

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
THE 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
GRADUATE PROGRAM FOR LIFE SCIENCES, HEALTH AND THE ENVIRONMENT

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES
DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

**Etude de la variabilité phénotypique de *Megaphrynium
macrostachyum* (Benth.) Milne-Readh. pour une gestion
durable**

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Ph/D en Biologie des
Organismes Végétaux

Option : Biotechnologies Végétales

Spécialité : Génétique et Amélioration des Plantes

Par :

LIMALA II Etienne Pacôme

Matricule : 05T368

Master ès sciences

Sous


et

L'encadrement de :
NTSOMBOH NTSEFONG Godswill
Chargé de Cours

La direction de :
BELL Joseph Martin
Professeur



Année 2025

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

ANNÉE ACADEMIQUE 2024/2025

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 16 janvier 2025

ADMINISTRATION

1. **DOYEN** : OWONO OWONO Luc Calvin, *Professeur*
2. **VICE-DOYEN / DPSAA** : NDJIGUI Paul-Désiré, *Professeur*
3. **VICE-DOYEN / DSSE** : NYEGUE Maximilienne Ascension, *Professeur*
4. **VICE-DOYEN / DRC** : NOUNDJEU Pierre, *Maître de Conférences*
5. **Chef Division Administrative et Financière** : NDOYE FOE Florentine Marie Chantal, *Maître de Conférences*
6. **Chef Division des Affaires Académiques, de la Recherche et de la Scolarité**
DAARS : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (44)

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.	BEBEE Fadimatou	Maître de Conférences	En poste
11.	BEBOY EDJENGUELE Sara N.	Maître de Conférences	En poste
12.	FONKOUA Martin	Maître de Conférences	En poste
13.	AKINDEH MBUH NJI	Maître de Conférences	En poste
14.	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
15.	AZANTSA KINGUE GABIN B.	Maître de Conférences	En poste
16.	BELINGA née NDOYE FOE F. M.	Maître de Conférences	<i>Chef DAF / FS</i>
17.	DAKOLE DABOY Charles	Maître de Conférences	En poste
18.	DONGMO LEKAGNE Joseph B.	Maître de Conférences	En poste
19.	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
20.	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Maître de Conférences	En poste
21.	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	<i>VD/FS/Univ Ebwa</i>
22.	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
23.	KENGNE NOUEMSI Anne Pascale	Maître de Conférences	En poste
24.	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
25.	LUNGA Paul KEILAH	Maître de Conférences	En poste
26.	MANANGA Marlyse Joséphine	Maître de Conférences	En poste
27.	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Maître de Conférences	En poste
28.	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	<i>Doyen FS / UDs</i>
29.	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
30.	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
31.	Palmer MASUMBE NETONGO	Maître de Conférences	En poste
32.	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Maître de Conférences	En poste
33.	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
34.	BAKWO BASSOGOG Christian B.	Chargé de Cours	En poste
35.	ELLA Fils Armand	Chargé de Cours	En poste
36.	EYENGA Eliane Flore	Chargée de Cours	En poste
37.	FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
38.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
39.	MADIESSE KEMGNE Eugénie A.	Chargée de Cours	En poste
40.	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Chargée de Cours	En poste

41.	MBOUCHE FANMOE Marceline J.	Chargée de Cours	En poste
42.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
43.	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste
44.	WOGUIA Alice Louise	Chargée de Cours	En poste
2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (50)			
1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>DAARS/FS</i>
2.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En poste
3.	DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En poste
4.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeure	<i>CD et Vice Doyen/FMSB/UYI</i>
5.	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	MEGNEKOU Rosette	Professeure	En poste
7.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
8.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
9.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
10.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service / Coord.Progr./MINSANTE</i>
11.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
12.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	<i>Vice Doyen/ Uté Ebwa</i>
13.	ATSAMO Albert Donatien	Maître de Conférences	En poste
14.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
15.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
16.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline épse FOTSING	Maître de Conférences	En poste
17.	JATSA BOUKENG Hermine épse MEGAPTCHÉ	Maître de Conférences	En Poste
18.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Maître de Conférences	En poste
19.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
20.	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
21.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
22.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
23.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
24.	MONY Ruth épse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
25.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Maître de Conférences	En poste
26.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
27.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
28.	TADU Zephyrin	Maître de Conférences	En poste
29.	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
31.	YEDE	Maître de Conférences	En poste

32.	AMBADA NDZENGUE Georgia E.	Chargée de Cours	En poste
33.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
34.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
35.	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
36.	FOKAM Alvine Christelle Epse KENGNE	Chargée de Cours	En poste
37.	FOSSI TANKOUA Olivia Epse DJEUTCHOUANG SAYANG	Chargée de Cours	En poste
38.	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
39.	KOGA MANG Dobarra	Chargé de Cours	En poste
40.	LEME BANOCK Lucie	Chargée de Cours	En poste
41.	MAPON NSANGOU Indou	Chargé de Cours	En poste
42.	METCHI DONFACK Mireille Flaure EPSE GHOUMO	Chargée de Cours	En poste
43.	NDENGUE Jean De Matha	Chargé de Cours	En poste
44.	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
45.	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	<i>Cheffe Div. U. Bamenda</i>
46.	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
47.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
48.	ZEMO GAMO Franklin	Chargé de Cours	En poste
49.	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (37)

1.	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	BIYE Elvire Hortense	Professeure	En poste
3.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
4.	MBOLO Marie	Professeure	En poste
5.	NDONGO BEKOLO	Professeur	En poste
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	DJEUANI Astride Carole	Maître de Conférences	En poste
9.	MAHBOU SOMO TOUKAM Gabriel	Maître de Conférences	En poste
10.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
12.	NGALLE Hermine BILLE	Maître de Conférences	En poste
13.	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	<i>CT/MINRESI</i>
14.	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
15.	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
16.	ONANA Jean Michel	Maître de Conférences	En poste
17.	DIDA LONTSI Sylvere Landry	Chargé de Cours	En poste
18.	GONMADGE Christelle	Chargé de Cours	En poste
19.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
20.	MANGA NDJAGA JUDE	Chargé de Cours	En poste

21.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargée de Cours	En poste
22.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargée de Cours	En poste
23.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL Annie C.	Chargée de Cours	<i>En détachement /UNESCO MALI</i>
24.	Godswill NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
25.	KABELONG BANAHOU Louis-Paul-R.	Chargé de Cours	En poste
26.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
27.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
28.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
29.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
30.	TEMEGNE NONO Carine	Chargée de Cours	En poste
31.	BOLIE Hubert	Assistant	En poste
33.	MACHE NKOUANDEU Pasma	Assistante	En poste
34.	MAFFO FOKOU Adèle	Assistante	En poste
35.	METSEBING Blondo-Pascal	Assistant	En poste
36.	NTONMEN YPNKEU Amandine F.	Assistante	En poste
37.	ONANA EBODE Clotaire	Assistant	En poste

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

1.	GHOGOMU 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.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
5.	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Professeur	En poste
6.	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste
7.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
8.	EMADAK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
9.	KAMGANG YOUBI Georges	Maître de Conférences	En poste
10.	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
11.	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
12.	MBEY Jean Aimé	Maître de Conférences	En poste
13.	NDI Julius NSAMI	Maître de Conférences	<i>Chef de Département</i>
14.	NEBAH Née NDOSIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>Sénatrice/SENAT</i>
15.	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
16.	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
17.	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
18.	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Maître de Conférences	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
19.	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Maître de Conférences	En poste
20.	KOUOTOU DAOUDA	Maître de Conférences	En poste

21.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
22.	NCHIMI NONO KATIA	Chargée de Cours	En poste
23.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
24.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
25.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
26.	BOYOM TATCHEMO Franck W.	Assistant	En Poste
27.	DANTIO NGUELA Christian Brice	Assistant	En poste
28.	LEKENE NGOUATEU Reine	Assistant	En poste
5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (33)			
1	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	<i>DEPE/Univ. Bertoua</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>Recteur UBertoua/ Chef de Département</i>
5	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
6	MKOUNGA Pierre	Professeur	En poste
7	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
8	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	<i>Director/HTTTC/UBda</i>
8	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	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
13	NGOMO Orléans	Maître de Conférences	En poste
14	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
15	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>Chef Div./MINESUP</i>
16	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>Dir ENS/Uté Bertoua</i>
17	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
18	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
19	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
20	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Maître de Conférences	En poste
21	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste
22	MELONG Radius	Chargé de Cours	En poste
23	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
24	MUNVERA MFIFEN Aristide	Chargé de Cours	En poste
25	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
26	NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste
27	OUETE NANTCHOUANG Judith L.	Chargée de Cours	En poste
28	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
29	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste

30	TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
31	TSAMO TONTSA Armelle	Chargée de Cours	En poste
32	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33	NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste
34	NGUEMDJO CHIMEZE Valery W.	Assistant	En poste
6- DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES (ER) (1)			
1.	BODO Bertrand	Professeur	<i>Chef de Département</i>

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

1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef de Division des SI/MINESUP</i>
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Inspecteur Général Académique/ MINESUP</i>
3.	NDOUNDAM René	Professeur	En poste
4.	ABESSOLO ALO'O Gislain	Maître de Conférences	<i>CTI/MINFOPRA</i>
5.	MELATAGIA YONTA Paulin	Maitre de Conférences	En poste
6.	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
7.	AMINOU HALIDOU	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
8.	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargée de Cours	En Poste
9.	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
10.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
11.	EKODECK Stéphane Gaël R.	Chargé de Cours	En poste
12.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
13.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
14.	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
15.	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	<i>Chef de Département /Génie Info./U Ebolowa</i>
16.	MONTHÉ DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
17.	NZEKON NZEKO'O Armel Jacques	Chargé de Cours	En poste
	OLLE OLLE Daniel Claude G. D.	Chargé de Cours	<i>Directeur Adjoint ENSET Ebolowa</i>
18.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
19.	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
20.	MAKEMBE. S. Oswald	Assistant	<i>Directeur CUTI</i>
21.	MAXWELL NDOGNKON MANGA	Assistant	En poste
22.	NDOM Francis Rollin	Assistant	En poste
23.	NGUIMEYA TSOBACK Baudoin	Assistant	En poste
24.	NKONDOCK. MI BAHANACK. N.	Assistant	En poste

8- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (34)

