stock moyen de carbone organique des sols (COS) est de 57,96 tC / ha. Les AEVs stockent en moyenne 221,76 t C / ha. Les AEVs de Type 1 séquestrent (230,21 tC / ha), contre 214,47 tC / ha dans les AEVs de Type 2 et 199,80 tC/ha dans les AEVs de Type 3. Le crédit carbone moyen pouvant être généré par les AEVs est estimé à $953\,997 \pm 158\,367$ FCFA / ha. Les stocks de carbone des AEVs sont supérieurs à ceux des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers et se rapprochent de ceux des forêts secondaires. Le déficit de stocks de

carbone par rapport aux forêts naturelles pourrait se justifier par l'importance économique des palmeraies, bien qu'un service écosystémique n'en remplace pas un autre.

Mots clés : carbone, diversité, palmeraies, pratique de gestion, petits producteurs, Yaoundé.

ABSTRACT

Oil palm farming is the subject of controversy because of its impact, which is deemed to be negative in terms of biodiversity conservation. Indeed, the floristic diversity of Smallholders oil palm farm (SOPF) is poorly known, as is their performance in storing carbon. This study focuses on plant diversity and carbon storage in SOPF around Yaounde in Cameroon. Data was collected through surveys of farmers, floristic inventories in the field, sampling of herbaceous plants and litter, measurements of associated species and palm trees, and soil sampling.

A total of 12 Smallholders oil palm farms (SOPF), between 7 and 22 years old and ranging in size from 4 to 13 ha, covering a total of 93 ha, were surveyed. Their biotic and abiotic variables made it possible to group them into three types. Type 1 SOPF are those in which chemical inputs are applied, as well as more or less regular pruning and weeding. Type 2 SOPF are those that do not receive chemical inputs but where weeding and pruning are carried out more or less regularly. The group of oil palm farms in which bunch harvesting is the only management practice applied forms Type 3 SOPF.

Throughout the 12 SOPF, 105 individuals of associated woody species belonging to 33 species and 23 families were inventoried. Overall, in the lower stratum, 156 species belonging to 128 genera and 59 families were inventoried. Type 2 and Type 3 SOPF are the richest in species, with 20 ± 5 species and 17 ± 6 species respectively. They also have a high species richness compared with Type 1 SOPF. The floristic background of the SOPF is dominated by *Costus afer* Ker Gawl, *Chromolaena odorata* (L.) R.King & H.Rob, *Laportea aestuans* (L.) Chew and *Marattia cicutifolia* Kaulf.

SOPF store 80.37 tC / ha in above-ground plant biomass, 0.44 tC / ha in litter and 57.96 tC / ha in the soil. The carbon stock of palm trees is estimated at 77.47 tC / ha, i.e. 67.99 t/ha in the stipes, 6.25 t/ha in the leaves, 2.83 t/ha/yr in the bunches and 0.38 t/ha in the flowers. The stock of soil organic carbon (SOC) is 57.96 tC/ha. SOPF store an average of 221.76 t C / ha. Type 1 SOPF store 230.21 tC/ha, compared with 214.47 tC/ha in Type 2 SOPF and 199.80 tC/ha in Type 3 SOPF. The average carbon credit that could be generated by the SOPF is estimated at $953\ 997 \pm 158\ 367$ F CFA / ha. The carbon stocks of SOPF are higher than those of cocoa-based agroforestry systems and close to those of secondary forests. The shortfall in carbon stocks compared with natural forests could be justified by the economic importance of palm groves, although one ecosystem service does not replace another.

Key words: carbon, diversity, management, oil palm farms, small producers, Yaounde.

Chapitre I. Généralités

I.1. Introduction

L'huile de palme obtenue à partir du palmier d'Afrique, est l'huile végétale la plus consommée dans le monde. Le palmier produit environ 35% de l'ensemble des huiles végétales sur moins de 10% des terres consacrées aux cultures oléagineuses (Corley et Tinker, 2003 ; Mba *et al.*, 2015). Cette huile peut être obtenue à partir des fruits de trois espèces végétales différentes notamment, *Elaeis guineensis* Jacq., *E. oleifera* (Kunth) Cortés et *Attalea maripa*. Cependant *E. guineense* est celle qui offre des rendements les plus importants du point de vue économique (Qaim *et al.*, 2020).

Elaeis guineensis est une espèce végétale de la famille des Arecaceae, inscrite sur la liste rouge de l'UICN en tant qu'espèce à préoccupation mineure. Elle est initialement endémique de l'Afrique et son aire de distribution naturelle englobe toute la côte Ouest africaine, du Sénégal à l'Angola (Wahid *et al.*, 2005). On peut également la rencontrer à l'intérieur du continent en direction de la République Démocratique du Congo, en Afrique de l'Est, y compris Madagascar (Moretzsohn *et al.*, 2002). Aujourd'hui répandue à travers les tropiques, elle est présentée comme une plante invasive, notamment aux USA, dans certaines zones sèches du Pacifique ainsi que dans la forêt atlantique brésilienne où elle a été introduite vers le 16^{ème} siècle lors de la traite négrière (Savin, 1965 ; Anonyme, 2018a).

Il existe trois variétés de *Elaeis guineensis* Jacq à savoir, *E. guineensis* var. *dura*, *E. guineensis* var. *pisifera* et *E. guineensis* var. *tenera*. La variété *dura* qui constitue l'essentiel des peuplements naturels et spontanés est caractérisée par des fruits à grosses amandes et à coques épaisses dont la pulpe est fine. C'est le parent femelle pour la production des semences. La variété *pisifera*, caractérisée par des fruits sans coques, produit très rarement des régimes arrivant à maturité, du fait d'une anomalie de la fécondation. Elle est utilisée comme parent mâle pour la production des semences. La variété *tenera* par contre est un hybride des deux précédentes. Elle se caractérise par un fruit à coque fine, à pulpe épaisse et à petite amande. Elle offre le meilleur rendement en huile, avec une répartition d'environ 90 % d'huile de palme extraite de la pulpe et 10 % d'huile de palmiste extraite de l'amande. C'est la variété la plus cultivée en ce moment (Jacquemard, 2011).

La production de l'huile de palme et les superficies occupées par les plantations ont augmenté au fil du temps (Basiron *et al.*, 2004). En 1980, la production mondiale d'huile de palme était de 4,5 millions de tonnes (Meijaard *et al.*, 2018) ; production qui a évolué à 70 millions de tonnes en 2014, soit 15 fois plus. En 2015, la production mondiale était dominée par les pays asiatiques, notamment l'Indonésie (31 000 000 tonnes), la Malaisie (19 200 000

tonnes) et la Thaïlande (2 100 000 tonnes). La Colombie était le premier producteur d'Amérique tropicale avec 1 000 000 tonnes ; tandis que le Nigeria occupait la première place en Afrique avec 930 000 tonnes. Le Cameroun occupait le 12^{ème} rang mondial et la troisième place en Afrique derrière la Côte d'Ivoire avec 270 000 tonnes (Anonyme, 2012a ; Sequiño et Avenido, 2015). La culture du palmier à huile se pratique au travers de trois types de plantations, à savoir : les plantations industrielles, les plantations supervisées et les plantations appartenant aux petits producteurs. Les travaux de la FAO en 2017 font état de 21 000 000 d'hectares de palmier à huile à travers le monde, soit 369 661 ha dans le Bassin du Congo, et 170 169 ha pour le Cameroun (Ordway *et al.*, 2019). Les plantations industrielles ont été estimées, à travers le monde, à 18,7 millions d'hectares en 2017, soit la plus grande culture oléagineuse en terme de surface après le soja et le colza (Meijaard *et al.*, 2018). En Afrique, entre 1990 et 2017, les surfaces allouées à la culture du palmier à huile ont augmenté de 40 % dans le Bassin du Congo.

Au Cameroun, les quatre géants de la filière totalisent à eux seuls plus de 89 000 ha soit 41 000 ha pour la Cameroon Development Corporation (CDC), 34 000 ha pour la Ferme Suisse, 9 000 ha pour la Pamol, 4 500 ha pour SAFACAM. À côté de ces derniers, la superficie des plantations villageoises est estimée à 100 000 ha tandis que celle des plantations supervisées est estimée à 35 000 ha (Carrere, 2010). Il apparaît ainsi une nette croissance des espaces occupés par le palmier à huile, au détriment des forêts principalement.

La filière palmier à huile à l'échelle industrielle, peut permettre de lutter efficacement contre la pauvreté et le chômage à travers la création d'emplois directs dans les plantations (Ayers et Huq, 2009). Elle permet l'augmentation des recettes publiques à travers les taxes directes, les redevances et les taxes indirectes liées à la main-d'œuvre salariée. La création de nouvelles infrastructures notamment l'amélioration et l'entretien du réseau routier peuvent également en résulter. Les obligations issues du volet social du développement durable telles que la création des logements du personnel ; des points d'eau ; l'installation du réseau électrique, des structures sanitaires et des écoles ne sont pas souvent en reste (Anonyme, 2012b). Cette filière, d'après une étude réalisée par le Fonds Mondial pour la Nature / World Wildlife Fund (WWF) en 2012 ne présente pas seulement des avantages. Des conséquences néfastes au plan environnemental peuvent y être relevées. Il s'agit notamment de la perte des forêts à hautes valeurs de conservation et de biodiversité ; la réduction du domaine forestier permanent, des Unités Forestières d'Aménagement (UFA), des forêts communales (FC) et des Aires Protégées (AP). Les coûts sociaux impactent négativement les populations autochtones et migrantes à travers la non-implication des petits planteurs dans les projets des agro-industriels. Les coûts et risques environnementaux surviennent lorsque les standards

environnementaux les plus rigoureux ne sont pas respectés (Anonyme, 2012b). En effet, l'augmentation de la production agricole mondiale se produit dans les pays tropicaux où les terres cultivées ont connu de 1999 à 2008, une extension d'environ 48 000 km² par an (Phalan *et al.*, 2013). La croissance agricole devrait augmenter d'ici 2050 de 60 % à 110 % afin de combler le déficit d'aliments causé par le boom démographique (Tilman *et al.*, 2011). Ceci devrait entraîner l'amélioration des techniques et même l'augmentation des superficies agricoles. Les travaux présents dans la littérature laissent penser que l'expansion du palmier à huile a été l'une des causes de la déforestation dans plusieurs pays (Sheil *et al.*, 2009; Koh *et al.*, 2011; Carlson *et al.*, 2013), entraînant ainsi la perte de la biodiversité et par ricochet, le réchauffement de la planète (Reijnders et Huijbregts, 2008). Le palmier à huile apparaît comme une mauvaise opportunité en matière de réduction des effets des changements climatiques car sa culture nécessite d'importantes coupes d'arbres (Davis *et al.*, 2013; Choo *et al.*, 2011; Koh et Wilcove, 2008; Sanquetta *et al.*, 2015). Ainsi, les sols sont affectés par la diminution de la teneur en carbone organique notamment dans les palmeraies par rapport aux forêts primaires ou secondaires (Sommer *et al.*, 2000). Les problèmes de réchauffement climatique ont entraîné les travaux d'estimation des stocks de carbone des forêts afin de faire participer ces dernières aux projets de Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts avec prise en compte de la gestion durable de ces dernières, la conservation de la biodiversité et l'accroissement des stocks de carbone (REDD+).

À partir de la définition donnée au concept de « forêt », certaines plantations incluant les cultures pérennes ont également fait l'objet d'études relatives aux stocks de carbone. Pour ce faire, la vingt-et-unième Conférence des parties (COP 21) de décembre 2015 à Paris préconise des efforts globaux au niveau national pour ce qui est de la connaissance réelle des stocks de carbone dans les différentes formes d'utilisation des terres (Anonyme, 2012b). Pour répondre à cette préoccupation, les travaux évaluant les quantités de carbone séquestré ont déjà été menés dans des plantations d'hévéas (Wauters *et al.*, 2008 ; Engku Azlin Rahayu *et al.*, 2015) et de cacaoyer (Somarriba *et al.*, 2013 ; Temgoua *et al.*, 2018 ; Fernandes *et al.*, 2018 ; Zekeng *et al.*, 2022). Les stocks de carbone des plantations de palmiers à huile ont également été évalués en Amérique tropicale (Frazão *et al.*, 2014 ; Sanquetta *et al.*, 2015) et en Asie du sud-est (Shashikant *et al.*, 2012 ; Asari *et al.*, 2013 ; Rahman *et al.*, 2021). Très peu d'études ont été effectuées dans les plantations africaines. Les rares travaux disponibles sont ceux de Jaffre *et al.* (1983) sur l'évolution de la biomasse épigée et du stockage de carbone du palmier à huile en Côte d'Ivoire ; Chiti *et al.* (2014) sur l'effet du remplacement des forêts tropicales par des plantations d'arbres sur les niveaux de carbone organique du sol dans le district de

Jomoro, au Ghana. La seule étude qui s'est attardée sur les stocks de carbone des plantations de palmiers à huile au Cameroun est celle d'Egbe *et al.* (2012) qui a utilisé la méthode CO2FIX V.2 pour simuler l'impact du mode de gestion des plantations d'hévéa et de palmier à huile sur le stockage du carbone dans la Région du Sud-Ouest autour du Mont-Cameroun. Ces différentes études ont, pour la plupart, porté sur les plantations industrielles. Les études sur les plantations villageoises de palmier à huile sont quasi inexistantes. L'enjeu du monde actuel est de pouvoir concilier les besoins de production aux défis environnementaux. Dans cette mouvance, les agroforêts apparaissent comme un meilleur compromis et le palmier à huile est souvent cultivé en condition d'agroforesterie avec introduction d'arbres ainsi que des pâturages pour du bétail (Ramos *et al.*, 2018 ; Khasanah *et al.*, 2020). Outre l'estimation de leurs stocks de carbone, il est également nécessaire de savoir comment les pratiques de gestion des agrosystèmes élaicoles villageois et les caractéristiques propres de ces derniers, influencent leur diversité végétale et notamment celle des herbacées qui apparaissent y être, outre le palmier à huile, le type biologique le plus répandu. En effet, les espèces herbacées, contrairement aux espèces arbustives, ont fait l'objet de très peu d'études dans les travaux de recherche des milieux de cultures en général et des palmeraies en particulier. Pourtant ces dernières sont de plusieurs usages, notamment environnemental, à travers la protection des sols contre l'érosion et la fixation de l'azote (Mahmud *et al.*, 2020), médicinal, alimentaire (alimentation humaine et celle du bétail). Connaître les variations floristiques d'un système de culture apparaît souvent nécessaire et s'inscrit dans la logique du développement durable et pourrait permettre la protection de certains taxa notamment dans les plantations des petits producteurs de palmier à huile qui représentent 59 % des terres occupées par l'élaiculture au Cameroun (Jacquemard, 2013).

Dans cette optique, on peut se poser les questions de recherche suivantes sur les agrosystèmes élaicoles villageois des environs de Yaoundé :

- 1) quelles sont leurs caractéristiques en tant que système de culture ?
- 2) quels facteurs influencent la végétation de ces agrosystèmes et par conséquent leurs stocks de carbone ?
- 3) quel peut être le niveau de sequestration du carbone des AEVs par rapport aux forêts naturelles ?

Ces questionnements permettent d'énoncer les hypothèses suivantes :

- 1) les variables biotiques et abiotiques, caractéristiques des agrosystèmes élaicoles villageois permettraient de différencier les types d'exploitation ;
- 2) la flore des AEVs, varierait en fonction de leur typologie ;

3) les stocks de carbone des AEVs varieraient en fonction de leur typologie et se rapprocheraient de ceux stockés dans les forêts naturelles.

L'objectif général de ce travail est d'étudier la diversité floristique et le stockage du carbone dans les écosystèmes élaicoles villageois (AEVs) des environs de Yaoundé au Cameroun. De façon spécifique, il a été question de :

- établir le profil des agrosystèmes élaicoles villageois des environs de Yaoundé ;
- étudier la diversité floristique des AEVs en fonction de leur typologie ;
- estimer les stocks de carbone dans chaque type d'AEVs.

L'intérêt de cette étude peut être observé à plusieurs niveaux. Sur le plan scientifique, elle fournit des données importantes pour la gestion de la diversité végétale dans les AEVs et contribue à l'inventaire national des stocks de carbone des différents types d'utilisation des terres. Sur le plan social, elle permet aux paysans de maintenir leur production et les autres composantes des agrosystèmes qu'ils utilisent à d'autres fins. Sur le plan économique, cette étude permettra au Cameroun en général et aux propriétaires d'agrosystèmes élaicoles en particulier, de bénéficier des revenus REDD+ issus des compensations carbone.

I.2. Revue de la littérature

I.2.1. Présentation de la zone d'étude

Les localités de Ngoas et Nkong-Abog 1 appartiennent à la zone agroécologique V qui est comprise entre 2°6" et 5°48" de latitude Nord et 10°30" et 16°12" de longitude Est. Elle s'étend sur la majeure partie du plateau sud camerounais entre 500 et 1000 m d'altitude et couvre les régions administratives du Centre, du Sud et de l'Est, pour une superficie totale de 22,5 millions d'hectares. S'agissant du climat, la zone agroécologique V, définie par l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), est située dans le domaine équatorial, avec des variantes, équatoriale guinéenne et subéquatoriale. La température moyenne est d'environ 25°C et la pluviométrie oscille entre 1500 à 2000 mm d'eau par an. Ce climat montre deux saisons humides bien distinctes allant, de mars à juin (petite saison pluvieuse) et de septembre à novembre (grande saison de pluies) (Lienou *et al.*, 2008).

Les localités de Ngoas et Nkong-Abok 1 sont englobées dans la zone phytogéographique guinéenne-équatoriale (Westphal et Embrechts, 1985). D'après Letouzey (1985), Yaoundé et ses environs appartiennent au secteur forestier semi-caducifolié qui correspond à la « drier peripheral semievergreen Guineo-congolian rainforest » décrite par White (1979).

Selon Noumi et Amougou Akoa (2003), ce secteur est caractérisé par sa physionomie et par sa composition floristique riche en Sterculiaceae (*Cola altissima*, *C. lateritia*, *C. gigantea*, *Mansonia altissima*, *Nesogordonia papaverifera*, *Pterygota kamerunensis*, *P. Macrocarpa*, *Sterculia bequaertii*, *S. rhinopetala*, *Triplochiton scleroxylon*) et en Ulmaceae (*Celtis adolfi-friderici*, *C. durandii*, *C. mildbraedii*, *C. phillypensis*, *C. zenkeri*, *Holoptelea grandis*). Cette prééminence des *Celtis* dans ce secteur a été soulignée par Aubreville (1959). Ces espèces se rencontrent encore dans la zone de transition entre forêts semi-décidues et forêts sempervirentes.

Le dynamisme de cette forêt lui permet de s'étendre vers le Nord, gagnant largement sur les savanes péri forestières, et vers le Sud en s'insinuant dans les trouées pratiquées en forêt sempervirente. Des espèces telles que *Autranella congolensis* (Sapotaceae), *Gossweiledendron dewevrei* (Caesalpinaceae), *Kaeyodendron bridelioides* (Euphorbiaceae), *Terminalia superba* (Combretaceae) et *Piptadeniastrum africanum* (Mimosaceae) en sont les éléments dynamiques, souvent rencontrés très loin vers le sud-ouest (Letouzey, 1978).

Dans les localités de Ngoas et Nkong-Abok 1, le relief est fait d'une chaîne de petits plateaux et de vallées. Les sols appartiennent au domaine ferrallitique, des types ferralsols orthiques avec nitosols dystriques et aérosols orthiques (Westphal et Embrechts, 1985).

Ngoumou et spécifiquement Nkong-Abok 1 abrite la réserve d'Ottotomo, créée par l'administration coloniale dans les années 1930 et vaste de 2 950 ha. La création de cette réserve a considérablement réduit les terres disponibles dans la localité.

La pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis suivie de jachères pour la restauration de la productivité du sol est traditionnelle. Il s'agit principalement de cultures pérennes (*Theobroma cacao*, *Coffea robusta*, divers arbres fruitiers), annuelles et pluriannuelles telles que le bananier plantain, la canne à sucre, le maïs, le tabac, les cultures maraîchères, tubercules, pour ne citer que celles-ci (Anonyme, 2008).

La localité de Nkong-Abok 1 se trouve dans la Région administrative du Centre, Département de la Mefou et Akono, Arrondissement de Ngoumou. La population de Ngoumou est estimée à 25 000 habitants, parmi lesquels les Ewondos et les Bassas, répartis dans 56 villages parmi lesquels Nkong-Abok 1 qui est peuplé par les Ewondos (Anonyme, 2008).

Ngoas est également situé dans la Région du Centre, Département de la Lékié, Arrondissement de Lobo, à environ 40 Km de la ville de Yaoundé. L'Arrondissement de Lobo, comptait environ 10 157 habitants en 2005, soit 1 091 habitants dans la seule ville de Lobo et le reste réparti dans les villages. Cet Arrondissement peuplé en majorité des Etons (plus de 75%) compte également, les Bassas et les Benes, outre les populations allogènes venues du reste du pays (Anonyme, 2008).

Les Arrondissements de Lobo et de Ngoumou sont géographiquement voisins. À Ngoumou, les activités économiques sont l'agriculture, le commerce et l'élevage. Outre le petit élevage familial, l'agriculture est pratiquement la seule activité économique à Lobo. Dans les deux localités, le cacao, l'huile de palme, les tubercules de maniocs, macabos, ignames, le maïs, les arachides, le gombo, le haricot, la laitue, et le piment sont quelques produits couramment rencontrés. Des spécificités sont observées, notamment la culture du caféier (*Coffea arabica*) à Ngoumou et des cultures maraichères à Lobo. Le commerce se déroule autour de la vente des produits de l'agriculture ainsi que les boutiques et le petit tourisme (Anonyme, 2008).

I.2.2. Définition des concepts

Les concepts définis ci-dessous sont ceux qui seront abordés tout au long de ce travail. Il s'agit notamment de forêt, agrosystème, zone agroécologique, biodiversité, REDD+effet de serre et gaz à effet de serre, le stockage de carbone et le cycle du carbone.

I.2.2.1. Zone agroécologique

Une zone agroécologique désigne une unité cartographique définie par le climat, les sols (ou substrats) et le modelé des terres (géologie), et/ou le couvert végétal, et ayant des contraintes

et des capacités spécifiques relatives à l'utilisation des terres, y compris les zones pédologiques. Autrement dit, une zone agroécologique est une unité utilisée pour la cartographie des ressources des terres, définie sur la base du climat, du relief et des sols, et/ou de la couverture de ceux-ci ; pour l'utilisation des terres, elle présente des potentiels et des contraintes spécifiques (Dhed'a Djailo *et al.*, 2019).

I.2.2.2. Forêt

Au fil du temps, la définition du mot « forêt » a été conçue différemment en fonction des situations, des perceptions, des organismes et même des auteurs.

Du point de vue botanique, une forêt est une formation végétale caractérisée par l'importance de la strate arborée, mais qui comporte aussi des arbustes, des plantes basses, des plantes grimpantes et des épiphytes. Du point de vue de l'écologie, la forêt est un écosystème complexe et riche, offrant de nombreux habitats à de nombreuses espèces et populations animales, végétales, fongiques et microbiennes, entretenant pour la plupart, des relations d'interdépendance (Grandjean, 2020). Pour la FAO, la forêt est considérée comme un terrain d'une superficie d'au moins 0,5 hectare couvert à au moins 10 % par des arbres dont la hauteur à maturité est d'au moins 5 mètres (Anonyme, 2002 ; Simula 2009). Le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) quant à lui, pour définir une forêt, utilise un seuil de 40 % de couverture pour les « forêts fermées » et de 10 à 40 % pour les « forêts ouvertes », tandis que le projet TREES (Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellite) classe dans la catégorie de « forêts denses », les surfaces dépassant 70 % de couverture d'arbres et de « forêts fragmentées » celles avec 40 à 70 % de couverture (Verchot *et al.*, 2007 ; Zomer *et al.*, 2008).

I.2.2.3. Agrosystème

Le dictionnaire français Larousse (2021) définit un agrosystème ou agroécosystème comme étant un ensemble de relations entre les cultures, les techniques de production agricole et le milieu environnant. C'est un écosystème contrôlé par l'Homme et dédié à la pratique de l'agriculture. L'agrosystème est ainsi perçu comme étant un écosystème particulier qui répond davantage aux avancées récentes de l'écologie. La limite du concept d'écosystème est non seulement la formalisation physique de contours tangibles et cartographiables, mais aussi le bénéfice et la reconnaissance d'une histoire. Par contre l'une des avancées du concept d'agrosystème est le fait qu'il inclut l'Homme qui en est précisément le pilote et qui l'inscrit dans un réseau d'interactions opérant sur des distances indéfinies. Les agrosystèmes occupent environ 55 % des terres hors glaciers à ce jour pour fournir des denrées alimentaires, des

aliments pour animaux, des fibres, du combustible et d'autres produits ligneux (Foley *et al.*, 2011).

L'élaiiculture est tirée de *Elaeis guineensis* Jacq., nom scientifique du palmier à huile (Unnikrishnan, 2023) et renvoie à la culture de ce dernier (Rival, 2016). Les plantations appartenant aux petits producteurs sont considérées comme étant des plantations villageoises par Jacquemard (2013). L'expression « agrosystème élaicole villageois » sera donc utilisée tout au long de ce travail pour désigner les palmeraies appartenant aux petits producteurs.

I.2.2.4. Biodiversité

Le mot « biodiversité » est attribué à Walter Rosen, un membre du « National Research Council américain » qui a contracté l'expression « biological diversity » pendant la préparation d'un colloque dont les actes seront publiés sous le titre « Biodiversity » (Wilson et Peter, 1988). La biodiversité désigne la variabilité naturelle des formes de vie, des espèces d'organismes végétaux, animaux, bactéries, quel que soit l'environnement considéré, terrestre ou aquatique. La diversité biologique approche les domaines de l'écologie (écosystèmes, biomes), spécifique (espèces) et génétique (Rawat et Agarwal, 2015).

I.2.2.5. REDD+

La compréhension du concept REDD+ doit être subordonnée à deux autres à savoir RED et REDD. Les bases de ces concepts ont été posées dans le protocole de Kyoto, notamment dans ses articles 2 et 3.

La RED désigne la Réduction des Émissions dues à la Déforestation sur une base compensatoire. Il s'agit de la première approche proposée lors de la 11ème conférence des parties à Montréal en 2005. En 2007, lors de la 13ème Conférence des Parties de Bali, la RED a évolué officiellement en REDD. En effet, le passage de RED à REDD marque la volonté de prendre en compte la dégradation des forêts. La REDD désigne la Réduction des Émissions dues la Déforestation et à la Dégradation des forêts. L'idée fondamentale ici était de récompenser les individus, les communautés, les projets et les pays pour leurs efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) résultant des forêts. En plus de cela, la REDD devait aussi contribuer à la réduction de la pauvreté et au développement durable à travers ses trois critères : efficacité, efficience et équité. Ce changement a été apporté en réponse aux pressions exercées par des pays tels que l'Inde, qui souhaitaient que la conservation, la gestion durable des forêts et le renforcement des stocks de carbone forestier reçoivent le même niveau de priorité dans les négociations que la déforestation et la dégradation des forêts. D'où l'évolution de REDD en REDD+ (Holloway et Giandomenico, 2009).

I.2.2.6. Effet de serre

L'effet de serre est un procédé naturel qui soutient la vie sur terre. Sans lui, la température terrestre serait si basse qu'il serait impossible d'y vivre. Il s'agit du réchauffement, non seulement de la Terre, mais aussi des océans et de l'atmosphère, dû à la capture d'une fraction de chaleur, provenant des rayons du soleil, par les GES et notamment le CO₂ considéré après la vapeur d'eau comme le principal GES. L'effet de serre permet à la terre d'avoir une température moyenne de -15°C. En l'absence de ce phénomène, cette température serait de -18°C, ce qui rendrait impossible la vie humaine sur terre (Dufresne et Treiner, 2011).

I.2.2.7. Gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre (GES) sont les constituants gazeux de l'atmosphère, naturels et anthropiques, qui absorbent et réémettent le rayonnement infra-rouge (Anonyme, 1992). Ces gaz dans l'atmosphère agissent comme le verre d'une serre, laissant entrer la lumière du soleil et empêchant la chaleur de s'échapper. De nombreux GES interviennent dans le réchauffement climatique dont six principaux figurent sur la liste du Protocole de Kyoto. Il s'agit de la vapeur d'eau (H₂O), du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane (CH₄), de l'oxyde nitreux (N₂O), l'ozone (O₃), le chlorofluorocarbure (CFC).

La Fig.1 ci-dessous présente la répartition des principaux GES en fonction des différents secteurs d'activité que sont les secteurs la production de l'énergie, notamment les centrales électriques (21,3 %), l'industrie (16,8 %), les carburants des transports (14 %), l'agriculture (12,5 %), l'extraction, le traitement et la distribution de combustibles fossiles (11,3 %), les émissions des ménages et des commerces (10,3 %), l'utilisation des sols et la combustion de la biomasse (10,0 %), l'élimination et le traitement des déchets (3,4 %) (Latake *et al.*, 2015).

I.2.2.8. Biomasse et stock de carbone

La biomasse dans la matière végétale est produite par le processus de photosynthèse dans lequel le dioxyde de carbone et l'eau de l'environnement sont convertis, à l'aide de l'énergie solaire, en hydrates de carbone qui constituent la plante (Ness et Moghtaderi, 2016 ; Tursi, 2019). Le stock de carbone correspond à la quantité de carbone contenue dans un puits, c'est-à-dire un réservoir ou un système qui a la capacité de l'accumuler ou de le rejeter. Dans le contexte des forêts, il fait référence à la quantité de carbone stockée dans l'écosystème forestier mondial, principalement dans la biomasse vivante et le sol, mais dans une moindre mesure aussi dans le bois mort et la litière (Anonyme, 2012c). La biomasse désigne la matière organique animale ou végétale à la fois aérienne et souterraine, vivante et morte.

I.2.2.9. Séquestration du carbone

Le carbone (C) est un élément essentiel au maintien de la vie. On le trouve à l'état naturel dans les matières organiques et inorganiques avec un très faible taux de change entre eux. Le terme "séquestration du carbone" est utilisé pour décrire les processus naturels et délibérés par lesquels le CO₂ est, soit retiré de l'atmosphère, soit détourné des sources d'émission et stocké dans les océans, les habitats terrestres (végétation, sols et sédiments), et les formations géologiques (Lal, 2008). La Fig. 1 ci-dessous traduit les opérations de transfert du carbone dans les différents pools.

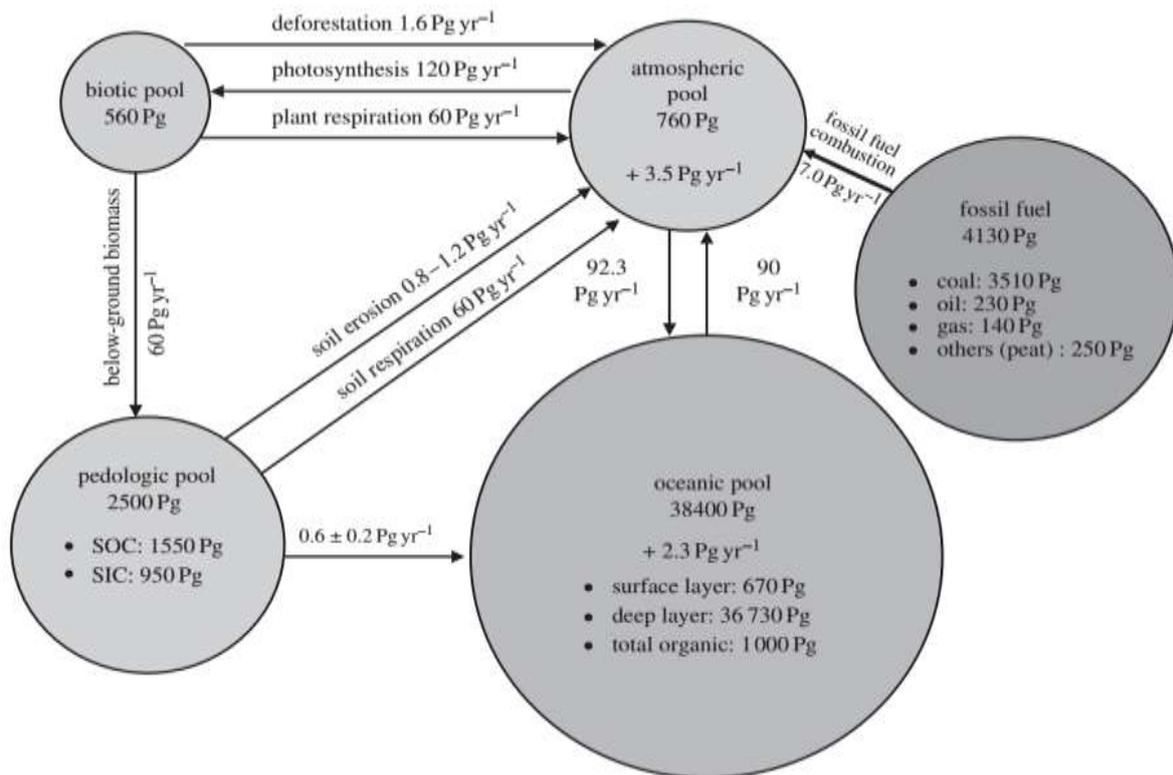


Fig. 1. Transfert de carbone dans les différents pools (Lal, 2008)

I.2.2.10. Cycle de carbone

Le carbone représente la composante de base de tous les composés organiques. C'est l'un des principaux éléments de la vie, impliqué dans la fixation de l'énergie à travers la photosynthèse. Il s'agit du quatrième élément le plus abondant de l'univers après l'hydrogène, l'hélium et l'oxygène. Tout le carbone qui circule à travers le système solaire était présent lors de la formation du système solaire il y a de cela environ 4,5 milliards d'années.

Le cycle de carbone s'inscrit dans les cycles biogéochimiques. Dans ce cycle, il existe divers puits ou réserves de carbone et des processus par lesquels ses différents puits échangent du carbone. Ce cycle comprend quatre volets qui sont (Fig. 2):

- Le mouvement du carbone entre la lithosphère et l'hydrosphère, impliquant le processus de sédimentation et d'altération des roches ;
- les flux de CO₂ entre l'atmosphère et l'hydrosphère à travers les précipitations et l'évapotranspiration ;
- le mouvement des composés organiques entre l'hydrosphère et la biosphère à travers la respiration, la décomposition et photosynthèse ;
- le mouvement du carbone entre la biosphère et l'atmosphère par combustion, la photosynthèse, la décomposition anaérobie et l'oxydation.

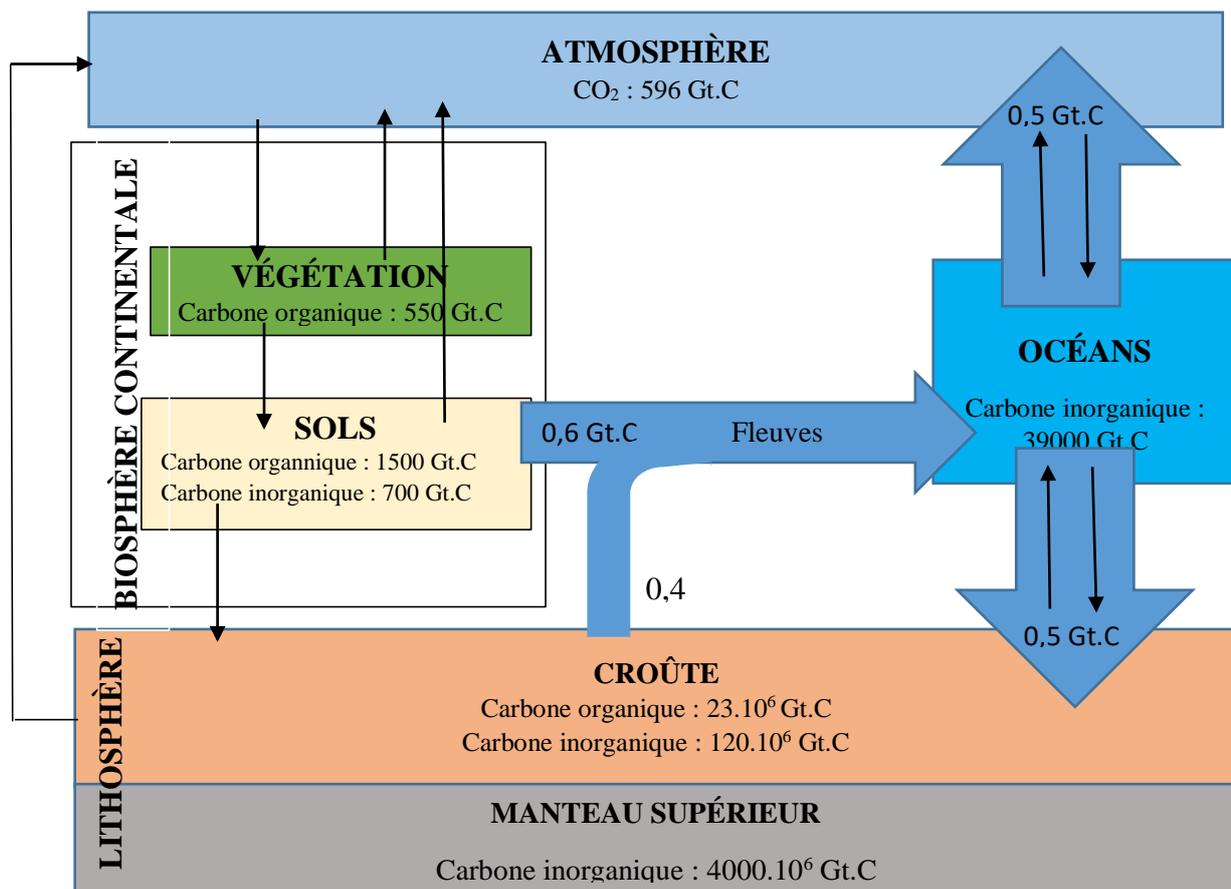
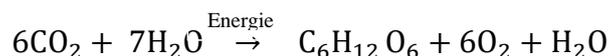


Fig. 2. Schéma simplifié du cycle biogéochimique du carbone (Suchet, 1995)

Le carbone entre dans la biosphère à travers la photosynthèse et en ressort par la respiration. Ces deux processus sont respectivement représentés par les équations ci-dessous :



La photosynthèse est un processus biologique dont l'intensité varie en fonction des saisons. La lumière est un élément déterminant dans la photosynthèse (Zavodnik *et al.*, 1998 ; Vitale et Virzo De Santo, 2012).

I.2.3. Palmier à huile

I.2.3.1. Description taxonomique et botanique

D'après la classification phylogénétique, le palmier à huile, *Elaeis guineensis* Jacq., (*The World Checklist of Vascular Plants*) est une espèce du Règne végétal, Embranchement des Phanérogames, Sous-Embranchement des Angiospermes, Classe des Monocotylédones, Sous-Classe des Arecidae, Ordre des Arecales, Famille des Palmae (Arecaceae), sous-famille Cocoideae, Genre, *Elaeis* (Rival *et al.*, 1997). Le genre *Elaeis* comprend deux principales espèces à savoir *E. guineensis* Jacq. ou palmier à huile africain, à valeur commerciale et *E. melanococca* Gaertn. ou palmier à huile américain, uniquement utile pour l'hybridation. *E. guineensis* présente quatre principales variétés : *E. guineensis* var. *macrocaraya*, *E. guineensis* var. *dura*, *E. guineensis* var. *pisifera* et *E. guineensis* var. *tenera* (Leplae, 1939). *E. guineensis* var. *macrocaraya* présente un endocarpe de 6 à 8 mm d'épaisseur. Il s'agit d'une forme extrême de la variété *dura* largement répandue en Sierra Leone et dans l'ouest du Nigeria, sans aucune valeur commerciale. *E. guineensis* var. *dura* moins productive mais rustique, dispose des fruits avec une coque de 2 à 8 mm d'épaisseur représentant 25 à 55 % de la masse du fruit. Le mésocarpe représente en moyenne entre 35 et 55 % de la masse du fruit. *E. guineensis* var. *pisifera* présente des fruits sans endocarpe, avec de petits grains semblables aux petits pois dans les fruits fertiles *E. guineensis* var. *tenera* présente une valeur commerciale très élevée. Cette variété est le résultat d'une hybridation/croisement entre *E. guineensis* var. *dura* et *E. guineensis* var. *pisifera*. *E. guineensis* est une plante monoïque à cycles successifs de spadices mâles et femelles. Il s'agit d'une espèce allogame à multiplication naturelle par voie sexuée uniquement (Verheyne, 2010 ; Jacquemard, 2011).

I.2.3.1.1. Système racinaire

Sur le jeune plant issu de la germination, les racines proviennent de la base de l'hypocotyle. Le système racinaire est du type fasciculé, formé de plusieurs milliers de racines prenant naissance sur le plateau racinaire situé à la base du stipe, descendant à plus de 6 m de profondeur et s'étendant sur plus de 1,20 m de rayon. Le plateau racinaire, volumineux de 80 cm de diamètre s'enfonce de 40 à 50 cm dans le sol. Les zones non lignifiées, de couleur plus claire, sont les parties absorbantes du système. En effet le palmier à huile présente quatre types de racines. Les racines primaires dont le nombre varie de 6 000 à 10 000 individus vont de la surface du bulbe vers une direction perpendiculaire à celui-ci. Ces organes présentent des dimensions variables allant de 5 à 8 mm de diamètre, et pouvant atteindre jusqu'à 20 m de long. Les racines primaires présentent des parties absorbantes à leurs extrémités (3 à 5 cm). Les

racines secondaires quant à elles sont portées par les racines primaires. Leur nombre est variable, mais habituellement, elles sont de 30 à 40 par mètre linéaire de racine primaire dans la couche supérieure du sol ; de 1 à 3 mm de diamètre et de 0,25 m à plus de 2 m de long. Leur tropisme peut être positif ou négatif et perpendiculairement à l'axe de la racine primaire tout comme les racines primaires, seules leurs extrémités sont absorbantes (5 à 6 cm). Les racines secondaires portent à leur tour des racines tertiaires, de 0,5 à 1,5 mm de diamètre avec au plus 10 cm de long, à raison d'une racine tertiaire pour un centimètre de racine secondaire. Elles sont plus abondantes sur les racines secondaires à tropisme négatif. Comme les précédentes, elles sont absorbantes aux extrémités (2 à 3 cm). Les racines quaternaires suivent la même logique que les autres types. En effet, ces dernières apparaissent sur chaque millimètre de racine tertiaire. Elles sont peu ou pas lignifiées et donc principalement absorbantes, de 0,2 à 0,5 cm de diamètre et de 1 à 1,5 mm de long. Leur épiderme peut porter des pneumatophores en milieu hydromorphe (Jourdan et Rey, 1997 ; Verheye, 2010).

I.2.3.1.2. Stipe

Le palmier est une plante non ramifiée dont la croissance précoce des plantules entraîne la formation d'une tige large appelée stipe (Henry, 1955). Le stipe se forme à partir de 3 ans lorsque l'apex, avec la forme d'un cône inversé atteint son diamètre optimal. La croissance en longueur du stipe est fonction des facteurs environnementaux et héréditaires, avec une moyenne annuelle comprise entre 25 et 50 cm. À maturité, la hauteur du stipe peut aller jusqu'à 25 à 30 m. En condition de culture, il peut atteindre au niveau de la couronne, 12 m de hauteur. Le stipe est en colonne tronconique à la base, sur 1 à 1,5 mètres de hauteur, puis le diamètre est constant. À la base, le diamètre est de 80 à 110 cm, puis de 40 à 50 cm sur la zone cylindrique. Les chicots pétiolaires sont adhérents jusqu'à 15-20 ans. Une cavité lignifiée en forme d'étoile est présente à la base du bulbe à l'interface avec le système racinaire. En coupe transversale, on peut observer de l'extérieur vers l'intérieur, une écorce peu épaisse de couleur blanc crème ; un péricycle grisâtre qui émet des racines lorsqu'il est situé sur le plateau racinaire ou à la base du stipe ; un cylindre central avec à sa périphérie une très forte densité de faisceaux de fibres ligneuses et de vaisseaux conducteurs (Verheye, 2010 ; Corley and Tinker, 2015).