1.	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	<i>Chef de Département/D. ENSPY</i>
2.	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
3.	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
4.			
5.	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	<i>Chef de Division/ENSPY</i>
6.	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
7.	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>VDRC/FS/UUI</i>
8.	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
9.	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	<i>Directeur/AIMS Rwanda</i>
10.	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste
11.	AGHOUKENG JIOFACK Jean G.	Chargé de Cours	<i>Chef Cellule MINEPAT</i>
12.	BOGSO ANTOINE Marie	Chargé de Cours	En poste
13.	BITYE MVONDO Esther Claudine	Chargé de Cours	En poste
14.	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
15.	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
16.	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
17.	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
18.	KOKOMO AYISSI Eric Brice	Chargé de Cours	En poste (transfert de l'université de Douala)
19.	LOUMNGAM KAMGA Victor	Chargé de Cours	En poste
20.	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
21.	MBATAKOU Salomon Joseph	Chargé de Cours	En poste
22.	MENGUE MENGUE David Joël	Chargé de Cours	<i>Chef Dpt /ENS Université d'Ebolowa</i>
23.	MBIAKOP Hilaire George	Chargé de Cours	En poste
24.	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
25.	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
26.	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
27.	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	<i>En stage</i>
28.	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Chargé de Cours	En poste
29.	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
30.	TETSADJIO TCHILEPECK M. Eric.	Chargé de Cours	En poste
31.	EBODE ATANGANA Pie Désiré	Assistant	En poste
32.	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
33.	GUIDZAVAI KOUCHERE Albert	Assistant	En poste
34.	MAMA ASSANDJE Prosper	Assistant	En poste
35.	MANN MANYOMBE Martin Luther	Assistant	En poste
36.	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
37.	NYOUMBI DLEUNA Christelle	Assistant	En poste

9 - DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)

1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	KOUITCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Professeure	En poste
3.	MUNE MUNE Martin Alain	Professeur	En poste
4.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeure	<i>Vice-Doyen / DSSE</i>
5.	RIWOM Sara Honorine	Professeure	En poste
6.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Professeur	En poste
7.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	<i>Doyen/FASA/UDs</i>
8.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
9.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
10.	TCHIKOUA Roger	Maître de Conférences	<i>Chef de Service de la Scolarité</i>
11.	EHETH Jean Samuel	Chargé de Cours	En poste
12.	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
13.	EZO'O MENGO Fabrice Télésfor	Chargé de Cours	En poste
14.	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
15.	MEYIN A EBONG Solange	Chargée de Cours	En poste
16.	MONI NDEDI Esther Del Florence	Chargée de Cours	<i>Cheffe de service/DAAC/UJI</i>
17.	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
18.	NKOUÉ TONG Abraham	Chargé de Cours	En poste
19.	NGOUE NAM Romial Joël	Chargé de Cours	En poste
20.	NJAPNDOUNKE Bilkissou	Chargé de Cours	En poste
21.	TAMATCHO KWEYANG Blandine P	Chargée de Cours	En poste
22.	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Chargée de Cours	En poste
23.	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
24.	ZO'O EZO'O Fabrice Télésfor	Assistant	En poste
25.	MAYI Marie Paule Audrey	Assistante	En poste

10. DEPARTEMENT DE PHYSIQUE (PHY) (45)

1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	BIYA MOTTO Frédéric	Professeur	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
3.	DJUIDJE KENMOE ép. ALOYEM	Professeur	En poste
4.	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i>
5.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
6.	EYEBE FOU DA Jean sire	Professeur	En poste
7.	FEWO Serge Ibraïd	Professeur	En poste
8.	HONA Jacques	Professeur	En poste
9.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
10.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	<i>Chef de Département /Uni. Bertoua</i>
11.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
12.	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
13.	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de centre/IRGM/MINRESI</i>
14.	SIEWE SIEWE Martin	Professeur	En poste
15.	SIMO Elie	Professeur	En poste
16.	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FS/Univ/Bda</i>
17.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
18.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
19.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste
20.	VONDOU Derbetini Appolinaire	Professeur	En poste
21.	ENYEGUE A NYAM épouse BELINGA	Maître de Conférences	<i>Cheffe de Div./ENSPY</i>
22.	FOUEJIO David	Maître de Conférences	<i>Chef Cell/MINADER</i>
23.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
24.	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
25.	MELI'I Joelle Larissa	Maître de Conférences	En poste
26.	MVOGO ALAIN	Maître de Conférences	En poste
27.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
28.	WAKATA née BEYA Annie Sylvie	Maître de Conférences	<i>Secrétaire Générale /UYII</i>
29.	WOULACHE Rosalie Laure	Maître de Conférences	<i>Absente de son poste</i>
30.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
31.	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
32.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
33.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie A.	Chargée de Cours	En poste
34.	EDONGUE Hervais	Chargé de Cours	En poste
35.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Chargé de Cours	En poste
36.	LAMARA Maurice	Chargé de Cours	En poste
37.	NGA ONGODO Dieudonné	Chargé de Cours	En poste

38.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	Chef de Div./DIPD/UIYI
39.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Chargé de Cours	En poste
40.	TCHAPET NJAFA Jean-Pierre	Chargé de Cours	Chef Ser. Adj./FLASH/UIYI
41.	TEYOU NGOUPO Ariel	Chargé de Cours	En poste
42.	TOGUEU MOTCHEYO Alain Bertrand	Chargé de Cours	En poste
43.	WANDJI NYAMSI William	Chargé de Cours	En poste
44.	ETEME Armand Sylvain	Assistant	En poste
45.	NGO MOUELLAS épouse LOTHIN	Assistante	En poste
46.	TCHODIMOU Carole	Assistant	En poste
47.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Assistant	En poste

11- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (34)

1.	BISSO Dieudonné	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	EKOMANE Emile	Professeur	<i>Chef Div./Uté Ebolowa</i>
3.	GANNO Sylvestre	Professeur	En poste
4.	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	<i>Vice-Doyen /DPSAA</i>
5.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Professeur	<i>CEA/MINRESI</i>
6.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
7.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
8.	ONANA Vincent Laurent	Professeur	<i>Chef de Département/Uté. Eb.</i>
9.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Professeur	<i>Chef Div. /MINTP</i>
10.	TCHOUANKOUE Jean Pierre	Professeur	En poste

11.	Elisé SABABA	Maitre de Conférences	En poste
12.	EYONG John TAKEM	Maître de Conférences	En poste
13.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec.D'Etat/MINMIDT(ai)</i>
14.	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle, épouse BITOM	Maitre de Conférences	En poste
15.	MBIDA YEM	Maître de Conférences	En poste
16.	MBESSE Cécile Olive	Maitre de Conférences	En poste
17.	METANG Victor	Maître de Conférences	En poste
18.	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
19.	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
20.	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Maître de Conférences	En poste
21.	TCHAKOUNTE Jacqueline épse NUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef. Cell /MINRESI</i>

22.	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Maître de Conférences	En poste
23.	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
24.	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
25.	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
26.	KOAH NA LEBOGO Serge P.	Chargé de Cours	En poste
27.	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
28.	NGO'O ZE ARNAUD	Chargé de Cours	En poste
29.	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
30.	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
31.	TENE DJOUKAM Joëlle Flore, épouse KOUANKAP NONO	Chargée de Cours	En poste
32.	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
33.	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	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	08 (01)	25 (15)	11 (05)	00 (00)	44 (21)
BPA	12 (02)	18 (06)	16 (06)	01 (01)	47 (15)
BPV	08 (02)	10 (03)	14 (06)	06 (03)	39 (14)
CI	06 (01)	14 (02)	05 (01)	03 (01)	28 (05)
CO	06 (01)	14 (05)	12 (03)	02 (00)	33 (09)
ER	01 (00)	/	/	/	01 (0)
IN	03 (00)	03 (00)	13 (01)	06 (00)	24 (01)
MAT	01 (00)	08 (00)	20 (01)	07 (01)	36 (02)
MIB	05 (03)	05 (01)	13 (06)	01 (01)	24 (11)
PHY	17 (01)	11 (04)	15 (01)	04 (02)	45 (08)
ST	10 (00)	14 (05)	09 (02)	00 (00)	33 (07)
Total	67 (11)	122 (41)	128 (32)	30 (09)	342 (88)

Soit un total de

360 (94) dont :

- Professeurs **67 (11)**
- Maîtres de Conférences **122 (41)**
- Chargés de Cours **128 (32)**
- Assistants **30 (09)**

() = Nombre de Femmes

94

ENSEIGNANTS SOUS CONTRAT DE COLLABORATION

1.	BELL JOSEPH MARTIN	547019U	17/06/1957	Sakbayeme	M	10/11/1986	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
2.	DJOUFAC WOUNFO EMMANUEL	547069Z	09/01/1957	Ngaoundéré	M	04/05/1990	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
3.	FOMENA ABRAHAM	546778X	10/11/1958	Batcham	M	01/12/1986	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
4.	GHOGOMU TIH RAPH	547004-K	23/12/1956	BAMBALANG	M	13/10/1982	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
5.	KAMTCHOUING PIERRES	143299X	13/09/1955	Nkongsamba	M	01/10/1988	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
6.	NGADJUI TCHALEU BONAVENTURE	546959-G	15/09/1953	FONTSIGA	M	12/08/1982	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
7.	NGO BILONG ANASTASIE épse TIH	546164-I	27/12/1955	MBANGA	F	28/07/2000	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	MC
8.	NKENGFAK EPHRAIM AUGUSTIN	546948-F	17/06/1955	YAOUNDE	M	01/09/1983	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
9.	NDIKONTAR MAURICE KOR	169784G	09/05/1958	Mbaa	M	10/01/1991	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION-EN COURS DE SIGNATURE	PR
10.	NJIOKOU FLOBERT	547321H	11/06/1958	Nkongsamba	M	03/05/1993	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION-EN COURS DE SIGNATURE	PR
11.	BENG NEE NINTCHOM PENLAP VERONIQUE	546643B	07/01/1957	Melong I	F	02/10/1992	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION	PR
12.	FOKOU ELIE	546725J	08/06/1957	Fiéla- Bamendjinda	M	01/04/1988	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION EN COURS DE FINALISATION	PR
13.	TCHOUANKEU JEAN CLAUDE	547295-E	06/01/1959	Douala	M	01/12/1989	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION EN COURS DE FINALISATION	PR
14.	BOYOMO ONANA						CONTRATS TRAITES LORS DU CONSEIL D'UNIVERSITE DU 12 JUILLET 2024	MC
15.	WANDJI JEAN	162242M	09/06/1958	Bangou	M			UYI
16.	YOUMBI EMMANUEL	547332Z	12/02/1959	Bangou	M	Bangou		PR
17.	NGODO MELINGUI JEAN	500475X	05/09/1958	Endoum		20/10/2005		MC
18.	KOFANE TIMOLEON CREPIN							PR
19.	NGAMENI EMMANUEL	547277-C	24/04/1959	Mbanga	M			PR
20.	BITOM DIEUDONNE	547050X	23/11/1958	Ambam	M			PR

DEDICACE

A ma famille, LIMALA LI NSEGBE

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé à l'Unité de Génétique et Amélioration des Plantes (UGAP) du Département de Biologie et Physiologie Végétales (DBPV), de la Faculté des Sciences (FS) (Université de Yaoundé I). Il n'aurait pas été effectif sans le soutien de nombreuses personnes auxquelles j'exprime toute ma reconnaissance. Je remercie particulièrement :

- Le Département de Biologie et Physiologie Végétales de la Faculté des Sciences (Université de Yaoundé I) avec tout son staff Enseignant à qui je dois ma formation ;
- Professeur AMBANG Zachée, Chef de Département de Biologie et Physiologie Végétales, Chef du Laboratoire de Phytopathologie, pour toutes les facilités et services accordés à cette recherche durant ces longues années de dur labeur ;
- Professeur BELL Joseph Martin, Chef de l'Unité de Génétique et Amélioration des Plantes, pour son orientation vers ce travail, et surtout son encadrement et son soutien indéfectible tout au long de ces années de sacrifice ;
- Dr. NTSOMBOH NTSEFONG Godswill, pour son apport multidimensionnel et son co-encadrement durant ces travaux ;
- Dr. LIKENG-LI-NGUE Benoit-Constant, pour sa disponibilité et ses multiples orientations et conseils donnés à ce travail ;
- Dr. ESSONO Damien, pour sa disponibilité et son expertise dans la description botanique faite durant ce travail ;
- Dr. MBO NKOULOU Luther Fort et Dr NYOUMA Achille, pour des analyses multiples des données de cette recherche ;
- toute l'équipe de l'UGAP, notamment Pr. NGALLE Hermine Bille, Maître de Conférences, pour l'amélioration de la qualité de ce travail ;
- ma conjointe NGO BAYI Angèle Laure, pour son assistance multiforme et surtout son soutien inconditionnel et indéfectible durant ces longues années d'études ;
- ma mère, Cathy Irène LIMALA, dont la prière et le soutien n'ont eu de limite ;
- mes enfants, frères et sœurs, pour leur assistance multiforme sans faille ;
- DJON Charles Lemiel, pour son orientation et ses multiples conseils durant ces années ;
- Messieurs KEND KEND Jean Elie, LIBONG LI NDJOCK et BA'A YEBGA Joseph Alain pour l'accompagnement dans les sites d'implantation de *M. macrostachyum* de la localité de Modè ;

- mes beaux Pères, Messieurs BAYI Joseph et POUHE Riche, pour assistance dans la collecte des échantillons respectivement dans les forêts de HONDOL et EBOMBE ;
- Monsieur ZOA Florent, pour sa disponibilité et la mise à ma disposition de sa moto pour la récolte des échantillons dans la forêt d'ELIG-EYENE ;
- Mme Ngo MBOCK Marie Madeleine, pour le même exercice dans la forêt de la localité de LOG-HENDE ;
- tous les commerçants et paysans, pour leur contribution pendant les phases d'enquêtes et de collecte des données sur la filière feuilles de *M. macrostachyum* dans les zones d'étude ;
- tous mes amis et proches, qui ont manifesté un geste ou apporté une idée fertile pour la réussite de ce projet ;
- tous ceux dont je n'ai pas pu citer ici, et qui à un moment ou un autre ont apporté une pierre à l'édification de ce projet.

SOMMAIRE

DEDICACE	xv
REMERCIEMENTS	xvi
LISTE DES FIGURES	xxi
LISTE DES TABLEAUX	xxiii
LISTE DES ABREVIATIONS	xxv
LISTE DES ANNEXES	xxvi
RESUME	xxvii
ABSTRACT	xxix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE	6
I.1. Généralité sur les produits forestiers non ligneux	7
I.1.1. Historique et définition de produit forestier non ligneux	7
I.1.2. Classification des produits forestiers non ligneux	9
I.1.3. Importance des produits forestiers non ligneux d'origine végétale.....	10
I.1.4. Mode traditionnel d'exploitation des Produits Forestiers Non Ligneux	12
I.2. Etudes antérieures sur les Marantaceae	13
I.2.1. Historique des Maranthaceae.....	13
I.2.2. Description botanique et mode de propagation de Marantaceae	14
I.2.3. Forêts à Marantaceae	16
I.2.4. Importance socio-économique des Marantaceae	17
I.3. Description, écologie et importance de <i>M. macrostachyum</i>	19
I.3.1. Description de <i>M. macrostachyum</i>	19
I.3.2. Ecologie de <i>M. macrostachyum</i>	20
I.3.3. Exploitation de <i>M. macrostachyum</i>	21

I.4. Notion de gestion durable	25
I.5. Domestication des espèces végétales	25
I.6. Domestication participative des espèces à produits forestiers non ligneux	26
I.6.1. Identification des espèces prioritaires et la sélection des meilleures variétés	26
I.6.2. Collecte et conservation du germoplasme	27
I.7. Diversité génétique.....	27
I.7.1. Origine de la diversité génétique	27
I.7.2. Importance de la diversité génétique	28
I.7.3. Indicateurs de la diversité génétique <i>in situ</i>	28
I.7.4. Processus évolutifs des plantes cultivées influençant la diversité génétique	29
I.7.5. Facteurs biophysiques et anthropiques influençant la diversité génétique.....	31
I.8. Variabilité et caractérisation morphologiques des espèces végétales	36
I.8.1. Caractérisation morphologique.....	36
I.8.2. Variabilité morphologique.....	37
I.8.3. Analyse de la variabilité morphologique.....	38
I.9. Biologie de reproduction chez les végétaux.....	39
I.9.1. Phénologie végétale	39
I.9.2. Reproduction sexuée.....	40
I.9.3. Reproduction asexuée.....	43
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES	48
II.1. Matériel.....	49
II.1.1. Zone d'étude.....	49
II.1.2. Matériel végétal.....	51
II.1.3. Matériel de terrain	51
II.2. Méthodes.....	52
II.2.1. Analyse des perceptions communautaires.....	52
II.2.2. Identification des phénophases reproductives de <i>M. macrostachyum</i>	54

II.2.3. Caractérisation morphologique des accessions de <i>M. macrostachyum</i>	56
II.2.4. Analyse de la variabilité phénotypique de <i>M. macrostachyum</i>	61
II.2.5. Etude des voies de multiplication de <i>M. macrostachyum</i>	62
II.2.6. Analyse des données	65
CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS	67
III.1. Résultats.....	68
III.1.1. Perceptions communautaires sur l’exploitation de <i>M. macrostachyum</i>	68
III.1.2. Phénologie reproductive	73
III.1.3. Caractères des accessions de <i>M. macrastachyum</i>	83
III.1.4. Variabilité phénotypique au sein de <i>M. macrostachyum</i>	89
III.1.5. Voies de mulplication de <i>M. macrostachyum</i>	95
III.2. Discussion.....	102
III.2.1. perceptions communautaires.....	102
III.2.2. Phénologie reproductive	103
III.2.3. Variabilité phénotypique au sein de <i>M. macrostachyum</i>	105
III.2.4. Multiplication de <i>M. macrostachyum</i>	108
CONCLUSION, PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS	110
Conclusion.....	110
Perspectives	111
Recommandations	112
BIBLIOGRAPHIE	113
ANNEXES.....	139

LISTE DES FIGURES

Fig. 1. Limbes de quelques espèces des Marantaceae.....	14
Fig. 2. Quelques espèces de Marantaceae rencontrées dans les zones d'étude.....	17
Fig. 3. Touffe de <i>M. macrostachyum</i>	20
Fig. 4. Inflorescence de <i>M. macrostachyum</i>	20
Fig. 5. Cases à feuilles de <i>M. macrostachyum</i>	21
Fig. 6. Panier et corbeille à pétioles de <i>M. macrostachyum</i>	22
Fig. 7. Jeunes pousses crues et cuites de <i>M. macrostachyum</i>	23
Fig. 8. Mets conditionnés avec les feuilles de <i>M. macrostachyum</i>	24
Fig. 9. Contenant à base de <i>M. macrostachyum</i> dans un restaurant de Yaoundé.....	24
Fig. 10. Carte des zones agro-écologiques du Cameroun et localités d'étude.....	50
Fig. 11. Aperçu du matériel végétal. (a) : accession de <i>M macrostachyum</i>	51
Fig. 12. Matériel de terrain.....	52
Fig. 13. Interviews aux marchands.....	53
Fig. 14. Echantillons d'individus marqués.....	55
Fig. 15. Mensuration des paramètres quantitatifs du pétiole.....	59
Fig. 16. Mensuration des paramètres quantitatifs du limbe.....	60
Fig. 17. Mensuration des variables du fruit.....	60
Fig. 18. Mensuration des variables de la gaine.....	61
Fig. 19. Préparation des graines de <i>M. macrostachyum</i>	62
Fig. 20. Dispositif expérimental de l'essai de multiplication de l'espèce.....	62
Fig. 21. Matériel souche de <i>M. macrostachyum</i>	64
Fig. 22. Fragment de rhizome de <i>M. macrostachyum</i>	64
Fig. 23. Maillons de la chaîne de distribution des feuilles de <i>M. macrostachyum</i>	68
Fig. 24. différents usages sociaux des feuilles de <i>M. macrostachyum</i>	69
Fig. 25. Domaines d'usage des revenus de la vente de <i>M. macrostachyum</i>	70
Fig. 26. Types de fournisseurs des feuilles de <i>M. macrostachyum</i>	71
Fig. 27. Zones d'origines des feuilles de <i>M. macrostachyum</i>	71
Fig. 28. Difficultés de la filière feuilles de <i>M. macrostachyum</i>	72
Fig. 29. Morphologie de la fleur chez <i>M. macrostachyum</i>	74
Fig. 30. Profil du diamètre du fruit en fonction de la localité.....	80
Fig. 31. Profil du diamètre du fruit en fonction du temps.....	80
Fig. 32. Profil de la hauteur du fruit en fonction de la localité.....	81

Fig. 33. Profil de la longueur du fruit en fonction du temps	81
Fig. 34. Profil de croissance quotidienne du diamètre du fruit en fonction de la localité.....	81
Fig. 35. Profil de croissance quotidienne du diamètre du fruit en fonction du temps.....	82
Fig. 36. Profil de croissance quotidienne de la longueur du fruit en fonction de la localité....	82
Fig. 37. Profil de croissance quotidienne de la hauteur du fruit en fonction du temps.....	82
Fig. 38. Matrice de corrélation des variables quantitatives du fruit au cours de la phénologie	83
Fig. 39. Couleur et aspect du pétiole.....	84
Fig. 40. Forme du pétiole.	84
Fig. 41. Couleurs du limbe de <i>M. macrostachyum</i>	85
Fig. 42. Formes du limbe chez <i>M. macrostachyum</i>	86
Fig. 43. Couleurs du fruit au cours de son développement chez <i>M. macrostachyum</i>	86
Fig. 44. Formes du fruit chez <i>M. macrostachyum</i>	87
Fig. 45. Aspect du fruit chez <i>M. macrosatchyum</i>	87
Fig. 46. Couleurs, aspect et formes des graines.	87
Fig. 47. Nombre de graines par fruit.	88
Fig. 48. Distribution des individus dans le plan 1-2 révélé par l'ACP.	93
Fig. 49. Dendrogramme des individus sur la base des variables étudiées.	94
Fig. 50. Matrice de corrélation entre les variables étudiées et distribution des individus.....	94
Fig. 51. Axes orthotropes unifoliés de <i>M. macrostachyum</i>	95
Fig. 52. Développement du Méristème floral à la base de la tige de <i>M. macrostachyum</i>	96
Fig. 53. Transformation du méristème floral en fruits.	96
Fig. 54. Graines issues du fruit basitone de <i>M. macrostachyum</i>	97
Fig. 55. Ramification souterraine et développement végétatif de <i>M. macrostachyum</i>	98
Fig. 56. Rhizome de <i>M. macrostachyum</i>	98
Fig. 57. Plants de <i>M. macrostachyum</i> issu du bouturage.....	99
Fig. 58. Développement par graine de <i>M. macrostachyum</i>	100
Fig. 59. Variabilité observée sur le limbe des jeunes plants de <i>M. macrastachyum</i>	100
Fig. 60. Plants de <i>M. macrostachyum</i>	101