I.2.3.1.3. Système foliaire

Le système foliaire du palmier est produit de façon successive en spirale à partir du méristème. L'ensemble des feuilles d'un individu est appelé couronne et se compose de 40 à 50 feuilles ouvertes à différents stades de développement. La foliation chez *E. guineense* varie en fonction de l'âge. En effet, de 0 à 6 mois, la plante produit une seule feuille chaque

mois. Entre 5 et 6 ans, la foliation est maximale avec une moyenne annuelle comprise entre 30 et 40 feuilles par individu. Le nombre de feuilles produites annuellement diminue ensuite entre 18 et 25 ans. Une feuille adulte peut aller jusqu'à 10 m de long et peser 5 à 8 kg. Une feuille mature a une durée de vie d'environ 2 à 4 ans depuis l'ébauche foliaire jusqu'à la sénescence et la surface foliaire d'un palmier adulte peut atteindre 400 m². Il s'agit des feuilles composées qui comprennent les parties ci-après :

- un pétiole de 1,5 m de long environ ;
- un rachis de 5,5 à plus de 7 m de long ;
- 250 à 350 folioles réparties de façon quasi symétrique sur le rachis (Verheye, 2010 ; Corley and Tinker, 2015).

I.2.3.1.4. Système reproducteur

Une fois que le jeune palmier est bien établi, la floraison commence. Un primordium d'inflorescence est produit à l'aisselle de chaque feuille au moment de l'initiation de celle-ci. Chaque primordium est un producteur potentiel d'inflorescence mâle et femelle. Au bout de deux ans, l'inflorescence atteint le stade de maturation et 9 à 10 mois supplémentaires sont nécessaires pour la floraison et l'anthèse. Le nombre d'inflorescences est, sur chaque palmier fonction du nombre de feuilles produites ainsi que du nombre d'inflorescences qui arrivent à maturité sans avortement.

Prise individuellement, une inflorescence mâle peut produire 10 à 50 g de pollen, soit des millions de grains dont la durée de vie est inférieure à 5 jours en conditions naturelles. En effet, l'inflorescence mâle est portée par un pédoncule long de 40 cm qui comporte 100 à 300 épis digitiformes de 10 à 30 cm de long avec 400 à 1500 fleurs mâles par épi, de forme sessile avec chacune six étamines introrses (Fig. 3).

Une inflorescence femelle est constituée d'un pédoncule court et rigide de 20 à 30 cm de long avec 150 épis trapus et fibreux de 6 à 15 cm terminés par un fort ergot et 5 à 30 fleurs par épi. Les bractées sont dures avec des piquants. La période de réceptivité de l'inflorescence femelle est de 2 à 4 jours (Verheye, 2010 ; Corley and Tinker, 2015).

En ce qui concerne le sexe-ratio des fleurs chez le palmier d'Afrique, la proportion d'inflorescences femelles par rapport aux inflorescences doit être élevée pour obtenir de meilleurs rendements. Cependant, l'ordre et la proportion d'inflorescences mâles et femelles sont peu réguliers. Deux années entières sont nécessaires pour aller de la différenciation sexuelle à l'anthèse. Le sexe-ratio est en partie génétique et déterminé par les conditions climatiques et autres conditions environnementales (Verheye, 2010 ; Corley et Tinker, 2015).

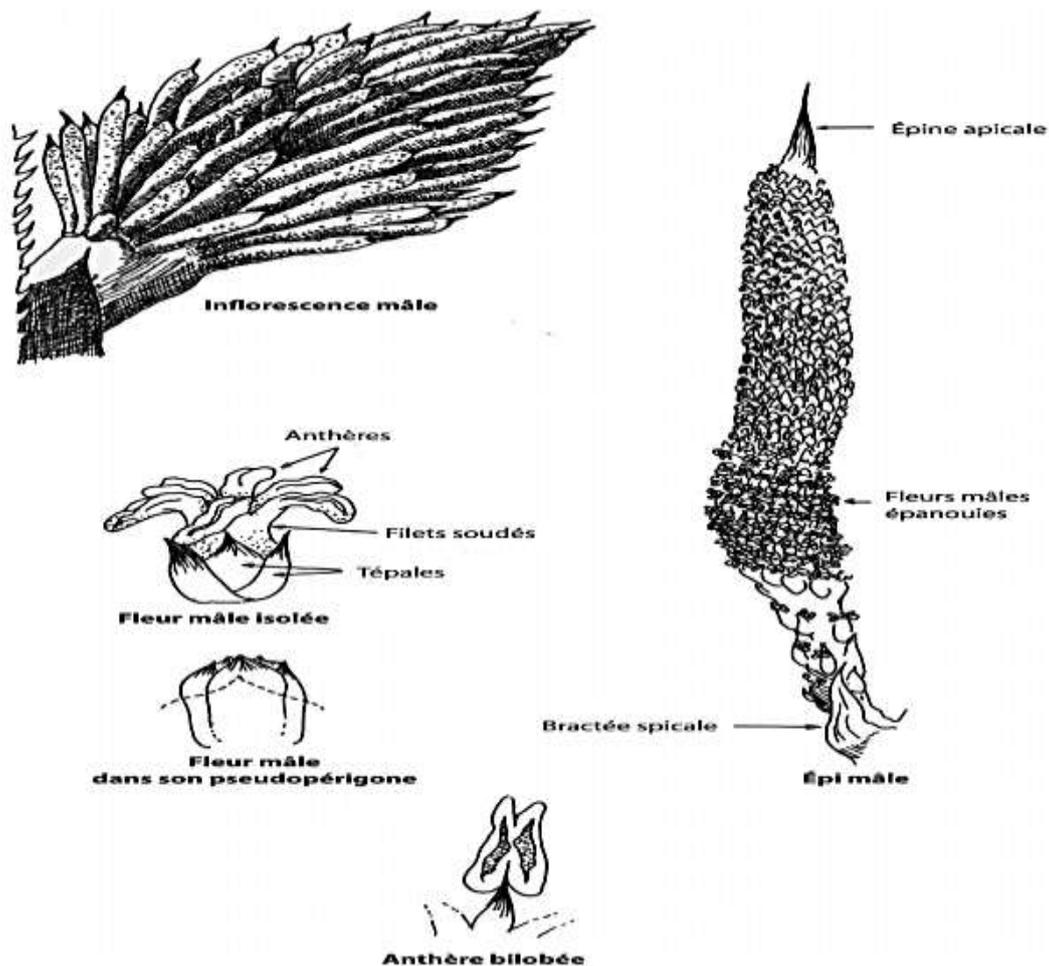


Fig. 3. Structure de l'inflorescence mâle (Jacquemard, 2011)

En effet, la pollinisation du palmier à huile est croisée et présente un caractère entomophile. Sur le même palmier, les inflorescences mâles et femelles qui ont une odeur anisée caractéristique à l'anthèse, se forment séparément et les grains de pollen matures sont disséminés principalement par le vent sur une distance d'au moins 30 m (Fig. 4). Distribuées naturellement, les graines ne germent pas facilement et, en attendant des conditions saisonnières favorables, beaucoup d'entre elles peuvent être attaquées par les rongeurs ou les scarabées. Elles peuvent rester dormantes pendant la saison sèche pour germer 6 à 10 semaines après les premières pluies. Pour qu'elles germent, les graines doivent être exposées à des températures comprises entre 30 et 40°C, pendant 80 jours et un taux d'humidité supérieur à 14,5 %. Après germination, les conditions du milieu ambiant doivent être marquées par un taux d'humidité atmosphérique compris entre 21 et 22 % pour la variété *dura* et 28 à 30 % pour la variété *tenera* (Jourdan et Rey, 1997 ; Verheye, 2010).

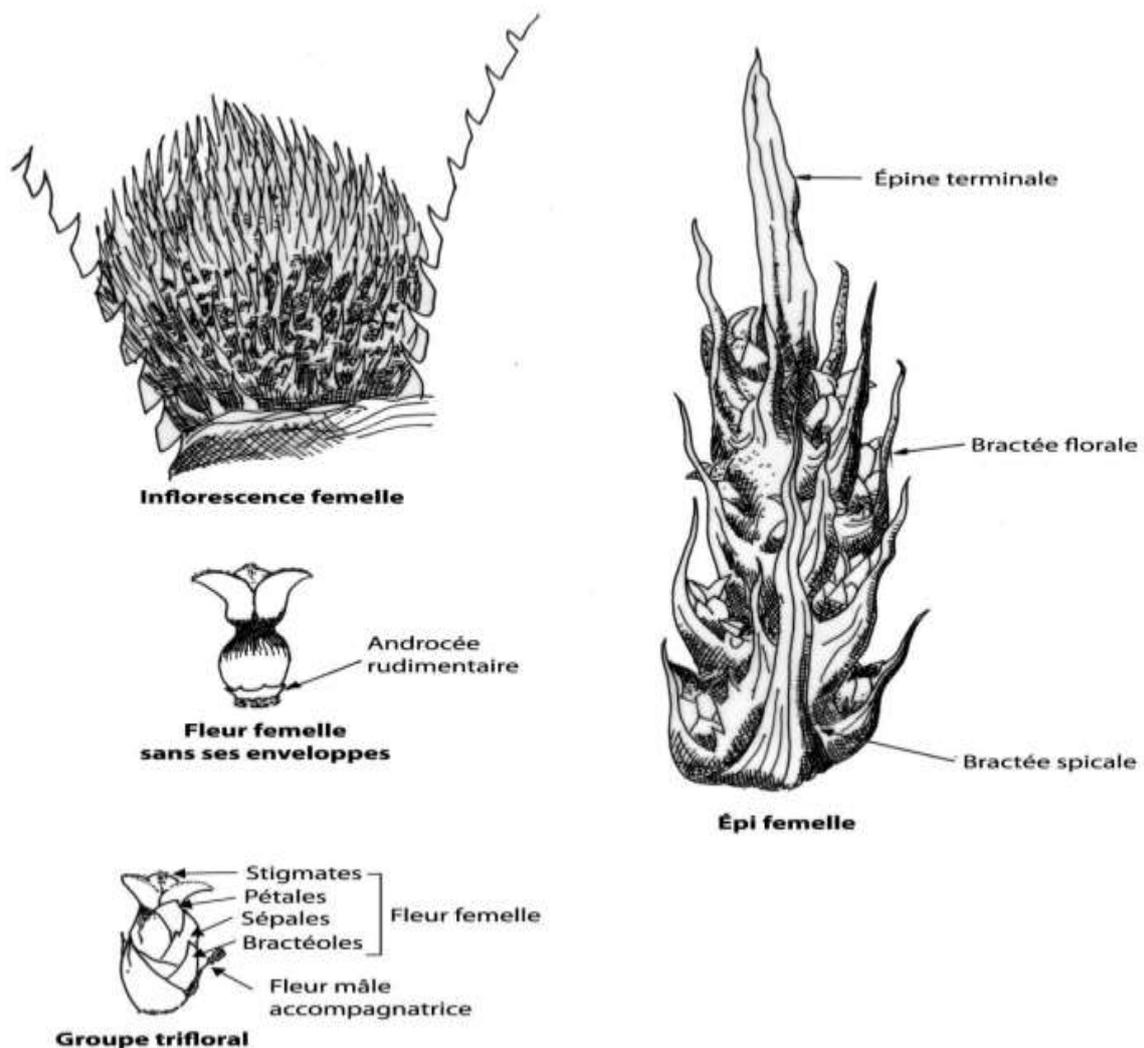


Fig. 4. Structure de l'inflorescence femelle (Jacquemard, 2011)

Chez le palmier à huile, le fruit est une drupe sessile de forme ovoïde variable dont la longueur est de 2 à 5 cm et le poids de 3 à 30 g, comportant les parties suivantes :

- un péricarpe ou épiderme ;
- un mésocarpe ou pulpe ;
- un endocarpe ou coque ;
- une amande ou palmiste.

Le fruit dépend également de la variété du palmier (Fig. 5). En effet, chez la variété *dura*, les fruits parthénocarpiques avec une grosse coque embryonnaire possédant peu de pulpe. Chez la variété *pisifera* la drupe d'origine femelle, stérile en général n'a pas de coque. La variété *tenera* quant à elle est un hybride mendélien simple de *dura* et de *pisifera* donc le fruit parthénocarpique sans coque a une pulpe abondante (Jourdan et Rey, 1997).

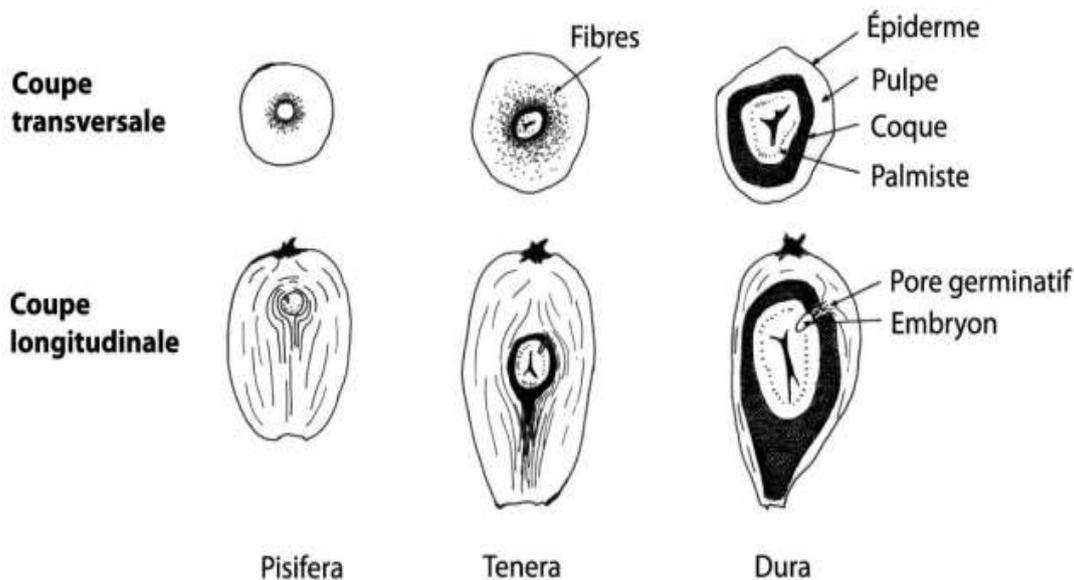


Fig. 5. Description des fruits des différentes variétés de palmier

Cinq à six mois sont nécessaires pour aller de la floraison à la récolte des fruits mûrs dont l'ensemble constitue une grappe qui se forme à l'aisselle de la feuille. Chaque grappe dont la masse moyenne est comprise entre 15 et 25 Kg (parfois jusqu'à 50 Kg) a un nombre de fruits allant de 1 000 à 4 000, ceci en fonction de l'âge et la vigueur du palmier. Ces fruits sont de forme ovoïde et pèsent individuellement 10 à 20 g. Par grappe, la masse des drupes représente 50 à 65 % et cette dernière, du fait de l'épaisseur de l'endocarpe est cinq fois plus faible chez la variété *tenera* par rapport à la variété *dura*. Dans les drupes, l'huile est contenue à différents niveaux notamment dans le mésocarpe (huile rouge) et l'endosperme (huile des palmistes) (Verheyne, 2010).

I.2.3.2. Biologie

La description de la biologie du palmier à huile inclura notamment sa croissance végétative (système racinaire, le stipe et système foliaire), la reproduction et la production.

I.2.3.2.1. Croissance végétative

I.2.3.2.1.1. Système racinaire

Le système racinaire du palmier à huile est un enchevêtrement dense constamment renouvelé et presque superficiel. En effet, 50 à 66 % de ses racines sont développées à moins d'un mètre de profondeur. Outre les racines primaires qui se développent à environ plus de 3 mètres de profondeur, jouant un rôle dans la fixation et la nutrition hydrique, les racines secondaires sont superficielles. Sur sol sableux, le palmier à huile peut avoir des stocks

biomasses racinaires allant jusqu'à 30 à 40 tonnes de matière sèche par hectare (Jacquemard, 2011).

I.2.3.2.1.2. Stipe

Chez *Elaeis guineensis*, le stipe a deux phases de croissance à savoir la croissance horizontale qui va de zéro à 3,5 ans maximum et la phase verticale très lente au jeune âge, accélérée après 3 à 4 ans jusqu'à 15 ans environ, puis connaît un ralentissement jusqu'à au moins deux tiers de la vitesse maximale. La génétique et les conditions environnementales sont des facteurs qui influencent le diamètre du stipe qui assure le transport et le stockage des nutriments (Jacquemard, 2011).

I.2.3.2.1.3. Système foliaire

Le développement foliaire chez *Elaeis guineensis* présente quatre phases à savoir la phase juvénile (25 mois), non apparente; la phase d'élongation rapide (5 mois) au cours de laquelle les feuilles passent de quelques centimètres à 5-8 mètres de long ; la phase d'épanouissement allant de 15 jours à 2 mois et au cours de laquelle, en fonction des conditions environnementales, les feuilles s'ouvrent plus ou moins rapidement ; la phase fonctionnelle qui met environ 2 ans. Chez le palmier à huile, l'apex végétatif présente une symétrie radiale avec un décalage de $135,7^\circ$ à $137,5^\circ$ entre deux feuilles successives. Orientées vers la gauche ou vers la droite selon les individus, les spires sont d'ordre 3, 8 ou 13 et la plus visible et la plus utilisée d'entre elles est d'ordre 8 (Jacquemard, 2011).

I.2.3.2.2. Biologie reproductive

De façon naturelle, la reproduction chez le palmier à huile est sexuée. La multiplication végétative par embryogenèse somatique n'est possible qu'en laboratoire.

La pollinisation est effectuée selon un processus naturel avec pour agent essentiel les charançons Curculionidés du genre *Elaeidobius* qui se nourrissent du pollen et accomplissent l'ensemble de leur cycle biologique sur l'inflorescence mâle. En effet, l'odeur anisée de l'inflorescence mâle attire de nombreux insectes dont les *Elaeidobius*. Lors de leurs déplacements d'une inflorescence à l'autre, ils peuvent être attirés par l'odeur anisée d'une inflorescence femelle en anthèse et cherchant leur nourriture, ils déposent sur les stigmates les grains de pollen dont ils sont porteurs. Ils assurent ainsi la fécondation des fleurs femelles. Les *Elaeidobius* n'étant présents naturellement qu'en Afrique, ils ont été introduits artificiellement sur les autres continents à partir de 1984, afin d'éviter la pollinisation assistée, manuelle auparavant et indispensable pour assurer une production normale de fruits (Ferwerda, 1977).

I.2.3.2.3. Production

Le cycle du palmier à huile est de 25 à 30 ans au-delà desquels l'arbre devient trop grand, les régimes deviennent difficiles à récolter et la production baisse considérablement (Corley et Tinker, 2003 ; Barcelos *et al.*, 2015). Les trois classes d'âges des individus de palmier à huile sont celles présentées ci-dessous :

-] 0 ; 6-7 ans] : désigne le stade jeune qui est divisé en phase immature (0 à 3 ans) et phase de production (de 3 à 6 ans) ;
-] 7 ; 12 ans] : désigne la période prémature ;
-] 12 ans ; ∞ [: qui désigne le stade adulte ou mature (Ferwerda, 1977 ; Jacquemard, 2011 ; Dubos *et al.*, 2020).

Chez le palmier à huile, à l'aisselle de chaque feuille naît une inflorescence dont le sexe est déterminé environ 2 ans avant sa floraison. Le stress est stimulateur de la sexualisation mâle. En général, la sexualisation dépend étroitement du génotype et des conditions de milieu. Les avortements de régimes peuvent être observés même jusqu'à leur maturation. Les mécanismes exacts de sexualisation ainsi que le rôle des avortements dans la mise en œuvre des cycles restent mal connus. La durée moyenne de maturation des régimes dépend aussi bien du génotype que des conditions de milieu. Le fruit croît en volume et en poids pendant environ 75 jours après la fécondation, puis il y a gélification de l'amande pendant environ 55 jours et la véraison commence avec l'accumulation de l'huile dans la pulpe. L'embryon alors totalement formé a besoin d'une certaine maturation pour pouvoir germer correctement. La chute naturelle des fruits commence entre le 165^{ème} et le 190^{ème} jour (Jacquemard, 2011).

I.2.3.3. Distribution et écologie

Le palmier à huile est originaire des tropiques et particulièrement de la partie ouest-africaine. Les pollens fossiles datant du miocène, semblable à celui du palmier à huile actuel ont été trouvés dans les strates du delta du Niger. Le palmier à huile d'Afrique aurait été l'une des principales attractions lors des explorations européennes en Afrique. L'existence des individus se rapprochant morphologiquement de lui avait déjà été mentionnée autour 1434 ainsi que les premières plantations au Libéria dès 1508. De façon spécifique, le palmier à huile est une espèce végétale native de la côte ouest-africaine, de l'Afrique centrale, entre la Guinée et le nord de l'Angola. Il est également répandu vers la partie orientale vers Zanzibar et Madagascar. Cependant, son développement optimal est atteint autour de l'équateur, notamment entre 7° latitude Nord et 7° latitude Sud. De façon sporadique, le palmier à huile se rencontre également au Sénégal et dans la vallée du Haut Niger près de Bamako jusqu'en

Gambie, mais la production est trop faible pour justifier la création des plantations commerciales. Le véritable bassin de distribution en Afrique s'étend de la Guinée, Sierra Leone, Libéria, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Nigeria, jusqu'en Afrique centrale avec le Cameroun, le Congo, le Gabon, la Guinée-Équatoriale et la République Démocratique du Congo. En Afrique de l'Est, l'extension du palmier à huile est irrégulière du fait du climat trop sec qui y règne. La culture n'apparaît à cet effet qu'à des altitudes inférieures à 1 000 m près de lacs ou de cours d'eau où les précipitations sont abondantes tout au long de l'année. La présence du palmier à huile à Madagascar est le fait d'un microclimat local favorable à sa culture (Ferwerda, 1977 ; Jacquemard, 2011).

Le palmier à huile est une espèce naturelle de forêt tropicale humide. Quoique difficile, sa propagation est tout de même possible dans une forêt secondaire dense en raison du faible ensoleillement. Pour un développement et un rendement optimal, l'espèce a besoin de conditions climatiques stables, en notamment en ce qui concerne la luminosité et d'humidité atmosphérique. Tout écart par rapport à ces conditions augmente ou diminue le rendement. *Elaeis guineensis* se développe mieux dans les milieux à basses altitudes (300-400 m) mais peut, sous un microclimat favorable, pousser à des altitudes beaucoup plus élevées, comme c'est le cas sur le Mont Cameroun, où l'on observe des palmiers jusqu'à 1 300 m d'altitude. En Afrique orientale, les palmiers sont observés jusqu'à 1 000 m d'altitude (Verheye, 2010). Certaines conditions sont indispensables pour un meilleur développement du palmier.

I.2.3.3.1. Climat

Pour une croissance optimale, le palmier à huile a besoin d'un minimum de 1800 mm de pluies convenablement étalées dans l'année, conjugué à un déficit hydrique annuel moyen inférieur ou égal à 200 mm. Les pluies diurnes ayant un effet sur les insectes pollinisateurs sont très peu préférées dans le cadre de cette culture par rapport aux pluies nocturnes. Pour une meilleure croissance, l'optimum d'ensoleillement se situe au-delà de 1800 heures / an, avec plus de 12 MJ / m² / jour de rayonnement photosynthétique actif (Ferwerda, 1977 ; Jacquemard, 2011).

La température minimale propice à un meilleur développement du palmier à huile doit être supérieure à 18° C contre un maximum thermique compris entre 28 et 33 °C. Les températures inférieures à 18° C induisent un blocage de maturation des régimes ainsi que des effets létaux. Cependant, les températures comprises entre 33 et 38 °C ne sont supportables que si l'humidité de l'air est suffisante. L'humidité atmosphérique est très importante dans la physiologie du palmier à huile. En effet, un taux d'humidité inférieur à 65 % couplé à une

température de 30° C entraîne une fermeture des stomates et par ricochet la baisse de l'activité photosynthétique. Par contre un taux d'humidité inférieur à 75 % et une température de 30 °C peuvent avoir un effet négatif sur le taux de pollinisation des fleurs à travers la momification des larves d'insectes pollinisateurs (Ferwerda, 1977 ; Jacquemard, 2011).

I.2.3.3.2. Sols

Pour un meilleur épanouissement des plants de palmier à huile, les sols sur lesquels ils se développent doivent être profonds (1 et 2 m de profondeur) et meubles. Le tableau I présente les exigences d'un sol pour un développement optimal du palmier à huile. En effet, le palmier s'adapte à toutes les textures allant de la texture sablo-argileuse légère à la texture argileuse. Les sols sableux et très argileux (teneur en argile supérieure à 80 %) et des horizons compacts à moins de 80 cm de profondeur sont à proscrire, y compris les éléments grossiers de dimensions > 2 mm tels que les sables grossiers (Ferwerda, 1977 ; Jacquemard, 2011).

Tableau I. Niveaux indicatifs des sols propices à la culture du palmier (Jacquemard, 2011)

Éléments	Niveau indicatif
pH	supérieur à 4,0 jusqu'à neutralité
Matière organique	1-2 %
Carbone	1 %
Azote minéral	0,1 %
C/N	10
Phosphore total	300 à 400 ppm
Potassium échangeable	0,2 meq / 100 g
Calcium échangeable	supérieur à 0,05 meq/100g
Magnésium échangeable	0,4 meq / 100 g
Manganèse	200 ppm
Cuivre	10 ppm
Bore disponible	0,3 ppm
Fer	1 %
Molybdène	0,5 ppm
Zinc	0,8 ppm
Capacité d'échange cationique	supérieur à 10 meq/100g

La culture du palmier à huile est influencée par les aménagements du terrain. Le Tableau II ci-dessous résume quelques conditions idéales des terrains pour la culture du palmier à huile.

Tableau II. Caractéristiques et aménagements des terrains pour la culture du palmier à huile (Jacquemard, 2013)

Type de paysage	Caractéristiques	Aménagement requis
Pente	Entre 0 et 10 %	Non nécessaire
	De 10 à 15 %	Diguettes, fosses d'infiltration
	De 15 à 30 %	Terrasses individuelles, terrasses continues en courbes de niveau ou non
	Au-delà de 30 %	Non recommandé
Bas-fonds et zones inondables	Delta et bras mort de rivière	Digues de protection Système de gestion de l'eau performant (maintien de la nappe phréatique à 60-80 cm de profondeur) Routes flottantes

I.2.3.4. Principales pratiques de gestion appliquées au palmier à huile

Plusieurs pratiques de gestion concourent à la mise en place d'une palmeraie. Il s'agit en effet de la préparation du terrain et le piquetage des lignes de plantation ; la mise en champ et la lutte contre les rongeurs. Outre ces étapes, plusieurs autres pratiques permettent de gérer une plantation. Peuvent être citées, les étapes ci-après (Jacquemard, 2013).

- la fertilisation qui commence par le sarclage des ronds autour des palmiers ;
- le désherbage ;
- l'élagage ;
- le contrôle phytosanitaire ;
- la récolte.

I.2.3.4.1. Fertilisation

La fertilisation chez le palmier à huile est fonction du stade physiologique (croissance et production). Au cours de la phase de croissance, la fertilisation a lieu habituellement au début de la petite saison des pluies (mars - mai), lorsque le sol est encore suffisamment humide pour solubiliser les engrais qui sont épandus en couronne autour du jeune palmier à l'emplacement des racines. En effet, au cours des trois premières années qui succèdent la mise en place d'une palmeraie les éléments minéraux suivants sont appliqués (Anonyme, 2013) :

- N est apporté sous forme d'urée à 46% de N ;
- P est apporté sous forme de superphosphate simple à 18% de P_2O_5 ,
- K est apporté sous forme KCl à 60% de K_2O ;
- Mg est apporté sous forme kiésérite à 27% de MgO .

Le tableau III présente les besoins nutritionnels du palmier à huile en fonction de l'âge. Au cours de la première année, au cas où la mise en place aurait pu être achevée fin mai, la dose d'engrais à appliquer est fragmentée en deux épandages. La première est appliquée en juillet et la seconde au mois de septembre afin de faciliter l'assimilation par les jeunes plants. À partir de la cinquième année, la potasse est le principal élément apporté aux plants.

Tableau III. Apports en fumure minérale au cours des trois premières années d'une plantation (Anonyme, 2013)

Année	Fréquence annuelle (Kg / pied)	Urée (Kg / pied)	Superphosphate (Kg / pied)	KCl (Kg / pied)	Kiésérite (Kg / pied)
1	2	0,1	0,2	0,2	0,1
2	2	0,2	0,2	0,2	0,15
3	1	0,5	0,4	0,4	0,3
4	1	0,6	0,4	0,4	0,4
5	1	0	0	0,7	0
6	1	0	0	0,9	0
7	1	0	0	1,2	0
8	1	0	0	1,5	0

Pour ce qui est de la fertilisation en phase de production, en général, les proportions d'éléments minéraux à apporter aux plants sont fixées après des prélèvements différentiels dans l'environnement de la plante. En effet, les proportions d'éléments minéraux varient selon les organes végétaux. Les analyses foliaires sont fréquemment utilisées comme moyen de contrôle pour garantir un bon état nutritionnel dans les palmeraies.

En effet, les déficiences minérales dans les palmeraies dépendent de deux facteurs (Dubos *et al.*, 2020) :

- les réserves minérales du sol, liées à sa texture et à ses propriétés conditionnant ainsi la capacité d'échange de cations (CEC), taux de matière organique (MO) et la nature des argiles ;
- les apports de fertilisants effectués au cours des années précédentes.

Au cours de la phase de production, le potassium est le principal élément exporté par les régimes. Les besoins des plants sont les suivants (Dubos *et al.*, 2020) :

- 0,5 à 1 kg de N / palmier / an ;
- 0,11 à 0,22 kg de P / palmier / an ;
- 0,5 à 1 kg de K / palmier / an ;
- 0,1 à 0,2 kg de Mg / palmier / an.

Il est bien de noter que sur le marché camerounais actuellement, les engrais proposés pour la phase de production du palmier à huile dépendent des besoins de la plante en non des carences des sols. Il revient donc aux producteurs d'effectuer leurs propres analyses de sols et d'établir les proportions des différents éléments pour constituer le fertilisant le plus réaliste possible pouvant répondre aux besoins de la plante en fonction de l'état du sol. Quelques méthodes sont proposées dans la littérature afin de reconnaître certaines carences chez le palmier à huile.

La déficience en azote (N) se manifeste par une décoloration diffuse du feuillage qui prend une teinte vert-jaune. Sa détection dans les plantations adultes est souvent relative et fonction des conditions d'éclairage ce qui limite le diagnostic. Ces effets sont beaucoup plus visibles dans les jeunes peuplements exacerbés par les facteurs tels que l'excès d'eau, l'absence de légumineuses et la densité élevée de graminées qui limitent les ressources en azote du sol. D'où l'importance de résoudre préalablement ces problèmes en même temps que l'on renforce la fertilisation.

L'apparition de bandes de jaunissement sur les bords des folioles qui s'étendent progressivement à tout le limbe et l'apparition de petites taches orangées qui contrastent avec la couleur verte des folioles et les deux types de symptômes indique la déficience en potassium (K) dans les palmeraies (Fig. 6). En effet, ces symptômes sont observés en essais de fertilisation après le non-apport de K. cependant leur interprétation en plantation industrielle est délicate car, les bandes de jaunissement n'apparaissent que lorsque les teneurs foliaires atteignent des niveaux extrêmement faibles (< 0,50 %). Cette situation est rare lorsque les plantations sont fertilisées, même si les apports ne sont pas suffisants pour atteindre de meilleurs rendements.

Pour ce qui est du magnésium (Mg), sa déficience est généralement plus spectaculaire que dommageable. En effet, les plages de décoloration jaune-orangé localisées le plus souvent aux extrémités des feuilles et des folioles apparaissent plus fréquemment en bordure de parcelle. Les symptômes sont renforcés par l'exposition à la lumière : cette particularité en fait aussi un excellent indicateur de déficience, puisque les portions de folioles peu exposées sont plus vertes que le reste du limbe (Fig. 6). Les symptômes sont présents d'abord sur les feuilles basses, avant que l'on observe un effet significatif sur les rendements. Les arbres déficients forment souvent des foyers qui coïncident avec des sols sableux ou caillouteux dont les réserves minérales sont faibles. Pour toutes ces raisons, une application corrective d'engrais ne peut être qu'exceptionnelle et sur de petites surfaces si on ne dispose que de l'observation des symptômes pour appuyer le diagnostic (Dubos *et al.*, 2020).



Fig. 6. Feuilles jaunes sur une tige de *E. guineensis* var. *tenera* indiquant une déficience en azote (Dubos *et al.*, 2020) (a : signe de carence)

I.2.3.4.2. Élagage et désherbage

Chez le palmier à huile, l'élagage consiste à couper les 14 à 20 palmes qui, parmi les 24 palmes produites annuellement ne sont pas éliminés par la récolte, en laissant 5 feuilles par spire dans chacune des 8 spires, soit 40 feuilles dans la couronne. Cette opération devrait s'effectuer environ 1,5 fois par an et notamment lieu au cours de la période de basse production de telle sorte que les palmiers les plus fournis n'aient pas plus de 50 feuilles au début de la haute saison afin de pouvoir faciliter le repérage des grappes mûres. Cette opération s'effectue à l'aide d'une faucille à manche plus ou moins courte, ou d'une machette, ceci en fonction de l'âge des plants ou du peuplement. Outre le fait d'éliminer les palmes s'effectue souvent de façon simultanée l'élimination des fougères et l'andainage. Pour ce qui est du désherbage, il s'effectue habituellement au début de la saison sèche afin de diminuer la densité des herbacées dont la levée a été facilitée par les pluies (Jacquemard, 2013 ; Anonyme, 2013).

I.2.3.4.3. Contrôles phytosanitaires

Le contrôle phytosanitaire dans l'élaeiculture est conseillé à tout âge et de façon permanente. En effet, il porte pour les jeunes peuplements sur les attaques de rongeurs ; les dégâts causés par des infestations de *Coelaenomenodera*, de criquets, de chenilles défoliatrices ou d'Oryctes. L'abattage est suffisant pour réduire le *Coelaenomenodera* dans les jeunes peuplements. Par contre la pulvérisation de pyréthrinoïdes de synthèse (deltaméthrine,

cyperméthrine), ou de bactéries (*Bacillus*) permet de combattre efficacement les criquets et chenilles défoliatrices qui attaquent annuellement 5 à 10% des plants au jeune stade. L'extirpation au crochet des larves et insectes adultes au cours des deux premières années permet de combattre les attaques des *Oryctes* (Anonyme, 2013).

I.2.3.4.4. Récolte des grappes

La récolte des grappes désigne l'opération qui consiste à couper les régimes mûrs, les porter et à les ranger, ainsi que les fruits détachés, sur l'aire de collecte. Pour ce faire, deux techniques sont utilisées, en fonction de la taille des individus. En effet, pour les individus jeunes, les régimes sont coupés, puis extraits de la couronne à l'aide d'un ciseau large, sans couper de palme qui sert de support, ce qui avantage le développement de la plante. Par contre, à partir de la septième année, les palmes gênantes et le régime sont coupés avec une faucille munie d'un manche dont la taille est fonction des mensurations de l'individu. Les palmes sont par la suite rangées dans l'andain par le récolteur (Anonyme, 2013).

I.2.3.5. Palmier à huile et accords internationaux

Dans le cadre du développement de la filière « Palmier à huile », les cadres politiques adoptés par les États permettent l'élaboration et la mise en œuvre de leurs politiques nationales visant à soutenir une production durable d'huile de palme et à réduire ses impacts sur la biodiversité.

La déclaration de Marrakech de 2016 lors de la vingt-deuxième conférence des parties (COP 22), dont le but était de soutenir une production durable d'huile de palme en Afrique, en est une illustration parfaite. Il s'agit d'un engagement pris par sept pays africains, notamment la République centrafricaine, la Côte d'Ivoire, la République démocratique du Congo, le Ghana, le Liberia, la République du Congo et la Sierra Leone, afin de protéger plus de 70 % des forêts tropicales d'Afrique contre la surexploitation de l'huile de palme. Bien que le Cameroun n'ait pas été signataire de cette déclaration, ces pays représentent à eux tous seuls, plus de 250 millions d'hectares de forêt tropicale, soit 13 % de la surface totale des forêts tropicales de la planète. Cette avancée va dans le sens de mettre le développement durable, les droits humains et la collaboration avec l'industrie, les peuples autochtones et les groupes de la société civile au cœur du développement du secteur de l'huile de palme sur le continent africain.

Quelques outils internationaux sont considérés par ce secteur d'activité, à savoir la Convention sur la Diversité Biologique (CDB), les Objectifs de Développement Durable (ODD), la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification et la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNCC). La totalité des pays

producteurs d'huile de palme et bien d'autres sont parties prenantes de la CDB. Ces derniers se sont engagés dans le Plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020, avec pour objectif de « prendre des mesures efficaces et urgentes pour stopper la perte de la biodiversité ». En effet, le Plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020 comprenait 20 objectifs spécifiques d'Aichi et plusieurs d'entre eux (objectifs 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12, 13, 19 et 20) sont pertinents pour la production et la consommation d'huile de palme. L'Agenda 2030 pour le Développement Durable, adopté par les gouvernements du monde avec 17 objectifs dits de Développement Durable et donc l'objectif 15 relatif à la sauvegarde la vie sur terre, est le plus directement lié aux implications de la culture du palmier à huile pour la conservation de la biodiversité. Par ailleurs, bien d'autres se rapportent à cette problématique notamment l'objectif 1 (mettre fin à la pauvreté) ; l'objectif 6 (une eau propre pour tous) ; l'objectif 8 (croissance économique) ; l'objectif 12 (production et consommation responsables) ; l'objectif 13 (action climatique) ; et l'objectif 16 (une gouvernance efficace). Également, le Cadre stratégique 2018-2030 de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, offre un engagement mondial en faveur de la « neutralité de dégradation des terres ». De même, à travers l'accord de Paris de 2015, la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques a accepté de limiter le réchauffement climatique à moins de 2° C au-dessus des niveaux préindustriels (Anonyme, 2018a). Autant d'éléments pouvant permettre aux pays producteurs d'élaborer de bonnes stratégies permettant la protection de la diversité biologique et le développement durable autour de la production de l'huile de palme. C'est l'exemple de la riposte du Conseil malaisien de l'huile de palme qui, au moment où la France à travers le sénateur Yves Daudigny, a lancé en fin 2012 une campagne anti-huile de palme avec un projet de loi visant à surtaxer les ingrédients fabriqués à partir de l'huile de palme, s'est dressé contre les arguments par ce projet de taxe (Rival et Levang, 2013). Cette défense aurait pu être mieux encadrée si les outils juridiques et normes environnementales étaient déjà à cette époque mis en valeur dans cette filière.

I.2.3.6. Impact de l'élaeiculture sur la biodiversité

L'élaeiculture symbolise les antagonismes entre conservation de la biodiversité et le développement économique dans les pays du Sud. La mise en place des plantations de palmier à huile est, outre le désherbage, souvent subordonnée à des coupes à blanc des arbres et autres types biologiques, entraînant ainsi plusieurs conséquences sur la diversité biologique des milieux. En effet, la perte d'habitat causée par le déboisement et les feux précédant le développement des cultures de palmier à huile a un impact direct majeur sur la biodiversité. À

l'échelle mondiale en général, le développement de l'élaeculture est responsable de moins de 0,5% de la déforestation, mais dans certaines parties des tropiques, ce chiffre peut atteindre 50 %. Ainsi, les écosystèmes élaeicoles sur les plans écologique et structurel sont beaucoup moins diversifiés que les forêts tropicales, et même d'autres systèmes de cultures pérennes, et cette diversité spécifique décroît de façon significative avec la conversion des forêts en plantations (Fitzherbert *et al.*, 2008). Par contre, certaines études témoignent d'une plus grande diversité écologique et spécifique dans les petites exploitations, par rapport aux plantations industrielles. Cependant, du fait de leurs rendements faibles, entraînant des besoins plus élevés en terre, les bénéfices de conservation des petites plantations sont probablement limités. Il apparaît également des conflits homme-faune du fait que des espèces comme les orangs-outans ou les tigres parfois déplacés par la déforestation, causant ainsi des conflits avec les populations qui vivent autour des plantations. On note également les émissions de gaz à effet de serre, liées au défrichage et au drainage des tourbières, les pollutions atmosphériques résultant du brûlis lors du défrichement, la baisse de la qualité de l'eau en aval des plantations et de la diversité des espèces d'eau douce, les espèces envahissantes associées au palmier à huile, les effets d'invasions de nuisibles et les impacts secondaires de la chasse (Anonyme, 2018a). Les gouvernements et les instances de décision internationales font face aux réalités sociales, économiques et écologiques liées au palmier à huile.

En effet, le palmier à huile est une culture très rentable et l'huile de palme est utilisée dans plusieurs produits au point où des actions simples et directes, telles que les boycotts, ont peu de chances de réussir. Par ailleurs, la demande d'huile de palme certifiée durable est actuellement insuffisante et l'influence politique insuffisante des groupes environnementaux sur deux des plus grands marchés que sont la Chine et l'Inde pour ralentir le taux de conversion des forêts. La culture du palmier à huile a amélioré la vie des communautés rurales pauvres, bien qu'elle ait également déshérité certaines communautés autochtones.

I.2.3.7. Certification RSPO

Les pressions internationales sur la filière palmier à huile ont entraîné la création de la RSPO (*Roundtable for Sustainable Palm Oil*) en 2004 suite aux discussions lancées par le WWF qui déjà au début des années 2000, a relevé les limites des gouvernements à pouvoir réguler le système agroalimentaire. Le but de la RSPO est de réduire la déforestation, préserver la biodiversité et respecter les moyens de subsistance des communautés rurales dans les pays producteurs. Il s'agit de développer et de mettre en application des normes mondiales pour la production d'huile de palme durable par le biais de critères crédibles et l'engagement des parties

prenantes qui sont uniquement des privés. Les scientifiques et les gouvernements n'interviennent qu'en qualité d'observateur et de conseiller (Do, 2018).

La certification désigne la procédure par laquelle un organisme agréé et indépendant garantit qu'un produit, service ou processus répond aux exigences d'un cahier des charges (normes) d'une organisation. Il s'agit d'un processus d'évaluation de la conformité aboutissant à l'assurance qu'un produit répond à certaines exigences. Concernant la filière palmier à huile, plusieurs certifications existent, notamment : « Sustainable Palm Oil Manifesto » (SPOM), Palm Oil Innovation Group » (POIG) ou encore « RSPOnext » (Rival *et al.*, 2016). Cependant, ces dernières ont pour base les Principes et Critères de la RSPO. La première norme RSPO en 2004 comptait huit (08) Principes et 39 critères. Le nombre de Principes est resté stable, mais en 2013, on observait déjà 43 Critères. La révision de 2018 a porté la norme RSPO à 7 Principes, 42 Critères et 147 Indicateurs (Anonyme, 2018b).

I.2.3.8. Profil de l'élaeculture au Cameroun

Le palmier à huile est une plante spontanée de la région forestière méridionale et océanique, exploitée de façon artisanale avant l'ère coloniale. Les premières plantations coloniales seront créées entre 1904 et 1907. La création de la station de l'Institut de Recherche pour les Huiles et Oléagineux (IRHO) de Dibamba en 1947, la Société Camerounaise de Palmeraies (SOCAPALM) en 1968, la mise en place d'usines de transformation et le développement des plantations villageoises entre 1970 et 1980 sous la houlette du Fonds National du Développement Rural (FONADER), marquent la phase moderne de l'élaeculture au Cameroun. La crise économique de la fin des années 90 viendra porter un sérieux coup à cette dynamique avec pour conséquences directes la redéfinition des relations entre planteurs villageois et les industries de transformation ; le développement de nouveaux sites et des palmeraies villageoises non encadrées ainsi que des presses artisanales d'huile de palme. Le 21^{ème} siècle a apporté un souffle nouveau à la filière avec la création du Programme de Développement des Palmeraies Villageoises (PDPV) mais par ailleurs l'entrée en jeu du groupe français Bolloré qui actuellement contrôle la SOCAPALM, la Société Africaine Forestière et Agricole du Cameroun (SAFACAM) et la Société des Palmeraies de la Ferme Suisse (SPFS) (Anonyme, 2014a). Au Cameroun, la culture du palmier à huile se fait dans les Régions du Littoral, Centre et Sud (Anonyme, 2014a).

En effet, les plantations de palmier à huile sont estimées par le Mouvement Mondial pour les Forêts Tropicales ou World Rainforest Movement (WRM) à plus de 14 millions d'hectares. Cette superficie est partagée entre plantations naturelles / traditionnelles et

industrielles. Le tableau IV présente une estimation des superficies occupées par le palmier à huile au Cameroun.

Tableau IV. Superficies occupées par le palmier à huile au Cameroun (Carrère, 2010)

	Compagnies	Superficies (ha)
Agro-industries	CDC	41 000
	Ferme Suisse/SOCAPALM	34 651
	Pamol	9 000
	SAFACAM	4 500
	Total	89 150
Plantations villageoises « supervisées »		35 000
Plantations traditionnelles indépendantes		100 000
Total		135 500

Les études relatives au précédent cultural des espaces occupés par le palmier à huile montrent que ce dernier a colonisé dans les localités d'Eseka, Dibombari, Muyuka et Mundemba au Cameroun, 3,9 % de forêt primaire, 66,9 % de forêt secondaire et 17,4 % de terrains occupés par des anciennes plantations (Anonyme, 2014b). Par ailleurs, le tableau V ci-dessous présente les différents intervenants en fonction de leurs classes sociales et de leurs origines dans la Région du Littoral au Cameroun.

Tableau V. Présentation de l'élaeiculture en fonction des réserves foncières et des classe sociales (Anonyme, 2014b)

	Superficie moyenne des palmeraies (ha / ménage)					
	Jeunes plantations	Plantations matures	Vieilles plantations	Superficie des palmeraies	Terrains non exploités	Propriété totale
Elites	6,8	21,1	13,4	41,3	15,1	56,4
Ouvriers	1,4	5,4	18,0	24,8	6,7	31,5
Allogènes	2,0	10,1	8,6	20,7	3,9	24,6
Autochtones	1,7	3,5	3,7	8,7	12,5	21,2

Les pratiques culturales, notamment la fertilisation, ne sont pas uniformément appliquées par les différents acteurs de l'élaeiculture (tableau VI). Les données ci-dessous ont été obtenues dans les plus grands bassins de production de l'huile de palme du Cameroun, à savoir Eseka, Dibombari, Muyuka et Mundemba.

Tableau VI. Fertilisation des palmeraies en fonction des types de producteurs (Anonyme, 2014a)

Type de producteur	Régularité de l'application d'engrais (% de répondants)		
	Application régulière	Application irrégulière	Pas d'application
Elites (n = 41)	4,0	42,7	53,3
Ouvriers (n = 40)	0,0	29,1	70,9
Allogènes (n = 51)	0,0	24,5	75,5
Autochtones (n = 44)	0,0	27,6	72,4
Total (en %) (n = 176)	1,1	30,9	68,0

I.2.3.9. Palmier à huile, dérivés et atouts nutritionnels

Le palmier à huile constitue la plus grande source d'huile végétale au monde, avec un rendement moyen estimé à 3,5 tonnes d'huile par hectare, pouvant être porté au plein potentiel situé entre 11 et 18 tonnes (Barcelos *et al.*, 2015). Plusieurs usages sont faits de l'huile de palme. Elle est utilisée notamment dans l'alimentation (sauces, cuisson des aliments et industrie alimentaire), l'industrie cosmétique, comme source d'énergie spécifiquement le biodiesel (Pirker *et al.*, 2016). Du palmier à huile, peuvent dériver plusieurs autres produits notamment les engrais à travers ses cendres, les toitures des habitats à travers ses feuilles, des médicaments dans la pharmacopée à travers ses racines, la production du vin dit « de palme » et la production des agro combustibles (Carrère, 2010).

Les fruits du palmier à huile sont la source végétale la plus riche en provitamine A et en vitamine E. Par conséquent, l'élaéculture réduit à la fois la pauvreté et pourrait fournir une solution pratique simple pour éliminer la carence mondiale en provitamine A. L'huile de palme est composée de 50 % d'acides gras saturés et 50 % d'acides gras insaturés (Barcelos *et al.*, 2015).

I.2.4. Stockage de carbone dans les systèmes de cultures à base de *Elaeis guineensis*

Par son importance avérée dans l'alimentation, l'industrie pharmaceutique et la production de l'énergie, le palmier à huile connaît une extension considérable en matière de superficie au détriment des forêts naturelles. Cela entraîne une réduction des réserves naturelles de carbone et de la biodiversité. Quelques études se sont intéressées au potentiel de stockage de carbone des plantations de *E. guineensis*. Au Brésil, les travaux de Sanquetta *et al.*, (2015) ont permis d'établir une relation allométrique à partir des plants âgés de 3 à 36 ans sur lesquels, le diamètre à 50 cm au-dessus du sol, le diamètre de la couronne, la hauteur du stipe et la hauteur

totale ont été mesurés. Les résultats obtenus ont permis d'observer une forte corrélation entre la hauteur totale, la hauteur du stipe et l'âge des plants. Aussi, les variables du stipe (diamètre et hauteur) et l'âge influencent fortement la biomasse totale des individus. Pour une plantation de 25 ans, le stock de carbone a été de 35 tonnes / ha.

Une étude similaire a été menée en Inde avec pour but d'évaluer la croissance, le potentiel de stockage de carbone des plantations de palmiers à huile suivant une chronoséquence. Ici, c'est la méthode non destructive qui a été utilisée. Les paramètres biométriques (hauteur du stipe, hauteur de la couronne, la hauteur totale, le diamètre du tronc à 10 cm au-dessus du sol) ont été collectés ainsi que les mesures de biomasses, sur 148 plants appartenant à un ensemble de plantations âgées entre un et onze ans. La variation de la biomasse dans les différents organes biologiques est fonction de l'âge. Chez les individus âgés de 1 à 3 ans, la couronne stocke environ 65 % du total de carbone. Par contre, les plants âgés de quatre (04) à onze ans ont présenté une plus grande densité de carbone dans le tronc (67,96 %). La biomasse aérienne totale était fortement corrélée avec la hauteur du tronc ($r = 0,985$), la hauteur totale ($r = 0,994$) et l'âge ($r = 0,973$). Aussi, il y a une augmentation linéaire des stocks de carbone dans les différents peuplements avec l'âge, allant de $43,48 \pm 0,40$ tC/ha ($6,00 \pm 0,43$ tC/ha contenus dans la biomasse et $37,48 \pm 0,82$ tC / ha contenus dans le sol) pour une plantation âgée d'un (01) an à $80,46 \pm 0,78$ tC / ha ($49,90 \pm 0,35$ tC /ha contenus dans la biomasse et $30,56 \pm 0,13$ tC / ha contenus dans le sol) pour une plantation âgée de onze (11) ans. Les résultats ont également montré que le carbone organique du sol est plus élevé dans les jeunes plantations, comparé au carbone contenu dans la biomasse et diminue au fil des années tandis que celui contenu dans la biomasse augmente (Singh *et al.*, 2018).

Une autre étude relative à la quantification des stocks de carbone aérien pour un temps de rotation de 25 ans, au moyen d'équations allométriques a été effectuée en Indonésie sur un échantillon de 25 plantations soumises à des pratiques culturales et des conditions différentes du milieu. Au seuil de 5 %, des stocks de carbone variant de 42,04 à 42,10 t / ha ont été séquestrés dans les plantations industrielles installées sur sol minéral ; 39,75 à 40,30 t /ha ont été séquestrés dans les plantations industrielles installées sur sol riche en tourbe ; 37,42 à 38,09 t / ha ont été séquestrés dans les petites exploitations de palmier à huile installées sur sol minéral (Khasanah *et al.*, 2015).

En Malaisie, une étude comparative des réserves de carbone entre les systèmes agroforestiers, les monocultures et les forêts tropicales a été réalisée. En ce qui concerne les systèmes agroforestiers, trois combinaisons en fonction de l'âge ont été effectuées notamment (1) palmier à huile (27 ans) et bois d'agar (7 ans), (2) palmier à huile (20 ans) et bois d'agar (7

ans) et (3) palmier à huile (17 ans) et bois d'agar (5 ans). Pour ce qui est de la monoculture du palmier à huile, les travaux ont été effectués sur les plantations de 16 ans et 6 ans. Les stocks totaux de carbone des systèmes agroforestiers ont respectivement été de 79,13 ; 85,40 et 78,28 tC / ha. Ceux des monocultures ont été de 76,44 et 60,30 tC / ha. La forêt tropicale naturelle a stocké la plus grande quantité de C, soit 287,29 tC / ha. Ces résultats ont montré une différence significative entre les trois milieux au seuil de 5 % (Besar *et al.*, 2020). La question est donc de savoir comment faire pour introduire ou conserver les plantes ligneuses dans les peuplements de palmier à huile qui sont quasiment héliophiles.

L'ensemble des résultats obtenus dans les différents travaux montrent clairement que la séquestration du carbone au sein des plantations d'*Elaeis guineensis* est influencée par plusieurs paramètres notamment l'âge des peuplements, les conditions du sol et de l'environnement ainsi que les pratiques culturales. D'autres facteurs peuvent être associés, notamment le génotype des plants.

Une étude récente effectuée au Gabon a permis d'avoir quelques données d'estimation de biomasse de palmier à huile dans le Bassin du Congo. Cette étude a été effectuée sur dix-huit individus de palmier âgés de 35 ans. La répartition de la biomasse a été observée entre différents compartiments biologiques. Il ressort à cet effet que les fruits et les folioles ont contribué en moyenne à hauteur de 6 % à la biomasse épigée totale des palmiers, les pétioles à hauteur de 8 %, les rachis à hauteur de 13 % et la tige à hauteur de 73 % (Migolet *et al.*, 2020). La proportion de carbone dans un échantillon de masse donnée est importante pour en estimer le stock de carbone séquestré dans l'individu tout entier ou dans l'ensemble de tout un écosystème. Les travaux de Rugayah *et al.* (2014) ont estimé à 48,9 % la teneur en carbone d'un échantillon de fruits de palme de masse donnée.

I.2.4.1. Modèles allométriques d'estimation de la biomasse chez *Elaeis guineensis*

Un modèle allométrique est une relation mathématique qui prédit une variable par rapport à une ou plusieurs autres (Picard *et al.*, 2012). En écologie les équations allométriques permettent d'estimer, de façon courante et économique, la biomasse ou le volume des composants des arbres en fonction du diamètre à hauteur de poitrine (DBH), de la hauteur et parfois de la densité. Ces équations sont dérivées des valeurs mesurées de la masse de l'arbre par rapport à son DBH et à sa hauteur.

Plusieurs modèles allométriques ont été construits pour estimer la biomasse chez les individus de *E. guineensis*. Migolet *et al.* (2020) ont construit des modèles allométriques à partir des données collectées sur 18 individus de palmiers à huile, issus d'une plantation âgée de 35

ans au Gabon dans le Bassin du Congo. Le modèle 6 est beaucoup plus simple à utiliser car estime la biomasse sur la base du DBH ainsi qu'il suit :

$$\ln B = a + b \ln(\text{DBH})$$

Où B désigne la biomasse totale sèche, DBH, le diamètre à hauteur de poitrine, a et b sont des facteurs d'échelle estimés empiriquement avec pour valeurs respectives -6,256) et 3,10 :

Sur le terrain, il existe bien souvent des jeunes palmiers dont la couronne est située à moins d'un mètre du sol. Une équation qui estime la biomasse à partir de la hauteur totale (HT) serait idéale.

$$\ln(B) = a + b \ln(\text{HT})$$

où B désigne la biomasse totale, HT la hauteur du stipe et a (2,616) et b (1,604) sont des facteurs d'échelle estimés empiriquement.

Migolet *et al.* (2020) ont défini des équations permettant d'estimer séparément :

- la biomasse des feuilles (BLeaf) : $\ln(\text{BLeaf}) = b \ln(\text{DBH}^2 \times \text{HT} \times \text{NF})$, où NF désigne le nombre de feuilles ;
- rachis (BRachis) : $\ln(\text{BRachis}) = a + b \ln(\text{DBH}^2 \times \text{HT} \times \text{NF})$;
- Stipes la biomasse (BStem): $\ln(\text{BStem}) = a + b \ln(\text{DBH})$.

Khasana *et al.* (2015) afin d'estimer la biomasse contenue dans le stipe du palmier, se sont servis du modèle :

$$T_b (\text{kg} / \text{palme}) = 0,25 \times \pi \times D^2 \times H_1 \times \rho,$$

où ρ (395) représente la densité du palmier à huile exprimée en Kg / m³ ; D étant le diamètre de la tige mesurée à 10 cm au-dessus du niveau du sol et H₁ désigne la hauteur du stipe. Ici le tronc du palmier est pris pour un cylindre régulier. La même relation a été utilisée par Singh *et al.* (2018).

I.2.4.2. Carbone organique du sol

Le carbone organique du sol (COS) désigne le carbone présent dans la fraction du sol qui passe à travers les mailles d'un tamis de 2 mm (Whitehead *et al.*, 2012). Il existe une corrélation positive entre les stocks de carbone organique du sol et les précipitations. La corrélation est négative entre la distribution verticale de COS et la température. La structure du sol et l'utilisation des terres influencent le carbone organique du sol. Le matériau parental, les précipitations, les températures, la géologie (topographie), les propriétés physicochimiques du sol (structure et texture du sol) et les systèmes d'utilisation des terres ont une influence sur les stocks de carbone organiques du sol (Hobley *et al.*, 2015).

Les facteurs qui influencent les stocks de COS sont différents de ceux qui influencent sa distribution verticale. En effet, le climat a une forte influence sur les stocks de COS à de faibles profondeurs (0-20 cm) alors que la texture et la structure du sol ont une forte influence à des profondeurs supérieures à 20 cm (Jobbagy et Jackson, 2000 ; Badgery *et al.*, 2013).

Les changements d'utilisation des terres influencent les stocks de COS près de la surface (0-10 cm). Théoriquement, les changements dans l'utilisation des terres devraient également affecter les stocks de COS en dessous de cette profondeur, car ces derniers impliquent généralement un changement de végétation (par exemple, reboisement ou défrichage de terres à des fins agricoles), et le type de végétation influence fortement le COS ainsi que sa distribution verticale (Jackson *et al.*, 2000). Willaarts *et al.* (2015) ont montré que le stock de carbone organique du sol est fortement corrélé par sa teneur en argile et la profondeur. Les travaux de Barré *et al.* (2017) et ceux de Xue et An (2018) ont montré que le mode d'utilisation du sol a une influence sur les stocks de carbone organique du sol (COS) et même d'azote (N) disponible et que les milieux forestiers sont les plus riches en COS et N par rapport aux systèmes de cultures.

Chapitre II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel

II.1.1. Description des sites d'étude

Les présents travaux ont été effectués dans les peuplements d'*Elaeis guineensis* des localités de Ngoas et de Nkong-Abok 1. La localité de Ngoas appartient à l'Arrondissement de Lobo, Département de la Lékié, Région administrative du Centre Cameroun. Elle est située à environ 30 Km de la ville de Yaoundé, au point de coordonnées 5°19'22'' longitude Est et 3°55'19'' latitude Nord (UTM). La localité de Nkong-Abok 1 quant à elle, appartient à l'Arrondissement de Ngoumou, Département de la Mefou et Akono, Région administrative du Centre Cameroun. Elle est située à environ 54 Km de la ville de Yaoundé, spécifiquement au point de coordonnées 3° 42' 00" latitude Nord et 11° 26' 00" longitude E (Oyekale, 2016).

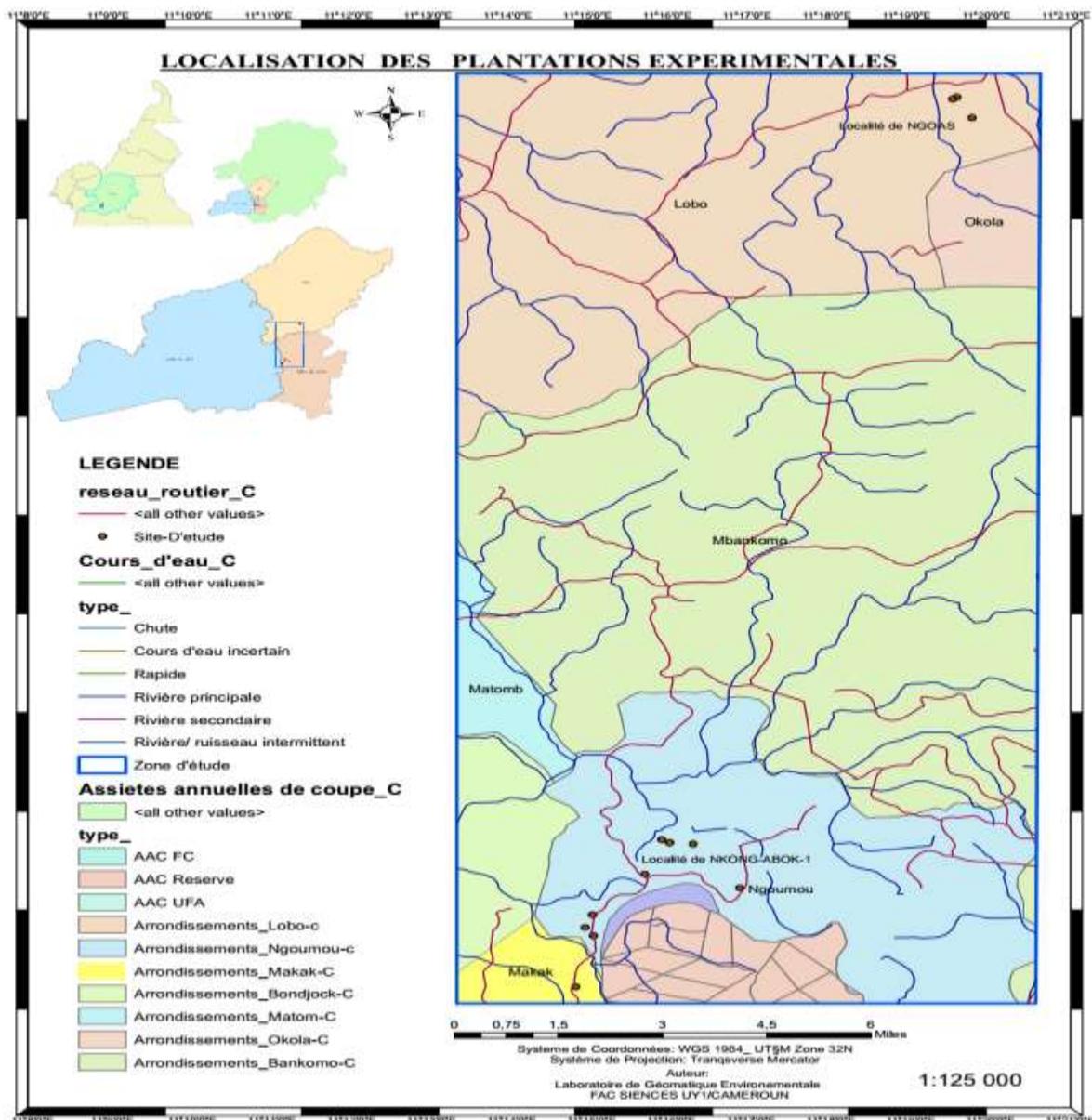


Fig. 7. Localisation des sites d'étude

II.1.2. Choix du type de plantation et des plantations

L'accès aux plantations industrielles et supervisées a été conditionné par des autorisations dont l'obtention auprès des responsables n'a pas été possible. D'où le choix des plantations villageoises, appartenant aux petits producteurs, faciles d'accès. Par ailleurs, les petits producteurs ont été choisis dans le cadre de cette étude parce qu'ils apparaissent comme étant les plus dépendants des ressources naturelles (Yaovi *et al.*, 2021). Par ailleurs, le respect des paramètres liés à la superficie (au moins 1 ha) et à la productivité a également été requis. En effet, l'absence de certains propriétaires de palmeraies dans la localité de Nkong-Abok 1 est la conséquence de l'échantillonnage de 9/12 palmeraies soit 75 %, comparé à la localité de Ngoas où toutes les plantations ont été prises en compte.

II.1.3. Matériel technique

Le matériel technique indispensable est constitué de plusieurs outils notamment :

- un appareil Global Positioning System (GPS) de marque Garmin Map 64 S pour relever les coordonnées géographiques des plantations ainsi que des placettes d'échantillonnage ;
- un ruban diamétrique pour mesurer les circonférences des différents plants d'*Elaeis guineensis* Jacq. ainsi que celles des autres espèces ;
- un penta décimètre pour mesurer les côtés des différentes placettes ;
- un bâton en raphia gradué en cm pour mesurer la hauteur des palmiers de petites tailles ;
- une boussole pour orienter les différentes placettes au sein des plantations ;
- une balance électronique pour peser les petits échantillons à prélever ;
- un peson électronique de capacité maximale 50 Kg pour peser les organes de grande masse ;
- des planches à presser et du papier journal pour conditionner les espèces herbacées non identifiées en échantillons d'herbier pour une identification ultérieure ;
- une étuve qui a permis de sécher les différents échantillons collectés sur le terrain ;
- des enveloppes papier au format pour emballer les espèces herbacées prélevées pour être séchées au laboratoire ;
- deux cylindres creux de 20 cm de long avec un diamètre interne de 10 cm pour prélever les échantillons de sols afin de calculer la bulk density ;
- une machette pour effectuer les différentes opérations ;
- un plantoir pour creuser le sol afin d'en prélever des échantillons ;
- des emballages en nylon pour conditionner les échantillons de sols prélevés ;

- des sécateurs pour prélever certaines parties des plantes comme spécimens d'herbier ;
- un appareil photo de marque Sony de 20,1 méga pixels avec un grossissement X5 pour capter les images importantes ;
- un clinomètre de marque Stiren pour obtenir les angles d'inclinaison devant servir au calcul des hauteurs des palmiers et des grands arbres.

II.2. Méthodes

II.2.1. Dispositifs d'échantillonnage

Dans le cadre de cette étude, un inventaire floristique et un inventaire des palmiers et espèces associées ont été réalisés dans les palmeraies sélectionnées. Pour ce faire, un dispositif imbriqué constitué d'une placette principale de 25 × 25 m (Sonwa *et al.*, 2007) à l'intérieur de laquelle 5 quadrats de 1 x 1 m ont été matérialisés, soit un quadrat au centre et un dans chacun des quatre coins de celle-ci, a été utilisé. Dans chaque quadrat de 1 x 1 m, un sous-quadrat de 0,5 × 0,5 m a par la suite été installé pour l'échantillonnage des litières (Fig. 9). Les inventaires floristiques et la collecte des biomasses des herbacées ont été effectués dans les quadrats 1 x 1 m. Sur le terrain, ces placettes, quadrats et sous-quadrats ont été délimités à l'aide d'une ficelle et des jalons préalablement taillés à l'aide d'une machette pour faciliter leur fixation dans le sol.

Dans le cadre de cette étude, la disposition des placettes au sein des plantations était fonction des différents gradients (pente, couleur du sol, couvert herbacé) et le nombre de placettes par plantation était de 40 % de la superficie de la plantation. Cependant, il faut noter que le choix de la parcelle de 25 x 25 m dans le cadre de cette étude se justifie par le fait que celle-ci permet d'obtenir des résultats d'inventaire les plus précis. Par ailleurs, ce sont des dispositifs favorables à la collecte de données en milieu de culture, car sont mieux adaptés et optimisent la précision. En outre, la large utilisation de ce dispositif lors des opérations de collecte de données en foresterie tropicale (Sonwa *et al.*, 2007 ; Thiombiano *et al.*, 2016 ; Siarudin *et al.*, 2021 ; Fernandes *et al.*, 2018) permet également de justifier son utilisation dans le cadre de la présente étude.

Les échantillons de feuilles, de fleurs et de fruits ont été collectés suivant un taux d'échantillonnage fixé à 5 % de la superficie de chaque plantation au sein des placettes de 25 x 25 m. Dans ces dernières, une feuille a été prélevée sur uniquement un palmier, de même pour les fleurs et les régimes de grappes. L'échantillonnage a été minimisé ici afin d'éviter la destruction des organes photosynthétiques et de reproduction.

Les échantillons de sols ont été prélevés dans des points choisis en fonction des gradients de couvert végétal, de couleur du sol, de pente et de proximité d'un cours d'eau (Hage Hassan *et al.*, 2018).

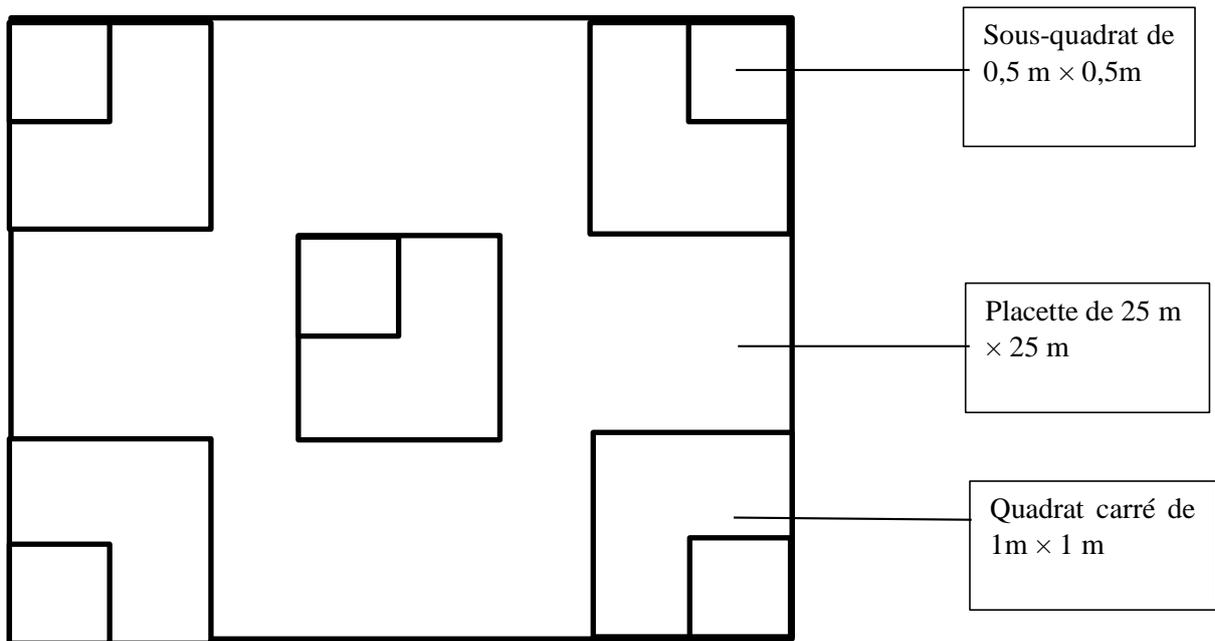


Fig. 8. Dispositif imbriqué de collecte des données au sein des agrosystèmes élaeicoles villageois

L'inventaire des espèces associées a été effectué à travers un inventaire itinérant dont le principe a consisté pour les prospecteurs, à se placer à la bordure de la plantation et à se déplacer le long des interlignes des plants de palmier (Fig. 10) en inventoriant les bananiers et les arbres présents dans la parcelle (Kouadio *et al.*, 2018 ; Yenilougo *et al.*, 2019).

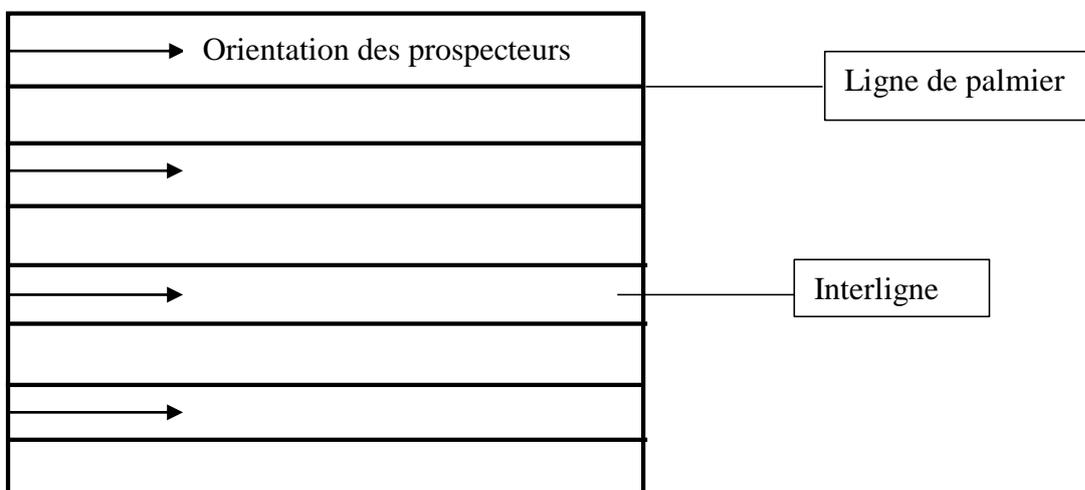


Fig. 9. Dispositif d'inventaire itinérant pour les espèces associées

Avec l'autorisation des propriétaires des plantations, un échantillon de 5 % de noix et de feuille a été fixé pour les prélèvements des grappes et des fleurs dans chaque plantation, ceci à cause de leur caractère sensible sur la productivité des agrosystèmes. Pour le cas particulier des fleurs, le fait que ces derniers apparaissent à la base des feuilles au niveau de la couronne ne rend pas aisé leur prélèvement car cette opération peut parfois entraîner la blessure de la feuille surtout pour les individus de grande taille.

II.2.2. Méthodes de collecte des données

II.2.2.1. Méthode de collecte des données pour la caractérisation des plantations

Les données relatives à la caractérisation des agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) ont été obtenues à travers une enquête auprès des propriétaires de ces AEVs, suivie des observations de terrain. À cet effet, dans les localités de Ngoas et Nkong-Abok 1, un questionnaire structuré autour de l'âge des AEVs, la superficie, le statut foncier des terres exploitées, le précédent cultural, les pratiques de gestion, a été soumis à chaque propriétaire de plantation (Aholoukpe *et al.*, 2013).

Après les enquêtes auprès des propriétaires d'AEVs, des descentes dans les plantations ont été faites. Les différentes informations, notamment les superficies des plantations ont été confirmées à l'aide d'un récepteur GPS ; les pratiques de gestion ont été confirmées par l'aspect des plants et des agrosystèmes.



Fig. 10. Aperçu d'un agrosystème élaeicole villageois dans la localité de Ngoas (a : rangée de palmier ; b : andain de feuilles élaguées)

II.2.2.2. Inventaires floristiques et mesures dendrométriques

Les opérations d'inventaire floristique au sein des écosystèmes élaïcoles ont concerné les espèces de la strate inférieure (notamment les herbacées et les plantules d'espèces ligneuses), les individus d'*Elaeis guineensis* et les espèces associées (bananiers et les espèces ligneuses arbustives et arborescentes). Un accent particulier a été mis sur les espèces de la strate inférieure, car il s'agit des milieux ouverts, en principe pauvres en espèces ligneuses.

L'inventaire des individus d'*Elaeis guineensis* a consisté à leur comptage systématique dans les placettes préalablement installées, ceci le long des lignes en marquant les individus déjà comptés à la craie de couleur blanche. Aussi, les circonférences des palmiers ayant un stipe bien individualisé ont été mesurées à l'aide d'un mètre ruban à 10 cm au-dessus du sol ou après les racines. Les hauteurs ont été estimées à travers la méthode trigonométrique développée par Rondeux (1982) en utilisant un clinomètre. Pour les individus de petite taille, les hauteurs ont été mesurées à l'aide d'un bâton en raphia gradué en cm.

Les espèces associées ont été inventoriées à travers un inventaire itinérant, allant d'une bordure de la plantation à une autre, en circulant à travers les interlignes de palmiers. Au cours de cette activité, tous les arbres, arbustes et bananiers ont été comptés et identifiés. La circonférence des bananiers, les arbres et arbuste de diamètre ≥ 10 cm, a été mesurée à l'aide d'un ruban diamétrique à 1,30 m au-dessus du sol pour les opérations d'estimation de biomasse (Condit, 1998).

Les inventaires floristiques dans la strate inférieure ont été effectués dans les quadrats carrés de 1×1 m. Lors des opérations d'inventaire, les coefficients d'abondance dominance de Braun-Blanquet (1932) ont été attribués aux différentes espèces identifiées en fonction de leur recouvrement moyen.

Sur le terrain l'identification des espèces a été faite directement sur la base de leurs caractères distinctifs par une équipe de botanistes du laboratoire de Botanique-Écologie du Département de Biologie et Physiologie Végétales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé 1. Les guides locaux ont également permis d'obtenir les noms de certaines espèces en langue *Kôlo Beti* ou en nom commercial. Pour les espèces dont l'identification était douteuse, des spécimens d'herbier ont été collectés et pressés à l'aide d'une planche pour une identification ou une confirmation ultérieure à l'Herbier National de Yaoundé au Cameroun.

II.2.2.3. Méthodes d'estimation de la biomasse dans les Agrosystèmes élaeicoles

II.2.2.3.1. Estimation de la biomasse des organes aériens des palmiers

Au sein de chaque placette de 25×25 m, le nombre total de feuilles a été compté sur chaque palmier. Par la suite, sur chaque palmier une feuille physiologiquement viable a été prélevée à la base de son rachis à l'aide d'une machette pour les individus de petite taille ou d'une faucille pour les individus de grande taille (Fig. 12).

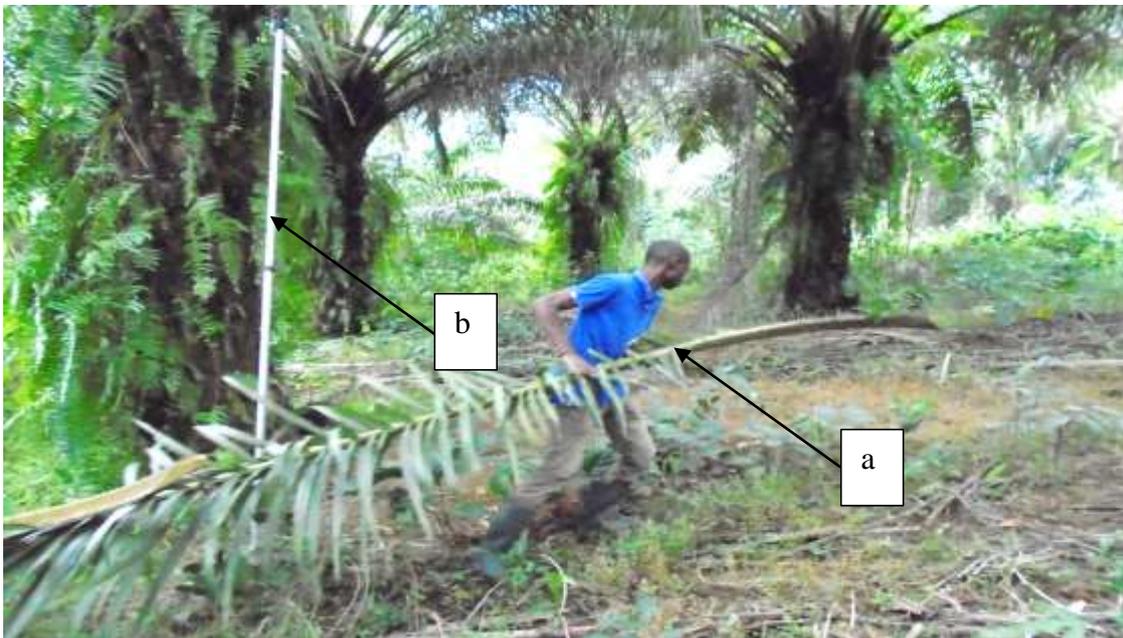


Fig. 11. Feuille de *Elaeis guineensis* prélevée à l'aide d'une faucille pour l'évaluation de la biomasse (a : feuille ; b : faucille)

Les différents compartiments de chaque feuille à savoir, le rachis, le pétiole et les folioles, ont été séparés. Ces derniers ont été pesés séparément à l'aide d'un peson (Fig. 13) en utilisant un sac en nylon. Après cette première pesée qui avait pour but de déterminer la masse totale de l'organe considéré, un échantillon a par la suite été prélevé et pesé à l'aide d'une petite balance électronique et conditionné dans une enveloppe en papier étiquetée.



Fig. 12. Pesée de quelques compartiments de la feuille de *E. guineensis* (a : peson électronique ; b : rachis d'une feuille de palmier ; c : folioles contenues dans un sac en nylon)

Également, sur chaque palmier contenu dans les différentes placettes de 25×25 m, le nombre total de fleurs a été compté. Des prélèvements ont été effectués soit en utilisant une faucille dans le cas des individus de grande taille, soit avec une machette dans le cas des individus de petite taille, suivant le taux d'échantillonnage fixé, suivis des pesées des organes entiers à l'aide d'un peson électronique. Des échantillons de fleurs et de fruits ont été prélevés (Fig. 14), conditionnés dans des enveloppes en papier et étiquetés pour des traitements ultérieurs au laboratoire (Sunaryathy *et al.*, 2015).



Fig. 13. Fleurs mâles du palmier disséquées

Les mensurations (hauteurs et diamètres) prises lors des opérations d'inventaire des palmiers dans les différentes placettes ont été utilisées pour l'estimation de la biomasse des stipes.

II.2.2.3.2. Méthode d'estimation de la biomasse des espèces de la strate inférieure

Les espèces d'herbacées et ligneuses au stade de plantule ont été récoltées au sein des quadrats installés dans les parties non défrichées de chaque agrosystème élaeicole villageois (AEV) au moment de la collecte des données. À l'aide d'une machette bien tranchante, ces dernières ont été coupées à ras. Lorsque leur biomasse était importante dans un quadrat, une pesée de l'ensemble de la récolte se faisait sur le terrain à l'aide d'une balance portative et une fraction de cette biomasse était prélevée, pesée et conditionnée dans des enveloppes en papier, puis portée au laboratoire.

II.2.2.3.3. Méthodes d'échantillonnage des litières et des sols

Toutes les litières présentes dans les sous-quadrats de $0,5 \times 0,5$ m ont été prélevées à la main et pesées. Lorsque dans un sous-quadrat les litières étaient abondantes, une fraction était prélevée, pesée, conditionnée dans les enveloppes en papier, étiquetées et portées au laboratoire. Par contre, lorsque les litières collectées dans une unité d'échantillonnage étaient moins abondantes, elles étaient entièrement pesées et conditionnées.

S'agissant des sols, deux types d'échantillons ont été prélevés sur le terrain, à savoir ceux devant servir à déterminer la densité apparente et ceux devant servir aux analyses de laboratoire afin de déterminer la quantité de carbone organique, le potentiel d'hydrogène (pH), la matière organique (MO), l'azote (N) et le phosphore (P).

Afin d'évaluer la densité apparente du sol, un tube métallique de forme cylindrique de 30 cm de long et de 5 cm de diamètre interne, chapeauté par un couvercle visant à protéger ce dernier d'une quelconque déformation due à l'action du marteau, a été conçu. En effet, À chaque point de prélèvement, la partie superficielle du sol, constituée de la litière et des herbacées a été préalablement dégagée à l'aide d'une houe. Par la suite, le tube en métal sus-évoqué a été enfoncé verticalement sous l'action du marteau jusqu'à ce que la terre remplisse entièrement la colonne du cylindre (Fig. 15). Le cylindre métallique (initialement taré à vide) contenant la colonne de terre a été pesé directement sur le terrain afin d'avoir la masse fraîche de la colonne de terre prélevée. La terre contenue dans le cylindre a été extirpée à l'aide d'un objet pointu et elle a été conditionnée dans des enveloppes en papier préalablement étiquetées.



Fig. 14. Dispositif pour le prélèvement des échantillons de sol en vue de l'évaluation de la densité apparente (a : tube métallique ; b : sol excavé)

S'agissant des échantillons de sol destinés aux analyses relatives à la détermination de la concentration en carbone organique, du pH, de la MO, de l'N et du P, pour chaque profondeur (0-30 cm et 30-60 cm), les prélèvements ont été effectués en creusant le sol à l'aide d'un plantoir (Fig. 16). La terre creusée a été déversée sur une bâche en plastique afin de faciliter le mélange. À chaque niveau de profondeur, un échantillon composite a été prélevé dans chaque point de collecte. Les différents échantillons de terre de chaque plantation en fonction des niveaux de profondeur, ont été mélangés et un échantillon composite final. Un échantillon de sol de chaque profondeur a été prélevé et conditionné dans une enveloppe en papier, soit deux échantillons par plantation.

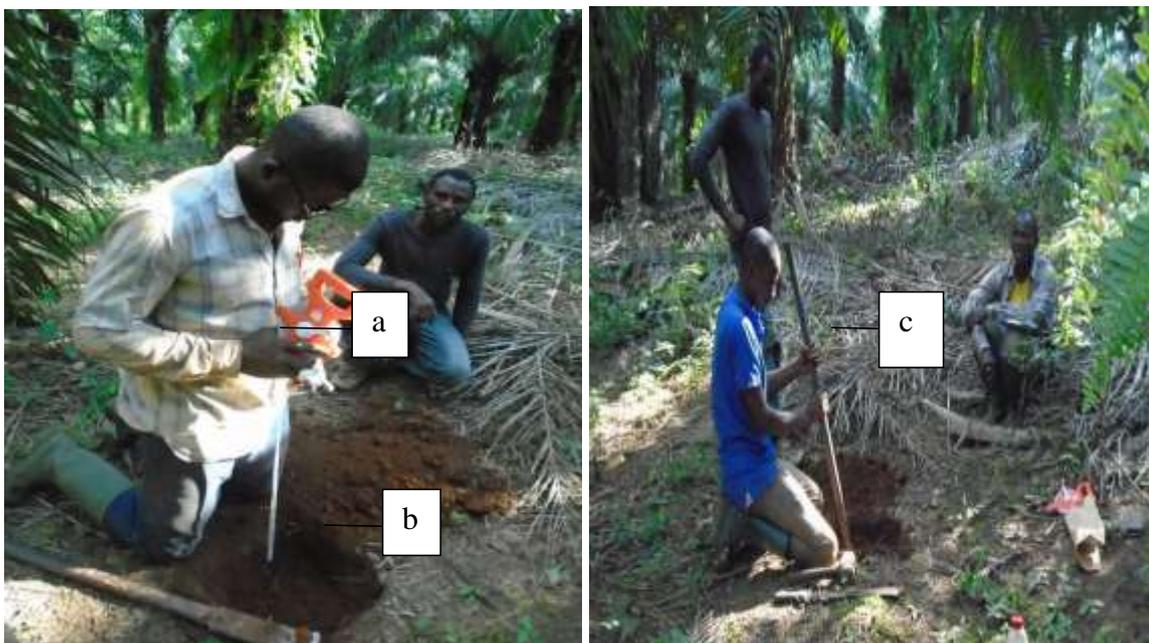


Fig. 15. Prélèvement des échantillons de sols (a : outil de mesure de la profondeur ; b : point de prélèvement ; c : plantoir)

II.2.4. Analyse des données

Toutes les données ont été encodées dans le tableur Excel du programme Microsoft office 2013 où certains tableaux et histogrammes ont été construits. Les différentes analyses ont été faites à l'aide du logiciel R. Comme l'a fait Mounmemi (2021), la normalité des données pour les différentes variables, a été testée par le test de Shapiro-Wilk au seuil de significativité de 5 %. Les moyennes ont été comparées à travers le test de Tukey lorsque la p-value du test de Shapiro-Wilk était > 5 % et à travers le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé dans le cas contraire. Pour ce dernier cas, la comparaison des moyennes a été faite à travers le logiciel Rstudio à l'aide de la fonction Kruskal.

II.2.4.1. Analyse des données de caractérisation des agrosystèmes élaicoles villageois

Un tableau récapitulatif des variables et de leurs modalités a été présenté. Pour chaque variable, les différentes modalités ont été présentées sous forme d'un tableau de fréquences. Les superficies et les âges ont été présentés aussi bien de façon linéaire qu'en classes. Les liens entre variables ont été testés à travers le test de χ^2 (Aholoukpe *et al.*, 2013). Une analyse factorielle des données mixtes avec une classification hiérarchisée, prenant en compte les pratiques de gestion et leurs modalités, les âges des agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs), le précédent cultural, le mode de gestion, les superficies, les densités des AEVs, les densités foliaires et de grappes par plant, a été effectuée afin de définir les types des palmeraies.