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Inventaire des types morphologiques des PFNL exploités en RCA	8
Tableau II. Classification des PFNL d'origine végétale	10
Tableau III. Quantité de <i>Gnetum africanum</i> et de <i>Marantaceae</i> pendant la période de forte pression en RDC.....	18
Tableau IV. Quantité de <i>Gnetum africanum</i> et de <i>Marantaceae</i> pendant la période de basse pression en RDC.....	18
Tableau V. Impact de l'exploitation des feuilles sur la ressource en fonction du type biologique au Congo	18
Tableau VI. Localités d'étude dans les deux Régions.	50
Tableau VII. Villes et nombre de marchands questionnés par marché	53
Tableau VIII. Caractères qualitatifs et méthodes d'évaluation	57
Tableau IX. Tableau Variables quantitatives et méthodes d'évaluation	58
Tableau X. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés	69
Tableau XI. Prix moyens d'achat, vente et gains des feuilles de <i>M. macrostachyum</i>	70
Tableau XII. Nombres de vendeurs enquêtés par localités	72
Tableau XIII. Comparaison de quelques variables par ville	73
Tableau XIV. Période, pourcentage de floraison et de fructification de <i>M. macrostachyum</i> en fonction des localités.	74
Tableau XV. Durée de maturation de l'inflorescence de <i>M. macrostachyum</i> en fonction des zones.....	75
Tableau XVI. Caractéristiques des stades phénologiques de <i>M. macrostachyum</i>	76
Tableau XVII. Variation du calendrier des stades phénologiques dans les deux sites.	78
Tableau XVIII. Variables quantitatives du fruit en fonction du temps.....	79
Tableau XIX. Variables quantitatives du fruit en fonction des localités.	79
Tableau XX. Taux de croissance quotidienne des variables quantitatives.....	80
Tableau XXI. Nombre de graines par fruit dans chaque localité.	89
Tableau XXII. Variabilité des paramètres quantitatifs entre les cinq localités.....	90
Tableau XXIII. Variabilité des paramètres quantitatifs entre les deux localités.....	90
Tableau XXIV. Variabilité générale des caractères quantitatifs chez <i>M. macrostachyum</i>	91
Tableau XXV. Variabilité des paramètres du fruit entre les deux localités.	92
Tableau XXVI. Variabilité des paramètres de la graine dans les deux localités.....	92

Tableau XXVII. Paramètres de croissance des plants de <i>M. macrostachyum</i> issus du semis.	101
Tableau XXIX. Variables de la longueur du pétiole par localité.	159
Tableau XXX. Variables du diamètre au collet par localité.....	160
Tableau XXXI. Variables de la longueur du limbe par localité.	161
Tableau XXXII. Variables de la largeur du limbe par localité.	162
Tableau XXXIII. Variables des nervures secondaires par localité.	163
Tableau XXXIV. Variables de la surface foliaire par localité.	164
Tableau XXXV. Variables du fruit dans la localité de Hondol.	165
Tableau XXXVI. Variables du fruit dans la localité de Modè.	166
Tableau XXXVII. Nombre de fruits par inflorescence dans chaque localité.....	167

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP :	Analyse en Composante Principale
ADN :	Acide Désoxy-ribo Nucléique
ANOVA :	Analyse de Variances
CAH :	Classification Ascendante Hiérarchique
CV :	Coefficient de Variation
DBPV :	Département de Biologie et Physiologie Végétales
DC :	Division Cellulaire
FAO :	Food Agricultural Organisation of Unied Nations
FAS :	Faculté des Sciences
FC :	Facteur de Correction
FCFA :	Franc des Colonies Françaises d’Afrique
GDF :	Gestion Durable des Forets
ICRAF :	Internantional Center of Research in Agroforestry
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
PAM :	Programme Alimentaire Mondial
PFAB :	Produit Forestier Autre que le Bois d’œuvre
PFNL :	Produit Forestier Non Ligneux
PREM :	Prémûrissement
RCA :	République Centre-Africaine
RDC :	République Démocratique du Congo
SF :	Surface Foliaire
SPSS :	Statistic Package of Social Science
UGAP :	Unité de Génétique et Amélioration des Plantes
UYI :	Université de Yaoundé I
TCQF :	Taux de Croissance Quotidien du Fruit
ZAE :	Zone Agroécologique

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Publications	140
Annexe 2. Cadre logique	141
Annexe 3. Analyses statistiques	144
Annexe 4. Données brutes des variables quantitatives.....	159

RESUME

Les forêts sont des milieux naturels dotés d'une grande diversité biologique. Il existe parmi celles-ci, les plantes alimentaires mineures, encore appelées « récoltes cachées », longtemps négligées, mais pourtant diversement utilisées par les populations. C'est le cas de *Megaphrynium macrostachyum*, qui est un produit forestier non ligneux (PFNL) appartenant à la famille des Marantaceae. Cette plante est exploitée dans plusieurs chaînes de valeur de certaines localités des Régions du Centre et Littoral Cameroun. Pour cette raison, ses feuilles sont régulièrement et intensément récoltées et commercialisées, ce qui pourrait rendre l'espèce vulnérable dans son milieu écologique à la longue, d'où la nécessité de nous pencher sur la connaissance de la biodiversité de cette « récolte cachée ». L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la diversité phénotypique de *M. macrostachyum* pour entreprendre sa gestion durable. Ainsi, le matériel végétal utilisé était constitué d'un échantillonnage de 165 accessions de *M. macrostachyum*, choisi dans cinq localités des zones agroécologiques (ZAE) IV et V du Cameroun, à raison de 33 échantillons par localité. Le choix de l'échantillonnage s'est fait suivant la technique de l'échantillonnage aléatoire simple et exhaustif, laquelle consiste à sélectionner des individus de telle sorte que tous aient la même probabilité de faire partie de l'échantillon, des enquêtes ethnobotaniques à travers des interviews individuels et semi-structurées ainsi que les observations directes sur le terrain ont été effectuées auprès de 102 marchands. *Megaphrynium macrostachyum* est plus utilisée dans les domaines alimentaire (UA = 99%) et médicinale (UM = 61,85%) et sa commercialisation est une activité rentable d'après 99% des enquêtés. L'activité génère un gain moyen de 211,1 FCFA par paquet moyen de 57 feuilles, avec un prix moyen d'achat de 147 F CFA et celui de revente, 246 F CFA. La filière rencontre comme difficultés majeures le transport (48,23%) et le pourrissement (27,06%). Les acteurs impliqués dans la filière sont plus célibataires (48%) et mariés (34%). Leur niveau d'études est essentiellement le secondaire (47%) et le primaire (46%). Les jeunes femmes sont des principaux fournisseurs (84,15%) et la principale source d'approvisionnement des feuilles étant la communauté Bassa (55,31%). Deux phases phénologiques ont été identifiées à savoir la phase florale qui va du 17 Mai au 29 Juin et comporte quatre stades de développement : initiation du bouton floral principal (fl1), épanouissement du bouton principal en boutons secondaires (fl2), épanouissement des boutons secondaires en fleurs (fl3) et sénescence des fleurs (fl4). La phase fruitière va du 15 Juin au 28 Août et comporte également quatre stades : la nouaison (fr1), le développement du fruit (fr2), la maturation du fruit (fr3) et le murissement du fruit (fr4), soit une durée totale de 64 à 84 jours. Aucune différence significative n'a été notée en terme de durée de chaque phase et des différents stades de développement du fruit,

néanmoins, un décalage de deux semaines est observé au niveau de la floraison entre les deux ZAE. L'analyse statistique a montré des différences significatives entre les variables étudiées dans les deux zones agro-écologiques (diamètre au collet, longueur, largeur, surface et nombre de nervures secondaires du limbe) excepté la longueur de la tige. La variabilité a été confirmée sur l'ensemble des variables étudiées à travers les Coefficients de Variation (CV) qui ont tous été supérieurs à 20 %. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) n'a pas permis de regrouper les accessions en fonction des zones d'origine, a montré plutôt une dispersion des individus de part et d'autre des 2 plans. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a montré une importante variabilité entre les accessions avec la formation de 3 groupes (clusters 1, 2 et 3). Les paramètres du pétiole (diamètre au collet et longueur du pétiole) et la surface foliaire ont été les caractères phénotypiques les plus discriminants pour apprécier la variabilité phénotypique au sein de l'espèce. Deux voies de multiplication existent chez l'espèce, la voie végétative qui se fait à travers une ramification indéfinie d'un rhizome à partir duquel se développent plusieurs axes verticaux (monopodes) et qui est la voie de développement préférentielle de la plante. Par ailleurs, une multiplication par graines de la plante a montré des résultats satisfaisants avec un taux de germination des graines de 81,66 %. Les paramètres morphologiques de croissance ont également montré un bon développement des plants jusqu'à l'âge de 12 mois, avec un diamètre au collet moyen de 0,41 mm, une longueur moyenne de la plante de 69,72 cm et une surface foliaire moyenne de 797,22 cm². Les résultats de cette étude constituent une base de données pour un éventuel programme d'amélioration génétique des accessions de *M. macrostachyum* exploitées par les communautés ainsi qu'une voie pour une domestication participative.

Mots-clés : caractérisation morphologique ; gestion durable ; *Megaphrynium macrostachyum* ; PFNL ; variabilité phénotypique

ABSTRACT

Forests are natural environments with high biological diversity. Among these, there are minor food plants, also called "hidden crops", which have been neglected for a long time but are still diversely used by local populations. This is the case of *Megaphrynium macrostachyum*, a non-timber forest product (NTFP) belonging to the Marantaceae family. This plant is exploited in several value chains in certain localities in the Center and Littoral Regions of Cameroon. For this reason, its leaves are regularly and intensively harvested and marketed, which could make the species vulnerable in its ecological environment in the long term, hence the need to focus on this "hidden crop". The main objective of this study is to evaluate the phenotypic diversity of *M. macrostachyum* in order to undertake its domestication. Thus, the plant material used consisted of 165 accessions of *M. macrostachyum*, chosen in five localities in the agro-ecological zones (AEZ) IV and V of Cameroon, at a rate of 33 samples per locality. The choice of sampling was made using the technique of exhaustive random sampling, which consists of selecting individuals in such a way that all have the same probability of being part of the sample, ethnobotanical survey with individual and semi-structured interviews and direct observations in the field have been also done with 102 merchants. *Megaphrynium macrostachyum* is more used in the food (UA = 99%) and medicinal (UM = 61,85%) domains. Its marketing is a profitable activity according to 99% of respondents. This activity provides an average gain of 211.1 FCFA per average package of 57 leaves, with an average purchase price of 147 F CFA and a sale price of 246 F CFA. The major difficulties encountered by the sector are the transport (48,23%) and the rotting of the leaves (27,06%). The actors involved in the sector are mostly single (48%) and married (34%), their education level being mainly secondary (47%) and primary (46%). Young women being the main providers (84,15%) and the Bassa community the main source of supply for the product (55,31%). Two phenological phases were identified, namely the floral phase which lasts from May 17 to June 29 and includes four stages of development: initiation of the main floral bud (fl1), blooming of the main bud into secondary buds (fl2), blooming of secondary buds into flowers (fl3) and senescence of flowers (fl4). The fruiting phase lasts from June 15 to August 28 and also includes four stages: fruit set (fr1), fruit development (fr2), fruit maturation (fr3) and fruit ripening (fr4), for a total duration of 64 to 84 days. No significant difference was noted in terms of the duration of each phase and the different stages of fruit development, though a two-week delay was observed in flowering between the two AEZ. Statistical analysis showed significant differences between the variables studied in the two agro-ecological zones (diameter at the collar, length, width, surface and number of secondary nerves of the limb) except for the length of the stem. Variability was confirmed

across all variables studied through the Coefficients of Variation (CV) which were all higher than 20%. Principal Component Analysis (PCA) did not allow for the grouping of accessions by origin zone, but rather showed a dispersion of individuals on either side of the 2 planes. Hierarchical Ascending Classification (HAC) showed significant variability between accessions with the formation of 3 groups (clusters 1, 2 and 3). The parameters of the petiole (diameter at the collar and length of the petiole) and leaf surface were the most discriminant phenotypic characters for assessing phenotypic variability within the species. Two modes of multiplication exist in the species, the vegetative mode which takes place through indefinite branching of a rhizome from which several vertical axes (monopodes) develop, and which is the preferred mode of development of the plant. On the other hand, seed multiplication of the plant showed satisfactory results with a seed germination rate of 81.66%. The morphological growth parameters also showed good plant development up to 12 months of age, with a mean collar diameter of 0.41 mm, a mean plant length of 69.72 cm and a mean leaf surface area of 797.22 cm². The results of this study constitute a database for a potential genetic improvement program for the accessions of *M. macrostachyum* exploited by local communities, as well as a way for participatory domestication.

Keywords: *Megaphrynium macrostachyum* ; morphological characterization; NTFP; Phenotypic variability ; sustainable management;

INTRODUCTION

Les forêts sont des milieux naturels dotés d'une grande diversité biologique (White, 1986). En Afrique, les ressources naturelles présentent un intérêt socioéconomique pour les populations locales en leur permettant de satisfaire leurs besoins fondamentaux et contribuant ainsi à la réduction de la pauvreté et à la sécurité alimentaire (Loubelo, 2012).

Les forêts tropicales d'Afrique Centrale et notamment celles du Cameroun regorgent de milliers d'espèces de produits forestiers non ligneux (PFNL) (Anonyme 1, 2008). Au Cameroun, comme dans la plupart des pays en développement disposant d'un couvert forestier, les PFNL assurent le maintien de la sécurité alimentaire. Les paysans utilisent ces produits pour se soigner ou tirer des revenus nécessaires pour subvenir aux dépenses de premières nécessités (Gonmadje et al., 2015). Dans plusieurs pays, des études ethnobotaniques ont été effectuées sur les ressources végétales par des chercheurs (Fadil et al. 2018 ; Kadri et al. 2018 ; Badjaré et al., 2018), parmi celles-ci, les PFNL occupent une grande place. Ce sont des produits d'origine biologique, autres que le bois dérivé des forêts, d'autres terres boisées et d'arbres hors forêts. (Gbesso et al., 2019).

Les revenus de la cueillette demeurent très largement inférieurs à ceux de l'agriculture ou résultant d'activités salariées (Lescuyer, 2013). Par contre, certains auteurs ont montré d'une manière ou d'une autre que les PFNL ont une importance socio-économique hautement significative (Priso et al. 2011, Massamba, 2013). Parmi ces PFNL, certains encore peu connus et dites « récoltes cachées » sont négligés et leur importance socioéconomique est souvent très mal appréciée faute de données scientifiques fiables. C'est le cas des Marantaceae qui constituent la strate herbacée du sous-bois. Ce sont les légumes traditionnels très exploités dans plusieurs régions en Afrique Centrale (Mbayu, 2016). Les feuilles de plusieurs espèces, notamment *M. macrostachyum* (Benth.) Milne-Readh., sont récoltées et exploitées dans plusieurs domaines sociaux. Elles sont à cet effet régulièrement commercialisées dans les marchés locaux et urbaines de certains pays comme la République démocratique du Congo (RDC), le Cameroun et la République Centre Africaine (Mbayu, 2016).

Cette mauvaise appréciation des « récoltes cachées » observée est liée à leur méconnaissance tant sur le plan qualitatif que quantitatif (Awono et al., 2013). Pourtant, elles ont toujours été et continuent à être une composante importante dans les habitudes culturelles, médicinales et alimentaires des populations africaines. Ils font non seulement partie des modes de vie « traditionnels » de ces peuples, mais aussi demeurent essentiels et indispensables à la

qualité de vie des ménages, tant en zone rurale qu'en zone urbaine. Les récoltes cachées contribuent à la lutte contre la pauvreté, à l'équilibre alimentaire et à la sécurité des populations Tchatat et Ndoye, (2006).

Verina *et al.* (2012), révèlent que *M. macrostachyum* fait partie des PFNL prioritaires à travers le Bassin du Congo en termes de commerce et de consommation en République Démocratique du Congo (RDC), Cameroun et République Centrafricaine (RCA). Au Cameroun, Tata et Awono (2014), révèlent que *M. macrostachyum* est le 10^{ème} PFNL parmi les 16 prioritaires de la Région du Centre, Betti *et al.*, (2016) montrent de même que l'espèce fait partie des produits alimentaires vendus dans la ville de Yaoundé. La prise en compte de ces PFNL peut favoriser la conservation de la biodiversité, contribuer au maintien des ressources et participer au développement socioéconomique sur une base durable (Betti *et al.*, 2016). En Afrique sub-saharienne en général, les variétés traditionnelles et les plantes alimentaires mineures sont presque à l'abandon, certaines ayant disparues et d'autres en voie de l'être, au profit d'espèces exotiques d'introduction récente beaucoup plus rentable. Cependant, quelques paysans parce que conservateurs et/ou confrontés à la crise de la commercialisation des grandes cultures telles que le café, le cacao etc, les produisent. Cette production se fait en culture de case ou sur des parcelles dégagées après la récolte de certaines cultures comme l'igname, l'arachide, etc. (Laopé *et al.*, 2018).

La connaissance, la valorisation et l'exploitation efficace de ces espèces présentes dans un milieu écologique donné, passe nécessairement par leur caractérisation morphologique, botanique, agronomique, génétique etc. (Laopé *et al.*, 2018). D'après Yédjanlognon *et al.* (2021), la connaissance de la caractérisation morphologique est indispensable à la connaissance variétale. Pour cette raison, il est nécessaire d'entreprendre des études sur la caractérisation morphologique des plantes mineures que nous exploitons au quotidien. Tel est le cas de *M. macrostachyum* au Cameroun, dont les observations de terrain montrent une morphologie différente en fonction de ses différentes zones d'origine. Car selon Yédjanlognon *et al.*, (2021), L'utilisation des caractères morphologiques permet une bonne appréciation des potentialités adaptatives et serait un outil de la caractérisation variétale et phénotypique.

Selon le concept morphologique, une espèce est définie comme un groupe d'individus partageant un ensemble de traits morphologiques (marqueurs morphologiques) similaires qui les distinguent des autres (De Queiroz, 2007). L'utilisation et la gestion durable des espèces végétales demandent une analyse de la variabilité de leur matériel végétal sur le plan

morphologique, afin de différencier les individus (Kouyaté et Van Damme, 2002) et de cibler les morphotypes intéressants à reproduire. L'analyse des paramètres morphologiques constitue la première phase de l'évaluation de la diversité génétique (Manzano *et al.*, 2001 ; Radhouane, 2002 ; Yobi *et al.*, 2002). En effet, l'analyse de ces descripteurs permet de révéler la diversité telle qu'elle est perçue et sélectionnée par les exploitants locaux, principaux acteurs de la gestion de la diversité variétale et de la domestication des plantes mineures (Sawadogo *et al.*, 2010).

La domestication est une approche qui consiste à apprivoiser les espèces sauvages et à les ramener dans des conditions contrôlées par l'homme (Simons et Leakey, 2004). Cette approche a pour but d'améliorer les caractéristiques de l'espèce (réduction de la période de production, augmentation de la production végétale) afin qu'elle corresponde mieux aux attentes du marché. La domestication est dite participative lorsqu'elle fait intervenir l'ensemble des acteurs (chercheurs, agriculteurs, vulgarisateurs, etc.) impliqués dans le processus de la gestion des ressources naturelles incluant les PFNL (Yobo *et al.*, 2016). La gestion durable des forêts (GDF) s'est instituée comme le paradigme dominant en matière de gestion des espaces forestiers. Elle est présentée, notamment en zone tropicale, comme seule capable de répondre efficacement à l'urgence environnementale de la fin du XXe siècle (Leroy *et al.*, 2013).

Durable, c'est ainsi qu'est qualifiée la gestion des forêts tropicales depuis une vingtaine d'années. C'est, du moins, l'objectif qui a été officiellement adopté par la Communauté Internationale lors du sommet de Rio en 1992, soulignant que « les ressources et les terres forestières doivent être gérées d'une façon écologiquement viable afin de répondre aux besoins sociaux, économiques, écologiques, culturels et spirituels des générations actuelles et futures ». Consacrée depuis comme l'approche dominante en matière de gestion de ces écosystèmes, notamment dans les pays tropicaux, la gestion durable des forêts (GDF), censée concilier des enjeux économiques, environnementaux et sociaux, est aujourd'hui mobilisée à toutes les échelles spatiales et par l'ensemble des acteurs concernés. (Leroy *et al.*, 2013)

Au cours des dix dernières années, les ressources forestières non ligneuses ont fait l'objet d'innombrables travaux de recherche. Mais, la quasi-totalité de ces travaux s'est préoccupée des produits forestiers non ligneux tels que *Gnetum africanum*, *Ricinodendron heudelotii*, *Irvingia* spp. etc, oubliant d'autres tels que *M. macrostachyum* dite « plante orpheline ».