II.2.4.2. Analyse des données floristiques des agrosystèmes élaicoles villageois

La détermination du nom scientifique des espèces identifiées en langue *Kôlo Beti* et en nom commercial a été faite au laboratoire de Botanique et Écologie, notamment à l'aide du recueil des noms des plantes en langues ethniques du Cameroun d'Onana et Mezili (2018). La confirmation des noms scientifiques attribués sur le terrain et les autres noms des espèces non identifiées sur le terrain a été faite à l'Herbier National du Cameroun sis à Yaoundé, sur la base des spécimens collectés et des images captées. L'orthographe des noms scientifiques des espèces a été mise en conformité en fonction des informations recueillies dans le site « www.gbif.org » conformément aux règles de « Angiosperm Phylogeny Group » (APG IV).

Après les opérations d'inventaire floristique, les coefficients d'abondance dominance de Braun-Blanquet (1932), utilisés par Clarito *et al.* (2020), ont été traduits en recouvrements moyens (RM) des espèces de la strate inférieure des agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) ainsi qu'il suit, afin d'effectuer les calculs des indices de diversité :

- + : individus de l'espèce peu ou très peu abondants, avec un recouvrement faible, moins de 1 % de la surface du sol et à RM de 0,5 % ;

- 1 : individus abondants avec un degré de recouvrement faible, situé entre 1 et 10 % de la surface du sol et à RM de 5 % ;
- 2 : individus très abondants avec un degré de recouvrement faible, situé entre 10 et 25 % de la surface considérée et à RM de 15 % ;
- 3 : individus couvrant 25 à 50 % de la surface du relevé quel que soit leur nombre et à RM de 37,5 % ;
- 4 : individus couvrant 50 à 75 % de la surface du relevé quel que soit leur nombre et à RM de 62,5 % ;
- 5 : individus couvrant plus de 75% de la surface du relevé quel que soit leur nombre et à RM de 87,5%.

La richesse spécifique (RS), appelée diversité α , correspond au nombre d'espèces végétales présentes dans une communauté donnée (Whittaker, 1972). La richesse spécifique (RS) des espèces associées au palmier à huile a été estimée en fonction de la typologie des AEVs où une ANOVA utilisant le test de comparaison des moyennes de Tukey a permis de comparer les différentes moyennes. Une matrice de corrélation a permis de ressortir les liens et le niveau d'influence que l'altitude, l'âge et la densité des AEVs ont sur la RS des AEVs.

Les indices de diversité ont été calculés automatiquement à l'aide du logiciel Past, utilisé par Al-Robai *et al.* (2017). La diversité spécifique a été exprimée à l'aide des indices de diversité, notamment l'indice de Shannon, l'indice de Piélu et l'indice de Simpson, utilisés par Tchagnouo *et al.* (2012), Mirazadi *et al.* (2017), Angoni *et al.* (2018) et Nangndi *et al.* (2021).

L'indice de Shannon-Wiener ($\overline{H'}$) utilisé par Mbaiyetom *et al.* (2021), donné par l'équation ci-dessous où i désigne une espèce du milieu d'étude et S , le nombre total d'espèces ; n_i désigne le nombre d'individus de l'espèce i et N est l'effectif total des individus de toutes les espèces. P_i désigne le rapport de n_i/N . il s'agit de l'abondance proportionnelle, ou pourcentage d'importance de l'espèce, ou fréquence spécifique de chaque espèce. $\overline{H'}$ est compris entre 0,5 et 4,5. Proche de 0, cet indice traduit une faible diversité et une dominance de quelques espèces. Lorsque $\overline{H'}$ est < 2 , il exprime une diversité faible. Compris entre 2 et 3, il exprime une diversité moyenne et supérieure à 3, il traduit une grande diversité des espèces végétales présentes au sein du biotope.

$$\overline{H'} = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

L'indice d'équitabilité de Piélu (J) également utilisé par Mbaiyetom *et al.* (2021) qui, bien souvent accompagne l'indice de Shannon pour décrire la diversité alpha. Cet indice en

effet, traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum théorique. Il permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 à 1. Proche de 0, la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce. Voisin de 1, toutes les espèces ont la même abondance et le peuplement est dit régulier (Blondel, 1979). Il a été calculé à l'aide de l'équation ci-dessous où \overline{H}'_{max} désigne le $\log_2 S$ où S est le nombre total d'espèces.

$$J = \frac{\overline{H}'}{\overline{H}'_{max}}$$

L'indice de Simpson, permet d'estimer la biodiversité β d'une communauté (Fangliang et Xin-Sheng, 2005). Il a permis d'évaluer la diversité des espèces entre différents peuplements et est calculé suivant la formule ci-dessous, où n_i représente l'effectif de l'espèce i , D désigne la somme des résultats obtenus pour chacune des espèces présentes et N renvoie au nombre d'individus de l'échantillon. Sa valeur varie entre 0 et 1. Proche de 0, la communauté présente une faible diversité tandis que voisine de 1, la communauté est fortement diversifiée.

$$D = 1 - \sum \left[\frac{n_i \times (n_i - 1)}{N \times (N - 1)} \right]$$

Le coefficient de similitude de Sørensen (β), encore appelé indice de similarité, utilisé par Kono *et al.* (2015) et donné par l'équation ci-dessous, où c : représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats ; S_1 : représente le nombre d'espèces pour l'habitat 1 ; S_2 : représente le nombre d'espèces pour l'habitat 2. β exprime le pourcentage d'espèces communes entre deux unités d'échantillonnage comparées. Pour $\beta > 50\%$, les unités d'échantillonnage comparées appartiennent à une même communauté végétale. Ce coefficient a permis d'évaluer la similarité floristique entre pratiques culturales, précédents culturels, les classes d'âge et d'altitude et la densité des plantations.

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2} \times 100$$

De façon générale, les indices de diversité des AEVs ainsi que leurs valeurs dans les différents types d'AEVs ont été présentés. Les ANOVA utilisant le test de comparaison des moyennes au seuil de 5 %, ont permis d'observer la variation de l'indice de Shannon et de Piélou en fonction de la typologie des plantations et des variables telles que l'altitude, l'âge et la densité des AEVs. La variation de l'indice de Simpson en fonction des mêmes variables a été testée à l'aide du test non paramétrique de Kruskal-Wallis au seuil de 5 %. Une matrice de

corrélation de Pearson a permis de dégager les variables qui ont une influence forte, positive et significative sur les indices de diversité.

Le coefficient de similitude de Sorensen, utilisé par Noiha *et al.* (2017), a permis de dégager les similitudes floristiques des AEVs en fonction de leur typologie.

Le fond floristique des AEVs a été présenté de façon globale et par type d'AEV. Les espèces dominantes en fonction de leurs abondances cumulées, sont celles qui ont été prises en compte (Miabangana *et al.*, 2020).

II.2.4.3. Calcul du stock de carbone des agrosystèmes élaicoles villageois

Les opérations de sechages des différents échantillons au Laboratoire de Botanique et Écologie de la faculté des sciences de l'université de Yaoundé 1 ont été effectuées afin de déterminer leurs biomasses sèches. C'est ainsi que les échantillons des organes des palmiers collectés sur le terrain ont été séchés à l'étuve à 75 °C jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Les échantillons d'espèces herbacées ont également été séchés à la même température (Segura et Kanninen, 2005). Par contre, les échantillons des litières ont été séchés à 80 °C jusqu'à l'obtention d'une masse constante (Pearson, 2007). Les échantillons des sols destinés à être utilisés pour l'estimation de la densité apparente ont été séchés à l'étuve à 105 °C jusqu'à obtention d'une masse constante (Nagorny, 2013).

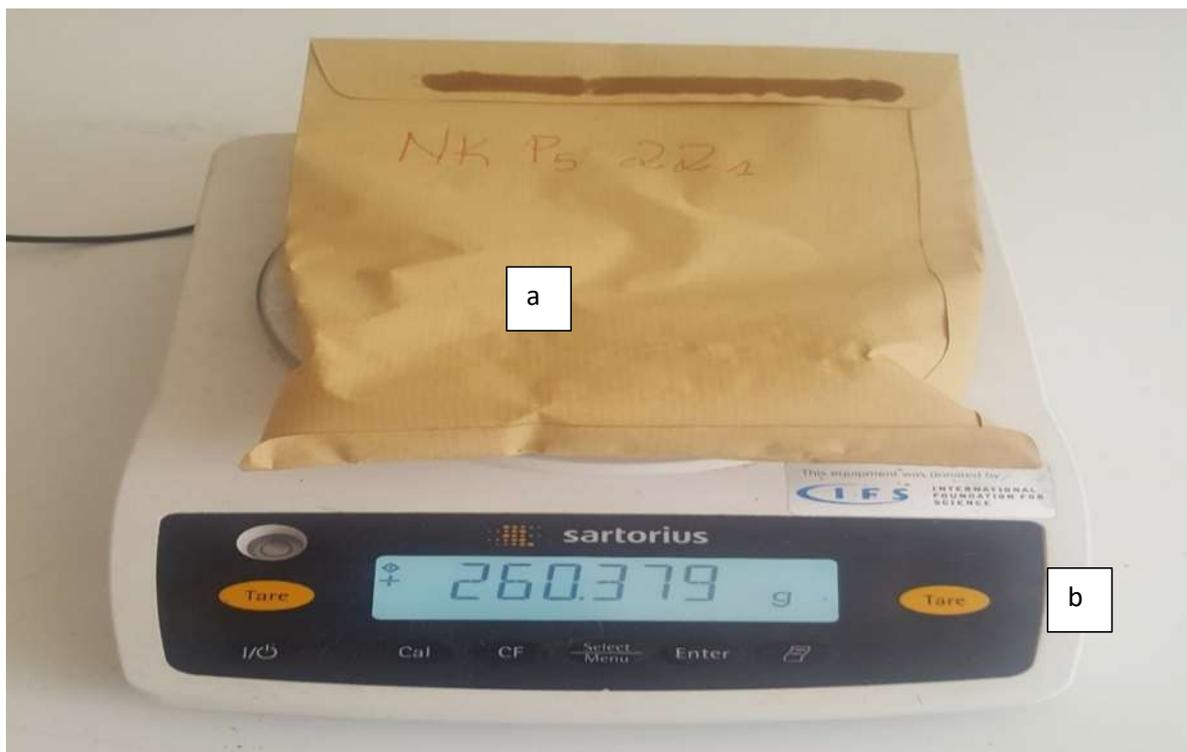


Fig. 16. Pesée des échantillons de sol en laboratoire (a : échantillons conditionnés dans une enveloppe ; b : balance électronique)

II.2.4.3.1. Calcul des biomasses et stocks de carbone des végétaux

II.2.4.3.1.1. Calcul des données de biomasses et stocks de carbone des organes aériens des palmiers

Pour ce qui est des palmiers, le carbone a été estimé à partir de la biomasse de chaque organe aérien à savoir les stipes, les feuilles, les fleurs et les grappes. La somme des biomasses sèches de chaque organe des palmiers d'un agrosystème élaéicole villageois (AEV) a permis d'obtenir la biomasse totale (BTp) des palmiers de cet AEV à l'aide de l'équation ci-dessous, où B désigne la biomasse en t/ha, au même titre que BTp., ainsi qu'il suit :

$$BTp = B_{stipes} + B_{feuilles} + B_{fleurs} + B_{grappes}$$

La biomasse du stipe a été obtenue de façon indirecte à l'aide d'une équation allométrique fonction du diamètre (D), de la hauteur (H) et de la densité. La densité du palmier est connue et est égale à 395 Kg/m³ (Porankiewicz *et al.*, 2006). Ces valeurs ont été appliquées à l'équation ci-après où D désigne le diamètre (en m) à 10 cm au-dessus du niveau du sol c'est-à-dire juste après les racines à la base de la tige ; H₁ la hauteur du stipe ; ρ densité du palmier en Kg/m³, ainsi qu'il suit :

$$B_{stipes} = 0,25 \times \pi \times D^2 \times H_1 \times \rho \text{ (Porankiewicz } et al., 2006).$$

Dans le cas des individus de grande taille, un clinomètre de marque Steren a été utilisé pour obtenir les angles qui ont permis de trouver la hauteur de chaque individu à l'aide de l'équation ci-après, où d désigne la distance qui sépare l'opérateur à l'arbre à mesurer ; α₁ et α₂ désignent respectivement les angles de visée correspondant au sommet et au pied de l'arbre et AP représente la hauteur entre le sol et l'œil de l'individu qui tient le clinomètre (Rondeux, 1982), ainsi qu'il suit :

$$H = SP = SA + AP = d \times (\text{tg}\alpha_1 + \text{tg}\alpha_2)$$

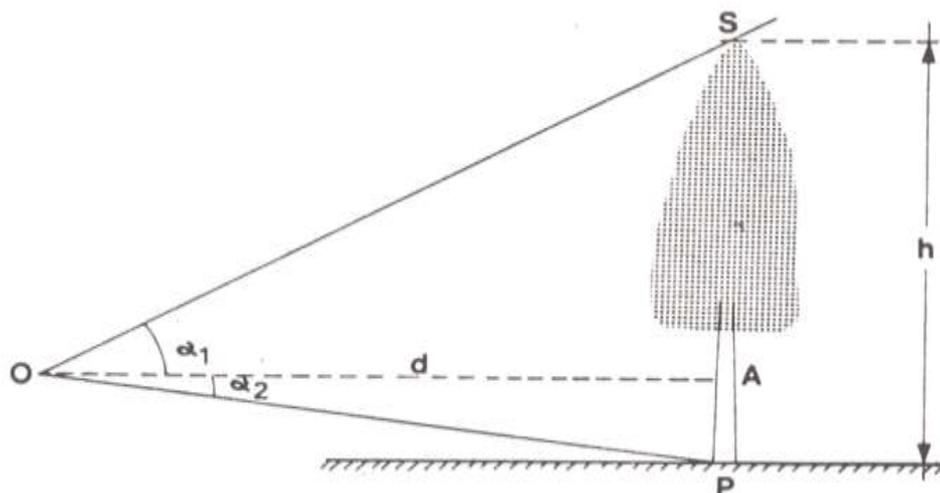


Fig. 17. Schéma d'estimation de la hauteur des palmiers (Rondeux, 1982)

Pour les palmiers de petite taille, dont les stipes ne sont pas encore bien individualisés, l'équation ci-dessous, prenant en compte uniquement la hauteur (H) a été utilisée pour estimer la biomasse (B) :

$$B = (725 + 197H) \times 0,2 \text{ (Khalid } et al., 1999).$$

La biomasse totale des feuilles a été obtenue en faisant la somme des biomasses totales de chaque compartiment (Singh *et al.*, 2018) d'après la relation ci-dessous, où BF désigne la biomasse totale d'une feuille ; Br désigne la biomasse du rachis, Bp celle du pétiole et Bfe celle des folioles, ainsi qu'il suit:

$$BF = Br + Bp + Bfe$$

Une fois la biomasse sèche moyenne d'une feuille (Bf) entière dans une placette donnée obtenue, celle de toutes les feuilles du palmier (BF) a été obtenue par simple multiplication par le nombre moyen des feuilles de palmiers d'un AEV (n) ainsi qu'il suit :

$$BF = Bf \times n$$

Les biomasses des fleurs (Bfleurs) et des grappes (Bgrappes) d'un AEV ont été obtenues en multipliant les valeurs moyennes des biomasses de chaque placette par les effectifs moyens des organes concernés par placette avant de ramener les valeurs de biomasse à l'hectare.

Les stocks de biomasse des organes de *Elaeis guineensis* ont été convertis en stocks de carbone à travers les différentes relations présentées dans le Tableau VII ci-dessous.

Tableau VII. Conversion des stocks de biomasse en stocks de carbone (B : biomasse)

Organes	Carbone (C)	Références
Rachis	$C = B \times 0,4$	Singh <i>et al.</i> , 2018
Folioles	$C = B \times 0,42$	Singh <i>et al.</i> , 2018
Pétiole	$C = B \times 0,4$	Singh <i>et al.</i> , 2018
Stipe	$C = B \times 0,39$	Sanquetta <i>et al.</i> , 2015
Fruits	$C = B \times 0,57$	Lamade et Setiyo, 2012
Fleurs	$C = B \times 0,62$	Pulhin <i>et al.</i> , 2014

II.2.4.3.1.2. Calcul de la biomasse des espèces ligneuses associées

La biomasse des espèces ligneuses associées (AGB en t/ha) a été estimée à l'aide de l'équation allométrique développée par Chave *et al.* (2014) qui permet d'obtenir la quantité de biomasse accumulée (AGB) en fonction du diamètre (DBH en cm) à 1,30 m au-dessus du niveau du sol et de la densité (ρ en g/cm^3) des espèces considérées, ainsi qu'il suit :

$$AGB = \exp[-2,024 - 0,896E + 0,920 \ln(\rho) + 2,795 \ln(DBH) - 0,0461 [\ln(DBH)^2]]$$

Dans cette équation, E est une mesure du stress environnemental du site qui dépend de la température et du déficit hydrique de la saison, obtenue à partir de <http://chave.ups-tjse.fr/pantropical-allometry/readlayers.r> avec la fonction `retrieve_raster` dans R. Les densités des différentes espèces ont été obtenues dans «Global Wood Density database ».

II.2.4.3.1.3. Calcul de la biomasse des espèces herbacées

Les herbacées regroupent à la fois les herbes et les bananiers (Oдах *et al.*, 2013). La biomasse des herbacées (en t/ha) a été obtenue en multipliant la biomasse de chaque quadrat de 1 m × 1 m par 10000 qui représentent le nombre de m² par hectare. Par contre la biomasse des bananiers (AGB, donnée en Kg et convertie en tonne) a été obtenue à partir de l'équation allométrique de Nyombi *et al.* (2009), permettant d'obtenir la biomasse en fonction de la circonférence (C) à la base de la tige, ainsi qu'il suit :

$$AGB = 0,325 \times e^{0,036 C}$$

II.2.4.3.2. Calcul de la biomasse des litières

La masse sèche des litières de chaque sous-quadrat de 0,5 × 0,5 m a été ramenée à celle du quadrat entier de 1 m² puis multipliée par 10000 afin d'obtenir les biomasses sèches par hectare.

Les stocks de biomasses (M) des Musaceae, ceux des herbacées, des espèces ligneuses associées et des litières ont été multipliés par 47 % (Brown, 1997 ; Anonyme, 2006 ; Anonyme, 2013 ; Zapfack *et al.*, 2013) afin d'obtenir les stocks de carbone (C) correspondants à l'aide de l'équation ci-après :

$$C \text{ (t / ha)} = M \times 0,47.$$

II.2.4.3.3. Carbone organique et propriétés des sols

Les analyses des différents échantillons de terre ont été effectuées au Laboratoire d'Analyses des Sols et de Chimie de l'Environnement (LABASCE) de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Dschang, suivant les méthodes préconisées par Pauwels *et al.* (1992). Le pH, la matière organique (MO), le phosphore assimilable (Pass), l'N total et le C organique ont été déterminés.

Le carbone organique (CO), donné en pourcentage (%) a été dosé par la méthode Walkley et Black (1934). Cette méthode repose sur l'oxydation du CO par une solution de bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) en excès, en milieu sulfurique. L'excès de bichromate non réduit par le CO est alors titré par une solution de sulfate ferreux (FeSO₄.7H₂O) en présence de

la diphenylamine qui vire du violet au vert au point d'équivalence. Le CO obtenu a par la suite été multiplié par le facteur de correction 1,32 afin de compenser l'oxydation incomplète qui sous-estime les concentrations en carbone.

Le pH_{eau} (acidité actuelle) du sol a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode de verre, ceci 24 heures après avoir mélangé 10 g de chaque échantillon de sol dans 25 ml d'eau distillée. Le pH_{KCl} (acidité potentielle ou totale) a été mesuré 15 min après avoir introduit 10 g de chaque échantillon de sol dans 25 ml de solution de KCl, 1 N.

La détermination de la teneur en azote total a été effectuée selon la méthode de Kjeldahl (Bremner, 1965). Elle consiste préalablement en la minéralisation complète de l'azote organique par un mélange d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré et d'acide salicylique à chaud ($350\text{ }^\circ\text{C}$). Le minéralisât a été distillé par entraînement à la vapeur d'eau. Suite à cela, le distillat a été titré avec une solution de H_2SO_4 (0,01 N).

Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode Bray et Kurtz, 1945. Cette méthode combine l'extraction du phosphore en milieu acide ($HClO$, 1 M) à la complexation par le fluorure d'ammonium (NH_4F 0,03 M) des ions Al^{3+} et Fe^{3+} liés au phosphore. Le dosage du phosphore est déterminé par colorimétrie au bleu de molybdène, basée sur la formation et la réduction d'un complexe de l'acide phosphorique et de l'acide molybdique par l'acide ascorbique. Les lectures à l'aide du spectrophotomètre sont faites à une longueur d'onde de 665 nm.

Une fois les masses sèches (m en g) des échantillons obtenus, les densités apparentes des sols (Da en g / m^3) ont été calculées par la relation ci-dessous :

$$Da = \frac{m}{V},$$

où V désigne le volume (en cm^3) du cylindre de prélèvement de diamètre interne 5 cm et de hauteur 30 cm.

Le taux de la matière organique (MO) a été déterminé par la relation ci-dessous :

$$MO(\%) = CO(\%) \times 1,724 \text{ (Walkley et Black, 1934).}$$

À partir des valeurs de carbone organique (CO) obtenues en laboratoire, le carbone organique du sol (COS) a été estimé par calcul en utilisant la relation ci-dessous :

$$COS = \sum_{i=1}^n \text{Concentration en CO} \times \text{profondeur} \times \text{surface} \times Da \text{ (Adachi } et al., 2005).$$

Pe désignant la prise d'essai ; v , le volume de H_2SO_4 versé pour neutraliser azote dans le distillat et vo volume du témoin, l'azote total a été obtenu par la relation ci-dessous :

$$N \left(\frac{g}{kg} \right) = \frac{(v - vo) \times 0,01 \times 14}{pe}$$

Le t-test univarié a permis de donner la valeur moyenne de carbone séquestré dans les palmiers et spécifiquement dans les stipes, les feuilles, les fleurs et les grappes. La contribution en pourcentage de chaque compartiment dans le stockage du carbone de la plante entière a été donnée. Un histogramme présentant la variation des stocks de C des différents compartiments du palmier en fonction des plantations a été présenté.

Les tests non paramétriques de Kruskal-wallis accompagnés d'histogrammes ont permis d'observer la variation des stocks de C de chaque compartiment du palmier, des litières, des herbacées et des espèces ligneuses associées en fonction de la typologie des plantations, et des variables biotiques (densité et âges des AEVs ; densité foliaire, florale et de grappes).

Les tests de corrélation de Pearson ont permis d'évaluer l'influence des variables quantitatives sur les stocks de carbone. Un modèle permettant d'obtenir la biomasse (t/ha) à partir du nombre de grappe palmier a été construit.

Pour ce qui est du carbone organique du sol (COS), le t-test univarié a permis de donner la valeur moyenne dans les AEVs, dans un intervalle de confiance. Une ANOVA avec test de comparaison des moyennes de Tukey a permis de ressortir la variation des stocks de COS en fonction des types d'AEV, des niveaux de profondeur du sol, de l'âge et de la densité des AEVs, au seuil de 5 %. Une analyse en composantes principales, suivie d'une matrice de corrélation de Pearson a permis d'évaluer l'influence des variables telles que les propriétés du sol (N, P, C/N, MO, pH), l'âge, la densité des AEVs sur les stocks de COS. Un modèle permettant d'obtenir le COS a été construit à partir de la variable qui a présenté la corrélation la plus forte, positive et significative au seuil de 5 % avec ce dernier.

Les stocks de C des différents pools ont été additionnés afin de trouver la valeur globale de C. Un t-test uni varié a permis de donner la valeur du stock de C en t/ha dans un AEV et en fonction de la typologie des AEVs. Les valeurs de crédits C des AEVs ont été présentées sous forme d'un tableau. Celles en fonction de la typologie des AEVs ont été illustrées à l'aide d'un histogramme accompagné du test de Kruskal-Wallis.

Afin d'estimer les crédits carbone dans les différents agrosystèmes élaeicoles villageois, seul les stocks de carbone séquestrés dans la biomasse des palmiers et des espèces associées ont été pris en compte. Les différents stocks totaux de C ont été multipliés par 3,67 afin d'obtenir les stocks de CO₂ (Sommarriba *et al.*, 2013). Chaque tonne de CO₂ a par la suite été multipliée par 3,2 \$, soit 1600 F CFA afin d'obtenir la somme d'argent pouvant être versée comme compensation du crédit carbone (Anonyme, 2019).

Chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Résultats

III.1.1. Typologie des agrosystèmes élaeicoles villageois

III.1.1.1. Caractérisation des agrosystèmes élaeicoles villageois

Les âges sont compris entre 07 et 22 ans et repartis dans les différentes classes d'âge phénologiques des palmiers. Ces AEVs sont majoritairement matures (75 %). Ce qui laisse penser que la pratique de l'élaeiculture dans les environs de yaoundé est ancienne et que les plantations dans les localités ayant abrité cette étude ne continuent plus d'être créées (tableau VIII).

Les AEVs faisant partie de la présente étude ont des superficies relativement faibles, comprises entre 04 et 13 ha. 66,67 % de ces AEVs ont une superficie comprise entre 05 et 10 ha, soit huit AEVs au total. Par contre, seulement 16,67 % des AEVs ont des superficies comprises entre 0 et 5 ha et entre 10 et 15 ha, soit respectivement 2 AEVs. Les petites superficies occupées par ces plantations seraient la résultante d'importants moyens qu'il faut pour mettre en place une palmeraie. Les propriétaires des AEVs ayant fait l'objet de cette étude ne disposent pas, au vu des résultats d'enquêtes, des moyens pouvant leur permettre d'avoir des plantations plus grandes. Dans les environs de Yaoundé et notamment dans les localités ayant abrité cette étude, les palmeraies ont été installées soit dans les milieux secondarisés, soit ont remplacé des systèmes de cultures préexistants. Ainsi, 58 % des AEVs ont été installés sur des forêts secondaires, contre 42 % d'AEVs situés à la fois sur forêts secondaires et d'agroforêts à base de cacaoyers. La sécurité foncière est assurée dans ces localités. La majorité des AEVs (83,33 %) est située sur terrains immatriculés. Ainsi, 67 % des AEVs sont gérés par leurs propriétaires contre 33 % qui sont placés en location.

Tableau VIII. Caractéristiques des agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs).

Variable	Modalité	Effectif	Fréquence relative (%)
Âge des AEVs	] 0 ; 7 ans]	1	8
	] 7 ; 12 ans]	2	17
	] 12 ans et + [	9	75
Superficies (ha)	]0; 5]	2	16,67
	]5; 10]	8	66,67
	]10; 15]	2	16,67
Précédent cultural	Forêts secondaires	7	58
	Forêts secondaires + Agroforêts cacaoyers	5	42
Statut foncier	Terrain en cours d'immatriculation	1	8,33
	Terrains immatriculés	10	83,33
	Terrain non immatriculé	1	8,33
Statut du gestionnaire	Propriétaire	8	67
	Locataire	4	33

III.1.1.2. Pratiques de gestion des agrosystèmes élaicoles villageois

La fertilisation, le désherbage, l'élagage et la récolte sont les pratiques appliquées dans les agrosystèmes élaicoles villageois des environs de Yaoundé (tableau IX).

La fertilisation est très peu pratiquée dans le cadre de ce travail. En effet, 83,33 % des AEVs étudiés ne sont pas fertilisés. 8,33 % sont régulièrement fertilisés et 8,33 % sont fertilisés de façon irrégulière. Ces résultats montrent que la fertilisation n'est pas une pratique courante dans les AEVs dans les environs de Yaoundé. Ceci se justifieraie également par le fait que l'élaiculture n'est pas l'activité principale pour la grande majorité des propriétaires des plantations.

Contrairement à la fertilisation, le désherbage est une pratique culturelle courante dans les AEVs des environs de Yaoundé. En effet, dans le cadre de la présente étude, 42 % des AEVs subissent le désherbage mais de façon irrégulière. 25 % sont désherbés régulièrement et 33 % des AEVs ne sont point sujets à cette pratique. Également, 50 % des AEVs sont désherbés manuellement. 25 % subissent une combinaison de désherbage chimique et manuel alors que 25 % d'entre elles ne subissent aucune forme de désherbage.

L'élagage est une pratique courante dans les AEVs des environs de Yaoundé. Cependant, 33 % des AEVs sont élagués de façon irrégulière tandis que 17 % seulement sont élagués de façon régulière et 33 % également ne subit pas d'élagage. Les AEVs non élagués sont soit les plus jeunes (] 0 ; 7 ans]) ou alors les plus âgés (> 20 ans).

Tableau IX. Pratiques de gestion appliquées dans les agrosystèmes élaicoles villageois

Variable	Modalité	Effectif	Fréquence relative (%)
Fertilisation	Fertilisation régulière	1	8,33
	Fertilisation irrégulière	1	8,33
	Fertilisation absente	10	88,33
Élagage	Élagage régulier	3	25
	Élagage irrégulier	5	42
	Élagage absent	4	33
Désherbage	Désherbage régulier	5	42
	Désherbage irrégulier	4	33
	Désherbage absent	3	25
Type de désherbage	Manuel	6	50
	Manuel + chimique	3	25
	Aucun type de désherbage	3	25

Il n'existe pas de relation de dépendance entre la pratique de la fertilisation et celle de l'élagage (p-value = 0,3263), la fertilisation et le désherbage (p-value = 0,3796), la fertilisation et le type de désherbage (p-value = 0,13). Il existe par contre une dépendance entre les pratiques de l'élagage et du désherbage (p-value < 0,05), entre la pratique du désherbage et le type de désherbage (p-value = 0,02) au seuil de 5 %.

III.1.1.3. Regroupement des agrosystèmes élaicoles villageois en fonction de leurs caractéristiques

Les variables caractéristiques des agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) ont permis de créer trois regroupements correspondant à trois types d'AEV. Les chiffres dans la Fig. 19 correspondent aux différentes plantations.

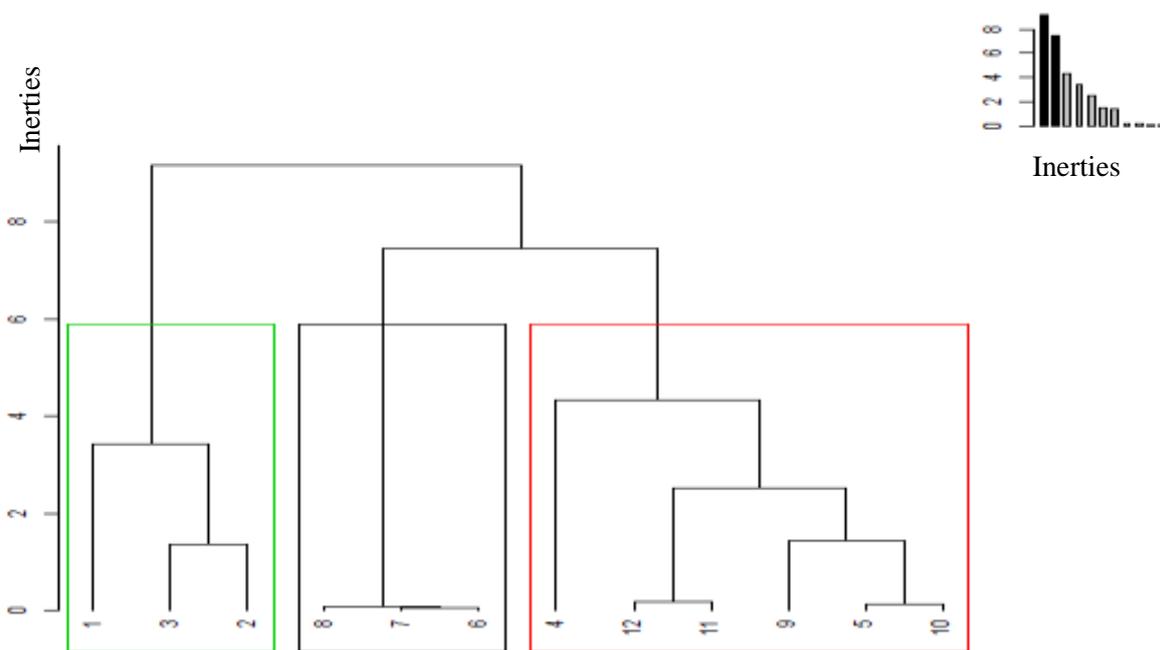


Fig. 18. Classification ascendante hiérarchisée des agrosystèmes élaicoles villageois

Les trois regroupements ont permis de ressortir les trois types de plantation ainsi qu'il suit :

- Les agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) de type 1 (AEVs Type 1), caractérisés par la pratique de la fertilisation (régulière et irrégulière), de la combinaison des désherbages manuels et chimiques, la régularité du désherbage et de l'élagage, avec pour précédent cultural, l'association des forêts secondaires et d'agroforêts à base de cacaoyers. Ces caractéristiques se rapportent aux AEVs NgP1, NgP2 et NgP3 qui sont par ailleurs gérés par leurs propriétaires ;
- les AEVs de Type 2, caractérisés par la pratique du désherbage manuel et irrégulier, la pratique irrégulière de l'élagage, l'absence de la fertilisation et ayant comme précédent

- cultural, les forêts secondaires. Ces caractéristiques se rapportent aux AEVs NkP1, NkP2, NkP6, NkP7, NkP8 et NkP9 ; leur gestion étant assurée par leurs propriétaires ;
- les AEVs de Type 3, caractérisés par l'absence de l'application de toutes les pratiques de gestion ci-dessus citées, excepté la récolte des grappes. ils sont tous placés en location et ont pour précédent cultural, les forêts secondaires. Ces caractéristiques se rapportent aux AEVs NkP3, NkP4 et NkP5.

La Fig. 20 présentant l'analyse factorielle des données mixtes ci-dessous permet de décrire aisément les types d'AEV en fonction des pratiques de gestion, du précédent cultural, du mode de gestion (graphe des individus), de la densité des palmiers par hectare, de l'âge des AEVs, et du nombre de grappe, de feuilles et de fleurs par hectare (graphe des variables). Comme déjà souligné dans la Fig. 19, les AEVs de Type 1 sont ceux qui sont sujets aux pratiques de gestion intensives. Le désherbage est pratiqué aussi bien manuellement que de façon chimique par l'usage des herbicides. Par ailleurs, désherbage et élagage sont pratiqués de façon plus moins régulière.

Les AEVs de Type 2 sont gérés naturellement sans apport de pesticides, mais avec la pratique plus ou moins régulière de l'élagage et du désherbage. Tout comme les AEVs de Type 1, les AEVs de Type 2 sont gérés par leurs propriétaires. Par ailleurs, ces deux groupes d'AEVs sont caractérisés par abondance en feuilles, fleurs et ragppes (Fig. 20, graphe des variables).

Les AEVs de Type 3 apparaissent comme des milieux mis à l'abandon, nonobstant la pratique de la récolte des grappes. Par ailleurs, ces derniers sont caractérisés par des âges et densités élevés (Fig. 20, graphe des variables).

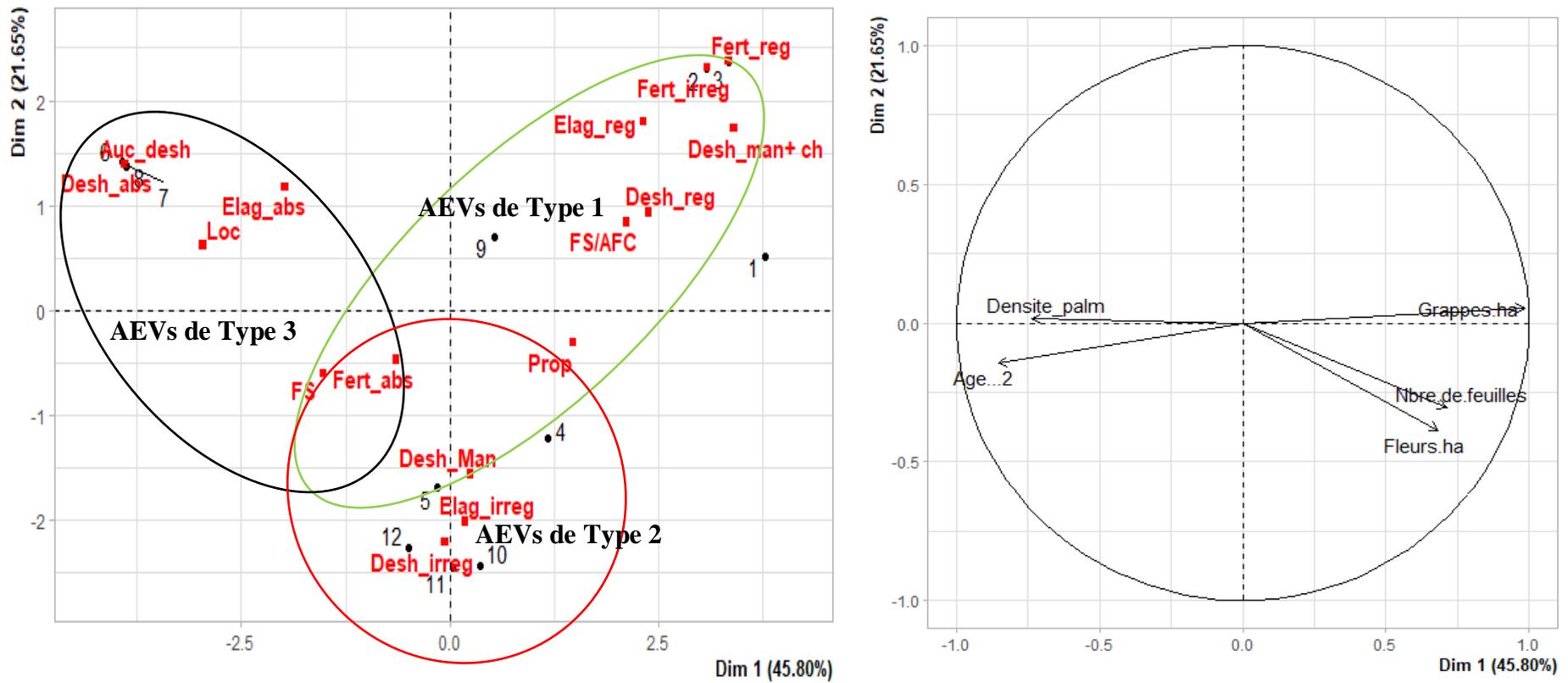


Fig. 19. Regroupement des variables de typologie des agrosystèmes élaeicoles villageois

Elag : élagage ; Desh : désherbage ; Fert : fertilisation ; Man : manuel ; ch : chimique ; FS : forêts secondaires ; AFC : agroforêts à base de cacaoyers ; Loc : location ; Prop : gestion par les propriétaires ; Auc : aucun ; irreg : irrégulier ; reg : régulier ; abs : absent ; nbre : nombre ; palm : palmiers ; ha : hectare.

III.1.2. Caractéristiques floristiques des agrosystèmes élaeicoles villageois

III.1.2.1. Richesse spécifique des agrosystèmes élaeicoles villageois

Dans l'ensemble des Agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) étudiés, 105 individus d'espèces associées appartenant à 33 espèces et 23 familles ont été inventoriés. Mise à part les arbres rencontrés dans un des AEVs de Type 1 âgé de 7 ans, les espèces ligneuses étaient presque inexistantes dans les autres AEVs. Les Musaceae, les Fabaceae, les Euphorbiaceae, les Malvaceae constituent les familles ayant une forte densité d'individus dans les AEVs (Fig. 21). Les bananiers représentent donc les principales espèces associées des AEVs. Le bananier est bien souvent utilisé comme plante d'ombrage dans les jeunes stades des palmeraies et disparaissent progressivement. On note également une forte présence d'espèces fixatrices d'azote (Fabaceae) ; les espèces médicinales et de bois de chauffe sont également conservées (Euphorbiaceae). Les Malvaceae dans les AEVs, représentées à 13 %, sont le fait de la présence des tiges de cacaoyers sous les individus de *Elaeis guineensis* (Arecaceae), preuve d'un précédent cultural constitué d'agroforêt à base de cacaoyers. Les Lauraceae, avec une proportion non négligeable de 9 %, signalent la présence des arbres fruitiers dans les systèmes. La prédominance des Fabaceae et les Euphorbiaceae par contre, indique le fait que ces agrosystèmes sont installés en milieu forestier.

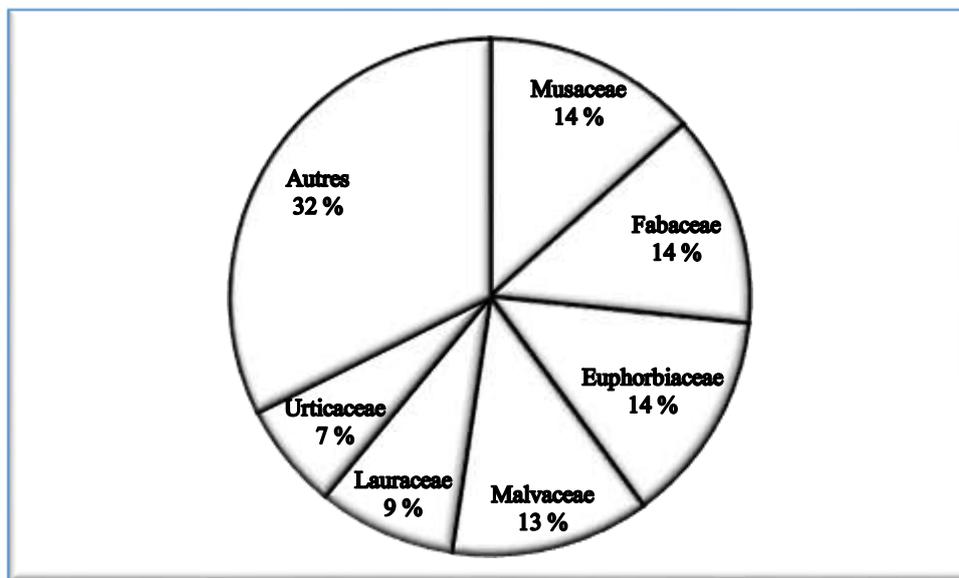


Fig. 20. Répartition des individus d'espèces associées dans les familles

Dans l'ensemble des 12 agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs), 156 espèces appartenant à 128 genres et 59 familles ont été recensées dans la strate inférieure des AEVs. Les Fabaceae et les Asteraceae sont de loin les familles les plus diversifiées avec respectivement 19 espèces appartenant à 15 genres et 15 espèces appartenant à 13 genres. La présence des

Fabaceae est signe que les AEVs ont été installés au sein d'un massif forestier. Par ailleurs, l'abondance des espèces de cette famille au stade de plantule témoigne du fait que les plantations concernées sont limitrophes aux forêts naturelles.

La richesse spécifique de la strate inférieure varie en fonction de la typologie des AEVs (Tableau X). La richesse spécifique dans les AEVs est plus importante dans les situations n'impliquant pas l'usage des pesticides et précisément dans les AEVs de Type 2 où le désherbage et l'élagage sont pratiqués de façon plus ou moins irrégulière. Il est à noter que l'élagage favorise la pénétration des rayons lumineux jusqu'à la surface du sol, avec pour conséquence directe la levée de dormance des graines présentes dans la banque du sol. Les AEVs de Type 1 sont les plus pauvres en espèces (7 ± 3 espèces). Il existe des différences hautement significatives de la richesse spécifique entre le Type 2 et le Type 1 ; le Type 3 et le Type 1 (p -value $< 0,01$), au seuil de 5 %.

Tableau X. Variation de la richesse spécifique en fonction de la typologie des AEVs

Type d'AEV	Richesse spécifique	Fréquence (%)	Effectif
AEVs_Type 1	$7,35 \pm 2,52^a$	16,90	160
AEVs_Type 2	$19,53 \pm 5,25^b$	44,92	272
AEVs_Type 3	$16,60 \pm 5,65^b$	36,80	120

Les moyennes suivies d'une même lettre entre les lignes ne sont pas significativement différentes selon le test de Kruskal-Wallis à $p < 0,05$.