M. macrostachyum se positionne ainsi comme une espèce très convoitée et utilisée à diverses fins surtout avec la pression démographique sans cesse croissante et les besoins récurrents qui en découlent. Lors de nos enquêtes préliminaires de cette étude, les exploitants de notre plante ont révélé que cette dernière aurait une spécificité de conservation à longue durée des aliment crus et cuits. D'où dans les zones où l'étude a été menée, les feuilles de l'espèce sont impliquées dans plusieurs chaînes de valeur. Nous citons par exemple la transformation du manioc, dont les produits dérivés tels que les « bâtons de manioc » et le « mintoumba » demandent au quotidien des grandes quantités de feuilles pour leur conditionnement et cuisson ; c'est le même besoin pour les mets d'arachides et de pistache ; dans la filière poisson, les feuilles de la plante sont utilisées en mer par les pêcheurs pour la conservation du poisson frais, et par plusieurs ménages pour le conditionnement et la cuisson des mets de poisson et même de viande (« ndomba » chez les Beti et « Ngwéya » chez les Basa'a). Elles sont également utilisées dans la restauration comme couvert ou contenant dans les grands restaurants et comme emballage commercial par plusieurs commerçants. En dehors de ces divers produits dérivés de plusieurs filières et très prisés par la plupart des consommateurs, ses feuilles sont utilisées dans la construction comme « tuile végétale » pour couvrir les cases, dans la vannerie pour la fabrication des paniers et nattes (Ngama, 2007), et dans la médecine à travers des extraits aqueux de ces dernières (Maloueki *et al.* 2013). Tous ces multiples usages des feuilles de *M. macrostachyum* font qu'elles sont régulièrement et intensément récoltées et commercialisées. Cette activité devenue principale pour certains ménages et secondaire pour d'autres, constitue dès lors une filière à part entière. Ce qui pourrait avoir comme conséquence à long terme, la vulnérabilité de l'espèce dans son milieu écologique. Cependant, aucune étude sur la biodiversité de l'espèce au Cameroun n'a encore été faite, permettant d'identifier et de mieux gérer les morphotypes exploités par les communautés. D'où notre attention a été portée sur la connaissance de la variabilité phénotypique de l'espèce dans le cadre cette étude pour sa gestion durable.

Ainsi, au regard de tout ce qui précède, les questions suivantes peuvent être posées :

- les perceptions communautaires sur l'exploitation de *M. macrostachyum* peuvent-elles fournir des connaissances sur sa valeur socioéconomique ?
- la connaissance de la phénologie reproductive de *M. macrostachyum* permet-elle de maîtriser son cycle de reproduction ?
- existe-t-il des caractères qualitatifs et quantitatifs discriminants au sein de *M. macrostachyum* ?

- l'implantation de *M. macrostachyum* dans diverses zones implique-t-elle une diversité au sein de l'espèce ?
- la connaissance des voies de multiplication de *M. macrostachyum* permet-elle de définir un itinéraire technique pour sa production ?

En début de cette étude, les hypothèses de recherche suivantes ont été émises :

- les perceptions communautaires sur l'exploitation de *M. macrostachyum* ne permettent de maîtriser sa valeur socioéconomique ;
- la connaissance de la phénologie reproductive de *M. macrostachyum* ne renseigne pas sur son cycle de reproduction ;
- la caractérisation morphologique des accessions de *M. macrostachyum* ne permet pas leur identification ;
- l'implantation de *M. macrostachyum* dans différentes zones n'implique pas une diversité au sein de l'espèce ;
- l'étude des voies de multiplication de *M. macrostachyum* ne permet pas de définir un itinéraire technique pour sa production.

La présente étude offre plusieurs intérêts tant au niveau de la recherche qu'au niveau de développement. La disponibilité des données scientifiques sur la diversité des accessions de l'espèce et du matériel végétal pour sa production dans les jardins, constitueront une banque de données destinée aux chercheurs pour d'éventuels travaux de recherche. Ainsi, pour contribuer à la résolution de toutes ces préoccupations, les objectifs ci-après ont été fixés

Cette étude a pour objectif général d'évaluer la biodiversité de *M. macrostachyum* au Cameroun pour sa gestion durable.

De manière spécifique, il est question de :

- analyser les perceptions communautaires sur l'exploitation de *M. macrostachyum* ;
- identifier les phénophases reproductives de *M. macrostachyum* ;
- caractériser quelques accessions de *M. macrostachyum* dans les zones d'étude ;
- analyser la variabilité phénotypique au sein de *M. macrostachyum*.
- étudier les voies de multiplication de *M. macrostachyum*.

Ce travail dont le but est la valorisation optimale de notre ressource végétale, présente une grande importance. Notamment la connaissance de la diversité de l'espèce au Cameroun, la conservation de la biodiversité et le maintien de l'équilibre écologique, l'identification et une meilleure gestion des accessions exploitées, les systèmes de production de l'espèce et l'amélioration des caractéristiques morphologiques, botaniques, agronomiques et génétiques afin qu'elles correspondent mieux aux attentes des utilisateurs.

CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE

CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTÉRATURE

I.1. Généralité sur les produits forestiers non ligneux

I.1.1. Historique et définition de produit forestier non ligneux

Le concept de Produit Forestier non Ligneux (PFNL) a subi une évolution au cours du temps. Au début des années 1980, les auteurs employaient le plus souvent la terminologie « produits forestiers mineurs » ou « produits forestiers secondaires » ou « produits de cueillette » ou « produits forestiers spéciaux » ou « produits forestiers vivriers » pour désigner les PFNL par opposition au bois d'œuvre qui était « un produit majeur ». Cependant, ces termes dépréciatifs ont été remplacés au début des années 1990 par les expressions « Produits forestiers non ligneux (PFNL) » ou « Produits forestiers autres que le bois d'œuvre (PFAB) » (Tchatat *et al.*, 1999).

Ce que l'on peut simplement dire, c'est qu'il s'agit des produits alimentaires issus des pays de l'Afrique Centrale où ils sont connus et utilisés depuis plusieurs années par les populations qui y vivent. Leur définition découle de celles de tous les PFNL proposés par (Anonyme 2, 2003) et qui englobent aussi bien les PFNL alimentaires que non alimentaires. Selon cette définition, les PFNL alimentaires sont « des produits d'origine biologique, autres que le bois, dérivés des forêts, d'autres terres boisées et d'arbres hors forêts et destinées à l'alimentation humaine, l'alimentation animale, à la transformation agroalimentaire et à la commercialisation ». Ils peuvent être récoltés dans la nature, ou produits dans des plantations forestières ou des périmètres d'agroforesterie, ou par des arbres hors forêt.

Il n'est point utile de s'étendre sur l'évolution du concept et tout le débat scientifique que suscite cette question largement documentée (Tabuna, 2000). Il a souvent été question de savoir qu'est-ce qui est un PFNL alimentaire et qu'est ce qui ne l'est pas. Un autre point à signaler est la distinction qui est faite ici entre un produit alimentaire nommé PFNL, du fait qu'il provient d'arbres d'origine spontanée et celui issu des arbres domestiqués, identifié sous le nom de produit agroforestier (Simon et Leakey, 2004). Ainsi, l'on peut avoir un produit agroforestier d'origine végétal et un animal sauvage d'élevage lorsqu'il est d'origine animale. Ce sont des PFNL alimentaires domestiqués et adaptés aux besoins de l'homme et des marchés.

Il n'est donc pas aisé de définir une expression aussi dynamique que celle des produits forestiers non ligneux. A l'instar de cette terminologie, le sens donné aux PFNL a beaucoup évolué dans le temps. Ces produits étaient le plus souvent restreints aux autres ressources forestières végétales spontanées à usage alimentaire et médicinal. Le champ de cette définition

s'est élargi davantage avec la prise en compte de certains produits utilisés localement et non recherchés sur le marché international (Ndjebet, 1997). Outre les ressources biologiques forestières, les auteurs comme Aubé et Peters (1996) prennent en compte toutes les ressources forestières autres que le bois d'œuvre dans leur définition et considèrent comme produits forestiers non ligneux tout produit dont l'exploitation ne nécessite pas d'investissement particulier et dont l'usage ou la commercialisation profite directement aux riverains. Cette définition a présenté certaines difficultés dans la création d'un système de classification complet et cohérent pour les PFNL. Au cœur de cette expression, il y a l'idée que le produit présente un intérêt d'utilisation pour la société humaine. En tant que telle, toute partie de n'importe quelle plante, récoltée pour être utilisée, peut être décrite comme un PFNL (Anonyme 3, 2000) (Tableau I). Ces produits sont susceptibles de permettre une augmentation des revenus réels et des emplois pour des populations rurales. L'une des caractéristiques propres à ces produits, d'après Falconer (1990), réside dans leur accessibilité, même aux personnes ne disposant pas de terre cultivable et/ou de revenus suffisants.

Tableau I. Inventaire des types morphologiques des PFNL exploités en RCA (Zima *et al.*, 2018)

Types morphologiques	Nombre d'espèces	Pourcentage (%)
Arbres	53	58
Arbustes	14	15
Herbacées	17	19
Lianes	7	8
Total	91	100

Ces produits comprennent une grande diversité de produits utiles : aliments, épices, médicaments, fourrages, huiles essentielles, résines, gommés, latex, tanins, teintures, rotin, fibres, bambous et toutes sortes de produits animaux et de plantes ornementales et du charbon de bois. Les bailleurs de fonds les désignent sous le sigle PFNL, pour « produits forestiers non ligneux ». Vu leur importance économique négligeable comparée aux grumes, on parle souvent de produits forestiers « mineurs » ou « secondaires ». Ils peuvent « être récoltés dans la nature, ou produits par des espèces (semi-) domestiquées dans des plantations ou des périmètres d'agroforesterie, ou dans des systèmes de production intermédiaire à espèces plus ou moins domestiquées » (Anonyme 4, 2005). Suivant leur définition, légèrement modifiée par rapport à celle qui avait été adoptée en 1995, les trois composantes du terme « produits forestiers non ligneux » sont interprétées comme suit :

- Produits : Dans la définition proposée, le terme « produits » désigne des biens qui sont des objets physiques et tangibles d'origine biologique, tels que les plantes, les animaux et leurs produits. Les services forestiers (par exemple écotourisme, pâturage et bio prospections) et les avantages forestiers (par exemple conservation des sols, fertilité des sols et protection des bassins versants) sont exclus. Les services et les avantages sont encore plus difficiles à évaluer et à quantifier que les PFNL, si bien qu'ils ont déjà été exclus de la majorité des publications sur les PFNL. Il reste à élaborer une définition claire des services et des avantages forestiers.

- Forestiers : Les PFNL devraient être dérivés des forêts et des utilisations similaires des terres. La mise au point des définitions des « forêts » et des « autres terres boisées », dans un document de travail intitulé « Evaluation des ressources forestières 2000 ». Les plantations étant incluses dans la définition des forêts par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les PFNL qui en dérivent, comme la gomme arabique (*Acacia senegal*) ou le caoutchouc (*Hevea brasiliensis*), sont donc eux aussi inclus dans la définition des PFNL. De nombreux PFNL proviennent aussi bien des forêts naturelles que de plantations. La définition définitive des « arbres hors forêts » (y compris les essences forestières qui sont situées en dehors des forêts et des autres terres boisées, comme *Acacia albida* et l'arbre à karité, *Butyrospermum parkii*) est en voie d'élaboration.

- Non Ligneux : Le terme PFNL exclut toutes les matières premières ligneuses, c'est-à-dire ne contenant pas la lignine. Sont donc exclus le bois, les copeaux de bois, le charbon de bois et le bois de feu, ainsi que les « petits bois », comme les outils, l'équipement ménager et les sculptures.

I.1.2. Classification des produits forestiers non ligneux

Le département des forêts de la FAO, distingue deux grandes catégories de PFNL en fonction de leur utilisation, de l'absence de la lignine dans leur constitution anatomique et des services qu'ils rendent à la société (Anonyme 5, 2016). Ainsi, on distingue les PFNL d'origine végétale et des PFNL d'origine animale. Le (Tableau II) indique la classification des PFNL d'origine végétale telle que reprise par (Anonyme 6, 2002).

Tableau II. Classification des PFNL d'origine végétale (Anonyme 6, 2002)

N°	Catégories	Description
1	Aliments	Nourritures et boissons issues des fruits, des noix, des graines, des racines, etc.
2	Fourrages	Aliments pour les animaux et les abeilles provenant des feuilles, des fruits, etc.
3	Médicaments	Plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle et/ou pour des industries pharmaceutiques.
4	Parfums et cosmétiques	Plantes aromatiques fournissant des huiles essentielles (volatiles) et autres produits utilisés pour les cosmétiques.
5	Teintures et tannins	Matériel végétal (écorces et feuilles) fournissant des tannins (essentiellement feuilles et fruits) utilisés comme colorants.
6	Ustensiles, produits artisanaux et matériaux de construction	Groupe hétérogène de produits incluant les chaumes, le bambou, le rotin, les emballages avec les feuilles, les fibres.
7	Ornementation	Plantes ou parties de la plante utilisées pour des usages ornementaux.
8	Exsudats	Gommes (solubles dans l'eau), résines (insolubles dans l'eau) et latex (jus laiteux ou clair), extraits des végétaux par exsudation.

I.1.3. Importance des produits forestiers non ligneux d'origine végétale

Que ce soit au niveau local, national, régional et international, les PFNL procurent de la nourriture, des plantes médicinales, des plantes ornementales, de l'énergie, des matériaux de construction, des équipements de pêche, des biens et des ustensiles divers aux populations. Aussi, ils ont une grande valeur socioculturelle et religieuse dans la sous-région. A ce titre, les PFNL contribuent tant à la sécurité alimentaire qu'au bien-être général des populations en Afrique Centrale (Anonyme 5, 2016).

I.1.3.1. Importance socio-culturelle

Les produits forestiers non ligneux complètent la production agricole des ménages en leur apportant des denrées nutritionnelles additionnelles, des produits à usage médicinal, du fourrage, de la paille, etc. Ces produits fournissent des aliments pendant la période de soudure ou constituent un « filet » de sécurité alimentaire d'urgence contre des aléas saisonniers et pour de nombreux ménages ne disposant pas de ressources suffisantes (Tchatat *et al.*, 2006). Selon les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 80 % des personnes qui vivent dans les pays en développement utilisent des plantes pour satisfaire certains de leurs besoins en matière de santé et d'alimentation. Des milliards de personnes, notamment celles qui vivent en milieu rural dans les pays en développement utilisent quotidiennement des PFNL. Ainsi, les organes ou parties de plantes sont consommés au sein des ménages. Pour la majorité des

personnes qui vivent en milieu rural dans les pays en développement, la vie serait difficile sans par exemple la disponibilité des feuilles de palmier pour couvrir le toit des maisons, de plantes médicinales, de fibres naturelles pour fabriquer des paniers et pour construire des pièges d'animaux et de poissons, etc. (Anonyme 5, 2016).

L'exploitation des PFNL représentent ainsi, aux yeux des populations locales, la manifestation la plus évidente de la valeur de la forêt en tant que capitale nature, et représente par la suite un facteur important dans la conservation de l'ensemble des ressources de la forêt, notamment de sa diversité génétique. Les PFNL participent activement à la vie quotidienne des populations en assurant des fonctions culturelles. En effet, dans les communautés traditionnelles, de nombreux produits issus de la forêt jouent un rôle important dans les activités sociales. En République Démocratique du Congo (RDC), les vins traditionnels (Sève de *Elaeis guineensis* Jacq.), favorisent une cohésion du tissu social dans l'ensemble des communautés villageoises et présentent une valeur marchande bien reconnue (Loubelo, 2012).

Sur le plan culturel, au Sud du Cameroun, divers produits issus des forêts sont utilisés pour les cérémonies traditionnelles, les naissances et résoudre des conflits. Les noix de cola (*Cola* spp.) sont distribuées aux visiteurs pour leur souhaiter la bienvenue, l'hospitalité et l'amitié. Dans de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest, comme le Niger, le Sénégal, le Mali, le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire, la noix de cola est omniprésente dans la vie sociale et culturelle des communautés. Elle est utilisée pendant les célébrations religieuses ou pendant les rituels familiaux. Elle annonce la venue d'un enfant lors de son baptême et scelle l'union de deux futurs mariés (Andel *et al.*, 2006).

I.1.3.2. Importance économique

Les données sur la contribution des PFNL à l'économie nationale des différents pays sont pratiquement inexistantes. En effet, rares sont les pays qui enregistrent les PFNL commercialisés ainsi que le prix et les quantités vendues. Cependant, quelques estimations indiquent que le marché mondial annuel des PFNL a une valeur de 60 milliards de dollars, et ce marché continue de s'accroître avec un taux estimé à 20 % chaque année (Andel *et al.*, 2006). En 2001, plus de 150 PFNL faisaient l'objet de commerce dans les différents marchés d'Afrique Centrale (Anonyme 6, 2002). La commercialisation de PFNL participe efficacement à la diminution des risques d'insécurité alimentaire encourue par les ménages. En effet, la vente des PFNL peut aider à subvenir aux besoins primaires des familles (Anonyme 7, 1989). Aujourd'hui, l'usage des PFNL suscite de plus en plus d'intérêt au niveau mondial. Les PFNL connaissent une

forte croissance dans les échanges commerciaux vu l'importance des produits naturels à base de composés phytochimiques dans la pharmacologie. Sur les marchés internationaux, environ 500 à 600 PFNL sont commercialisés (Anonyme 5, 2016).

Au Sénégal, la commercialisation des PFNL constitue 30 % des recettes forestières issues de l'exploitation contrôlée (Lebel *et al.*, 2003). En Afrique centrale, l'exportation des PFNL est estimée à 3475 tonnes par an pour une valeur d'environ 48 milliards de FCFA (Tabuna, 2000). Le secteur des PFNL devient de plus en plus attrayant car en plus des divers usages, l'exploitation de ces Produits ne nécessite pas de gros investissements.

I.1.3.3. Importance écologique

L'exploitation des PFNL est de plus en plus considérée comme une alternative viable pour une utilisation durable et une conservation des forêts tropicales (Falconer, 1990). Les PFNL constituent aujourd'hui un élément essentiel à la stratégie de survie et de développement nécessaire au bien-être de l'homme, du bétail, de la flore et de la faune (Guedjé, 1996). Il existe d'énormes possibilités de valoriser les PFNL, surtout dans les pays en développement. Les aliments sauvages, par exemple, peuvent fournir un appoint alimentaire considérable, surtout pendant les saisons où les aliments de base des populations manquent. En Afrique de l'Ouest, *Dacryodes edulis* mûrit pendant la période de soudure (Okafor, 1991).

L'existence des arbres produisant des fruits sauvages au Nigeria présentant des différences considérables dans la phénologie de la floraison, de la fructification et de la feuillaison permet d'intervenir pour prolonger la saison des fruits. Ce qui permet d'accroître la productivité et de sélectionner les variétés en fonction de la saison de production (Okafor, 1991).

I.1.4. Mode traditionnel d'exploitation des Produits Forestiers Non Ligneux

De ces dernières décennies, la croissance démographique dans la majorité des pays du bassin du Congo a entraîné une pression considérable sur les ressources naturelles et l'environnement. Les ressources naturelles disparaissent au fur et à mesure que s'exerce l'action de l'homme, avec l'urbanisation, l'industrialisation, l'agriculture et l'exploitation forestière (Tchoundjeu *et al.*, 1998). Les méthodes de récolte destructrices et excessives constituent un autre facteur de dégradation (Anonyme 5, 2016). C'est le cas dans la collecte des espèces non ligneuses comme *Gnetum africanum* dont les lianes sont arrachées systématiquement par les récolteurs pour en cueillir les feuilles. Même problème pour les espèces médicinales (*Prunus africana*, *Garcinia lucida*, *Annickia chloranta*, *Pausinystalia*...) dont les récolteurs écorcent les arbres sur toute leur circonférence, empêchant ainsi

la circulation de la sève et entraînant la mort de l'arbre. Plus rarement, certains arbres fruitiers sont également abattus pour collecter leurs fruits. Dans les départements de la Lékié et du Nyong et So'o, il n'est pas rare de constater que certains coupent de grandes branches d'arbres de *Dacryodes macrophylla* pour en cueillir les fruits au lieu d'attendre qu'ils tombent au sol (Anonyme 5, 2016). L'exploitation judicieuse des PFNL devient ainsi une stratégie de conservation des ressources naturelles et permet une amélioration du niveau de vie des populations locales (Guedje, 2002). Parce qu'elle garantit une production soutenue, régulière et efficace des PFNL hors forêt, la domestication est aujourd'hui reconnue comme un moyen de réduire la pression sur les ressources en forêt naturelle (Leakey, 2004). Lorsqu'on fait des recherches sur les forêts tropicales africaines, on remarque que dans certaines forêts ou des formations secondaires, les Marantaceae constituent parfois la majorité des espèces de la strate herbacée et sont très exploitées (Dhetchuvi, 1996).

I.2. Etudes antérieures sur les Marantaceae

I.2.1. Historique des Maranthaceae

En Afrique, presque la moitié de l'aire de la forêt dense humide, autrement dit l'aire des marantaceae se retrouve au Zaïre (White, 1983). Dhetchuvi (1996) en réalisant son travail sur les marantaceae a voulu identifier ce patrimoine en vue de sa rentabilisation effective. Ce dernier a réalisé une collecte de données dans le parc national de Salonga.

De nombreuses observations ainsi effectuées sur les Marantaceae du Gabon ont été, en partie, rentabilisées sous forme d'articles publiés dans le cadre de la contribution à la connaissance de cette famille en Afrique centrale (Dhetchuvi, 1996). Quant aux études antérieures, les Marantaceae africaines ont été traitées seulement dans la flore tropicale de l'Afrique de l'Est et Centrale (Milne-Redhead, 1950 et 1952). L'allusion faite aux Marantaceae africaines commence par Benthham et Hooker (1883) dans "Genera plantarum" quand ils décrivent quatre Tribus des Scitamineae pour l'Afrique : Canneae, Maranteae, Museae et Zingibereae. Chez les Maranteae, ils citent cinq genres pour l'Afrique : *Calathea* G.F.W. Mey, *Clinogyne purpurea*, *Phrynium textile* et *Trachyphrynium violaceum*.