L'altitude est l'unique variable du milieu qui a une influence positive et significative sur la richesse spécifique de la strate inférieure des AEVs ($Cor = 0,52$; p -value $< 0,01$) au seuil de 5 % (Tableau XI). Ceci signifie que la richesse spécifique varie positivement en fonction de l'altitude. En effet l'effet cumulée de l'altitude, de la matière organique issue du désherbage plus ou moins régulier, ainsi que l'élagage et l'exposition au soleil a un impact positif sur la diversité des herbacées dans le sous-bois des palmiers en raison du fait que la lumière a un effet positif sur la germination des graines. Par contre l'âge des AEVs et leur densité n'ont pas d'influence significative (p -value $> 0,05$) sur la richesse spécifique, quoique les coefficients de corrélation avec cette dernière soient positifs ($R < 0,5$). Ce resultat amène à croire qu'il existe une autre ou d'autres variables qui influenceraient d'avantage la richesse spécifique de la strate inférieure des AEVs.

Tableau XI. Corrélations entre la richesse spécifique, l'âge, la densité et l'altitude

	Âge des AEVs	Altitude	Densité	R
Âge des AEVs	1	0,54	0,59	0,35
Altitude	0,54	1	0,33	0,52
Densité	0,59	0,33	1	0,35
R	0,35	0,52	0,35	1

III.1.2.2. Diversité spécifique des agrosystèmes élaicoles

Dans les AEVs faisant l'objet de la présente étude, pris de façon générale, l'indice de Shannon varie de 2,17 à 4,24 ce qui traduit une diversité moyenne à élevée. L'indice de Piéluou varie de 0,18 à 0,36 ce qui indique le fait que les individus sont concentrés au sein de quelques espèces. L'indice de Simpson varie de 0,84 à 0,98, ce qui exprime une forte probabilité pour que deux individus pris au hasard appartiennent à la même espèce, indiquant ainsi une diversité très moyenne des milieux en cause.

Les indices de diversité contenus dans le tableau XII ci-dessous montrent que la diversité floristique varie en fonction des types de plantation. Elle est plus élevée au sein des AEVs de Types 2 et 3, comparé aux AEVs de Type 1. Il existe une différence hautement significative des valeurs de l'indice de Shannon entre les AEVs de Type 2 et ceux de Type 1 au seuil de 5 % ($Df = 2$; $p\text{-value} < 0,01$) et une différence significative entre les AEVs de Type 3 et ceux de Type 1 au seuil de 5 % ($Df = 2$; $p\text{-value} = 0,01$). Ce qui voudrait dire que l'usage des pesticides ne promeut pas le développement de la biodiversité dans le sous-bois des palmeraies appartenant aux petits producteurs dans les environs de la ville de Yaoundé.

L'indice de Piéluou est faible quel que soit le type d'AEV concerné ($< 0,5$). Ceci indique une concentration des individus au sein de très peu d'espèces. Cependant, bien que l'indice de Piéluou soit plus faible dans les AEVs de Type 1 par rapport aux AEVs de Type 2 et 3, il n'existe pas de différences significatives de leurs valeurs au seuil de 5 % ($Df = 2$; $p\text{-value} = 0,16$).

L'indice de Simpson est globalement élevé ($> 0,80$) quel que soit le type d'AEV concerné. Ceci indique une forte probabilité que deux individus pris au hasard, appartiennent à la même espèce. Autrement dit, il existe des espèces dominantes au sein des AEVs, quel que soit leur typologie. L'indice de Simpson est plus faible dans les AEVs de Type 1 par rapport aux AEVs de Type 2 et 3, avec une différence significative au seuil de 5 % ($df = 2$; $p\text{-value} = 0,04$). Ces résultats montrent clairement que les pratiques de gestion naturelles adoptées dans les AEVs de Type 2 apparaissent comme étant précurseurs d'une meilleure diversité spécifique dans ces systèmes de culture, raison pour laquelle les AEVs de Type 2 sont plus diversifiés en

termes d'espèces quoiqueles individus en leur sein soient concentrés dans un faible nombre d'espèces.

Tableau XII. Variation des indices de diversité en fonction de la typologie des AEVs

Types	Indice de Shannon	Indice de Piéluou	Indice de Simpson	Effectif
AEVs_Type 1	2,36 ± 0,30 ^a	0,23 ± 0,7 ^a	0,87 ± 0,04 ^a	3
AEVs_Type 2	3,62 ± 0,53 ^b	0,31 ± 0,06 ^a	0,96 ± 0,01 ^b	6
AEVs_Type 3	3,58 ± 0,12 ^b	0,32 ± 0,02 ^a	0,96 ± 0,006 ^b	3

Les moyennes suivies d'une même lettre entre les colonnes ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey (Indice de Shannon et Indice de Piéluou) et selon le test de Kruskal-Wallis (indice de Simpson) à $p < 0,05$.

L'altitude a une corrélation positive, forte et significative (p -value < 0,05) avec respectivement l'indice de Piéluou, l'indice de Shannon, l'indice de Simpson et la richesse spécifique (tableau XIII). Ce qui signifie que l'élévation en altitude promeut une bonne diversité floristique et richesse spécifique dans le sous-bois des AEVs.

L'âge a une corrélation positive, forte mais non significative avec l'indice de Shannon (Cor = 0,55 ; p -value = 0,06). Cette corrélation est forte positive et significative avec l'indice de Simpson (Cor = 0,68 ; p -value < 0,05). Par ailleurs, la corrélation entre l'âge des AEVs et la richesse spécifique est forte positive et significative (Cor = 0,59 ; p -value < 0,05). Ce qui signifie que la diversité floristique et la richesse floristique augmente avec l'âge au sein des AEVs. Il est à noter que dans le cadre de cette étude, les AEVs les plus âgés sont stables car bien souvent abandonnés. La nature tend à regagner ses droits, d'où cette influence de l'âge sur la richesse et même la diversité spécifiques.

La richesse des espèces associées a une corrélation forte, négative (Cor = - 0,28) et significative (p -value < 0,01) avec l'indice de Shannon. Ce qui peut être dû au fait que la présence d'espèces associées au palmier à huile augmente l'ombrage et donc diminue le rayonnement solaire qui arrive à la surface du sol et qui est de nature à influencer positivement la germination des graines de la banque du sol. Egalement, la richesse des espèces associées a une corrélation forte et négative et significative (p -value < 0,01) avec l'indice de Simpson (Cor = -0,38). Corrélation qui est positive, faible et significative avec la richesse spécifique (Cor = 0,09). Ce qui voudrait dire que la richesse des espèces associées influence négativement la diversité floristique et la richesse spécifique dans le sous-bois des AEVs.

Tableau XIII. Corrélations entre indices de diversité, l'âge, l'altitude et la densité

(D : indice de Simpson ; H' : indice de Shannon-Weaver ; J : indice de Piélou ; Rass: richesse spécifique des espèces associées ; R : Richesse spécifique)

	Âge	Altitude	Densite	Rass	J	H'	D	R
Âge	1	0,70	0,39	-0,51	0,34	0,55	0,68	0,59
Altitude	0,70	1	0,19	-0,23	0,68	0,74	0,81	0,78
Densite	0,39	0,19	1	-0,43	0,06	0,23	0,36	0,18
Rass	-0,51	-0,23	-0,43	1	0,21	-0,28	-0,38	-0,09
J	0,34	0,68	0,06	0,21	1	0,31	0,44	0,28
H'	0,55	0,74	0,23	-0,28	0,31	1	0,95	0,91
D	0,68	0,81	0,36	-0,38	0,44	0,95	1	0,84
R	0,59	0,78	0,18	-0,09	0,28	0,91	0,84	1

III.1.2.3. Affinités floristiques

Le coefficient de similitude de Sorensen entre les AEVs de Type 1 et ceux de Type 2 est de 29 %. Ce qui signifie que ces deux types d'AEVs sont distincts du point de vue floristique à cause de la différence des pratiques de gestion qui y sont appliquées. Il est de 27 % entre les AEVs Type 1 et ceux Type 3. Ce qui signifie également que les AEVs de Type 1 et de Type 3 ne sont pas floristiquement semblables. Ceci est la résultante du fait que les AEVs de Type 1 soient gérés de façon intensive, tandis que ceux de Type 3 sont mis à l'abandon. Par contre le coefficient de similitude de Sorensen est de 62 % entre le Type 2 et le Type 3, donc seuls ces deux types d'AEVs sont similaires du point de vue floristique. En effet, cette similitude floristique résulte du fait que les AEVs de Type 2 soient gérés naturellement sans apport d'intrants chimiques, situation proche de celle observée au sein des AEVs de Type 3 où également aucun intrant n'est appliqué, nonobstant l'absence de l'élagage et du déserbage.

III.1.2.3.1. Fonds floristiques de la strate inférieure des agrosystèmes élaicoles villageois

En général, *Marattia cicutifolia*, espèces sciaphiles ; *Chromolaena odorata* et *Fluerya aestuans*, espèces des milieux anthropisés, dominent le fond floristique des agrosystèmes élaicoles villageois des environs de Yaoundé (Fig. 22).

L'anondance des fougères est signe que les AEVs des environs de Yaoundé faisant l'objet de la présente étude ont globalement une canopée fermée, ce qui est de nature à favoriser l'émergence des espèces de sous-bois, donc des fougères. Par contre la présence de *Chromolaena odorata* est parfois signe d'un milieu anthropisé. Egalement outre les milieux

anthropisés, elle se fait présente dans les AEVs de Type 3 qui sont abandonnés et où la végétation tend à vouloir converger vers une jachère ou une forêt secondarisée.

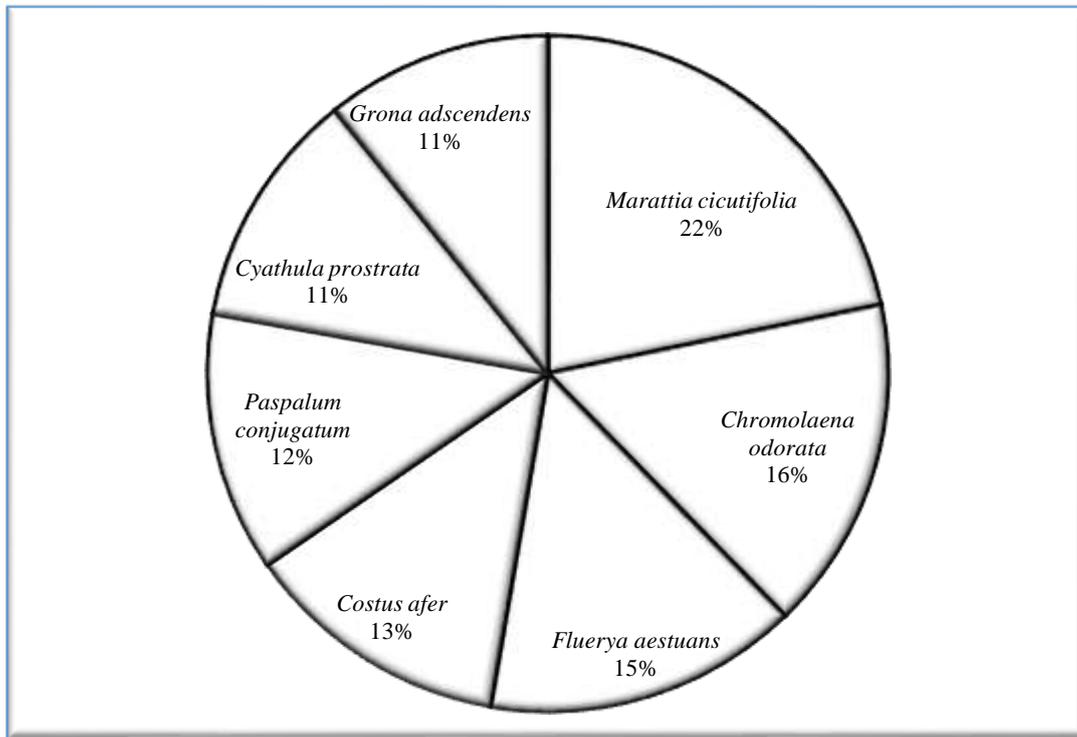


Fig. 21. Fond floristique général des agrosystèmes élaeicoles villageois des environs de Yaoundé

III.1.2.3.2. Fonds floristiques des Agrosystèmes en fonction de leur typologie

Le fond floristique des agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) varie en fonction de leur typologie et est dominé par les espèces herbacées annuelles et bisannuelles. Les AEVs de Type 1 sont dominés par deux espèces de Poaceae, à savoir *Axonopus compressus* et *Setaria pedicellatum*, et une espèce de la famille des Asteraceae (*Chromolaena odorata*), qui sont toutes des espèces des milieux fortement anthropisés (Fig. 23). On note quand même la présence de *Diplazium sammatii*, fougère et donc une espèce sciaphile.

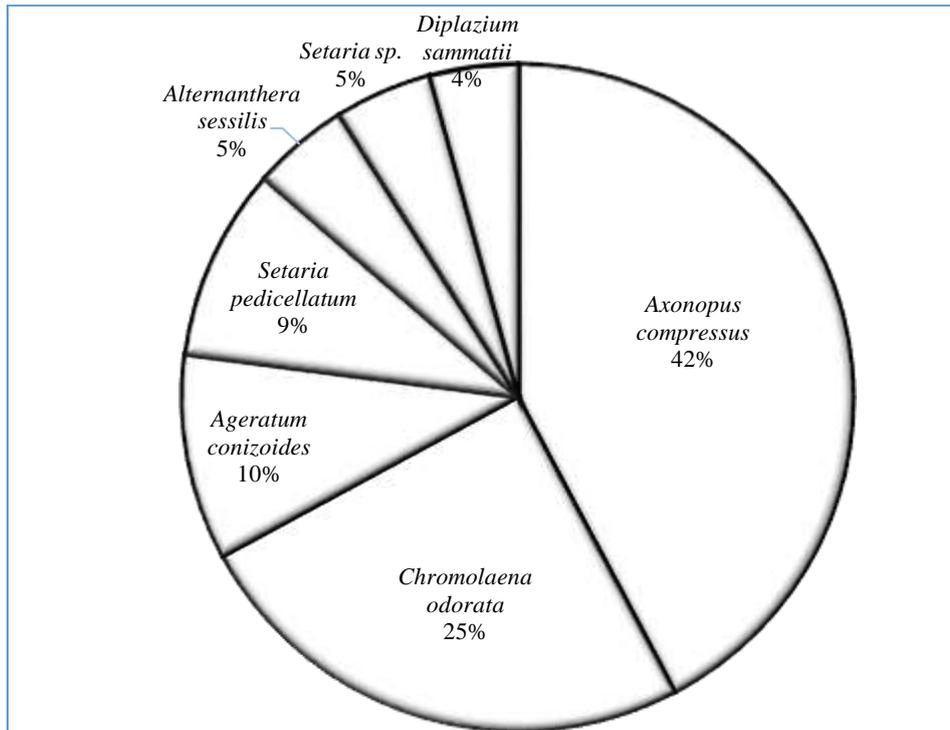


Fig. 22. Fond floristique des Agrosystèmes de Type 1

Le fond floristique des AEVs de Type 2 est le plus diversifié en termes d'espèces et même de familles végétales (Fig. 24). Il est constitué d'un mélange d'espèces de milieux fortement anthropisés, notamment *Chromolaena odorata* (Asteraceae), *Desmodium adscendens* (Fabaceae), *Paspalum conjugatum* (Poaceae), pour ne citer que celles-ci ; et d'espèces de sous-bois telles que *Costus afer* (Coastaceae), et *Marattia cicutifolia* (Marattiaceae).

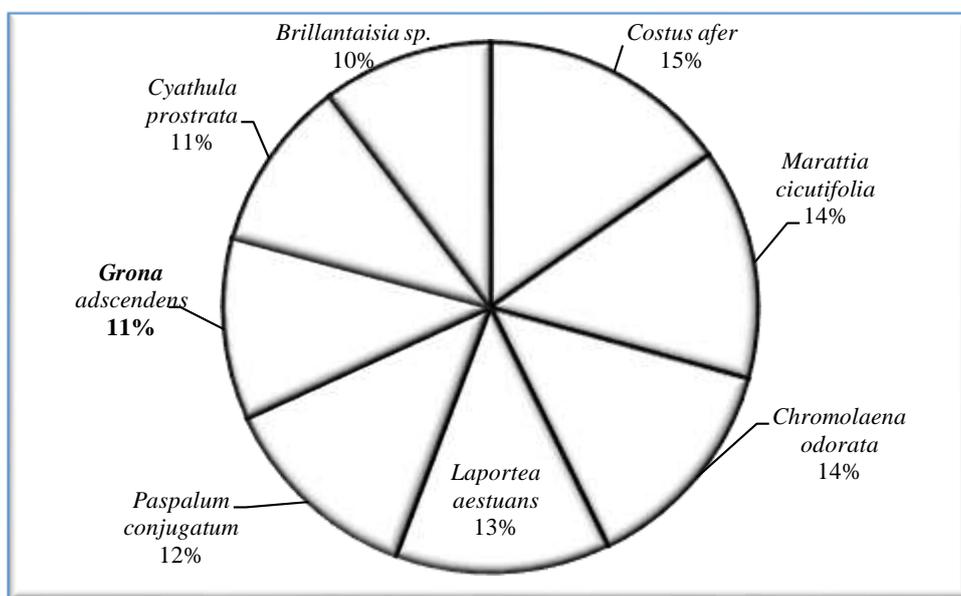


Fig. 23. Fond floristique des AEVs de Type 2

Outre *Chromolaena odorata* (Asteraceae) qui est une espèce de jachères ; *Paspalum conjugatum*, espèce de milieux fortement anthropisés, le fond floristique des AEVs de Type 3, représenté par la Fig 25 est beaucoup plus riche en espèces de sous-bois telles que *Marattia cicutifolia* (Marattiaceae), *Dioscorea* sp (Discoreaceae) et en plantules d'espèces forestières, notamment *Albizia adiantifolia* (Mimosaceae).

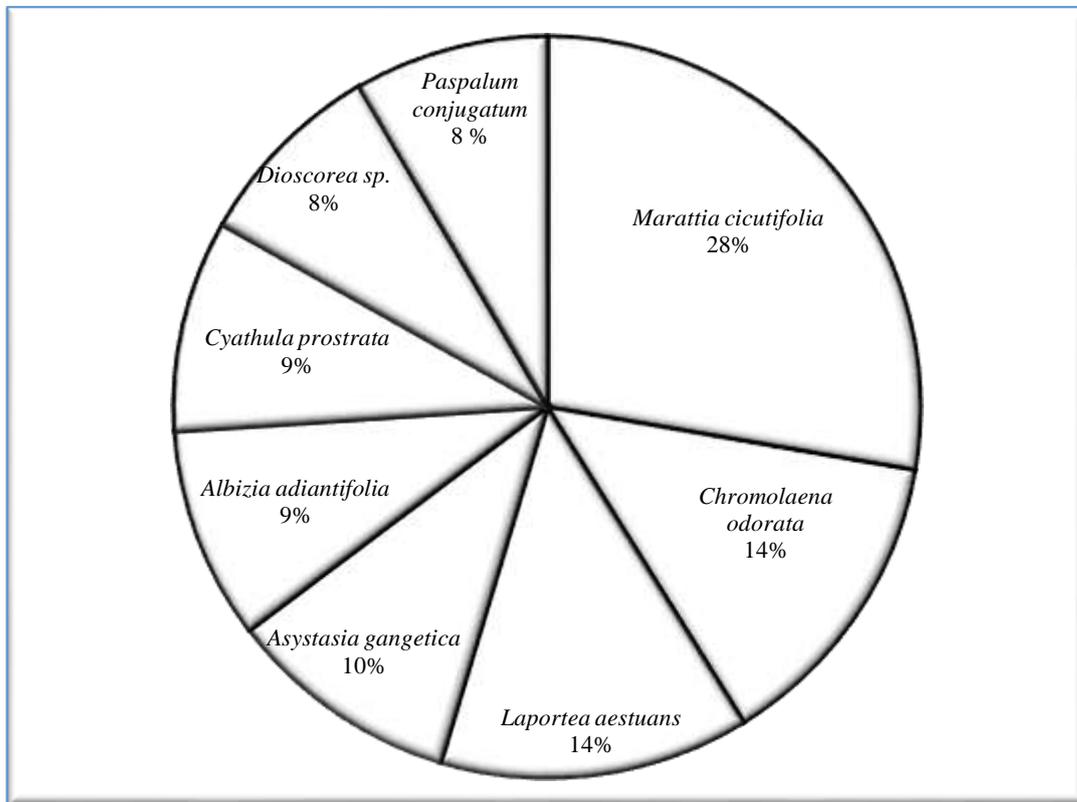


Fig. 24. Fond floristique des AEVs de Type 3

III.1.3. Estimation des stocks de carbone dans les agrosystèmes élaicoles villageois

III.1.3.1. Stocks de carbone des végétaux des agrosystèmes élaicoles villageois

Le carbone stocké dans la biomasse végétale des agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) est de $163,41 \pm 42,67$ t / ha. Les AEVs de Type 1 avec une densité moyenne de 10 arbres par hectare, stockent plus de carbone dans la biomasse végétale, soit $199,02 \pm 67,45$ t / ha, avec $86,42 \pm 4,50$ % carbone stocké dans les palmiers (tableau XIV). On note également un important stock de carbone dans la biomasse végétale des AEVs de Type 3 peuplés de palmiers de grande taille ($165,39 \pm 26,13$ tC/ha). Il n'existe pas de différence significative de stocks de carbone des végétaux entre AEVs au seuil de 5 % (p-value = 0,41). La proportion des stocks de carbone contenue dans les palmiers augmente des AEVs de Type 1 aux AEVs de Type 3 car progressivement les arbres laissés lors de l'installation des plantations sont retirés laissant le

milieu propice à la croissance des palmiers. Par ailleurs, l'âge des AEVs augmente des AEVs de Type 1 aux AEVs de Type 3 ceci avec les mensurations (diamètres et hauteurs) des individus.

Tableau XIV. Stocks de carbone des végétaux en fonction des types d'AEVs

Types_AEVs	C végétaux (tC/ha)	Proportion C des palmiers (%)	N
Type 1	199,02 ± 67,45	86,42 ± 4,50	3
Type 2	144,54 ± 26,77	98,33 ± 6,83	6
Type 3	165,39 ± 26,13	99,50 ± 7,83	3

III.1.3.1.1. Contribution des parties aériennes des palmiers dans le stockage de carbone

Les agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) stockent dans les individus de *Elaeis guineensis* en moyenne 152, 90 ± 25,17 t / ha. D'après le tableau XV, les AEVs de Type 1 dans lesquels les pratiques de gestion sont appliquées de façon optimisée, séquestrent dans les palmiers, un stock de carbone (161,89 ± 7,90 tC/ha) très proche de celui des AEVs de Type 3 (164,59 ± 26,33 t / ha) qui eux malgré le fait de ne subir pour unique pratique de gestion, la récolte des grappes, sont peuplés des individus de grandes tailles. Il n'existe pas de différence significative de stocks de carbone des palmiers en fonction des Types d'AEV au seuil de 5 % (p-value = 0,4).

Tableau XV. Stocks de carbone des individus d'*Elaeis guineensis* en fonction du type d'AEV (cv : coefficient de variation des données ; n : nombre d'AEV)

Type d'AEV	Stock de C des palmiers (t / ha)	cv	n
Type 1	161,89 ± 7,90	0,05	3
Type 2	142,56 ± 28,86	0,20	6
Type 3	164,59 ± 26,33	0,16	3

Les plus grands stocks de carbone se trouvent dans les stipes (Fig. 26) qui sont plus lignifiés avec des hauteurs importantes et de grands diamètres, soit environ 67,99 t / ha qui représentent 87,76 % du stock global des palmiers ; suivi des feuilles (6,25 t / ha, soit 8 %) et des grappes (2,83 t / ha, soit 4 %). Les fleurs séquestrent les plus petits stocks de carbone, notamment 0,38 t / ha, soit 0,5 %.

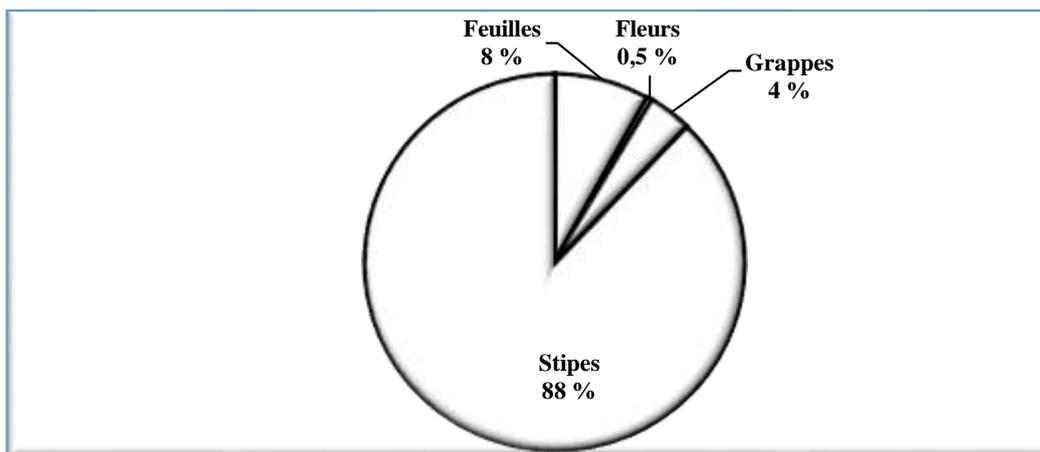


Fig. 25. Proportions des stocks de carbone dans les organes du palmier

III.1.4.1.2. Stocks de carbone des compartiments des palmiers en fonction des types d'agrosystèmes

Les stocks de C des compartiments aériens des palmiers présentés dans le tableau XVI, varient en fonction des typologies des agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs). Les stocks de carbone des feuilles sont plus élevés dans les AEVs de Type 2, soit $7,31 \pm 2,57$ tC / ha en raison du fait que ces AEVs sont d'âges intermédiaires par rapport aux AEVs de Type 1 et ceux de Type 3 qui sont respectivement jeunes et plus âgés. De plus l'élagage pratiqué dans les AEVs de Type 2 de façon plus ou moins régulière promeut un meilleur renouvellement foliaire. En revanche les stocks de carbone foliaire peu important dans les AEVs de Type 1 sont également la conséquence du fait que certaines de ces plantations au moment de la collecte des données étaient encore très jeunes et donc ne subissaient pas encore l'élagage. Ainsi quoique leur densité foliaire était importante, les feuilles avaient cependant de petites mensurations et par ricochet des stocks de carbone faibles. Il existe une différence significative entre les stocks de C foliaires en fonction de la typologie des AEVs au seuil de 5 % (p -value < 0,01)

Les AEVs de Type 3 stockent plus de carbone dans les fleurs comparés aux autres types d'AEV, soit $0,50 \pm 0,26$ tC / ha. Ceci s'explique par le fait que ces plantations sont quasiment abandonnées et donc peuplées d'individus ne subissant pas l'élagage. Les fleurs qui se forment ne continuent pas leur développement jusqu'à la fructification.

Les AEVs de Type 1 stockent dans les grappes les plus grandes quantités de C, soit $5,18 \pm 2,64$ tC / ha ; les AEVs de Type 3 présentent les plus grands stocks de C dans les stipes, soit $101,13 \pm 29,18$ tC / ha. En effet, les AEVs de Type 1 sont plus ou moins régulièrement sujettes à la fertilisation comparés aux autres types d'AEV où les individus ne sont pas fertilisés. La fertilisation est de nature à augmenter la production chez les végétaux, c'est ce qui explique

les stocks de carbone élevés dans les régimes de noix de palme chez les AEVs de Type 1. En général, il existe des différences significatives des valeurs des stocks de C des différents compartiments aériens des palmiers en fonction des Types d'AEV au seuil de 5 % (p -value < 0,01).

Tableau XVI. Contribution des organes aériens des palmiers au stockage du carbone

Organes	Type d'AEV	C (t/ha)	Coefficient de variation	n
Feuilles	Type 1	5,46 ± 1,83 ^a	0,34	60
	Type 2	7,31 ± 2,57 ^b	0,35	68
	Type 3	5,48 ± 1,05 ^a	0,19	30
Fleurs	Type 1	0,36 ± 0,27 ^a	0,76	60
	Type 2	0,35 ± 0,22 ^a	0,64	63
	Type 3	0,50 ± 0,26 ^b	0,51	28
Grappes	Type 1	5,18 ± 2,64 ^a	0,51	35
	Type 2	1,65 ± 0,95 ^b	0,57	50
	Type 3	2,06 ± 3,14 ^b	1,52	30
Stipes	Type 1	32,13 ± 23,76 ^a	0,74	960
	Type 2	85,03 ± 32,73 ^b	0,38	1088
	Type 3	101,13 ± 29,18 ^c	0,29	480

Les moyennes suivies d'une même lettre entre les lignes ne sont pas significativement différentes selon le test de Kruskal-Wallis à $p < 0,05$.

III.1.4.1.2.1.1. Influence des facteurs biotiques sur les stocks de carbone des compartiments aériens des palmiers

Les corrélations entre les stocks de C foliaires et respectivement, la densité foliaire et la densité des plants par hectare, sont certes positives mais faibles, bien que significatives au seuil de 5 % (p -value < 0,01). Seul le nombre de fleurs par palmier a une influence positive, moyenne (0,5) et significative sur les stocks de carbone floral au seuil de 5 % (p -value < 0,01).

Le nombre de régime de noix de palme par palmier influence positivement les stocks de C des grappes. En effet, la corrélation entre ces deux variables est forte, positive (0,78), et significative au seuil de 5 % (p -value < 0,01). Le modèle de régression linéaire ($Y = aX + b$) construit entre ces deux variables permettant de prédire les stocks de biomasse (B) des grappes en t/ha en fonction du nombre de grappes/palmier (n) est celui présenté dans la Fig. 27. L'ordonnée à l'origine (b) et le coefficient de régression linéaire (a), sont tous significativement différents de zéro au seuil de 5 % (p -value < 0,01). Le modèle en lui-même est significativement pertinent (p -value < 0,01), de plus, permet une prédiction de l'ordre de 62 % de B en fonction de n (Multiple R-squared = 0,62 ; Adjusted R-squared = 0,62).

$$B = 1,0019n + 1,0691$$

En d'autres termes, les stocks de biomasse des grappes par hectare de plantation augmentent avec le nombre de régime de noix de palme par palmier.

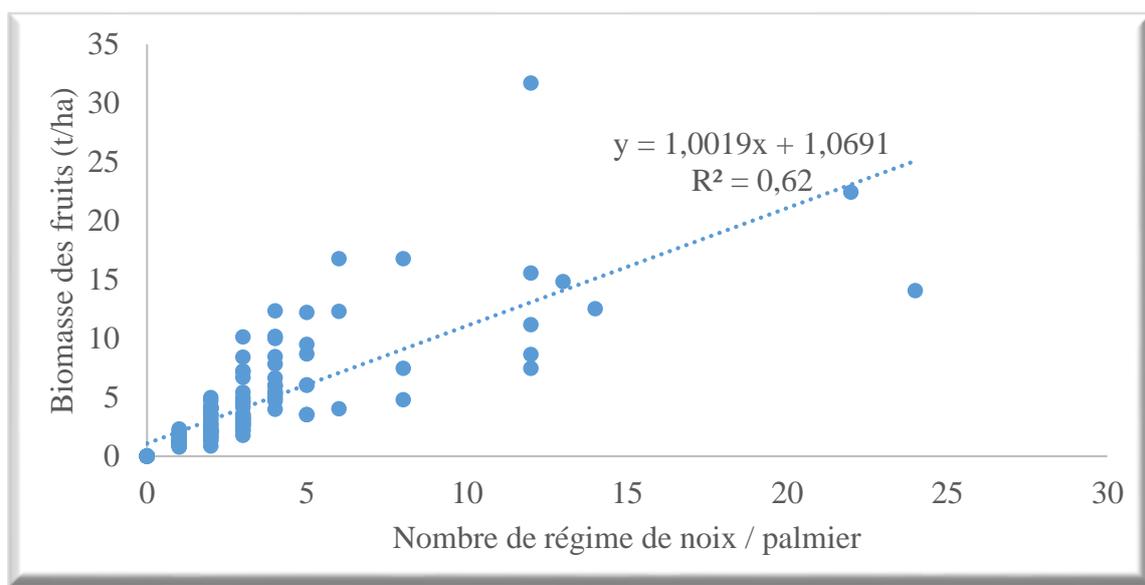


Fig. 26. Prédiction des stocks de biomasse des fruits

La hauteur des palmiers, l'âge des individus et la densité (nombre de plant / ha) sont de façon décroissante les variables qui ont une influence significative, forte et positive sur les stocks de carbone des stipes (tableau XVII) au seuil de 5 % (p -value < 0,01). Ceci signifie que les stocks de carbone séquestrés dans les stipes des individus de *E. guineensis* augmentent séparément de façon significativement lorsque la hauteur de ces derniers augement également, lorsque l'âge croit et lorsque la densité des individus est élevée. La hauteur de la couronne elle-même étant fortement influencée de façon positive et significative par l'âge des individus (p -value < 0,01). Par contre, la circonférence et par ricochet le diamètre des stipes, n'influence pas significativement le stockage de carbone dans ces derniers.

Tableau XVII. Corrélations entre facteurs biotiques et C des stipes (Cf : circonférence ; C : stock de carbone)

	Âge	Cf à 10 cm	Densité	Hauteur à couronne	C stipe
Âge	1	-0,01	0,64	0,86	0,73
Cf à 10 cm	-0,01	1	-0,05	-0,02	0,47
Densité	0,64	-0,05	1	0,66	0,55
Hauteur à couronne (m)	0,86	-0,02	0,66	1	0,84
C stipe	0,75	0,47	0,55	0,84	1

III.1.4.1.2. Estimation des stocks de carbone des herbacées et des espèces associées en fonction de la typologie des agrosystèmes

La valeur moyenne du C stocké dans les herbacées dans les agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) est de $2,14 \pm 0,33$ tC / ha. Les AEVs de Type 1 séquestrent le plus grand stock de C dans les herbacées, soit $3,00 \pm 1,79$ tC / ha (tableau XVIII), en raison du fait que le rayonnement lumineux qui arrive au sol est encore important et permet une bonne croissance des espèces herbacées qui pour la plupart sont héliophiles.

Les AEVs stockent en moyenne $0,63$ tC / ha dans les espèces associées, compris dans l'intervalle - $0,70$ et $1,96$ tC / ha. Les stocks de C des espèces associées varient en fonction de la typologie des AEVs. Le plus grand stock de carbone est obtenu dans les AEVs de Type 1, soit $2,03 \pm 2,74$ tC / ha, ceci en raison du fait que les AEVs de Type 1, plus jeunes que les autres types d'AEVs, regorgent encore d'une importante densité d'espèces ligneuses associées laissées en place lors de leur création. Par contre le stock le plus faible chez les espèces ligneuses associées est obtenu dans les AEVs de Type 3, soit $0,03 \pm 0,03$ tC / ha en raison du fait que ces systèmes sont plus âgés et les arbres sont presque inexistants (tableau XVIII). Il existe une très grande variation de données des stocks de C dans tous les types d'AEV ($cv > 1$).

Tableau XVIII. Variation des stocks de C des herbacées et des espèces associées en fonction des types d'AEV (n : nombre de répétitions)

	Types d'AEV	C (t/ha)	coefficients de variation	n
Herbacées	Type 1	$3,00 \pm 1,79^b$	0,6	192
	Type 2	$1,82 \pm 0,98^a$	0,54	272
	Type 3	$1,46 \pm 0,48^a$	0,33	120
Espèces associées	Type 1	$2,03 \pm 2,74^a$	1,20	16
	Type 2	$0,20 \pm 0,18^b$	0,95	24
	Type 3	$0,033 \pm 0,03^c$	1,01	16

Les moyennes suivies d'une même lettre entre les colonnes ne sont pas significativement différentes selon le test de Kruskal-Wallis à $p < 0,05$.

L'âge des agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) a une influence négative, faible et significativement au seuil de 5 % ($p\text{-value} < 0,01$; Cor = -0,53) sur les stocks de C des herbacées. Par ailleurs, la densité des plantations de palmier à huile exerce une influence fortement négative et significative sur les stocks de carbone des herbacées ($p\text{-value} < 0,01$; Cor = -0,33). L'âge des AEVs a une influence faiblement négative et significative sur les stocks de C des bananiers (Cor = -0,7 ; $p\text{-value} = 0,02$) tandis que la superficie des AEVs a une influence

positive, faible et non-significative au seuil de 5 % (Cor = 0,34 ; *p-value* = 0,12) sur les stocks de C des bananiers. L'âge des plantations et les stocks de carbone des espèces ligneuses ont une corrélation faible, négative et non-significative (*p-value* > 0,05 ; Cor = -0,75) tandis que celle entre la superficie des plantations et les stocks de carbone des espèces ligneuses est positive, forte mais non-significative (*p-value* > 0,05 ; Cor = 0,61), au seuil de 5 %.

III.1.4.2. Estimation des stocks de carbone des litières

Le stock moyen de carbone séquestré dans la litière des AEVs concernés est de $2,33 \pm 0,46$ tC / ha. Il existe une différence hautement significative des stocks de carbone des litières entre palmeraies au seuil de 5 % (*p-value* < 0,01).

Les AEVs de Type 2 qui ne subissent pas de désherbage chimique stockent les plus grandes quantités de carbone dans les litières, soit $2,58 \pm 1,63$ tC / ha en raison des quantités importantes de biomasse herbacée qui se renouvellent dans la litière lors des cycles de désherbage. Par contre le plus petit stock de carbone est obtenu dans les AEVs de Type 3 où le désherbage est inexistant et par ricochet pas de flux de matière organique vers les litières, soit $1,35 \pm 0,83$ tC / ha (tableau XIX). Il apparaît une grande variation des stocks de carbone au sein des différents types d'AEV (*cv* > 0,5). Il existe une différence significative des stocks de carbone des litières uniquement entre AEVs de Types 2 et AEVs de Type 3 au seuil de 5 % (*p-value* < 0,05).

Tableau XIX. Variation des stocks de carbone des litières en fonction des types d'AEV (n : nombre de répétition)

Type d'AEV	C litières (t/ha)	Coefficient de variation (cv)	n
AEVs_Type 1	$2,57 \pm 2,65^{ab}$	1,03	200
AEVs_Type 2	$2,58 \pm 1,63^a$	0,63	280
AEVs_Type 3	$1,35 \pm 0,83^b$	0,62	120

Les moyennes suivies d'une même lettre entre les colonnes ne sont pas significativement différentes selon le test de Kruskal-Wallis à *p* < 0,05.

L'âge des agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) a une influence forte, négative (Cor = -0,26) et significative (*p-value* = 0,03) sur les stocks de C des litières. Par contre, la densité des AEVs a une influence faible, positive (Cor = 0,13) mais non-significative (*p-value* = 0,28) sur les stocks de C des litières. En effet avec l'augmentation de l'âge, les palmiers ferment la canopée et leur sous-bois devient très peu peuplé d'herbacées. Aussi, les palmeraies

les plus âgés sont abandonnées et donc ne subissent pas d'élagage. Ceci serait de nature à limiter le flux de matière organique vers les litières.

III.1.4.3. Stocks de carbone organique des sols

Le stock moyen de carbone organique des sols (COS) est de $57,96 \pm 6,90$ tC / ha. Il n'existe pas de différence significative de stocks de COS entre agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) au seuil de 5 % ($p\text{-value} = 0,11$). D'après le tableau XX, les AEVs de Type 2 stockent les plus grandes quantités de carbone dans le sol, soit $63,74 \pm 18,31$, alors que les AEVs de Type 3 stockent la plus petite quantité de COS, soit $42,45 \pm 5,95$. Il existe une différence significative des stocks de COS uniquement entre AEVs de Type 3 et AEVs de Type 2 au seuil de 5 % ($p\text{-value} = 0,02$). En effet, les AEVs de Type 2 présentent des âges intermédiaires tandis que ceux de Type 1 sont en général moins âgés et les AEVs de Type 3 sont les plus âgés. Les fortes concentrations de carbone dans les sols des AEVs de Type 2 sont la résultante de la dégradation progressive des importantes quantités de matière organique issues de la mise en place des systèmes, cumulée à l'élimination progressive des arbres laissés sur pied. Au fil du temps les stocks de matière organique dans le sol diminuent par minéralisation et par lessivage. D'où les faibles quantités de COS observées dans les AEVS de Type 3.

Tableau XX. Variation des stocks de COS en fonction des types d'AEV (n : nombre de répétitions)

Type d'AEV	COS (tC/ha)	n
Type 1	$55,94 \pm 12,05$ ^{ab}	6
Type 2	$63,74 \pm 18,31$ ^b	12
Type 3	$42,45 \pm 5,95$ ^a	6

Les moyennes suivies d'une même lettre entre les lignes ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey à $p < 0,05$.

Il ressort que, seuls le carbone organique (CO) et la matière organique (MO) exercent une influence forte, positive et significative sur le carbone organique du sol (COS) au seuil de 5 % ($p\text{-value} < 0,01$; $\text{Cor} = 0,93$). C'est ainsi que le modèle permettant d'estimer le COS (t/ha) à partir de la MO (g/Kg) a été obtenu (Fig. 28). Ce modèle présente une ordonnée à l'origine et un coefficient de régression significativement différents de zéro au seuil de 5 % ($p\text{-value}_{(b)} = 0,03$; $p\text{-value}_{(a)} < 0,01$) et permet d'exprimer significativement le COS en fonction de MO ($p\text{-value} < 0,01$; Multiple R-squared= 0,87 ; Adjusted R-squared: 0,87).

$$\text{COS} = 1,86\text{MO} + 9,50$$

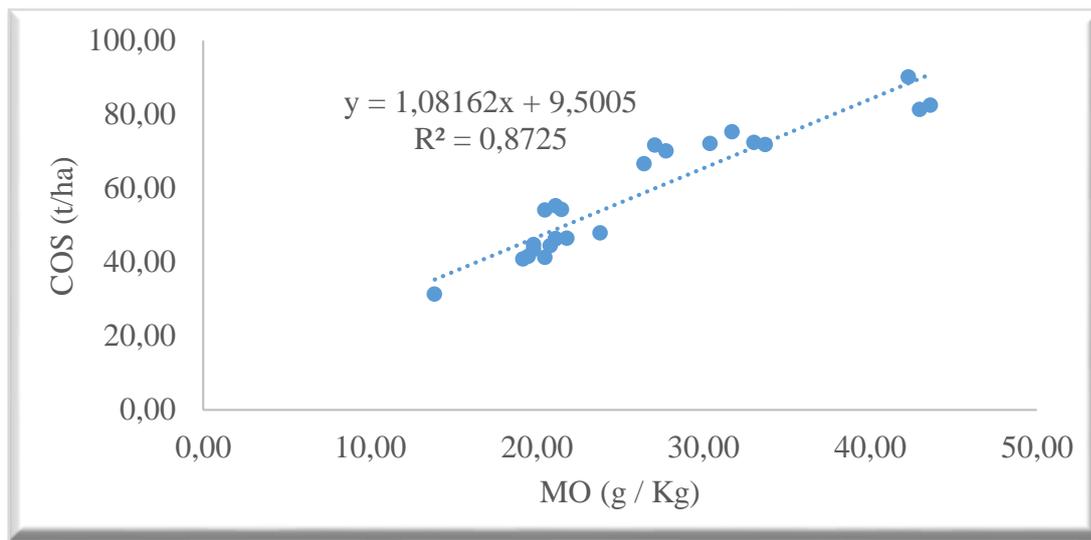


Fig. 27. Régression linéaire des stocks de COS en fonction de la MO

III.1.4.4. Récapitulatif des stocks de carbone des agrosystèmes élaicoles villageois

La moyenne des stocks de carbone des agrosystèmes élaicoles (AEVs) est de $221,76 \pm 56,42$ t C / ha. Les végétaux stockent l'essentiel du carbone des AEVs séquestré dans le système (tableau XXI) en raison de leur forte présence dans le milieu. Il existe une différence significative des stocks de carbone entre différents pools (p-value = 0,01).

Tableau XXI. Variation des puits de carbone dans les AEVs (n : nombre de répétions)

Pool de C	Stock de C (t/ha)	Coefficient de variation	n
COS	$57,97 \pm 13,52^b$	0,23	12
Litières	$0,38 \pm 0,23^c$	0,66	12
Végétaux	$163,41 \pm 42,67^a$	0,26	12

Les moyennes suivies d'une même lettre entre les colonnes ne sont pas significativement différentes selon le test de Kruskal-Wallis à $p < 0,05$.

Le tableau XXII ci-dessous récapitule le stockage de carbone dans les AEVs en fonction de leur typologie. Les différents types d'agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) stockent en moyenne 214,83 tC / ha, compris entre 177,05 tC / ha et 252,61 tC / ha. Il n'existe pas de différence significative des stocks de C dans les différents puits en fonction des types d'AEV au seuil de 5 % (p-value > 0,05), excepté les litières. Les AEVs de Type 1 stockent plus de C, soit $198,08 \pm 55,16$ t / ha. Il apparait comme un transfert de carbone entre puits de carbone des différents types d'AEV, au cours de leur évolution en âge.

Tableau XXII. Récapitulatif des stocks de C des pouls en fonction de la typologie des AEVs

Type d'AEV	C _{végétal} (tC/ha)	C _{litières} (tC/ha)	COS (tC/ha)	C total (t/ha)
AEVs_Type 1	198,08 ± 55,16	2,57 ± 2,65 ^{ab}	55,94 ± 12,05	254,43 ± 56,24
AEVs_Type 2	142,51 ± 29,39	2,58 ± 1,63 ^a	60,11 ± 12,38	203,02 ± 30,12
AEVs_Type 3	152,03 ± 5,44	1,35 ± 0,83 ^b	57,08 ± 21,45	209,44 ± 24,58

Les moyennes suivies d'une même lettre entre les colonnes ne sont pas significativement différentes selon le test de Kruskal-Wallis à $p < 0,05$.

III.1.4.5. Crédits carbone

Les agrosystèmes élaïcoles villageois (AEVs) des environs de Yaoundé stockent en moyenne $162,46 \pm 26,96$ t / ha dans la biomasse des palmiers et des espèces associées, soit $596,25 \pm 98,98$ t / ha de CO₂, pour une valeur de crédit carbone équivalent à $953\,997 \pm 158\,367$ F CFA / ha.

En fonction de la typologie des plantations, les AEVs de Type 1 stockent les plus grandes quantités de carbone dans les espèces associées et les individus d'*Elaeis guineensis*. Par conséquent ils offrent les crédits carbone les plus importants, soit $316\,409 \pm 106\,839$ F CFA / ha. Les AEVs de Type 2 permettent d'obtenir les stocks de carbone les plus faibles et par ricochet, les crédits carbone les moins importants, soit $843\,821 \pm 158\,960$ F CFA / ha. Il n'existe pas de différence significative des valeurs des stocks de carbone au seuil de 5 % (p -value = 0,59). En effet, les crédits carbonés sont calculés en fonction de la biomasse végétale disponible sur un site. Par ailleurs, les AEVs de Type 1 présentent des stocks de carbone importants dans la biomasse vivante contenue dans les palmiers mais aussi dans les arbres présents en leur sein. Les faibles crédits carbone observés dans les AEVs de Type 2 sont la résultante de la disparition complète des arbres laissés sur pied lors de l'installation des plantations. Ces crédits augmentent encore dans les AEVs de Type 3 en raison des grandes tailles de leurs individus qui accroissent leurs stocks de carbone en dépit de l'absence des espèces ligneuses associées.

Tableau XXIII. Estimation des crédits carbone dans les agrosystèmes élaïcoles villageois

Type d'AEV	C _{aérien} (t / ha)	CO ₂ (t / ha)	Crédit carbone (F CFA / ha)	cv	n
Type 1	197,76 ± 66,77	726 ± 245	1 161 221 ± 392 101	0,34	3
Type 2	143,70 ± 27,07	527 ± 99	843 821 ± 158 960	0,19	6
Type 3	164,70 ± 26,21	604 ± 96	967 126 ± 153 926	0,16	3

III.2. Discussion

III.2.1. Typologie des agrosystèmes élaeicoles villageois

Les agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) des environs de Yaoundé concernés par les présents travaux ont des âges compris entre 7 et 22 ans, ce qui signifie que l'introduction de cette culture dans les environs de la ville de Yaoundé est récente, comparée aux régions du Littoral et du Sud-ouest Cameroun. En effet, Nkome et Tabi (2020), étudiant l'effet du sol et de l'âge sur la gestion durable des palmeraies appartenant aux petits producteurs dans les localités du Moungo, Idenau, Boa et Debunsha, ont dénombré plusieurs plantations dont l'âge était supérieur à 23 ans.

Également, les superficies des AEVs concernés par ces travaux sont comprises entre 4 et 15 ha, avec 67 % d'AEVs ayant des superficies comprises dans l'intervalle]5, 10 ha]. Ces résultats sont différents de ceux obtenus dans les localités d'Eseka, Dibombari, Muyuka et Lobe par Nkongho *et al.* (2014) qui ont évalué les forces et faiblesses du secteur des petits exploitants de palmiers à huile. Dans ces localités, les palmeraies appartenant aux petits producteurs ont enregistré des superficies dépassant une vingtaine d'hectares. En effet la culture du palmier à huile requiert beaucoup de moyens financiers et une importante main d'œuvre, ce qui ne permet pas à de petits producteurs de s'étendre sur de vastes superficies. Les vastes étendues de palmeraies villageoises observées à Eseka, Dibombari, Muyuka et Lobe seraient également le fait de l'accompagnement des sociétés industrielles qui sont actives dans la localité, de l'accompagnement des programmes d'appui au développement de la filière et du fait que cette culture soit effectuée de façon traditionnelle dans ces localités.

Deux types de précédent cultural ont été observés dans le cadre de ces travaux à savoir, les forêts secondaires et les agroforêts à base de cacaoyers, soit 58 % pour les forêts secondaires et 42 pour les espaces préalablement occupés à la fois par les forêts secondaires et les agroforêts à base de cacaoyers. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Nkongho *et al.* (2014), qui ont montré dans leurs travaux que les palmeraies sont bien souvent installées sur des terres préalablement occupées par des forêts secondaires (67 %) et des systèmes de culture (36,35 %). Cette similarité de résultats serait due au fait que, le palmier à huile étant héliophile, l'introduction dans les milieux fortement anthropisés est plus aisée compte tenu de l'importante biomasse qu'il faut détruire dans les milieux forestiers.

De ces travaux, il ressort que la fertilisation minérale, le désherbage, l'élagage et la récolte des grappes sont les seules pratiques de gestion appliquées dans les agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) parcourus, bien que leurs applications présentent des irrégularités en fonction de la typologie des plantations. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par le

Cirad qui a répertorié en 2013, comme principales pratiques de gestion appliquées au palmier à huile, en plus des pratiques listées plus haut, le contrôle phytosanitaire (Anonyme, 2013). En effet, l'élaeiculture est pour les producteurs dont les plantations font l'objet de cette étude, une activité secondaire. Ces derniers ont des emplois et activités, desquels ils tirent leurs principaux revenus. Les pratiques telles que le contrôle phytosanitaire sont ainsi négligées. La fertilisation, pratique importante déterminant la productivité (Ajeng *et al.*, 2020), est pratiquée dans uniquement 16,12 % des AEVs. La logique de la fertilisation dans les palmeraies villageoises étudiées épouse celle décrite par le Cifor en 2014 dans les localités d'Eseka, Dibombari, Muyuka et Mundemba qui a montré que plus de 72 % des plantations villageoises détenues par les populations autochtones ne font pas l'objet de la fertilisation et seulement 26 % sont fertilisées mais de façon irrégulière et aucune dans la régularité (Anonyme, 2014a). Le fait que l'élaeiculture ne soit pas, pour les propriétaires des plantations parcourues, une activité dont ils tirent leurs principaux revenus pourrait expliquer pourquoi la fertilisation, dont le but est d'augmenter les rendements, est très peu pratiquée.

Les pratiques de gestion, notamment le désherbage, l'élagage et la fertilisation ; le mode d'exploitation ; le précédent cultural ; l'âge des AEVs, la densité des palmiers des AEVs ; le nombre de fleurs ; le nombre de fruits et le nombre de grappes par hectare, constituent les caractéristiques permettant de faire la typologie de ces derniers. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Aholoukpe *et al.* (2013) qui ont dressé la typologie des plantations villageoises de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) dans le département du Plateau au Bénin et où la densité des palmiers par plantation, le précédent cultural et l'âge des plantations ont été les variables déterminantes.

III.2.2. Caractérisation floristique des agrosystèmes élaeicoles villageois

Les résultats obtenus dans le cadre de ces travaux montrent que 43 individus d'espèces associées appartenant à 33 espèces réparties dans 31 genres et 24 familles ont été inventoriés, dans l'ensemble des 12 agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) étudiés. Cette richesse en espèces associées est concentrée dans les AEVs de Type 1 qui sont plus jeunes (âge < 14 ans). Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Noiha *et al.* (2015) qui ont travaillé les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de la localité de Nyanon dans la Sanaga Maritime et qui ont montré que la richesse en espèces associées diminue avec l'âge de l'agrosystème. En effet, les espèces sont souvent laissées dans le système pour être utilisées comme bois d'œuvre, bois de chauffe ou à des fins de fertilisation et diminuent de ce fait avec le temps. À côté des Musaceae,

les familles des Fabaceae et des Euphorbiaceae sont les plus représentées avec 14 % des individus d'espèces associées chacune, tout comme dans les travaux de Noiha *et al.* (2015).

Dans la strate inférieure, 156 espèces appartenant à 128 genres et 59 familles ont été recensées. Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Noiha *et al.* (2015) qui ont inventorié 306 espèces réparties en 256 genres et 87 familles dans les agrosystèmes à base de cacaoyers de la Sanaga Maritime. La richesse spécifique décrite dans ces travaux est par contre supérieure à celle décrite par Nguéguim *et al.* (2010) qui ont évalué la diversité floristique sous canopée en plantation forestière de Mangombe-Edea. Ces derniers ont inventorié 46 espèces appartenant à 42 genres et 26 familles. Les agrosystèmes élaeicoles villageois apparaissent donc comme des milieux riches en espèces dans leur strate inférieure. Dans le cadre des présents travaux, les familles des Fabaceae et des Asteraceae sont de loin les plus diversifiées avec respectivement, 19 espèces appartenant à 15 genres et 15 espèces appartenant à 13 genres. Ce résultat est similaire à celui de Batamack (2020) qui a travaillé dans les palmeraies villageoises de la localité de Ngwei dans la Sanaga Maritime et où les familles des Fabaceae et Asteraceae étaient dominantes.

En fonction de la typologie des AEVs, les résultats des présents travaux montrent que les AEVs de Type 2 sont les plus riches en espèces, soit $19,53 \pm 5,25$ espèces, comparés aux AEVs de Type 3 et de Type 1 qui présentent respectivement des richesses spécifiques de l'ordre de $16,60 \pm 5,65$ et $7,35 \pm 2,52$ espèces. Les pratiques de gestion intensive, appliquées dans les AEVs de Type 1, notamment l'usage des herbicides et des engrais inorganiques, apparaissent comme non promotrices de la richesse spécifique. Par contre la succession des désherbages régulier et irrégulier, pratiqués dans les AEVs de Type 2 semble favoriser l'apparition de la grande richesse spécifique en leur sein. En effet, sur plan de l'âge des plantations, ces résultats se rapprochent de ceux de Batamack *et al.* (2020). En effet, ce dernier a trouvé une richesse spécifique faible dans les stades jeunes, élevée dans les plantations d'âge intermédiaire et légèrement inférieure dans les plantations d'âge ≥ 25 ans.

Les valeurs des indices de Shannon obtenues dans le cadre de ces travaux montrent les AEVs de Type 2 et ceux de Type 3 qui ont pour indices de Shannon respectifs $3,62 \pm 0,53$ et $3,58 \pm 0,12$ sont les plus diversifiés en termes d'espèces végétales dans leur strate inférieure. Les AEVs de Type 1 présentent une diversité très moyenne (Indice de Shannon = $2,36 \pm 0,30$) mais faible par rapport à celle des deux autres types d'AEVs. La faible diversité floristique observée dans les AEVs de Type 1 pourrait être due à l'usage des herbicides et autres pesticides. Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Batamack (2020) qui a trouvé des valeurs de l'indice de Shannon ≥ 4 . Par contre, les résultats du présent travail sont similaires à ceux de

Batamack en ce sens que dans les deux cas d'étude, les plantations les plus jeunes sont moins diversifiées, celles d'âge intermédiaire sont plus diversifiées et les plus âgées ont une diversité intermédiaire.

Dans le cadre de ces travaux, les valeurs de l'indice de Simpson sont fortes ($\geq 0,87$) quel que soit le type d'AEV. C'est la preuve de l'existence des espèces dominantes dans les AEVs des environs de Yaoundé. Ce résultat est également similaire à celui de Batamack (2020) qui a trouvé des valeurs de l'indice de Simpson $\geq 0,97$. Les résultats de la présente étude révèlent une augmentation de la richesse spécifique en fonction de l'altitude. Ce résultat s'inscrit dans la logique de ceux obtenus par Cirimwami *et al.* (2019) qui ont étudié l'effet de l'altitude sur la richesse spécifique des forêts notamment dans le parc national de Kahuzi-Biega en Afrique de l'Ouest. Ces derniers ont montré que la richesse spécifique des populations herbacées augmente avec l'altitude tandis que celle des populations ligneuse décroît.

III.2.3. Stocks de carbone des agrosystèmes élaicoles villageois

Les stocks de carbone dans les agrosystèmes élaicoles villageois (AEVs) étudiés ont été estimés dans trois poulx à savoir, les sols, la biomasse végétale et les litières. De façon décroissante les plus grandes quantités de carbone sont stockées la biomasse végétale, suivi du sol (COS) et enfin des litières, soit respectivement $192 \pm 88,77$ tC/ha, $59 \pm 21,96$ tC/ha et $0,58 \pm 0,45$ tC/ha. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Singh *et al.* (2018) qui ont évalué les stocks de carbone dans les palmeraies de Mizoram au Nord-Est de l'Inde et ont trouvé les stocks de carbone respectivement de l'ordre de $80,46 \pm 0,48$ tC/ha, $24,14 \pm 0,14$ tC/ha, $2,16 \pm 0,19$ tC/ha.

Cependant les stocks de carbone aérien des plantations faisant l'objet de la présente étude ($192 \pm 88,77$ tC/ha) sont supérieurs à ceux obtenus par Singh *et al.* (2018) qui sont estimés à $80,46 \pm 0,48$ tC/ha. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que non seulement les plantations dans lesquelles ces auteurs ont travaillé étaient plus jeunes (11 ans) mais également étaient des plantations industrielles ayant connu plusieurs cycles de rotation. C'est la raison pour laquelle leurs stocks de COS sont plus faibles ($24,14 \pm 0,14$ tC/ha) par rapport aux stocks de COS des palmeraies faisant l'objet de la présente étude ($59 \pm 21,96$ tC/ha) qui sont toutes à leur premier cycle et dont les sols regorgent encore des stocks de carbone issus de la dégradation des quantités importants de matière organique résultant des coupes d'arbres effectuées lors de l'installation des parcelles. Par ailleurs, d'après Jacquemard (2011) les conditions idéales pour le développement du palmier à huile sont une température supérieure à 18°C et des précipitations de l'ordre de 2000 mm/an. Cependant dans la localité de Mizoram au Nord-Est

de l'Inde où les travaux de Singh *et al.* (2018) ont été effectués, les températures sont inférieures à 18 °C pendant l'hiver qui dure pratiquement 06 mois, ce qui serait de nature à ralentir le métabolisme des palmiers. Par contre Yaoundé et ses environs offrent des conditions propices au développement du palmier à huile, soit une température moyenne de 25° C et des précipitations comprises entre 1500 et 2500 mm tout au long de l'année (Lienou *et al.*, 2008), ce qui est de nature à optimiser la production de la biomasse des palmiers et par ricochet leurs stocks de carbone. À âge égal (11 ans), les palmeraies villageoises des environs de yaoundé une hauteur moyenne de $6,45 \pm 1,11$ m, tandis que celle concernées par les travaux de Singh *et al.* (2018) ont une hauteur moyenne de $3,54 \pm 0,05$ m.

Les présents travaux sont par contre littéralement différents de ceux de Sanquetta *et al.* (2015) qui ont obtenus des stocks de carbone de l'ordre de 50 tC/ha pour des palmeraies industrielles âgées de 35 ans avec des conditions climatiques similaires à ceux de Yaoundé et ses environs. Ceci pourrait être mis à l'actif des pratiques optimisées de gestion de ces plantations industrielles. Signalons que le mode de fertilisation et la méthode d'élagage des palmiers pourraient favoriser soit leur développement des organes végétatifs, soit leur rendement en grappes. Dans le cadre de la présente étude qui concerne plutôt les palmeraies appartenant aux petits producteurs ayant des moyens et des connaissances limitées pour la gestions optimisée de leurs plantions, l'élagage est bien souvent plus ou moins irrégulier et la fertilisation rare. De plus, les fertilisants ne sont pas souvent appliqués sur la base d'une analyse de sols indiquant clairement les besoins en nutriments des plantes pour leur production. Tous ces facteurs seraient de nature à optimiser la production de la biomasse végétale et par ricochet les stocks de carbone au détriment du rendement en grappes.

Les stocks de carbone dans les différents puits varient en fonction de la typologie des AEVs. Dans la biomasse végétale, les AEVs de Type 1 stockent les quantités de carbone les plus élevées, soit $198,08 \pm 55,16$ tC / ha. Ces stocks de carbone baissent dans les AEVs de Type 2 ($142,51 \pm 29,39$ tC / ha) et augmentent encore dans les AEVs de Type 3 ($152,03 \pm 5,44$ tC / ha). En effet, les quantités importantes des stocks de carbone dans la biomasse végétale des AEVs de Type 1 sont dues à la présence des grands arbres laissés dans les parcelles dont la densité est encore importante compte tenu du fait que ces AEVs de Type 1 sont les plus jeunes et les stocks de carbone contenus dans les palmiers représentent 86,42 % des stocks carbone contenus dans la biomasse végétale. Avec le temps, les arbres laissés dans les parcelles sont coupés laissant un peuplement mono spécifique de palmiers, ce qui réduit les quantités de carbone stockées dans les AEVs de Type 2 qui sont pour la plupart plus âgés que les AEVs de Type 1 et où les stocks de carbone des palmiers représentent 98,33 % des stocks de carbone de

la biomasse végétale. En revanche, les AEVs de Type 3 présentent des individus ayant des hauteurs de stipes les plus grandes et une densité d'espèces associées quasi nulle. Ces derniers ont des stocks de carbone des palmiers estimés à 99,50 % des stocks de carbone de la biomasse végétale. Leurs quantités de carbone séquestré dans la biomasse végétale sont supérieures à celles des AEVs de Type 2. Ces résultats sont une fois de plus similaires à ceux obtenus par Singh *et al.* (2018) qui ont montré qu'il existe une corrélation très forte (0,98) entre la biomasse du stipe et sa hauteur.

Chez les individus de palmier à huile, 88 % de carbone est stocké dans les stipes, 8 % dans les feuilles, 4 % les grappes par an, et 0,5 % dans les fleurs. Ces résultats sont différents de ceux de Singh *et al.* (2018) qui ont obtenu des quantités de biomasse de l'ordre de 64 % dans les stipes des individus adultes (âge =10 ans). Cette observation est de nature à confirmer l'hypothèse selon laquelle l'accumulation de la biomasse est fonction des pratiques de gestion.

Il apparaît une corrélation positive, forte (0,86) et significative (p-value < 0,05) entre la hauteur des stipes et l'âge des individus. Il apparaît également une corrélation positive, forte (0,84) et significative (p-value < 0,05) entre la hauteur des stipes et leurs stocks de carbone. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus respectivement par Sanquetta *et al.* (2015) qui ont montré que l'âge des plants de palmier à huile a une corrélation forte, positive et significative sur la hauteur de leurs stipes (0,95) ; et ceux obtenus par Singh *et al.* (2018) qui ont montré que la hauteur du stipe a une corrélation forte, positive et significative sur son stock de biomasse et par ricochet, son stock de carbone (0,98).

Les stocks de carbone des litières, dans le cadre des présents travaux sont de $2,33 \pm 0,46$ tC / ha. Cette valeur varie en fonction de la typologie des AEVs. Les AEVs de Type 1 et 2 qui sont régulièrement élagués présentent les stocks de carbone des litières les plus élevés, soit respectivement $2,57 \pm 2,65$ et $2,58 \pm 1,63$ t C/ ha ; pendant que $1,35 \pm 0,83$ tC / ha ont été estimés dans les litières des AEVs de Type 3. Il apparaît que les stocks de carbone des litières diminuent avec l'âge des AEVs. Il existe d'ailleurs une corrélation négative, forte (- 0,26) et significative entre le carbone des litières et l'âge des AEVs au seuil de 5 %. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Singh *et al.* (2018) qui ont montré que dans les palmeraies, les stocks de biomasse et donc de carbone des litières, diminuent avec l'âge du système.

Les stocks de carbone organique du sol (COS) des AEVs dans les environs de Yaoundé sont estimés à $57,96 \pm 6,90$ tC / ha. Cette valeur varie significativement entre les AEVs de Type 2 et ceux de Type 3 qui présentent des valeurs respectives de $63,74 \pm 18,31$ et $42,45 \pm 5,95$ tC/ ha. Par ailleurs, les stocks de COS sont plus élevés dans les AEVs de Type 2, plus faibles dans ceux de Type 3 et intermédiaires dans ceux de Type 1 ($61,94 \pm 8,32$ tC / ha). En effet, avec

l'installation des systèmes, il y a apport d'énormes quantités de biomasse qui après dégradation, permettent d'obtenir les stocks élevés de COS observés dans les AEVs de Type 2 dont les âges intermédiaires entre les AEVs de Type 1 (plus jeunes) et les AEVs de Type 3 (plus âgés). Par ailleurs, ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Rahman *et al.* (2021) qui ont trouvé des valeurs de COS allant de 57 tC / ha à 77 tC / ha et montré que les pratiques de gestion des palmeraies ont une incidence sur les stocks de COS.

L'une des questions posées dans le cadre de la présente étude était de savoir quelle est le niveau de stockage de carbone des agrosystèmes élaicoles villageois comparé aux systèmes agroforestiers à base de cacaoyers (SAFC) et dans les forêts secondaires ? D'après les travaux de Zekeng *et al.* (2022), effectués dans les villages Nkoltsit et Ossa dans l'Arrondissement de Mbankomo non loin de Ngoas et Nkong-Abok 1, les SAFC âgés de 30 ans environ présentent un stock de carbone moyen de $186,97 \pm 86,06$ tC/ha. Ce résultat est légèrement en dessous de celui obtenu dans les AEVs dans le cadre de la présente étude ($214 \pm 37,78$ tC/ha) pour des palmeraies d'âges inférieures à 25 ans. Cette différence de stocks de carbone entre cacaoyères et palmeraies serait due aux grandes mensurations du palmier à huile. Aussi bien les travaux de Singh *et al.* (2018) que ceux de Sanquetta *et al.* (2015) dans les palmeraies montrent une forte influence de la hauteur et du diamètre des plants sur l'estimation de leur biomasse. Également, les travaux de Panzou et Jopaul (2018) dans les forêts tropicales malaysiennes ont montré une forte contribution du diamètre et de la hauteur des arbres dans l'estimation de leur biomasse. Les résultats de stocks de carbone de la présente étude représentent la moitié des stocks de carbone obtenus dans les forêts secondaires de Mbankomo par Zekeng *et al.* (2022), soit $501,11 \pm 187,15$ tC/ha. Ceci voudrait dire que les palmeraies constituent un système de culture qui se rapproche le mieux des forêts en termes de stocks de carbone. En terme de service écosystémique, bien qu'un service n'en remplace pas un autre, mais le déficit de carbone dans les palmeraies peut se compenser par leur forte valeur économique. Cependant, améliorer la diversité floristique au sein de ces systèmes de cultures optimiserait davantage leurs stocks de carbone.

Chapitre IV. Conclusion et perspectives

IV.1. Conclusion

Tenant compte de la controverse relative à la culture du palmier à huile en région tropicale, notamment pour ce qui est de son impact sur la biodiversité et le stockage de carbone, ce travail s'est proposé d'évaluer la diversité floristique et d'estimer les stocks de carbone des agrosystèmes élaeicoles villageois (AEVs) des environs de Yaoundé.

Les AEVs des environs de la ville de Yaoundé parcourus dans le cadre de ces travaux ont des superficies qui varient de 4 à 15 ha, avec des âges compris entre 7 et 22 ans. Les variables biotiques et abiotiques caractéristiques des AEVs ont permis d'établir leur typologie. Les variables déterminantes pour la typologie sont les pratiques de gestion à savoir le désherbage, l'élagage, la fertilisation ; le précédent cultural ; le mode de gestion ; l'âge ; la densité des individus par hectare ; la densité des grappes, des feuilles et des fleurs par palmier. Ainsi, les AEVs de Type 1 désignent ceux qui sont gérés de façon intensive, où l'élagage, le désherbage (manuel et chimique) et la fertilisation sont pratiqués de façon plus ou moins régulière. Les AEVs de Type 2 sont à gestion intermédiaire. L'élagage et le désherbage sont appliqués de façon quasi irrégulière et la fertilisation est non appliquée. La récolte des grappes est l'unique pratique observée dans les AEVs de Type 3.

Les résultats obtenus permettent d'affirmer que la richesse spécifique et la diversité floristique varient en fonction de la typologie des AEVs. La richesse spécifique est plus importante dans la strate inférieure des AEVs de Type 2 et ceux de Type 3. Il s'agit également des AEVs les plus diversifiés dans leur strate inférieure en terme d'espèces. L'âge et l'altitude influencent positivement et de façon significative la diversité floristique des AEVs des environs de Yaoundé. De façon générale, le fond floristique de ces AEVs est constitué de *Marattia cicutifolia*, *Chromolaena odorata*, *Fluerya aestuans*, *Costus afer*, *Paspalum conjugatum*, *Cyathula prostrata* et *Desmodium adscendens*.

En fonction de la typologie des AEVs, les stocks de carbone varient globalement très peu. Cependant, ils sont supérieurs à ceux des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers et se rapprochent de ceux des forêts secondaires de la même localité. Les stocks de carbone séquestrés dans la biomasse végétale sont les plus élevés comparés à ceux du sol et des litières. Les AEVs de Type 1 présentent les stocks de carbone les plus élevés comparés à ceux de Types 2 et 3 dont des stocks de carbone sont respectivement faibles et moyens. Le carbone séquestré dans la biomasse végétale suit la même logique en fonction de la typologie des AEVs que celle présentée dans la globalité. Les stocks de carbone séquestré des palmiers représentent 86,42 % du total de carbone stocké dans la biomasse végétale. Les stipes représentent 87,76 % du carbone contenu dans les palmiers, suivi des feuilles (8 %) et des grappes (4 %). Les fleurs séquestrent les plus

petites quantités de carbone (0,5 %). Les litières représentent le plus petit puis de carbone. Ici, les stocks de carbone les plus importants sont observés dans les AEVs de Type 1 et de Type 2, comparés aux AEVs de Type 3. Les stocks de carbone organique varient en fonction de la typologie des AEVs. Les AEVs de Type 2 stockent les plus grandes quantités de carbone dans le sol, tandis que les AEVs de Type 3 présentent les stocks de carbone organique les plus faibles. Les crédits carbone sont plus importants dans les AEVs de Type 1. Ne serait-il pas adéquat de conseiller les pratiques de gestion observées dans les AEVs de Type 2 aux élaeiculteurs, afin d'implémenter la vision des États consignée dans la déclaration de Marrakech relative à la production durable de l'huile de palme, bien que le Cameroun n'en ait pas été signataire ?

Ces résultats constituent une base de données importante pour la gestion de la biodiversité végétale dans les agrosystèmes élaeicoles villageois des environs de Yaoundé. Par ailleurs, ils sont importants dans l'inventaire national des stocks de carbone des différents systèmes d'utilisation des terres, conformément aux accords de Paris afin de faire avancer le processus REDD +.

IV.2. Perspectives

Ces travaux pourront se poursuivre de la façon suivante :

- agrandir l'échantillonnage en fonction des différents stades phénologiques du palmier et étendre le travail dans les autres zones agroécologiques ainsi que dans les palmeraies supervisées et les palmeraies industrielles ;
- analyser la diversité végétale et les stocks de carbone des agrosystèmes élaeicoles en rapport avec les propriétés du sol ;
- étudier la diversité des épiphytes des palmeraies afin de compléter les études relatives à la diversité végétales des AEVs ;
- construire les modèles d'estimation des indices de diversité ;
- étudier les usages ethnobotaniques des espèces rares ;
- définir une équation allométrique permettant d'estimer la biomasse des individus de *E. guineensis* dans le contexte écologique du Cameroun.

Bibliographie

- Aholoukpe H., Vissoh V. P., Amadji G., Deleporte P., Dubos B., Nodichao L., Glele K. R., Chotte J.L. et Blavet D., 2013. Typologie des plantations villageoises de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) dans le département du Plateau au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 7(3) : 978-999.
- Ajeng A. A., Abdullaha R., Ling T. C., Malek M. A., Chew K. W., Ho Y. C., Ling T. C., Lau B. F. and Show P. L., 2020. The Effects of Biofertilizers on Growth, Soil Fertility, and Nutrients Uptake of Oil Palm (*Elaeis Guineensis*) under Greenhouse Conditions. *Processes*, 2020, vol. 8(12): 1-16.
- Al-Robai S. A., Mohamed H. A., Howladar S. M., and Ahmed A. A., 2017. Vegetation structure and species diversity of Wadi Turbah Zahran, Albaha area, southwestern Saudi Arabia. *Ann. Agric. Sci.*, vol. 62: 61–69.
- Angoni H., Ngodo M. J. B. and Zinga E. A., 2018. The floristic diversity and the carbon stock evaluation in some peripheries sites of the Douala-Edea wildlife reserve in Cameroon. *International Journal of Development Research*, Vol. 8(6): 20991-20998.
- Anonyme, 1992. *Convention sur la Diversité Biologique*. Nations Unies, 30 p.
- Anonyme, 2002. Report of the Conference of the Parties on its seventh session, held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001 (FCCC/CP/2001/13/Add.1, UNFCCC, Marrakesh, Morocco, 2001). [WWW document]. URL <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a01.pdf>. Accessed December 1, 2008.
- Anonyme, 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006 Guidelines)*. IGES.
- Anonyme, 2008. *Deuxième rapport sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture au Cameroun*. Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), 93 p.
- Anonyme, 2012a. *Le développement du palmier à huile au Cameroun*. WWF, IRD-CIFORD, 16 p.
- Anonyme, 2012b. *Adoption de l'Accord de Paris, Convention-cadre sur les changements climatiques, Conférence des Parties, Vingt et unième session*. Nations Unies, 40 p.
- Anonyme, 2012c. *High carbon stock forest study report, Defining and identifying high carbon stock forest areas for possible conservation*. Golden Agri-Resources and SMART and The Forest Trust and Greenpeace. 45p.
- Anonyme, 2013. *Pratiques culturelles recommandées pour la culture du palmier à huile*. CIRAD, Montpellier, France, 49 p.

- Anonyme, 2014a. *Historique du secteur huile de palme au Cameroun*. Document occasionnel 109, Cifor, Bogor, Indonésie, 53p.
- Anonyme, 2014b. *The non-industrial palm oil sector in Cameroon*. Working Paper 139. Bogor, Indonesia: CIFOR, 21 p.
- Anonyme, 2018a. *Palmiers à huile et biodiversité : Analyse de la situation par le Groupe de travail de l'UICN sur les palmiers à huile*. Gland, Suisse, UICN, 128 p.
- Anonyme, 2018b. *Principes, Critères et Indicateurs*. RSPO, 73 p.
- Anonyme, 2019. *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretaria, Bonn, Germany. 3-125p.
- Asari N., Suratman M. N., Jaafar J. and Khalid M. M., 2013. Estimation of Above Ground Biomass for Oil Palm Plantations Using Allometric Equations. 4th International Conference on Biology, Environment and Chemistry, 58: 110-114.
- Ayers J. M. and Huq S., 2009. The Value of Linking Mitigation and Adaptation: A Case Study of Bangladesh. *Environmental Management*, vol. 43: 753-764.
- Badgery W. B., Simmons A. T., Murphy B. M., Rawson A., Andersson K. O., Lonergan V. E. and van de Ven R., 2013. Relationship between environmental and land-use variables on soil carbon levels at the regional scale in central New South Wales, Australia. *Soil Res*, vol. 51: 645-656.
- Barcelos E., Rios S. A., Cunha R. N. V., Lopes R., Motoike S. Y., Babiychuk E., Skiryicz A. and Kushnir S., 2015. Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. *Plant Genetics and Genomics, Front. Plant Sci.*, vol. 6(10), 16 p.
- Barré P., Durand H., Chenu C., Meunier P., Montagne D., Castel G., Billiou D., Soucémariadin L. and Cécillon L., 2017. Geological control of soil organic carbon and nitrogen stocks at the landscape scale. *Geoderma*, vol. 285: 50-56.
- Basiron Y., Balu N. and Chandramohan D., 2004. Palm Oil: The Driving Force of World Oils and Fats Economy. *Oil Palm Industry Economic Journal*, vol. 4: 1-10.
- Batamack N. B., 2020. *Dynamique de la diversité floristique après installation des agrosystèmes à *Elaeis guineensis* de la commune de Ngwei*. Mémoire de Master, Département de Biologie et Physiologie Végétales, faculté des sciences, université de Yaoundé1, 75p.
- Besar N. A., Suardi H., Phua M-H., James D., Mokhtar M. B. and Ahmed M. F., 2020. Carbon Stock and Sequestration Potential of an Agroforestry System in Sabah, Malaysia. *Forests*, vol. 11 (2) : 1-10.

- Blondel J., 1979. Insularité et démographie des Mésanges du genre. *Parus (Aves)*, *C.R. Acad. Sci. Paris, ser.*, vol. 289: 161-164.
- Braun-Blanquet J., 1932. *Plant sociology: The study of plant communities*. Hafner Publishing Company, New York, 439 p.
- Bray R. H. and Kurtz L. T., 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, Vol. 59 (1): 39-46.
- Bremner J. M., 1965. *Inorganic Forms of Nitrogen*. In: Black, C.A., et al., Eds., *Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Monograph No. 9, ASA and SSSA, Madison*, 1179-1237.
- Brown S., 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer*. FAO Forest Paper 134 p.
- Carlson K. M., Curran L. M., Asner G. P., Pittman A. M., Trigg S. N. and Adeney J. M., 2013. Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nat. Clim. Change*, vol. 3 (1): 283–287.
- Carrere R., 2010. *Oil palm in Africa: Past, present and future scenarios*. World Rainforest Movement December, WRM Series Tree plantations N°15, 68 p.
- Chiti T., Grieco E., Perugini L., Rey A. and Valentini R., 2014. Effect of the replacement of tropical forests with tree plantations on soil organic carbon levels in the Jomoro district, Ghana. *Plant Soil*, vol. 375 (1):47-59.
- Chave J., Réjou-Méchain M., Burquez, 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. A., Muller-Landau H. C., Mencuccini M., Nelson B. W., Ngomanda A., Nogueira E. M., Ortiz-Malavassi E., Péliissier R., Ploton P., Ryan C. M., Saldarriaga J. G. and Vieilledent G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, vol. 20: 3177–3190.
- Choo Y., Muhamad H., Hashim Z., Subramaniam V., Puah C. and Tan Y., 2011. Determination of GHG Contributions by Sub Systems in the Oil Palm Supply Chain Using the LCA Approach. *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol.16 (1): 669-681.
- Cirimwami L., Doumengé C., Kahindo J. M. and Amani C., 2019. The effect of elevation on species richness in tropical forests depends on the considered lifeform: results from an East African mountain forest. *Tropical Ecology*, vol. 60 : 473–484.

- Clarito Q. Y., Suerte N. O., Bontia E. C. and Maestrecampo-Clarito I., 2020. Determining seagrasses community structure using the Braun –Blanquet technique in the intertidal zones of Islas de Gigantes, Philippines. *Journal of Environment and Sustainability*, Vol. 4 (1): 1-15.
- Condit R., 1998. *Tropical Forest Census Plots: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and a Comparison with Other Plots*. Springer Science and Business Media.
- Corley R. H. V. and Tinker P. B. H., 2003. *The Oil Palm (World Agriculture Series)*. Fourth edition, Blackwell science, Oxford, UK, 608 p.
- Corley R. H. V. and Tinker P. B., 2015. The Classification and Morphology of the Oil Palm. In: Corley R. H. V. and Tinker P. B. (eds). *The Oil Palm, Fifth edition*. Wiley-Blackwell, p 30-52.
- Davis S. C., Boddey R. M., Alves B. J. R., Cowie A., George B. H., Ogle S. M. and van Wijk M. T., 2013. Management Swing Potential for Bioenergy Crops. *Bioenergy*, vol.5 (6): 623-638.
- Dhed'a Djailo B., Adheka Giria J., Onautshu Odimba D. et Swennen R., 2019. *La culture des bananiers et plantains dans les zones agroécologiques de la République Démocratique du Congo*. Presse Universitaire UNIKIS, Kisangani, 72 p.
- Do D. T., 2018. *De la déforestation à la certification de l'huile de palme durable : analyse du processus d'élaboration du label de la RSPO à travers son document de guidance*. Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de Bioingénieur, Faculté des Bioingénieurs, Université catholique de Louvain, 139 p.
- Dubos B., Bonneau X. et Flori A., 2020. *Piloter la fertilisation du palmier à huile*. Éditions Quæ, RD 10, 78026 Versailles Cedex, 91 p.
- Dufresne J. L. et Treiner J., 2011. L'effet de serre atmosphérique : plus subtil qu'on ne le croit ! *La Météorologie*, vol. 72 : 31-41.
- Egbe A. E., Tabot P. T., Fonge B. A. and Bechem E., 2012. Simulation of the impacts of three management regimes on carbon sinks in rubber and oil palm plantation ecosystems of South- Western Cameroon. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, Vol. 4(6) : 154-162.
- el Hage Hassan H., Charbel L. et Touchart L., 2018. Modélisation de l'érosion hydrique à l'échelle du bassin versant du Mhaydssé. Békaa-Liban. *VertigO*, vol. 18(1): 19 p.

- Engku Azlin Rahayu E. A., Mohd Nazip S. And Shamsiah A., 2015. Development of allometric equation for biomass of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) saplings. *Malays. Appl. Biol*, vol.44 (3): 109-112.
- Fangliang H. and Xin-Sheng H., 2005. Hubbell's fundamental biodiversity parameter and the Simpson diversity index. *Ecology letters*, vol. 8(4): 386-390.
- Fernandes C. A. F., Matsumoto S. N. and Fernandes V. S., 2018. Carbon stock in the development of different designs of biodiverse agroforestry systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, vol. 22 (10) : 720-725.
- Ferwerda J. D., 1977. *Oil Palm*. In: De Alvim P. T. and Kozlowski T. T. (eds). *Ecophysiology of Tropical Crops*. Academic Press, 351-382
- Fitzherbert E. B., Struebig M. J., Morel A., Danielsen F., Brühl C. A., Donald P. F. and Phalan B., 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 23(10):538-545.
- Foley J. A., Ramankutty N., Brauman K. A., Cassidy E. S., Gerber J. S., Johnston M., Mueller N. D., O'Connell C., Ray D. K., West P. C., Balzer C., Bennett E. M., Carpenter S. R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockström J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D. and Zaks D. P. M., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478, 337–342.
- Frazão L. A., Paustian K., Pellegrino Cerri C. E. and Cerri C. C., 2014. Soil carbon stocks under oil palm plantations in Bahia State, Brazil. *Biomass and Bioenergy*, vol. 62 (1): 1 – 7.
- Grandjean S., 2020. *La forêt et le droit : la définition de la forêt en droit français*. L'Harmattan 118 p.
- Henry M. P., 1955. Note préliminaire sur l'organisation foliaire chez le palmier à huile. *Revue générale de botanique*, Tome 62, 10 p.
- Hobley E., Wilson B., Wilkie A., Gray J. and Koen T., 2015. Drivers of soil organic carbon storage and vertical distribution in Eastern Australia. *Plant Soil*, vol. 390 (1): 111-127.
- Holloway V. and Giandomenico E., 2009. *Carbon Planet White Paper: The History of REDD Policy*. Carbon Planet Limited, 172 North Terrace Adelaide, SA 5000, 20 p.
- Jackson R. B., Schenk H. J., Jobbágy E. G., Canadell J., Colello G. D., Dickinson R. E., Field C. B., Friedlingstein P., Heimann M., Hibbard K., Kicklighter D. W., Kleidon A. and Neilson R. P., 2000. Belowground consequences of vegetation change and their treatment in models. *Ecol Appl*, vol. 10:470-483.

- Jacquemard J. C., 2011. *Le palmier à huile*. Editions Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, 240 p.
- Jacquemard J. C., 2013. *Le palmier à huile en plantation villageoise*. Éditions Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, 163 p.
- Jaffre T., de Namur C., Fritsch E., Monteny B. A., Barbier J. M. et Omont C., 1983. *Evolution de la biomasse épigée et du stock de carbone d'une culture pérenne : le palmier à huile (Elaeis guineensis jacq.)*. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer centre d'Adiopodoume -Abidjan (Côte d'Ivoire), 11 p.
- Jobbágy E. G. and Jackson R. B., 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Society of America*, Vol. 10 (2): 423-436.
- Jourdan C. and Rey H., 1997. Architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. *Plant and Soil*, vol. 189: 3-48.
- Khalid H., Zin Z. and Anderson J. M., 1999. Quantification of oil palm biomass and nutrient value in a mature plantation: Above ground biomass. *J. Oil Palm Res.* Vol. 2: 23-32.
- Khasanah N., van Noordwijk M. and Ningsih H., 2015. Aboveground carbon stocks in oil palm plantations and the threshold for carbon-neutral vegetation conversion on mineral soils. *Cogent Environmental Science*, vol. 1(1): 1-18.
- Khasanah N., van Noordwijk M., Slingerland M., Sofiyudin M., Stomph D., Migeon A. F. and Hairiah K., 2020. Oil Palm Agroforestry Can Achieve Economic and Environmental Gains as Indicated by Multifunctional Land Equivalent Ratios. *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 3(122): 13p.
- Koh L. P. and Wilcove D. S., 2008. Is Oil Palm Agriculture Really Destroying Tropical Biodiversity? *Conservation Letters*, vol. 1: 60-64.
- Koh L. P., Miettinen J., Liew S. C. and Ghazoul J., 2011. Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. *Proc. Natl Acad. Sci.*, vol. 108(12) 5127-5132.
- NKome G. K. and Tabi F. O., 2020. Towards Sustainable Oil Palm Plantation Management: Effects of Plantation Age and Soil Parent Material. *Agricultural Sciences*, vol. 11(1): 54-70.
- Kouadio J. C., Soiret K. S. P., Kpan W. B., Yao N. O., N'guessan K. E., Kouassi K. P. and Gomez P. J., 2018. Valeur de conservation de la Réserve Naturelle Volontaire (RNV) de la Dodo, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 12(6) : 2784-2796.

- Lal R., 2008. Carbon sequestration. *Phil. Trans. R. Soc. B*, vol. 363 (1492): 815-830.
- Lamade E. and Setiyo I. E., 2012. *Variations of carbon content among oil palm organs in North Sumatra conditions: Implication for carbon stock estimation at plantation scale. In: International Conference on Oil Palm and Environment (ICOPE 2012)*. Bali, Indonésie, 22-24.
- Latake P. T., Pawar P. and Ranveer A. C., 2015. The Greenhouse Effect and Its Impacts on Environment. *International Journal of Innovative Research and Creative Technology*, Vol. 1(3): 333-337.
- Leplae E., 1939. *Le palmier à huile en Afrique : son exploitation au Congo belge et en Extrême-Orient*. Mémoires. Collection in-8ème Tome VII, fasc. 3 et dernier, Institut Royal Colonial Belge, section des sciences naturelles et médicales, 133 p.
- Letouzey R., 1985. *Notices de la carte phytogéopliique du Cameroun au 1 : 500.000*, Inst. Rech. Agr., Yaoundé et Inst. Cart. Intern. Végétation, Toulouse.
- Letouzey R., 1978. Notes phytogéographiques sur les palmiers du Cameroun. *Adansonia*, vol. 18 : 293-325.
- Lienou, G., Mahe, G., Paturel, J.E., Servat, E., Sighomnou, D., Ekodeck, G.E., Dezetter, A. et Dieulin, C., 2008. Evolution des régimes hydrologiques en région équatoriale camerounaise : un impact de la variabilité climatique en Afrique équatoriale ? *Hydrological Sciences Journal*, vol. 53: 789–801.
- Mahmud K., Makaju S., Ibrahim R. and Missaoui A., 2020. Current progress in nitrogen fixing plants and microbiome research. *Plants*, vol. 9(1): 17 p.
- Mba O. I., Dumont M. J. and Ngadi M., 2015. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry. *Food Biosci.*, vol. 10: 26-41.
- Mbaiyetom H., Avana Tientcheu M. L., Tchamba Ngankam M. et Wouokoue Taffo J. B., 2021. Diversité floristique et structure de la végétation ligneuse des parcs arborés de la zone soudanienne du Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 15(1): 68-80.
- Meijaard E., Garcia-Ulloa J., Sheil D., Wich S. A., Carlson K. M., Juffe-Bignoli D. and Brooks T. M., 2018. *Oil palm and biodiversity. A situation analysis by the IUCN Oil Palm Task Force*. IUCN Oil Palm Task Force Gland, Switzerland: IUCN, 116 pp.
- Miabangana E. S., 2020. Structure, Composition Et Diversité Floristiques De La Forêt De La Djoumouna (République du Congo). *European Scientific Journal*, Vol. 16(12): 1857-7881.

- Migolet P., Goïta K., Ngomanda A. and Mekui Biyogo A. P., 2020. Estimation of Aboveground Oil Palm Biomass in a Mature Plantation in the Congo Basin. *Forests*, 11, 544; doi:10.3390/f11050544.
- Mirazadi Z., Pilehvar B. and Vajari K. A., 2017. Diversity indices or floristic quality index: Which one is more appropriate for comparison of forest integrity in different land uses? *Biodivers Conserv*, vol. 26:1087-1101.
- Mounmemi K. H., 2021. *Dynamique de la diversité et des stocks de carbone dans les forêts denses semi-décidues de production du Cameroun : cas de la forêt communale de Dimako*. Thèse de Doctorat Ph.D, Centre de Formation et de Recherche Doctorale en Science de la Vie, Santé et Environnement, Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, 145 p.
- Moretzsohn M. C., Ferreira M. A., Amaral Z. P. S., Coelho P. J. A., Grattapaglia D. and Ferreira M. E., 2002. Genetic diversity of Brazilian oil palm (*Elaeis oleifera* H.B.K.) germplasm collected in the Amazon Forest. *Euphytica*, vol. 124: 35 – 45.
- Nagornyy V. D., 2013. *Instrumental Methods of Analysis in Agricultural*. LIBRARY ID, Peoples Friendship University of Russia, 6, Miklukho-Maklaya street, Moscow, 117198, ISBN: 978-5-209-05059-9.
- Nangndi B., Avana T. M. L., Wouokoue T. J. B., Etchike D. A. B., Wolwai D. T. and Fonkou T., 2017. Floristic and structural diversity of woody vegetation in the Sudano-guinean zone of Larmanaye. Chad. *Journal of Ecology and The Natural Environment*, vol. 13(3): 63-72.
- Ness J. and Moghtaderi B., 2016. *Biomass and Bioenergy, Chapter 1. Coal-Biomass Cofiring Handbook*. 37 p.
- Ngueguim J. R., Zapfack L., Youmbi E., Riera B., Onana J., Foahom B. et Makombu J. G., 2010. Diversité floristique sous canopée en plantation forestière de Mangombe-Edea (Cameroun). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 14(1): 167-176.
- Nkongho R. N., Feintrenie L. and Levang P., 2014. Strengths and weaknesses of the smallholder oil palm sector in Cameroon. *OCL*, vol. 21(2): 9p.
- Noiha N. V., Zapfack L. and Mbade L. F., 2015. Biodiversity Management and Plant Dynamic in a Cocoa Agroforest (Cameroon). *International Journal of Plant and Soil Science*, 6(2): 101-108.
- Noiha N. V., Zapfack L., Awe D. V., Witanou N., Nyeck B., Ngossomo J. D., Hamadou M. R., Chimi D. C. and Tabue M. R. B., 2017. Floristic structure and sequestration

- potential of cashew agroecosystems in Africa: A case study from Cameroon. *Journal of Sustainable Forestry*, vol. 36(3): 277-288.
- Noumi E. et Amougou Akoa, 2003. Fourré crassulescent submontagnard à *Euphorbia kamerunica* de l'inselberg Minloa (Yaoundé, Cameroun). *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, vol. 3(3): 185-201.
- Nyombi K., van Asten P. J. A., Leffelaar P. A., Corbeels M., Kaizzi C. K. and Giller K. E., 2009. *Allometric growth relationships of East Africa highland bananas (Musa AAA-EAHB) cv. Kisansa and Mbwazirume*. *Annals of Applied Biology*, ISSN 0003-4746.
- Odah K., Aziadekey M., Tozo K., Akpavi S., Koukouma R., Guelly A., Kokou K., Assignon K., Akogo Y., Aidam A., Akpagana K., Kenny L., Ait-Oubahou A., Zinsou C. et Gbeassor M., 2013. La diversité génétique des bananiers plantains cultivés dans la zone Ouest de la Région des Plateaux au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol. 7(5) : 1910-1918.
- Onana J. M. et Mezili Paul, 2018. *Recueil des noms des plantes en langues ethniques du Cameroun*. Editions universitaires européennes, 17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius, 171 p.
- Ordway E. M., Sonwa D. J., Levang P., Mboringong F., Miaro III L., Naylor R., L. et Nkongho R. N., 2019. *Développement de la filière huile de palme dans le bassin du Congo : Nécessité d'une stratégie régionale impliquant les petits planteurs et les marchés informels*. Les infobriefs du CIFOR, No. 261, DOI: 10.17528/cifor/007331.
- Oyekale A. S., 2016. Cocoa farmers' safety perception and compliance with precautions in the use of pesticides in centre and western Cameroon. *Applied Ecology And Environmental Research*, vol. 15(3):205-219.
- Panzou L. et Jopaul G., 2018. *Biomasse et stocks de carbone en Afrique centrale : importance de l'allométrie des arbres*. Thèse de Doctorat, Communauté Française de Belgique Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, 161 p.
- Pauwels J., Van Ranst, E., Verloo M., et Mvondo Ze, A., 1992. *Manuel de la boratoire de Pédologie - méthodes d'analyses de sols et de plantes ; équipement et gestion des stocks de verrerie et de produits chimiques*. Publications Agricoles n°. 28, A.G.C.D., Bruxelles, Belgique, 180 p.
- Pearson T. R. H., 2007. *Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.

- Phalan B., Bertzky M., Butchart S. H., Donald P. F., Scharlemann J. P., Stattersfield A. J. and Balmford A., 2013. Crop expansion and conservation priorities in tropical countries. *PLoS ONE*, vol. 8(1). doi: 10.1371/journal.pone.0051759.
- Picard N., Saint-André L. et Henry M., 2012. *Manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, et Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Rome, Montpellier, 222 pp.
- Pirker J., Mosnier A., Kraxner F., Havlík P. and Obersteiner M., 2016. What are the limits to oil palm expansion? *Glob. Environ. Change*, 40, 73-81.
- Porankiewicz B., Iskra P., Sandak J., Tanaka C. and Joźwiak K., 2006. High-Speed Steel Tool Wear during Wood Cutting in the Presence of High-Temperature Corrosion and Mineral Contamination. *Wood Science and Technology*, vol. 40: 673-682.
- Pulhin F. B., Lascob R. D. and Urquiola J. P., 2014. Carbon Sequestration Potential of Oil Palm in Bohol, Philippines. *Ecosystems and Development Journal*, vol. 4(2): 14-19.
- Qaim M., Sibhatu K. T., Siregar H. and Grass I., 2020. Environmental, Economic, and Social Consequences of the Oil Palm Boom. *Annual Review of Resource Economics*, vol. 12: 321-344.
- Rahman N., Giller K. E., De Neergaard A., Magid J., Van de Ven G. and Bruun T. B., 2021. The effects of management practices on soil organic carbon stocks of oil palm plantations in Sumatra, Indonesia. *Journal of Environmental Management*, vol. 278(2): 1-9.
- Ramos H. M. N., Vasconcelos S. S., Kato O. R. and Castellani D. C., 2018. Above and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. *Agroforest Syst*, vol. 92: 221-237.
- Rawat U. S. and Agarwal N. K., 2015. Biodiversity: Concept, threats and conservation. *Environment Conservation Journal*, vol. 16 (3):19-28.
- Reijnders L. and Huijbregts M. A. J., 2008. Palm Oil and the Emission of Carbon-Based Greenhouse Gases. *Journal of Cleaner Production*, vol. 16: 477-482.
- Rival A. et Levang P., 2013. La palme des contreverses : *palmier à huile et enjeux de développement*. Edition Quae, RD 10, F-78026 Versailles Cedex, 98 p.
- Rival A., 2016. Huile de palme. *JSTOR*, vol. 82 : 80-85.
- Rival A., Beule T., Barre P., Hamon S., Duval Y. and Noirot M., 1997. Comparative flow cytometric estimation of nuclear DNA content in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) tissues cultures and seed-derived plants. *Plant Cell Rep.*, vol. 16 : 884–887.

- Rondeux J., 1982. La mesure de la hauteur des arbres au moyen d'un clinomètre. *Bull. Soc. Roy. For. de Belgique*, vol. 89 (2) :57-62.
- Rugayah A. F., Astimar A. A. and Norzita N., 2014. Preparation and characterization of activated carbon from palm kernel shell by physical activation with steam. *Journal of Oil Palm Research*, vol. 26 (3): 251-264.
- Sanquetta C. R., Ellico Netto S., Dalla Corte A. P., Rodrigues A., Lourenco E., Behlin A. and Sanquetta M. N. I., 2015. Quantifying Biomass and Carbon Stocks in Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Northeastern Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 10: 4067-4075.
- Savin G., 1965. *Developpement des oléagineux tropicaux au Pérou : recherches agronomiques et possibilités de développement*. Paris : IRHO, 67 p.
- Segura O. and Kanninen M., 2005. *Allometric models for estimating volume and total aboveground biomass of seven dominant tree species in a tropical humid forest in Costa Rica*. CIFOR, URL <https://www.cifor.org/knowledge/publication/1670/> (accessed 12.28.21).
- Sequiño A. C. and Avenido J. M., 2015. The World's Leader in the Palm Oil Industry: Indonesia. *International Journal of Ecology and Conservation*, Vol. 13: 152-164.
- Sheil D., Casson A., Meijaard E., van Noordwijk M., Gaskell J., Sunderland-Groves J. and Kanninen M., 2009. *The Impacts and Opportunities of Oil Palm in Southeast Asia*. Occasional Paper No. 51, Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor.
- Siarudin, M., Rahman, S.A., Artati, Y., Indrajaya, Y., Narulita, S., Ardha, M.J. and Larjavaara, M., 2021. Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems in Degraded Landscapes in West Java, Indonesia. *Forests* 12, 714. <https://doi.org/10.3390/f12060714>.
- Simula M., 2009. *Vers une définition de la dégradation des forêts : analyse comparative des définitions existantes*. Rome, FAO, Document de travail n°154, 66p.
- Singh S. L., Sahoo U. K., Kenye A. and Gogoi A., 2018. Assessment of Growth, Carbon Stock and Sequestration Potential of Oil Palm Plantations in Mizoram, Northeast India. *Journal of Environmental Protection*, vol. 9: 912-931.
- Somarriba E., Cerdaa R., Orozcoa L., Cifuentesa M., Dávilaa H., Espina T., Mavisoya H., Ávilaa G., Alvaradoa E., Povedaa V., Astorgaa C., Saya E. and Deheuvels O., 2013. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 173: 46-57.

- Sommer R., Denich M. and Vlek P. L. G., 2000. Carbon Storage and Root Penetration in Deep Soils under Small-Farmer Land-Use Systems in the Eastern Amazon region, Brazil. *Plant and Soil*, 219: 231-241.
- Sonwa D. J., Nkongmeneck B. A., Weise S. F., Tchatat M., Adesina A. A. and Janssens M. J. J., 2007. Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Biodivers Conserv*, vol. 16: 2385-2400.
- Suchet P. A., 1995. Cycle du carbone, érosion chimique des continents et transferts vers les océans. Strasbourg : Thèse de 3^{ème} cycle, Institut de Géologie – Université Louis-Pasteur, 156 p.
- Sunaryathy P. I., Suhasman, Kanniah K. D. and Tan K. P., 2015. Estimating Aboveground Biomass of Oil Palm Trees by Using the Destructive Method. *World Journal of Agricultural Research*, Vol. 3(1): 17-19.
- Tchapgnouo N. J. G., Njiné T., Zébazé T. S. H., Djutso S. S. C., Mahamat T. T. S., Tchakonté S. et Pinel-Alloul B., 2012. Diversité spécifique et abondance des communautés de copépodes, cladocères et rotifères des lacs du complexe Ossa (Dizangué, Cameroun). *Physio-Géo*, Vol. 6 (1) : 71-93.
- Temgoua L. F., Dongmo W., Nguimdo V. et Nguena C., 2018. Diversité Ligneuse et Stock de Carbone des Systèmes Agroforestiers à base de Cacaoyers à l'Est Cameroun : Cas de la Forêt d'Enseignement et de Recherche de l'Université de Dschang. *Journal of Applied Biosciences*, vol. 122: 12274-12286.
- Thiombiano A., Glele Kakaï R. L., Bayen P., Boussim I. et Mahamane A., 2016. Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques*, vol. 20: 15–31.
- Tilman D., Balzer C., Hill J. and Befort B. L., 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture Proc. *Natl Acad. Sci. USA*, vol. 108 20260–64.
- Tursi A., 2019. A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion. *Biofuel Research Journal*, vol. 22: 962-979.
- Unnikrishnan J., 2023. *Systematic analysis of reproductive development in normal and mantled oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) flowers and fruit*. Ph.D thesis, University of Nottingham, 316 p.
- Verchot L. V., Zomer R., van Straaten O. and Muys B., 2007. Implications of country-level decisions on the specification of crown cover in the definition of forests for the land

- area eligible for afforestation and reforestation in the CDM. *Clim Change*, vol.81: 415-430.
- Verheye W., 2010. *Growth and Production of Oil Palm*. In: Verheye W. (ed.), *Land Use, Land Cover and Soil Sciences*. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), UNESCO-EOLSS Publishers, Oxford, UK, 25p.
- Vitale L., Arena C. et Virzo De Santo A., 2012. Changements saisonniers de l'activité photosynthétique et efficacité photochimique de l'arbuste méditerranéen *Phillyrea angustifolia* L. *Plant Biosystems - An International Journal Traiter tous les aspects de la biologie végétale : Journal officiel de la Societa Botanica Italiana*, vol. 146(2) : 443-450.
- Wahid M. B., Abdullah S. N. A. and Henson I. E., 2005. Oil palm achievements and potential. *Plant Production Science*, vol. 8: 288-197.
- Walkley A. J. and Black I. A., 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, vol. 37: 29-38.
- Wauters J. B., Coudert S., Grallien E., Jonard M. and Ponette Q., 2008. Carbon stock in rubber tree plantations in Western Ghana and Mato Grosso (Brazil). *Forest Ecology and Management*, vol. 255: 2347-2361.
- Westphal E. et Embrechts J., 1985. *Cultures vivrières tropicales : avec référence spéciale au Cameroun, Communication*. Pudoc, Wageningen, 514p.
- White F., 1979. The Guineo-Congolian Region and its relationship to other phytochoria. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, vol. 49(1/2): 11-55.
- Whittaker R. H., 1972. Evolution and the measurement of species diversity. *Taxon*, vol. 21: 213-251.
- Whitehead D., Baisden T., Beare M., Campbell D., Curtin D., Davis M., Hedley C., Hedley M., Jones H., Kelliher F., Saggar S. and Shipper L., 2012. *Review of soil carbon measurement methodologies and technologies, including nature and intensity of sampling, their uncertainties and costs*. Ministry for Primary Industries, Technical Paper by Landcare Research No. 2012/36. 4915 ISBN No: 978-0-478-40450-0 (online).
- Wilson E. O. and Peter F. M., 1988. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, 156 p.
- Willaarts B. A., Oyonarte C., Muñoz-Rojas M., Ibáñez J. J. and Aguilera P. A., 2015. Environmental Factors Controlling Soil Organic Carbon Stocks in Two Contrasting Mediterranean Climatic Areas of Southern Spain. *Land Degradation and Development*, vol. 27 (3): 603-611.

- Xue Z. and An S., 2018. Changes in Soil Organic Carbon and Total Nitrogen at a Small Watershed Scale as the Result of Land Use Conversion on the Loess Plateau. *Sustainability*, 10 (4757) : 14 p.
- Yaovi C. R., Hien M., Kabore S. A., Sehoubo Y. J. et Somda I., 2021. Utilisation et vulnérabilité des espèces végétales et stratégies d'adaptation des populations riveraines de la Forêt Classée du Kou (Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 15 (3) : 1140-1157.
- Yenilougo S., Doudjo O. N., Missa K. et Adama B., 2019. Analyse de la Diversité Floristique de Quelques îles Aménagées du Barrage de Buyo (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, vol.15 (18): 1857- 7881.
- Zapfack L., Noiha Noumi V., Dziedjou Kwouossu P. J., Zemagho L. and Fomete Nembot T., 2013. Deforestation and Carbon Stocks in the Surroundings of Lobéké National Park (Cameroon) in the Congo Basin. *Environment and Natural Resources Research*; Vol. 3(2): 437-448.
- Zavodnik N., Traviz A. and De Rosa S., 1998. Seasonal variations in the rate of photosynthetic activity and chemical composition of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucr.) Asch. *SCIENTIA MARINA*, 62 (4): 301-309.
- Zekeng J. C., Fobane J. L., Biye H. E., Djomo Chimi C. and Mbolo Abada M. M., 2022. Impact of Useful Species Preferences on Carbon Stocks and Annual Increments in Various Cocoabased Agroforestry Systems in Central Region of Cameroon. *Journal of Sustainable Forestry* , DOI: 10.1080/10549811.2022.2043906.
- Zomer R. J., Trabucco A., Verchot L. V. and Muys B., 2008. Land area eligible for afforestation and reforestation within the Clean Development Mechanism: a global analysis of the impact of forest definition. *Mitig Adapt Strat Global Change*, 13 : 219-239.

Annexe 1. Publication scientifique

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 29 No. 4 Jul. 2020, pp. 848-859
© 2020 Innovative Space of Scientific Research Journals
<http://www.ijias.issr-journals.org/>

Plant diversity of oil palm plantations of different ages and under different farming practices in the Ngoas locality Yaounde-Cameroon

Laurent Florent MENYENE ETOUNDI^{1,2}, Léon Dieudonné KONO¹, Marien Ecclésiaste AMBOMBO ONGUENE¹, Joseph Achille MESSI EFA¹, FORBI PREASIOUS FUNWI¹, Judicaël FOMEKONG LONTCHI^{1,3}, Jules Christian ZEKENG¹, Zachée AMBANG¹, Marie Marguerite MBOLO ABADA¹

¹Botanical-Ecology Laboratory, University of Yaounde 1, P O. box: 812 Yaounde, Cameroon

²Coordination of Forests, Soil and Environment, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Ministry of Scientific Research and Innovation (MINRESI), P. O. box: 2123 Yaounde Messa, Yaounde, Cameroon

³Institute of Medical Research and the Study of Medicinal Plants (IMPM), Ministry of Scientific Research and Innovation (MINRESI), 13033, Yaounde Yaounde, Cameroon

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study characterized the plant diversity of oil palm plantations in function of farming practices and their ages. The plant diversity of 7, 11 and 14 years old oil palm plantations evolving in different farming practices was inventoried using 1m x 1m quadrats for herbaceous species and the 20 m wide transects for woody species. The results obtained show that these stands are not very diversified: P7 presents 37 species, 34 genera and 27 families; P11, 27 species 26 genera, 18 families and P14, 31 species, 28 genera, 19 families. Only Ng13 had woody species individualized into trees and shrubs. The combination of manual and chemical weeding and irregular fertilization promotes the diversity of herbaceous species in the different stands. Age and farming practices influence the plant diversity of the stands.

KEYWORDS: Age, plant diversity, oil palm plantations, farming practices.

1 INTRODUCTION

Elaeis guineensis Jacq., the African oil palm is a plant species in the Arecaceae family. It is an indefinite growing monoecious monocotyledonous plant, listed on the IUCN Red List as a species of Least Concern [1]. There are three varieties of oil palm namely *Elaeis guineensis* Jacq. var. *dura*, *E. guineensis* Jacq. var. *pisifera* and *E. guineensis* Jacq. var. *tenera*. The *tenera* variety is the most cultivated throughout the world at the moment because it offers the best oil yield with a distribution of approximately 90% palm oil extracted from the pulp and 10% palm kernel oil extracted from the kernel [2].

China, India, Indonesia and the European Union are the main consumers of palm oil worldwide. Since most of them are not producers, their oil needs are met by imports from the countries that produce them [3]. In 2015, the world production was dominated by Asian countries, notably Indonesia (31000000 tons), Malaysia (19200000 tons) and Thailand (2100000 tons). Colombia was the leader in tropical America with 1000000 tons while Nigeria occupied the first place in Africa with 930000 tons [4]. According to a study carried out by WWF in Cameroon in 2012, the cultivation of oil palm does not only have advantages; adverse consequences, notably on the environment can be associated with it [5]. Also, planting the oil palm is often done at the detriment of natural forests which are real carbon reservoirs and niches of biological diversity [6] - [7]. Oil palm is a heliophilous specie [2] that needs good sunshine to ensure better productivity. For this reason, a systematic cutting of trees very often precedes the establishment of its plantations.

Plant diversity has been the subject of several studies in Cameroon, in particular with regard to cocoa-based agro forests [8] - [9] - [10]. These studies were mainly concerned only with the productivity of these agro forests. This work is a continuation



of previous efforts, and aimed to study the different factors that influence the plant diversity of oil palm plantations in the locality of Ngoas. More specifically it focused on the inventory of the different species existing in the different plantations (1); and to analyze the influence of associated farming practices such as the frequency of weeding and fertilization on the plant diversity of the different palm plantations (2).

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 DESCRIPTION OF STUDY SITE

This study was carried out in oil palm plantations of the locality of Ngoas, in the Lobo Subdivision located between longitude 758409 and latitude 433854, in the Lekié Division of the Centre Region of Cameroon, 30 km from the city of Yaounde. The study was realized in three plantations of 7, 10 and 13 hectares, aged 14, 16 and 7 years, respectively. The area is covered by partially disturbed semi-deciduous forest that resembles a secondary forest. Topographically, Lobo is located in the upper part of Nyong and Sanaga rivers basin. Plains and hills 400 to 800 m above sea level dominate the valleys. The soils of the area are tropical ferrallitic soils (oxisols) [11]. The locality has a subequatorial climate with two distinct seasons; a rainy season from April to October, and a dry season from November to March. Rainfall in the area varies between 1200 and 1600 mm/year. Temperatures are between 22 and 26 °C, with the hottest months being December and March.

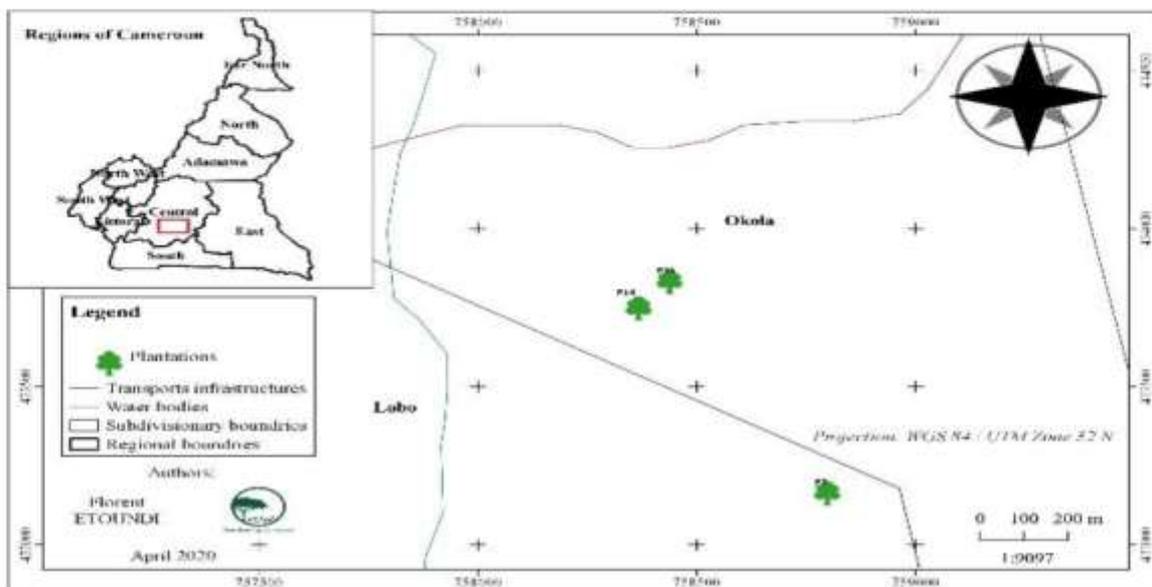


Fig. 1. Study site

2.2 DATA COLLECTION

The study was realized in three plantations aged 7 (P7), 11 (P11) and 14 (P14); and under different farming practices: manual weeding and combination of manual and chemical weeding; frequency of weeding; application and non-application of fertilizers. In each of these oil palm plantations, the plant diversity data were collected in quadrats of 1 m × 1 m placed at the center of the plots of 25 m × 25 m. These plots were installed in areas of high plant diversity from a floristic point of view. Twenty-four plots were installed in the three oil palm plantations. The coverage of inventoried species within plots was evaluated according to the scale of coefficients of dominance-abundance of Braun-Blanquet (1931) [12]. The coefficients assigned to the different species and their average coverage (RM) are:

- +: individuals of the species are very few or less abundant with a low spread, less than 1% of the soil surface area and at RM of 0.5%;
- 1: individuals abundant with a low degree of spread situated between 1 and 5 % of the soil surface area with RM of 3 %;
- 2: highly abundant individuals with a low coverage between 5 and 25 % of the considered area and with RM of 15 %;
- 3: individuals covering 25-50 % of the sampled areas irrespective of their number and with RM of 37.5 %;
- 4: individuals covering 50 - 75 % of the sampled area irrespective of their number and with RM of 62.5 %;
- 5: individuals covering more than 75% of the sampled area irrespective of their number and with RM of 87.5%.

The plant species were identified on the basis of their morphological characteristics. Those that could not be identified in the field were pressed in herbal press and taken to the National Herbarium of Cameroon for subsequent identification.

2.3 DATA ANALYSIS

The data were first entered into Excel spreadsheets of the Office 2013 program. Diversity indices were used, in particular the Shannon-Wiener index (H), given by the equation below made it possible to evaluate the species diversity of different milieus.

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

Here, i denotes a species of the study milieu and S , total number of species; n_i denotes the number of individuals of the specie i and N is the total number of individuals of all the species. H varies between 0.5 and 4.5. Close to 0, this index reflects a low diversity and the dominance of a few species. On the other hand, an index value close to 4.5 reflects a high diversity of plant species present within the biotope. The Shannon index is often used alongside the Pielou's equitability or evenness index (J) to describe the alpha diversity. This index reflects the degree of diversity achieved compared to the theoretical maximum. It makes it possible to measure the distribution of individuals within species regardless of the species richness. Its value varies from 0 (case of dominance of one of the species) to 1 (even distribution of individuals among the species) [13]:

$$J = \frac{H}{H_{max}} \quad (2)$$

H_{max} represents $\log_2 S$ where S is the total number of species.

The Sørensen index (D), also called the Sørensen's similarity coefficient used by Kono et al. (2015) [14] and given by the equation below was also used to assess the similarity between the plant populations of the different oil palm plantations surveyed.

$$D = \frac{2c}{S_1 + S_2} \times 100 \quad (3)$$

c : represents the number of common species between two habitats; S_1 represents the number of species for Site 1; S_2 represents the number of species for Site 2; D expresses the percentage of species common to two compared sampling units. For $D > 50\%$, the sampled units compared belong to the same plant community.

The determination of life forms was done according to Raunkiaer (1930) [15] and the determination of morphological groups according to Yangambi (2005) [16]. The concepts of life forms or biological form and of morphological group can sometimes be confusing. Indeed, the morphological group is defined by Yangambi (2005) [16] as being an arrangement in space of the aerial organs of the plant with respect to each other and to the ground, an arrangement that can lead to the realization of well-defined structures. On the other hand, the biological group, designates the physiognomy that a species takes during its biological cycle in relation to its behavior towards environmental factors and in particular its ability to survive in unfavourable seasons [17]. The types of diaspores were defined according to Dansereau and Lems (1957) [18]. The phytogeographical groups were described in a like manner as Boupoya-Mapikou (2011) [19] according to the main phytochories of Africa and Madagascar [20] - [21].

Still using the R software, correlation tests, including the generalized linear model, the Spearman test and the Tukey test, were used to analyze the influence of associated farming practices on plant diversity.

3 RESULTS

3.1 PLANT COMPOSITION

A total of 68 species distributed in 62 genera and 42 families were inventoried in all the three oil palm plantations. The most abundant families were Asteraceae (11.76 %), Malvaceae (8.82), Fabaceae (8.82 %) and Poaceae (5.88 %). These families constituted 35.29 % of the total number of species for all three three oil palm plantations sampled. The number of species, genera and families identified in oil palm plantations in the locality of Ngoas are shown in Table 1. This result shows that plant species are irregularly distributed within the plantations.

Table 1. Number of species, genera and families identified in the oil palm plantations of Ngoas locality according to age

Parameters	P7	P11	P14	Total
Number of species	37	27	31	95
Number of families	27	18	19	
Number of genera	34	26	28	

3.1.1 PLANT DIVERSITY OF PLANTATIONS IN FUNCTION OF AGE AND FARMING PRACTICES

From the analysis of the floristic diversity patterns, the Shannon index obtained was 1.03, reflecting a low species diversity (Table 2). Pielou evenness was generally low, thus supposing the dominance of some species in the population.

Table 2 below shows the diversity indices applied to the result of herbaceous inventory of the three plantations.

Table 2. Variation of diversity indices in function of age and farming practices

age	Farming practices	Shannon (H)	Species richness	Pielou's evenness
P11	MW + CW; W 3 times /year; RF.	0,88 ± 0,56 a	7,83 ± 2,14 ab	0,34 ± 0,15 a
P14	MW + CW; W 1 time / year; IF.	0,65 ± 0,32 a	9,00 ± 1,31 bc	0,23 ± 0,07 a
P7	MW; W 1 time / year; No F.	0,46 ± 0,26 a	4,67 ± 2,42 ab	0,47 ± 0,29 a

D: Weeding; M: Manual; C: Chemical; F: Fertilisation.

3.1.2 FLORAL CHARACTERISTICS OF OIL PALM PLANTATIONS IN FUNCTION OF AGE AND FARMING PRACTICES

Concerning herbaceous species, figure 2 shows that the 7 years old palm plantation, undergoing manual weeding and which has never been fertilized is dominated by Asteraceae with *Chromolaena odorata* being the most dominant species. Meanwhile in terms of woody species, the Fabaceae Family represent in P7 the most diverse plant family (*Albizia adianthifolia*, *Pterocarpus soyauxii*, *Tetrapleura tetraptera*). The 11 and 14 years old oil palm plantations undergoing a combination of chemical and manual weeding; regularly and irregularly fertilized were mainly dominated by Asteraceae and Poaceae (Figure 2). Representative species include: *Chromolaena odorata* (Asteraceae), *Ageratum conizoides* (Asteraceae), *Axonopus compressus* (Poaceae) and *Setaria pedicellatum* (Poaceae).

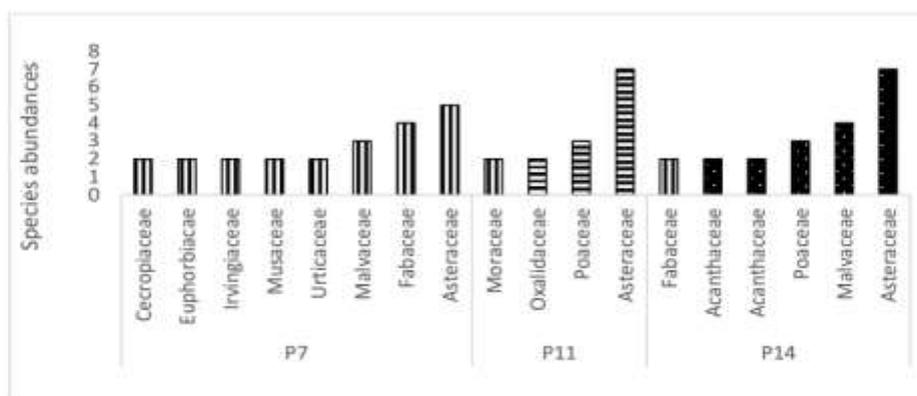


Fig. 2. Species abundances of families in the 7, 11 and 14 years old oil palm plantations according to farming practices

3.1.3 SIMILARITY IN PLANT COMPOSITION OF THE DIFFERENT PLANTATIONS

Among the two level of plant inventories carried out in the different plantations (trees/shrubs and herbaceous inventories), shrub and tree species were only encountered in P7. The similarity of Sorensen matrix indicates indices varying between 0.29 and 0.44 thus highlighting a floristic heterogeneity between the different populations (Table 3).

Table 3. Similarity of Sorensen matrix between the populations

	P11	P14	P7
P11	1		
P14	0,44	1	
P7	0,29	0,38	1

3.2 DIFFERENT FUNCTIONAL GROUPS

3.2.1 MORPHOLOGICAL GROUPS

In plantation P11, P14 and P7, two morphological groups were identified (woody and herbaceous plants).

Only plantation P7 presented two well-individualized morphological groups that is herbaceous and woody plants (individualized into trees or shrubs). In addition to the woody shrub and tree species (19 species) inventoried in P7, 57 herbaceous species and 21 woody species were identified at the seedling stage.

Concerning herbaceous plants, P14 was the most diversified plantation with 25 species and P7 the least diversified with 12 species while P11 had an intermediate diversity (20 species). Meanwhile, the number of woody species at the seedling stage was not very different in all the plantations. However, P7 was the most diverse with 8 species, P14 the least diverse with 6 species, while P11 had a diversity of woody plants at the intermediate seedling stage (7 species).

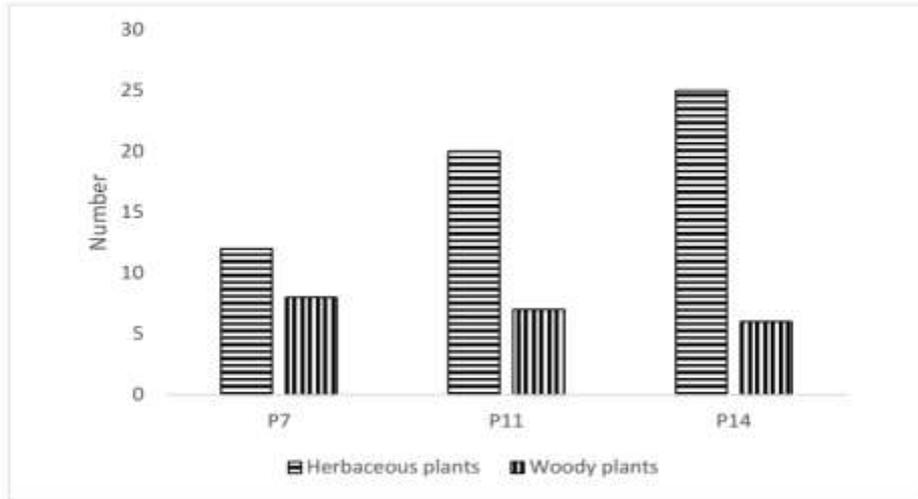


Fig. 3. Variation of morphological groups in the different plantations

3.2.2 TYPES OF LIFE FORMS

Figure 6 shows four life form in the oil palm plantation namely: Phanerophytes, Chamaephytes, Hemicryptophytes and Geophytes. Phanerophytes were the most abundant in P7 (26 species) but almost nonexistent in P14 (1 specie). However, in P11 they had an intermediate abundance (7 species). Similarly, Chamaephytes were represented by 19 species in P14, species in P7 and 16 species in P11. P7 was characterized by very low presence of Hemicryptophyte species (01) compared to P14 and P11 (4 and 3 species, respectively). Generally, Geophytes were very poorly represented with 01, 02 and 02 species in P11, P14 and P7, respectively.

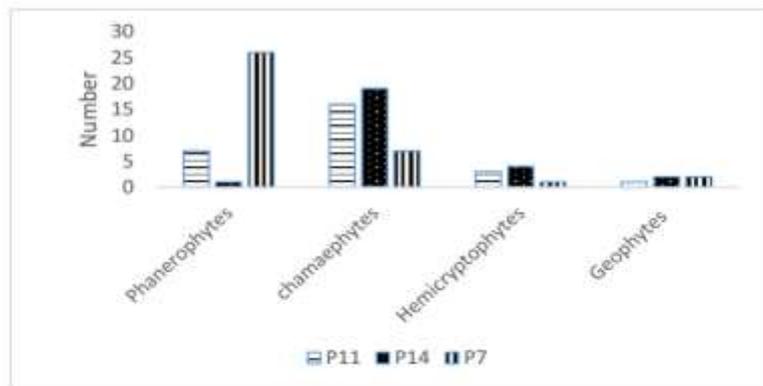


Fig. 4. Distribution of species within different life forms

3.2.3 TYPES OF DIASPORES

The types of diaspores found in the flora of oil palm plantations in the locality of Ngoas in Cameroon are distributed according to the model developed by Dansereau and Lems (1957) [19] as shown shown in Table VI.

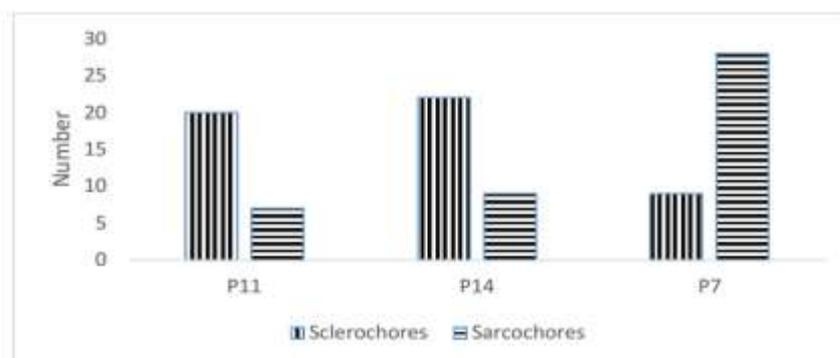


Fig. 5. Types of diaspores in oil palm plantations

From figure 7 it appears that in the locality of Ngoas in Cameroon, the flora consists of autochore and heterochore species which are respectively, sclerochores and sarcochores. P14 and P11 were the richest in sclerochore species with 22 and 20 species, respectively against 09 species only in P7 which on the other hand presents the highest species richness in sarcochore species (28 species) compared to P11 and P14 where respectively 7 and 9 sarcochore species were inventoried.

3.2.4 PHYTOGEOGRAPHIC TYPES

The results, it reveal that in the oil palm plantations of the locality of Ngoas are found species with a wide distribution (pantropical (Pan), cosmopolitan (Cos), paleotropical (Pal), afrotrropical (AT), afromalgaches (AM) and endemic Guineo-Guinean (G) and Lower Guinean (BG).

Table 4. Phytogeographical types of plant species from oil palm plantations in the locality of Ngoas in Cameroon

	Species with large						Endemic Guineo-congolese species			
	Pan	Cos	Pal	AT	AM	Total	GC	G	BG	Total
P11	19	0	1	3	1	24	3	0	0	3
P14	21	1	1	2	0	25	5	0	1	6
P7	10	0	1	4	0	15	3	1	1	5
Total	50	1	3	9	1	64	11	1	2	14

Table 4 above reveals that species with wide distribution (64) are those which are more abundant in all three plantations, compared to the endemic Guinean-Congolese species (14). Among the widely distributed species, Pan (50) species are the most represented. Similarly, among the endemic Guinean-Congolese species, GC species are the most represented.

3.3 INFLUENCE OF FARMING PRACTICES ON PLANT DIVERSITY

Spearman's test used to assess the correlation between species richness and abundance shows a P-value (0.511) greater than 5% and a negative Rho (-0.1561027). This result indicates a non-significant and negative correlation between the two variables.

The evaluation of variation in species richness reveals that abundance (dof = 1; F = 0.7935; P-value = 0.3855) and altitude (dof = 1; F = 0.1651; P-value = 0.6895) do not influence the species richness of the different plantations. The average species richness according to the altitude was 7.9 ± 3.14 individuals while according to the abundance it was 6.8 ± 1.98 individuals.

The result of the correlation between species richness of the quadrats installed in the different plantations of *Elaeis guineensis* and annual fertilization (regular, irregular and no fertilization) shows a P-value (0.0023) <5% which indicates a significant correlation between the two variables. However, the result of the Tukey HSD test revealed a differences in mean values of species richness as a function of regularity, irregularity and lack of fertilization respectively as follows: 7.83 ± 2.13 ; 9 ± 1.30 and 4.6 ± 2.4 (figure 8).

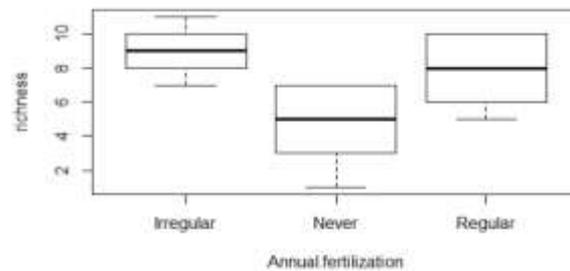


Fig. 6. Variation in species richness compared to annual fertilization

The linear model applied (p -value = 0.000808) shows the influence of the type of weeding on the species richness of the different environments. As a result, the plantation subjected to the combination of chemical and manual weeding are those which have the highest species richness (8.5 ± 1.74) compared to that of the manually weeded stand (4.6 ± 2.4). However, the linear model does not show any difference between the specific richness obtained under the two conditions (p -value = 0.14). The means value of species richness obtained under conditions A and B are respectively 8.66 ± 1.21 and 6.78 ± 2.88 as seen in Figure 9 below.

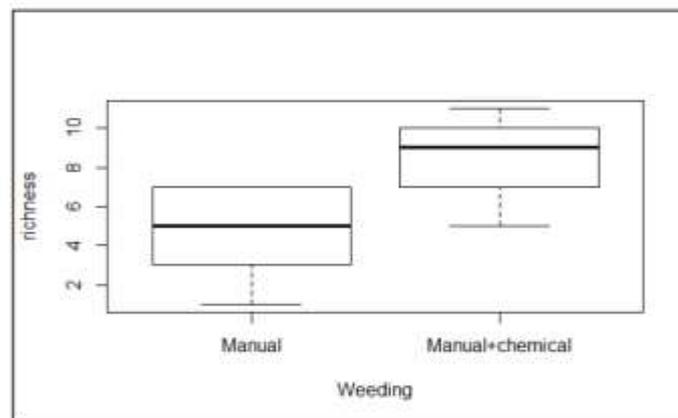


Fig. 7. Variation in species richness compared to the type of weeding

4 DISCUSSION

4.1 FLORA COMPOSITION DIVERSITY

For the three oil palm plantations P11, P14 and P7, the number of species obtained were 27, 31 and 37, respectively, belonging to 26, 28 and 34 genera, and to 18, 19 and 27 plant families, respectively. This result obtained for the entire sample demonstrates a low plant species diversity for in oil palm plantations made evident by the values of the Shannon-Wiener coefficients (0.88 ± 0.56 ; 0.65 ± 0.32 , 0.46 ± 0.26) which shows the species diversity of a given medium and the species richness (7.83 ± 2.14 ; 9.00 ± 1.31 ; 4.67 ± 2.42). This is confirmed by the abundance of families represented by single species. However, regarding the families, the abundance of species in the Asteraceae and Poaceae families reflects their presence in an open environment. On the contrary, in P7, the presence of the species of the family of Cecropiaceae represented by *Musanga cecropioides* and that of Euphorbiaceae represented by *Macaranga assas*, reveals that the plot was initially made up of a secondary forest. The Irvingiaceae and the Moraceae families provide information on the fact that we are in the Guinean-Congolese zone. The low Shannon indices of each stand justifies the dominance of some species [31] which in P11 are *Ageratum conizoides* (Asteraceae), *Axonopus compressus* (Poaceae), *Setaria pedicellatum* (Poaceae), et *Alternanthera sessilis*

(Amaranthaceae); in P14, *Axonopus compressus* (Poaceae) and *Setaria pedicellatum* (Poaceae); in P7, *Chromolaena odorata* (Asteraceae) for herbaceous plants and *Theobroma cacao* (Malvaceae), *Persea americana* (Lauraceae) and *Musanga cecropioides* (Cecropiaceae) for ligneous species. The abundance of species in the Asteraceae, Poaceae and Malvaceae families testifies to the fact that the environment is disturbed [32].

4.2 FUNCTIONAL GROUPS

The cultivation of oil palm due to its heliophilic nature requires the suppression of all other woody shrubs and tree species [33]. The results suggest that the diversity of morphological groups depends on the age of the plantations. The older a plantation (P14), the more it is diversified in herbaceous species and very little in woody species even at the seedling stage. The youngest plantation (P7) is much more diverse in woody species (trees, shrubs and seedlings). However, seedlings that appears are those of species that colonise the surrounding forest. As a result, herbaceous plants represent the highest morphological type present in all stands (57 herbaceous species against 21 woody). Among the listed species, there are certainly woody species and herbaceous species but also there are among the herbaceous plants, woody plants at the seedling stage. Furthermore, it is important to note that the density of herbaceous species is higher in P14 and P11 which are 14 and 11 years old, respectively. The abundance of the herbaceous morphological type is in phase with that of the Chamephytes life form. In fact, in all the stands, Chamephytes are generally the most abundant compared to the Phanerophytes which are often much more represented in forest environment [31]. This could be explained simply by the heliophilic character of the oil palm. Indeed, several factors contribute to the break of dormancy of the seeds contained in the soil, in particular the variations of temperatures and atmospheric humidity, fire, the passage in the intestinal organs of animals, microbial activity in the soil, termites or other insects [34] - [35]. Under natural conditions, the luminosity and variation of temperature are the most important factors acting on the breaking of dormancy of seeds in the soil gene bank [36] - [37] - [38]. The systematic felling of trees during the installation of oil palm plantations leads to sudden variations in atmospheric temperature, humidity and light. This could lead not only to a break in dormancy of the seeds of woody species in a slowed-down situation in the soil bank but also the propagation of herbaceous species whose pioneering and heliophilic character is evident. Another perception of these results could make it possible to say that the variation in morphological types in oil palm plantations in the locality of Ngoas in Cameroon is much more linked to the age of the plantations. Indeed, the youngest plantation, P7 is much richer in woody species, compared to the other two, P11 and P14 which are abundantly colonized by herbaceous species. Over time, the woody species at the seedling stage decrease with the different weeding at the detriment of herbaceous, heliophilous and more competitive species. These results also show that not all trees in oil palm stands may be cut at the same time, hence the abundance of woody shrub and tree species in P7. The age of the stands studied is an element which could explain the variation of several parameters. The density of the Phanerophytes is in this case a function of the age of the stand. In fact, the older the plantations, the less abundant the Phanerophytes within them.

This work presents results similar to those of Boupoya (2010) [39] who analyzed the flora and vegetation of intra forest clearings on hydromorphic soil in the Ivindo National Park in northeast Gabon and who obtained high abundances for geophytes, Chamephytes and Therophytes compared to the other life forms in the meadows which are open environments just like plantations. The mode of distribution of species in oil palm stands depends on the age of the plantations. Indeed, in P11 and P14, the sclerochore species are represented respectively at 74% to 70% compared to the sarcochore species which are respectively represented in the same plantations at 25% and 29%. In P7, the sarcochore species, represented at 75%, are the most represented. Species with a wide distribution are the most represented (82%) compared to endemic Guinean-Congolese species (17%). Among species with a wide distribution, pantropical species are the most represented (78.12%) justified by the wide distribution of herbaceous species which are generally more abundant in all the stands. On the other hand, for the endemic Guinean-Congolese species, the Guinean-Congolese species are the most abundant (78.57%), which testifies to the fact that the sites have not completely lost their original floristic specificity and on the other hand the belonging of the locality of study to the Guinean-Congolese region [40].

FARMING PRACTICES AND SPECIES DIVERSITY

There is a positive correlation between the species richness of the different stands and their annual fertilization. Depending on the regularity, the irregularity and the absence of annual fertilization, the values of the species richness were 7.83 ± 2.13 ; 9 ± 1.30 and 4.6 ± 2.4 , respectively. It appears that stands that receive regular fertilization are floristically the richest compared to those that are irregularly fertilized and those that have never been fertilized. These results could suggest that a sporadic supply of fertilizers to the soils of oil palm plantations is beneficial for the specific richness of herbaceous species. This result is similar to the results obtained by Sweeney et al. (2008) [41] and Soares et al. (2016) [42] who evaluated the effect of nitrogen

fertilizers on the emergence and growth of some ruderal species and showed that the supply of these fertilizers in the soil promotes germination, growth and productivity of poor grass compared to unfertilized environments. However, germination depends on the environmental conditions as well as on the species considered. However, the high species richness of the plot under irregular fertilization suggest that the high presence of certain nutrients in the soil has an inhibiting action on the breaking of dormancy in some species on one hand and lowering of the concentration of the nutrients brought to the soil following their digestion or their leaching that leads to a beneficial competition which maintains the species richness of the environment on the other hand. According to Rahnavard et al. (2009) [43], the application of nitrogen fertilizers and NPK can reduce the density and biomass of weeds in growing media.

The frequency of annual weeding has no impact on the plant diversity of the different stands. On the contrary, the generalized linear model (p -value = 0.000808), made it possible to note that the plantations in which a combination of manual and chemical weeding were applied are the most diverse (8.5 ± 1.74 species) compared to the stand subject to manual weeding only (4.6 ± 2.4 species). We were expecting that the media subject to the combination of manual and chemical weed control in this case P11 and P14 should be the least diversified in terms of species compared to the media subjected to chemical weed control (P7). However, it seems that the application of herbicides could have favoured the emergence of monocots in P11 and P14 notably *Axonopus compressus* (Poaceae), *Setaria pedicellatum* (Poaceae) compared to dicots which were dominant in P7 and represented by *Ageratum conizoides* (Asteraceae) and *Chromolaena odorata* (Asteraceae).

5 CONCLUSION

The study of the plant diversity in oil palm plantations in the locality of Ngoas in Cameroon has shown that the different environments, although entirely modified by the installation of plantations still contain flora with a background of species woody (26.92%) even at the seedling stage. the Phanerophytes are still well represented (37.5%) although the chamephytes are more abundant (47.72%). This strong expansion of the Chamephytes results from the strong anthropization of the environment which has become open to the light rays. Most species are Sclerochore (53.68%). However, sarcochore species are represented (46.31%). The sclerochores are more encountered among herbaceous plants compared to the sarcochores which are encountered among woody species. Overall, the flora background is made up of species with wide distribution (64 species among which 50 pantropical species) compared to endemic Guinean-Congolese species (14 species, among which 11 Guinean-Congolese species). The results of this work have shown that, overall, oil palm plantations are poorly diversified environments in terms of plant species. Indeed, the three oil palm plantations P7, P11 and P14 concerned by this study, contain 37 species, 34 genera and 27 families, 6 monocots and 31 dicots; 27 species, 26 genera, 18 families, monocots and 21 dicots; 31 species, 28 genera, 19 families 8 monocots and 23 dicots, respectively. The low values of the Shannon indices testify to the dominance of some species in the different plantations. The combination of manual and chemical weeding promotes the diversity of herbaceous species within the different stands. However, the frequency of weeding has no effect on species diversity. Also, irregular fertilization induces greater specific richness. These results can be used for the conservation of herbaceous plant biodiversity as well as the control of weeds in oil palm stands.

ACKNOWLEDGEMENT

Our gratitude go first to palm oil producers in the locality of Ngoas, precisely Mr. Pie NDEMBA and Mrs. Pélagie NGANTOU who were kind enough to put their respective plantations at our disposal for the for our data collection. We also like to thank the workers of these plantations and particularly Mr. HAMED who accompanied us in the various activities relating to data collection.

REFERENCES

- [1] M. B. Wahid, S. N. A. Abdullah and I. E. Henson, "Oil palm achievements and potential", Plant Production Science, vol. 8, n°1, pp. 288-197, 2005.
- [2] J. C Jacquemard, Le palmier à huile, Ed. Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, 2012.
- [3] Global Industry Analysts Inc, The global palm oil market trends, drivers and projections, February. http://www.strategyr.com/Market Research/Palm_Oil_Market_Trends.asp, 2015.
- [4] A. C. Sequiño and J. M. Avenido, "The World's Leader in the Palm Oil Industry: Indonesia". International Journal of Ecology and Conservation, Vol. 13: 152-164, 2015.
- [5] WWF, IRD-CIFORD, Le développement du palmier à huile au Cameroun. 16 p, 2012.

- [6] A. Gogoi, U. K. Sahoo and S. L. Singh, "Assessment of Biomass and Total Carbon Stock in a Tropical Wet Evergreen Rainforest of Eastern Himalaya along a Disturbance Gradient", *J. Plant Biol. Soil Health*, vol. 4, n°1, pp. 8, 2017.
- [7] G. Kendie, S. Addisu and A. Abiyu, "Biomass and soil carbon stocks in different forest types, North western Ethiopia", *International Journal of River Basin Management*, 2019, DOI: 10.1080/15715124.2019.1593183.
- [8] M. M. Mbolo Abada, J. C. Zekeng, W. A. Mala, J. L. Fobane, C. Djomo Chimi, Tangboulou Ngavounsia, C. M. Nyako, L. F. Etoundi Menyene., Y. V. Tamanjong, "The role of cocoa agroforestry systems in conserving forest tree diversity in the Central region of Cameroon", *Agroforest Syst.*, vol. 90, no. 2, 16 pp., 2016.
- [9] N. V. Noiha, L. Zapfack and L. F. Mbade, "Biodiversity Management and Plant Dynamic in a Cocoa Agroforest (Cameroon)", *International Journal of Plant & Soil Science*, vol. 6, n°. 2, pp. 101-108, 2015.
- [10] D. A. Tetteh, A. Asase, K. Ofori-Frimpong and D. Attuquayefio, "Effect of cocoa farming intensification on biodiversity and ecosystem properties in southern Ghana" *Journal of Ecology and The Natural Environment*, Vol. 10 n°. 7, pp., 172-181, 2018.
- [11] Vallerie M., 1973. Contribution à l'étude des sols du Centre-Sud Cameroun: type de différenciation morphologique et pédogénétique sous climat subéquatorial. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Paris.
- [12] J. Braun-Blanquet, Aperçu des groupements végétaux du Bas Languedoc, *Comm. Sigma*, 9, pp. 35-40, 1931.
- [13] J. Blondel, "Insularité et démographie des Mésanges du genre *Parus* (Aves)", *C.R. Acad. Sci. Paris, ser.*, 289, pp. 161-164, 1979.
- [14] L. D. Kono, M. A. Mbarga Bindzi, H. Angoni, H. E. Biyé, G. H. Endanga, "Allocation de carbone des peuplements de *Cyperus papyrus* (Cyperaceae) dans les zones humides forestières: cas de la zone urbaine et péri-urbaine de Yaoundé (Cameroun)", *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, vol. 70 n°. 2, pp. 148-165, 2015.
- [15] C. Raunkiaer, *The life forms of plants and statistical plant geography*, Oxford clarendon Press, 1934.
- [16] B. Yangambi, *Etude floristique et écologique des géophytes de site de SIM-SIMI (Kis RDC)*, Monographie inédite Fac. Sc. UNIKIS., 2005.
- [17] V. Kamabu, *Phytosociologie végétale, Cours inédit, Fac. Sc., UNIKIS., 2014.*
- [18] P. Dansereau and K. Lems, "The grading of dispersal types in plant communities", *Contrib. Inst. Bot. Montreal.*, vol. 71 n°1, pp. 1-52, 1957.
- [19] C. A. Boupoya-Mapikou, *Flore et végétation des clairières intra forestières sur sol hydromorphe dans le Parc National de l'Ivindo (Nord-Est Gabon)*, Faculté des Sciences, Département de Biologie des Organismes, université libre de Bruxelles université d'Europe, 2011.
- [20] F. White, *The Guineo-Congolian Region and its relationship to other phytochoria*, *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, vol. 49, n°. ½, pp 11-55, 1979.
- [21] F. White, *La végétation de l'Afrique: Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique*, UNESCO/AETFAT/UNSO, ORSTOM-UNESCO, 1986.
- [22] J. Lebrun, *La végétation de la plaine alluviale au Sud du lac Edouard, Exp. Parcs Nat. Albert. Mission Lebrun (1937-1938)*, *Inst. Parcs Nat. Congo belge*, 1947.
- [23] J. Lebrun, *Les formes biologiques dans les végétations tropicales*. *Bull. Soc. Bot. France, Mémoire*, vol. 22, 164-175, 1966.
- [24] R. Germain, *Les associations végétales de la plaine de la Rusizi (Congo belge) en relation avec le milieu*, *Publ. I.N.E.A.C, ser.Sc.*, 1952.
- [25] R. Germain, "Les biotopes alluvionnaires herbeux et les savanes intercalaires du Congo Equatorial", *Acad. Roy. Sc. Outre-Mer, Cl. Sc. Nat. Méd. Mém. in-8°, nov. ser.*, vol. 15, n°. 4, 399 p, 1965.
- [26] H. Ellenberg and D. Mueller-Dombois, "A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions", *Separatdruckaus Ber. geobot. Inst. ETH, Stiftg Rübél, Zürich.*, vol. 37, pp. 56-73, 1965.
- [27] R. Schnell, *Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Les problèmes généraux. Vol. I. Les flores et structures*, Ed. Gauthier-Villars Paris, 1970.
- [28] R. Schnell, *Introduction à la phytosociologie des pays tropicaux. Vol. II. La flore et la végétation de l'Afrique tropicale*, Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1976.
- [29] R. Schnell, *Flore et végétation de l'Afrique Tropicale, Tome 2*, Ed. Gauthier-Villars, Bordas, Paris, 1977.
- [30] F. White, *The vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa*, *Natural Resources Research XX*, Unesco, Paris, 1983.
- [31] M. C. Momo Solefack, L. F. Temgoua, E. Fedoung et Zangmene R. Djouba, "Végétation et spectres fonctionnels de la galerie forestière de KoupaMatapit (Ouest-Cameroun)", *Geo-Eco-Trop*, vol. 42, n°.1, pp.147-158, 2018.
- [32] F. Havyarimana, M. J. Bigendako, T. Masharabu, F. Bangirina, J. Lejoly, Y. S. S. Barima, C. De Canniere et J. Bogaert, "Diversité et distribution d'abondances des plantes d'un écosystème protégé dans un paysage anthropisé: cas de la Réserve Naturelle Forestière de Bururi, Burundi", *Tropicultura*, vol. 31, n°.1, pp. 28-35, 2013.

- [33] F. Danielsen, H. Beukema and N. D. Burgess, "Biofuel Plantations on Forested Lands: Double Jeopardy for Biodiversity and Climate", *Conservation Biology* 23, pp. 348-358, 2009.
- [34] C. Baraloto, "Régénération forestière naturelle: de la graine à la jeune tige", *Revue Forestière Française*, vol. 1, n°. 55, pp. 179-187, 2003.
- [35] Allen P. S., Benech-Arnold R. L., Batlla D., Bradford K. J., Modeling of seed dormancy, In: K. Bradford and H. Nonogaki (eds), *Seed development, dormancy and germination*, Blackwell, Oxford, vol 27, pp. 72-12, 2007.
- [36] D. Batlla and R. L. Benech-Arnold, Predicting changes in dormancy level in natural seed soil banks, *Plant MolBiol*, 73, pp. 3-13, 2010.
- [37] C.C. Baskin and J. M. Baskin, *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*, 2nd Ed. Elsevier/Academic Press: San Diego, CA, USA, 2014.
- [38] Y. Tang, K. Zhang, Y. Zhang and J. Tao, "Dormancy-Breaking and Germination Requirements for Seeds of *Sorbusalnifolia* (Siebold&Zucc.) K.Koch (Rosaceae), a Mesic Forest Tree with High Ornamental Potential", *Forests*, vol. 10, n°.319, pp. 12, 2019.
- [39] A. Boupoya, C. Doumenge et J. Lejoly, "La végétation des clairières sur solhydromorphe dans le massif forestier du nord-est du Gabon: premières études sur la clairière de Mékandjé (parc nationale de l'ivindo)", *Acta Bot. Gallica.*, vol. 157, n°.1, pp. 135-150,2010.
- [40] B. Sonke, *Etudes floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun)*, Thèse de doct. ULB. Labo. Bot. Syst. & Phyt, 1998.
- [41] A. E. Sweeney, K. A. Renner, C. Laboski and A. Davis, "Effect of Fertilizer Nitrogen on Weed Emergence and Growth", *Weed Science*, 56, pp. 714-721, 2008.
- [42] M. R. S. Soares, A. C. A. Neto, A. R. São José, R. S. Lima, E. S. Moreira, T. R. Prado, R. A. Silva and G. L. P. Moreira, "Effect of weeds on yield loss of cassava plants in response to NPK fertilization", *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 11, n°. 5, pp. 356-370, 2016.
- [43] A. Rahnavard, Z. Y. Ashrafi, H. M. Alizade and S. Sadeghi, "Studies on the effect of fertilizer application and crop rotation on the weed infested fields in Iran", *Journal of Agricultural*.

PROFILE OF THE AUTHOR



Laurent Florent MENYENE ETOUNDI obtained a Bachelor's degree in Plant Organism Biology and a Master's degree in Plant Organism Biology, option Botany and Ecology respectively in 2011 and 2014 at the Department of Plant Biology, Faculty of Sciences of the University of Yaoundé 1 in Cameroon. Since 2016, he has been working as a Researcher at the Forest, Soil and Environment Coordination of the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) of the Ministry of Scientific Research and Innovation. He is currently enrolled in the Ph.D. cycle at the University of Yaounde 1.

Fiche d'enquête

Informations personnelles du producteur

Date : ; Zone agroécologique :

Nom de la localité : Arrondissement de :

Département de : Région de :

Numéro de la plantation :

Nom du propriétaire de la plantation :

Sexe : Homme Femme

Age :

Niveau d'étude (cocher la bonne réponse) : N'as pas été à l'école

Primaire Secondaire Universitaire

Contacts :

Membre d'une association (GIC, coopérative) de planteurs ?

Date de création de la plantation :

Superficie de la plantation (ha)

Densité de plantation (Pieds/ha).....

Nature des plants : Palmeraie sélectionnée Palmeraie naturelle

Origine des plants :

I. Généralités sur la palmeraie

1. Avant l'installation de la plantation, le site était occupé par (cocher la bonne réponse) : **une forêt primaire** **une Forêt secondaire** **une jachère** **une autre plantation (cultures pérennes)** **Cultures annuelles**

2. l'ensemble de la plantation a été mis en place : progressivement une seule fois

3. Au cas où la plantation a été mise en place progressivement, remplir le tableau ci-dessous :

	Mois et année de mise en place	Superficie (ha)
Parcelle 1		
Parcelle 2		
Parcelle 3		
Parcelle 4		
Parcelle 5		

4. Quelle est la principale raison pour laquelle vous exploitez le palmier à huile ?.....

5. Comment avez-vous obtenu votre plantation ? Héritage Création personnelle
Achat location Métoyage

6. Avez-vous déjà reçu une formation en agriculture ? Oui Non

7. Avez-vous reçu une formation/appui dans la culture du palmier à huile ? Oui Non

Si oui indiquez le type de formation reçue (les thèmes abordés lors de la formation) ?

1) Etablissement d'une pépinière 2) Gestion des feuilles élaguées 3) Utilisation des engrais chimiques/organiques 4) Utilisation des produits phytosanitaires chimiques/organiques 5) Techniques d'élagage 6) Extraction de l'huile de palme 7) Rentabilité de l'exploitation (Elaboration d'un business plan, calcul de la rentabilité)

8. Si oui, de quel organisme avez-vous reçu cette formation ? IRAD MINADER
ONG Autres

Si « Autres », spécifiez.....

9. Principale source de financement pour créer votre plantation ?

1) fonds propres 2) Emprunt 3) Famille 4) programme de développement

10. Lors de l'Installation de votre palmeraie, cocher les différentes activités effectuées :

1. Défrichage
2. Abatage sélectif Indiquez les espèces conservées
3. Abatage complet
4. Brulis
5. Piquetage
6. Trouaison
7. Achat des semences pré-germées et Pépinière
8. Achat des plants prêts à planter
9. Autres (précisez).....

9. Associez-vous d'autres cultures à vos palmiers ? Oui Non

10. Si oui, lesquelles ?.....

II. Désherbage de la plantation

2. Quel mode de désherbage de la plantation utilisez-vous? Manuel: Chimique

Votre plantation est-elle désherbée chaque année ? Oui : Non :

2. Si non, à quelle fréquence ?.....

3. Combien de fois votre plantation est-elle habituellement désherbée dans une année ? ..

4. Quelles sont les périodes (mois) de désherbage de votre plantation?.....

5. Au cas où vous pratiquez le désherbage chimique (herbicide) quel (s) produit (s) utilisez-vous habituellement ?.....

N°	Nom	Quantité	Mode d'approvisionnement	Prix
----	-----	----------	--------------------------	------

6. Quelle type de main d'œuvre utilisez-vous pour défricher votre plantation ?

Main d'œuvre familiale gratuite Ouvriers permanents annuels

Ouvriers temporaires Groupe d'entraide

7. Au cas où la main d'œuvre est temporaire, quel est son coût par hectare surface dans les situations suivantes :

- désherbage chimique :

- désherbage manuel :

8. Pratiquez-vous le Paillage ?

la fertilisation et les modes de gestion des feuilles d'élagage des palmiers.

pratiques de fertilisation la question de l'adéquation de la nutrition minérale des palmeraies et celle du maintien des stocks de matière organique dans les sols. >>> utilisation raisonnée des engrais chimiques, utilisation des engrais organiques. Pratiques durables de fertilisation et de conservation des sols.

Performance technique : variables ??? Rendements à l'hectare. Production d'huile de palme.
Main d'œuvre. Cout de la main d'œuvre.
Prix. Regime. Tine huile.
Cout intrants ...

III. Elagage (le fait de couper les vieilles feuilles de palmier)

1. Vos palmiers sont-ils élagués chaque année ? Oui : Non :

2. Si non, après combien de temps élaguez-vous vos palmiers ?

3. Quel mode d'élagage utilisez-vous ? Manuel

Mécanique Si oui, Location ou achat du matériel ? Cout de la location ?

4. Combien de fois vos palmiers sont-ils habituellement élagués au cours de l'année ?

5. Quelles sont les périodes (mois) d'élagage de la plantation au cours de l'année ?

6. Quelle type de main d'œuvre utilisez-vous pour défricher votre plantation ?

Main d'œuvre familiale gratuite ouvriers permanents annuels

Ouvriers temporaires Groupe d'entraide

7. Au cas où la main d'œuvre est temporaire , quel est son coût par unité de surface ?

8. Modes de gestion des feuilles d'élagage des palmiers

1) Retirées de la et utilisées comme bois de chauffage 2) Disposées entre les palmiers. etc

IV. Utilisation des fertilisants

1. Combien de fois les engrais sont-ils appliqués dans votre plantation au cours de l'année ?

2. Quels types d'engrais utilisez-vous ? : Engrais Chimiques

Engrais organiques (specifiez)

3. Le type d'engrais appliqué et sa composition sont-ils fonctions de l'âge de la plantation ?

Oui Non

Quelle quantité d'engrais utilisez-vous (nombre, nom, quantité, prix)

N°	Nom	Quantité	Mode d'approvisionnement	Prix

(période ?) ?

Quelles sont les quantités de cet engrais appliquées par hectare ?

Quel est le prix unitaire de cet engrais ?

Quel est le nom de l'engrais utilisé lors de la phase de production ?

Quelles sont les quantités de cet engrais appliquées par hectare ?

Quel est le prix unitaire de cet engrais ?

?

Quelles sont les quantités de cet engrais appliquées par hectare ?

Quel est le prix unitaire de cet engrais ?

6. Quelle type de main d'œuvre utilisez-vous pour appliquer des engrais dans votre plantation ?

Main d'œuvre familiale gratuite ouvriers permanents annuels

Ouvriers temporaires Groupe d'entraide

7. Au cas où la main d'œuvre est temporaire, quel est son coût par hectare surface ?

V. Traitements phytosanitaires des palmiers

1. Avez-vous connaissance des maladies qui attaquent les palmiers ? Oui Non

Si oui, lesquelles ?

2. Lesquelles des maladies ci-dessus citées attaquent habituellement votre plantation ? ...

3. Remplir le tableau ci-dessous

Nom de la maladie	Proportion (%) de la plantation touchée par la maladie	Produit phytosanitaire appliqué (chimique et/ou organique)	Quantité du produit appliquée par hectare	Prix unitaire du produit

3. Combien de fois ces produits phytosanitaires sont-ils appliqués au cours de l'année ?

4. Quelles sont les différentes périodes (mois) au cours desquelles ces produits sont appliqués dans l'année?

6. Quelle type de main d'œuvre utilisez-vous pour traiter votre plantation ?

Main d'œuvre familiale gratuite ouvriers permanents annuels

Ouvriers temporaires Groupe d'entraide

7. Au cas où la main d'œuvre est temporaire, quel est son coût par hectare surface ?

VI. Production des palmiers

1. Combien de fois vos palmiers produisent-ils au cours de l'année ? Nombre total de récoltes dans l'année ???

2. Quels sont les mois de grande production au cours de l'année ?

3. Quels sont les mois de faible production au cours de l'année ?

4. A quelle fréquence faites-vous les récoltes dans votre plantation ? Hebdomadaire
Bihebdomadaire Mensuelle Bimensuelle

5. Destination de la production (proportion)? 1) autoconsommation 2) production de l'huile de cuisson 3) savonneries

6. Principal marché ? 1) Local, 2) marchés urbains, 3) exportation.

7. Quelle type de main d'œuvre utilisez-vous lors des récoltes ?

Main d'œuvre familiale gratuite ouvriers permanents annuels

Ouvriers temporaires Groupe d'entraide

7. Au cas où la main d'œuvre est temporaire, quel est son coût par hectare surface ?

7. Quelle type de main d'œuvre utilisez-vous pour l'extraction de l'huile?

Main d'œuvre familiale gratuite ouvriers permanents annuels

Ouvriers temporaires Groupe d'entraide

7. Au cas où la main d'œuvre est temporaire, quelle est l'unité de paiement (par jour ?) et le coût unitaire ?

4. Quelle est votre unité de conditionnement de l'huile de palme ? La tine (23 L) Fût

5. Au cas où vous utilisez les fûts comme conditionnement, précisez leur capacité :L

A quelle fréquence extrayez-vous l'huile de palme ? par semaine Par mois Par

trimestre Autre

Si autre, précisez.....

6. Remplir le tableau ci-dessous donnant les quantités estimatives moyennes des quantités d'huile produites

Mois	Conditionnement (tine ou fût) Précisez l'unité	Quantités moyenne	Prix unitaire de vente en FCFA
Janvier			

Février			
Mars			
Avril			
Mai			
Juin			
Juillet			
Août			
Septembre			
Octobre			
Novembre			
Décembre			

7. Combien de personnes employez-vous régulièrement dans votre plantation ?.....

8. Mode de rémunération du personnel : par production par mois

9. Au cas où le personnel est payé par mois, quel est le salaire moyen ?.....

10. Dans le cas d'une rémunération par quantité d'huile produite, quelle proportion (%) des ventes est reversée aux ouvriers ?

11. Quel type de pressoir utilisez-vous pour effectuer la presse de vos noix ?

Pressoir manuel Pressoir électrique Autre

Si autre, précisez.....

Mode d'acquisition de la presse

Héritage Don Achat location Propriété commune (de l'association dont le planteur est membre)

12. Pour effectuer les différentes cuissons lors de la production de l'huile de palme, quel combustible utilisez-vous ? Le bois de chauffe Le gaz domestique Autre

Si autre, précisez.....

13. si c'est le gaz domestique qui est utilisé, combien dépensez-vous chaque mois pour en acheter ?

14. Si c'est le bois de chauffe que vous utilisez comme combustible, comment vous vous ravitaillez ? Achat collecte dans la forêt Feuilles de palmier élaguées

Quelle quantité de bois de chauffe utilisez-vous pour une presse ?

14. si vous achetez le bois utilisé comme combustible, le faites-vous :

Par presse par semaine Par mois Par trimestre Autre

Si autre, précisez.....

Combien dépensez-vous en moyenne en FCFA lors d'une seule opération d'achat de bois ?.....

15. Dites comment vous vous approvisionnez en eau pour produire l'huile :

Quantité d'eau pour une presse ? Cout ?

Quel est le cout moyen de transport lors de la récolte ? Pour transporter l'huile extraite sur le marché ?

Annexe 3. Abondances relatives des plantules et herbacées dans quelques plantations

Tableau I. Abondances relatives des plantules et herbacées de Ng P1-11

Espèces	Abondances
---------	------------

<i>Acalypha ciliata</i>	15
<i>Acanthospermum hispidum</i>	1,5
<i>Ageratum conizoides</i>	128,5
<i>Alternanthera sessilis</i>	63
<i>Axonopus compressus</i>	78
<i>Chromolaena odorata</i>	3
<i>Cissus aralioides</i>	0,5
<i>Cogniauxia podoleana</i>	0,5
<i>Commelina benghalensis</i>	1
<i>Drymaria cordata</i>	0,5
<i>Emilia coccinea</i>	0,5
<i>Ficus mucoso</i>	0,5
<i>Fluerya aestuans</i>	0,5
<i>Galinsoga ciliata</i>	0,5
<i>Haumania danckelmaniana</i>	2,5
<i>Milicia excelsa</i>	0,5
<i>Nephrolepis biserrata</i>	1,5
<i>Oxalis barrelieri</i>	2
<i>Oxalis corniculata</i>	0,5
<i>Paspalum polystachium</i>	0,5
<i>Phyllanthus amarus</i>	1,5
<i>Physalis angulata</i>	0,5
<i>Psidium guayava</i>	0,5
<i>Setaria sp</i>	63
<i>Sida alba</i>	1
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	0,5
<i>Synedrella nodiflora</i>	0,5

Tableau II. Abondances relatives des plantules et herbacées de Ng P2-14

Espèces	Abondances
<i>Acanthospermum hispidum</i>	1,5
<i>Ageratum conizoides</i>	3
<i>Albizia adianthifolia</i>	0,5

<i>Amaranthus hybridus</i>	0,5
<i>Amphimas ferrugineus</i>	0,5
<i>Asystasia gangetica</i>	1
<i>Axonopus compressus</i>	475
<i>Centella asiatica</i>	1
<i>Chromolaena odorata</i>	18
<i>Commelina benghalensis</i>	0,5
<i>Costus afer</i>	15
<i>Cyperus sp</i>	3
<i>Elaeis guineensis</i>	1,5
<i>Emilia coccinea</i>	3
<i>Emilia praetermissa</i>	1
<i>Erigeron floribundus</i>	0,5
<i>Fluerya aestuans</i>	0,5
<i>Justicia insularis</i>	0,5
<i>Nephrolepis biserata</i>	17
<i>Oxalis barrelieri</i>	2
<i>Paspalum conjugatum</i>	0,5
<i>Phyllanthus amarus</i>	2
<i>Piper guineense</i>	0,5
<i>Pueraria sp</i>	0,5
<i>Setaria pedicellatum</i>	125,5
<i>Sida alba</i>	1
<i>Sida rhombifolia</i>	0,5
<i>Sida sp</i>	0,5
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	0,5
<i>Synedrella nodiflora</i>	0,5
<i>Urena lobata</i>	0,5

Tableau III. Abondances relatives des plantules et herbacées de Ng P3-7

Espèces	Abondances
<i>Acanthospermum hispidum</i>	15
<i>Ageratum conizoides</i>	2,5
<i>Albizia zygia</i>	0,5
<i>Axonopus compressus</i>	15
<i>Capsicum frutescens</i>	0,5
<i>Chromolaena odorata</i>	312,5
<i>Cogniauxia podoleana</i>	0,5
<i>Commelina benghalensis</i>	3,5
<i>Costus afer</i>	0,5
<i>Elaeis guineensis</i>	1
<i>Fleuria ovalifolia</i>	0,5
<i>Fluerya aestuans</i>	15
<i>Glyphea brevis</i>	0,5
<i>Haumania danckelmaniana</i>	0,5
<i>Ipomoea sp</i>	0,5
<i>Mikiania cordata</i>	0,5
<i>Milicia excelsa</i>	0,5
<i>Nephrolepis biserata</i>	38,5
<i>Phyllanthus amarus</i>	0,5
<i>Rauvolfia vomitoria</i>	0,5
	409

Tableau IV. Abondances relatives des plantules et herbacées de Nk P1-10

Espèces	Abondances
<i>Acalypha ciliata</i>	0,5
<i>Acanthospermum hispidum</i>	15
<i>Ageratum conizoides</i>	35
<i>Albizia adiantifolia</i>	0,5
<i>Albizia ferruginea</i>	0,5
<i>Albizia zygia</i>	2,5
<i>Alchornea cordifolia</i>	1,5
<i>Alstonia boonei</i>	0,5
<i>Amphimas ferrugineus</i>	0,5
<i>Asystasia gangetica</i>	40,5
<i>Axonopus compressus</i>	87,5
<i>Bridelia micrantha</i>	1
<i>Brillantaisia sp</i>	253,5
<i>Caloncoba welwitschii</i>	0,5
<i>Carpolobia alba</i>	1
<i>Cassia sp</i>	0,5
<i>Celtis zenkeri</i>	0,5
<i>Chromolaena odorata</i>	21
<i>Cogniauxia podoleana</i>	5
<i>Costus afer</i>	18

<i>Costus sp</i>	0,5
<i>Cyathula prostrata</i>	5,5
<i>Desmodium adscendens</i>	37,5
<i>Dioscorea sp</i>	8
<i>Distemonanthus benthamianus</i>	0,5
<i>Drymaria cordata</i>	2,5
<i>Elaeis guineensis</i>	1,5
<i>Elephanthopus mollis</i>	3
<i>Emilia fosbergii</i>	24,5
<i>Emilia praetermissa</i>	0,5
<i>Galinsoga cilia</i>	102,5
<i>Gnetum africanum</i>	8,5
<i>Harungana madagascariensis</i>	1,5
<i>Haumania danckelmaniana</i>	1
<i>Ipomoea sp</i>	1
<i>Justicia insularis</i>	90,5
<i>Macaranga assas</i>	0,5
<i>Macaranga monandra</i>	0,5
<i>Marattia cicutifolia</i>	22,5
<i>Margaritaria discoidea</i>	3,5
<i>Mariscus sp</i>	2,5
<i>Milicia excelsa</i>	1
<i>Mucuna pruriens</i>	27
<i>Musanga cecropioides</i>	1,5
<i>Oxalis barrelieri</i>	26
<i>Oxalis corniculata</i>	1
<i>Paspalum conjugatum</i>	311
<i>Paspalum polystachium</i>	17,5
<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0,5
<i>Persea americana</i>	0,5
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	0,5
<i>Phyllanthus amarus</i>	64,5
<i>Pseudospondias microcarpa</i>	0,5
<i>Psidium guajava</i>	0,5
<i>Sida alba</i>	1
<i>Spathodea campanulata</i>	0,5
<i>Spermacoce monticola</i>	3
<i>Sporobolus sp</i>	200,5
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	18
<i>Terminalia neotaliala</i>	1,5
<i>Tetrorchidium didymostemon</i>	0,5
<i>Tithonia diversifolia</i>	0,5
<i>Trema orientalis</i>	0,5
<i>Urena lobata</i>	17,5
<i>Urticaceae lianescente</i>	2,5

Tableau V. Abondances relatives des plantules et herbacées de Nk P2-22

Espèces	Abondances
<i>Acanthospermum hispidum</i>	92,5
<i>Ageratum conizoides</i>	3
<i>Albizia adiantifolia</i>	0,5
<i>Alchornea cordifolia</i>	16
<i>Alstonia boonei</i>	2,5
<i>Asystasia gangetica</i>	5
<i>Axonopus compressus</i>	37,5
<i>Bridelia micrantha</i>	0,5
<i>Brillantaisia sp</i>	80,5
<i>Chromolaena odorata</i>	315
<i>Cogniauxia podoleana</i>	1
<i>Commelina benghalensis</i>	15,5
<i>Costus afer</i>	41
<i>Cyanthillium cinereum</i>	3
<i>Cyathula prostrata</i>	3
<i>Desmodium adscendens</i>	303
<i>Desmodium ramosissimum</i>	52,5
<i>Dioscorea sp</i>	16,5
<i>Drymaria cordata</i>	0,5
<i>Elaeis guineensis</i>	1,5
<i>Elephantopus mollis</i>	2,5
<i>Emilia fosbergii</i>	1
<i>Fluerya aestuans</i>	38
<i>Gnetum africanum</i>	2,5
<i>Harungana madagascariensis</i>	0,5
<i>Ipomoea sp</i>	17
<i>Justicia insularis</i>	30,5
<i>Macaranga monandra</i>	0,5
<i>Maranthocloa sp</i>	0,5
<i>Marattia cicutifolia</i>	38
<i>Milicia excelsa</i>	1
<i>Millettia laurentii</i>	15,5
<i>Mimosa pudica</i>	15,5
<i>Momordica charantia</i>	18,5
<i>Mucuna pruriens</i>	130,5
<i>Myrianthus arboreus</i>	0,5
<i>Neuropeltis acuminata</i>	0,5
<i>Oxalis barrelieri</i>	11,5
<i>Paspalum conjugatum</i>	162,5
<i>Phyllanthus amarus</i>	71
<i>Rauvolfia vomitoria</i>	0,5
<i>Setaria megaphylla</i>	0,5
<i>Sida alba</i>	16
<i>Spermacoce monticola</i>	0,5

<i>Sporobolus sp</i>	40,5
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	38
<i>Talinum triangulare</i>	0,5
<i>Terminalia neotaliala</i>	0,5
<i>Urena lobata</i>	5
<i>Urera trinervis</i>	0,5

Tableau XIII. Abondances relatives des espèces ligneuses et forestières de Ng P1-11 dans la localité de Ngoas.

Espèces	Abondances
<i>Albizia adianthifolia</i>	2
<i>Alstonia bonei</i>	4
<i>Carica papaya</i>	3
<i>Chrysophyllum lacourtiana</i>	1
<i>Coula edulis</i>	1
<i>Distemonanthus benthamianus</i>	1
<i>Irvingia grandifolia</i>	1
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	1
<i>Macaranga assas</i>	1
<i>Milicia excelsa</i>	4
<i>Musa sp</i>	14
<i>Musanga cecropioides</i>	6
<i>Myrianthus arboreus</i>	1
<i>Persea Americana</i>	7
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	1
<i>Spathodea campanulata</i>	1
<i>Sterculia tragacantha</i>	1
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	1
<i>Theobroma cacao</i>	12
Total général	63

Tableau XV. Abondance relatives des espèces ligneuses et forestières de NkP2-22

Espèces	Abondances
<i>Cassia sp</i>	12
<i>Dacryodes edulis</i>	1
<i>Disthemonanthus benthamianus</i>	1
<i>Macaranga monodora</i>	3
<i>Mangifera indica</i>	3
<i>Morinda lucida</i>	1
<i>Musanga cecropioides</i>	5
Total général	26

Annexe 4. Affinités floristiques des classes d'âge des plantations

	]0;7 ans]	]7;12 ans]	]12 ans; ∞]
]0;7 ans]	1	31	21
]7;12 ans]	31	1	64
]12 ans; ∞]	21	64	1

Annexe 5. Similarités floristiques en fonction des modalités de la fertilisation

	Fertilisation régulière	Fertilisation irrégulière	Pas de fertilisation
Fertilisation régulière	100	55	24
Fertilisation irrégulière	55	100	32
Pas de fertilisation	24	32	100

Annexe 6. Similarités floristiques en fonction des modalités de l'élagage

	Elagage régulier	Elagage irrégulier	pas d"élagage
Elagage régulier	100	43	38
Elagage irrégulier	43	100	78
pas d"élagage	38	78	100

Annexe 7. Similarités floristiques en fonction des modalités de désherbage

	Désherbage régulier	Désherbage irrégulier	Pas de désherbage
Désherbage régulier	100	72	67
Désherbage irrégulier	72	100	74
Pas de désherbage	67	74	100

Annexe 8. Similarités floristiques en fonction des modalités du type de désherbage

	Désherbage manuel	Désherbage manuel + chimique	Aucun type de désherbage
Désherbage manuel	100	43	77
Désherbage manuel + chimique	43	100	36
Aucun type de désherbage	77	36	100

Annexe 9. Variation des stocks de COS entre agrosystèmes élaicoles

Agrosystèmes	COS (t / ha)	n
--------------	--------------	---

Nk P3-22	37,93 ± 9,47 ^a	2
Nk P9-20	41,19 ± 0,50 ^a	2
Nk P4-22	44,52 ± 4,70 ^a	2
Nk P5-22	44,89 ± 2,05 ^a	2
Nk P2-22	58,09 ± 19,42 ^a	2
Nk P7-19	59,37 ± 18,43 ^a	2
Ng P3-7	60,40 ± 8,84 ^a	2
Ng P2-14	62,60 ± 10,43 ^a	2
Ng P1-11	62,84 ± 12,34 ^a	2
Nk P8-16	68,30 ± 30,87 ^a	2
Nk P1-10	73,65 ± 2,22 ^a	2
Nk P6-15	81,85 ± 0,88 ^a	2

Annexe 10. Variation des stocks de COS en fonction de la pratique de la fertilisation

Pratique de la fertilisation	COS (tC / ha)	n
Fertilisation_Irregulière	62,60 ± 10,43 ^a	2
Fertilisation_Non pratiquée	57,02 ± 17,44 ^a	20
Fertilisation_Régulière	62,84 ± 21,34 ^a	2

Annexe 11. Variation des stocks de COS en fonction du type de désherbage

Pratique de l'élagage	COS (tC / ha)	n
Elagage_Irrégulier	61,43 ± 18,05	8
Elagage_non pratiqué	55,29 ± 16,35	14
Elagage_Régulier	62,84 ± 12,34	2

Annexe 12. Variation des stocks de COS en fonction du type de désherbage

Types de désherbage	COS (tC / ha)	N
Aucun	42,45 ± 5,95 ^a	6
Manuel	63,74 ± 18,31 ^b	12
Manuel + Chimique	61,94 ± 8,32 ^{ab}	6

Annexe 13. Variation des stocks de COS en fonction de la pratique du désherbage

Modalités de désherbage	COS (tC / ha)	N
Desherbage_Irregulier	58,32 ± 15,64 ^{ab}	12
Desherbage_Non pratiqué	42,45 ± 5,95 ^a	6
Desherbage_Regulier	72,77 ± 10,21 ^b	6

Annexe 14. Modélisation des crédits carbone des AEVs en fonction du C des litières

Min 1Q Median 3Q Max
-248230 -90492 14087 107873 239001

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	910578	81215	11.212	0.000000552 ***
C.litières..t...ha.	741086	180888	4.097	0.00216 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 149800 on 10 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6267, Adjusted R-squared: 0.5893

F-statistic: 16.78 on 1 and 10 DF, p-value: 0.002155

Annexe 15. Modélisation des crédits carbone des AEVs en fonction du C aérien des végétaux

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max
-103618 -73372 16463 41066 127352

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	341136.1	90760.5	3.759	0.00373 **
C.végétaux..t...ha.	5208.0	538.8	9.666	0.00000217 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 76260 on 10 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9033, Adjusted R-squared: 0.8936

F-statistic: 93.42 on 1 and 10 DF, p-value: 0.000002169

Annexe 16. Quelques images



Fig. 1. Mise en place d'une placette d'échantillonnage



Fig. 2. Mise en place d'une placette d'échantillonnage



Fig. 3. Échantillonnage des herbacées



Fig. 4. Individu d'*Elaeis guineensis* Lam. dans un agrosystème âgé de 10 ans dans la localité de Ngoas



Fig. 5. Collecte de données sur le terrain



Fig. 5. Prélèvement des échantillons de sol



Fig. 6. Tas de grappes dans une plantation