Schumann (1893) a décrit les Marantaceae africaines, en introduisant deux nouveaux genres : *Hybophrynium* K. Schum et *Donax* Lour. (Durand *et al* (1896) cités par Ngamma (2007)), font une première liste des Marantaceae pour la flore du Zaïre. (Pe Tersen (1889) cité par Ngamma (2007)), subdivise les Marantaceae en deux tribus : les Phrynieceae Peter et les Maranteae Peter. En 1898, Baker rédige la flore des Scitamineae pour l'Afrique et il décrit 6 genres et 38 espèces. Lejoly (2005) convient avec plupart d'auteurs pour dire que les Marantaceae renferment 30 genres et 350 espèces.

I.2.2. Description botanique et mode de propagation de Marantaceae

I.2.2.1. Description botanique

Les Marantaceae appartiennent à la classe des Liliopsida (Monocotylédones), sous classe des Commelinidae et à l'ordre des Zingiberales. Cette famille renferme 30 genres et 400 espèces. Ce sont des herbes pérennes et terrestres, glabres ou à poils variables (Dhetchuvi *et al.*, 1993 ; Dhetchuvi, 1996). Les rhizomes qui constituent leur système racinaire sont articulés et munis d'écaillés aux nœuds et des pousses aériennes des formes variables. Les tiges sont simples ou ramifiées, parfois très réduites ou, par contre, très allongées et lianescentes, à gaine aphyllé à la base où est inséré une ou plusieurs feuilles alternes ou distiques ou encore en touffes (Dhetchuvi, 1996).

Les feuilles sont à gaine ouverte qui entoure la tige, à pétiole cylindrique, à sommet transformé en une structure spécialisée appelée "calus". Leur limbe est entier, ovale ou elliptique, parfois de grande taille, aux deux moitiés asymétriques par rapport à la nervure médiane, à un des bords convexes et l'autre moins arqué ou rectiligne, à face inférieure souvent colorée ou pourpre ; à nervure médiane proéminente sur la face inférieure, à nervation latérale parallèle oblique à arquée et plus ou moins dense rejoignant les marges du limbe (Dhetchuvi, 1996) (Fig. 1).



Fig. 1. Limbes de quelques espèces des Marantaceae. (a) : limbes des Marantaceae horticoles ;(b) : limbe de *M. macrostachyum*

Les inflorescences sont terminales ou latérales et/ou basales ou radicales en racèmes ou en grappes de cimes biflores, à pédoncule simple ou ramifié dès la base. Leur rachis est articulé portant à chaque nœud une spathe, à une ou plusieurs cimes biflores, chacune munie ou non d'une bractée. Leur cime est composée d'un axe commun portant à son sommet deux pédicelles généralement inégaux portant chacun une fleur à l'extrémité, pédicelles munis ou non d'une ou deux bractéoles charnues (Dhetchuvi, 1996).

Les fleurs sont trimères hermaphrodites. Les sépales sont libres, généralement égaux et leurs corolles soudées en tube à la base, puis séparées en trois lobes libres. L'androcée est complexe, pétaloïde, tubulaire à la base, à sommet pétaloïde, à cycle externe parfois manquant ou comportant un ou deux staminodes, larges ou subulés, à cycle interne à trois pièces, l'une en forme de capuchon, parfois appendiculée, l'autre calleuse, épaisse et la troisième, mi-staminodiale, mi-fertile portant une anthère. L'ovaire est infère, tri carpellaire et triloculaire à ovules basilaires et leur style est épais et courbé. Il est enfermé d'abord dans le staminode en capuchon, puis libre. Leur fruit est capsulaire (Dhetchuvi, 1996).

Plusieurs espèces tapissent le sol, telles que *Ataenidia conferta* (Benth.) K. Schum. et *Haumania danckelmaniana*. Quelques espèces ne se trouvent que dans les bas-fonds forestiers marécageux à savoir *Halopegia azurea* (K. Schum.) et K. Schum) et *Marantochloa purpurea* (Ridley) Milne-Redh. D'autres se rencontrent seulement dans les prairies marécageuses découvertes aussi bien en forêt qu'en savane ou aux abords des lacs sahéliens telle que *Thalia welwitschii* (Ridley) (Letouzey, 1982). Au-dessus de celles qui tapissent le sol, d'autres sont lianescentes et grimpantes et entourent les troncs des arbres ou recouvrent la cime des rares arbustes entravant leur développement voire leur reproduction comme *Haumania liebrechtsiana* (J.Braun & K.Schum.).

D'après Letouzey (1982), au sein de la famille de ces herbacées monocotylédons à tiges simple ou ramifiée, parfois très courte et portant une ou plusieurs feuilles, quatre principaux groupes se démarquent notamment : (i) le groupe à feuilles rassemblées en touffes autour de la base de la tige. C'est le cas des genres *Halopegia*, *Megaphrynium* et *Trachyphrynium* ; (ii) le groupe à tige lianescente, ramifiée. C'est le cas du genre *Haumania* ; (iii) le groupe à tige ramifiée et garnie de rameaux obliques feuillés (allure de bambou) et (iv) le groupe à tige dressée, ramifiée et feuillée (chez la plupart des *Marantochloa*). L'espèce *Ataenidia conferta* (Benth.) K. Schum., lorsqu'elle est stérile est du groupe 1 alors que si les tiges sont fertiles, elle est du groupe 2 (Gillet, 2013).

I.2.2.2. Mode de propagation

De préférence, le mode de propagation de Marantaceae est végétatif par diffusion des tiges souterraines vivaces ou rhizomes (Brugière *et al.*, 2000 ; Vande Weghe, 2004). Mais, la clonalité est aussi observée chez certains taxons comme *Costis lucanusianus*, *Ataenidia conferta* (Benth.) K. Schum. L'extrémité de leurs tiges portant de vieilles inflorescences produit un jeune plant, la tige se courbe par sénescence et gravite permettant alors au clone de s'enraciner (Vande weghe, 2004 ; Gillet, 2013). Les Marantaceae liansecentes du genre *Haumania* se propagent par émission de très longues tiges articulées atteignant 5 m et couvertes des graines aphyllés. Ces flagelles se ramifient lorsqu'ils entrent en contact avec un support. La base du nœud se plie pour s'y accrocher et l'entrenœud se renfle et se durcit du côté opposé pour conserver la position acquise (Dhetchuvi *et al.*, 1993 ; Dhetchuvi, 1996 ;). Le développement des Marantaceae à partir des graines est très lente et compromis par la concurrence (Gillet, 2013).

I.2.3. Forêts à Marantaceae

Les Marantaceae attirent beaucoup d'interprétations chez les scientifiques par rapport à leur origine et à leur statut dans la dynamique forestière. Leur impact sur la régénération des autres groupements végétaux soulève des préoccupations sur la dynamique forestière. De par leur physionomie, les Marantaceae sont des formations très ouvertes et sont constituées d'un enchevêtrement quasi continu d'où émergent des arbustes et arbres plus ou moins espacés (Vande weghe, 2004). Leur sous-bois est envahi par des herbacées (Marantaceae ou Zingiberaceae) souvent lianescentes qui peuvent atteindre plusieurs mètres de hauteur. L'étage arbustif y est moins représenté et leur canopée formée par les couronnes de grands arbres y est plus ou moins ouverte, laissant pénétrer la lumière dans le sous-bois (Brugière *et al.*, 2000). Leur origine intrigue les botanistes, les forestiers et les conservateurs et suscite beaucoup de spéculations. Pour d'autres auteurs (Oldeman, 1990 ; Vande weghe, 2004 ; Gillet, 2006), ce sont des groupements pionniers cicatriciels des perturbations ayant une durée de vie longue de plusieurs décennies voire de plusieurs centaines d'années. Ces forêts s'observent en lisière forêt-savane dans toutes les zones où la forêt dense a été perturbée, aux bords des routes ou de vieilles plantations, dans les chablis naturels résultant de la chute d'arbres au cœur de la forêt ou des anciennes zones d'exploitation forestière, dans les anciens défrichements, dans les terrains de culture abandonnés, sur les bordures de chemin, dans les parasoleries, dans les sous-bois de forêts clairsemées et dans les bas-fonds marécageux découverts (Letouzey, 1982) (Fig. 2)



Fig. 2. Quelques espèces de Marantaceae rencontrées dans les zones d'étude

Les actions naturelles sont relativement très ponctuelles. Elles créent des ouvertures dans le massif forestier d'étendue modeste. Quant aux actions anthropiques, les plus connues en Afrique sont l'agriculture itinérante sur brûlis, le feu de forêts, les exploitations forestières, les anciennes habitations abandonnées, les infrastructures des exploitations forestières, etc., qui font l'objet d'importantes étendues dans les massifs forestiers (Nzie, 2011). Les indices d'anthropisation sont dans la plupart des cas attestés par la présence de la poterie, le fer, les charbons de bois récoltés dans le sous-sol. (Talon *et al.*, 1997 ; Bernie, 2002) ont même établi une liaison étroite entre la présence de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Milne-Redh et l'activité humaine dans les sous-sols forestiers centrafricains.

Une fois installées, les Marantaceae développent dans le sol un système racinaire caractérisé par un réseau rhizomateux très dense et dans l'espace un écran formé par des surfaces foliaires géantes qui freinent la pénétration de la lumière. Ces caractéristiques créent une ambiance concurrentielle qui handicape une bonne régénération de la banque séminale et la croissance normale du recrû préexistant. Par la suite, la régénération des autres groupes végétaux s'estompe. Ce processus entraîne à la longue une réduction significative de la densité des ligneux (Mbayu, 2013).

I.2.4. Importance socio-économique des Marantaceae

Les Marantaceae sont des produits forestiers non ligneux très exploités dans plusieurs régions en Afrique Centrale. Elles Jouent un rôle socio-économique non négligeable dans la vie quotidienne de la population rurale et urbaine (Mbayu, 2016). Les feuilles de plusieurs espèces sont impliquées dans plusieurs chaînes de valeur et sont à cet effet régulièrement

commercialisées dans les marchés locaux et urbaines de certains pays comme la République démocratique du Congo (RDC), le Cameroun et la République Centrafricaine (RDC). Les (Tableau III) et (Tableau IV) indiquent une exploitation abondante des feuilles de marantacées dans la réserve de Dimonika. Les 9.676.800 rouleaux récoltés en 2012 par 11.500 récolteurs font du Mayombe (3^e secteur forestier du Congo) un grand pourvoyeur de feuilles de marantacées distribuées dans les villes de PointeNoire et Dolisie (Kimbatsa, 2015)

Tableau III. Quantité de *Gnetum africanum* et de Marantaceae pendant la période de forte pression en RDC (Zima *et al.*, 2018)

Espèce	Période de forte pression	Effectifs des acteurs	Quantités				Sacs-Paquet-Tas Rouleau		
			Jour	Sem	Mois	Année	S-R	P	T
Gnetum Africanum	Saison de pluie	10.2556	2 S	12 S	360 S	120.600 S	1 S	150	300
Marantaceae	Saison Sèche	11.500	2 R	960 R	28.800 R	9.676.800 R	1 R	80	-

S = sac, P = paquet, T = tas, R = rouleau

Tableau IV. Quantité de *Gnetum africanum* et de Marantaceae pendant la période de basse pression en RDC (Zima *et al.*, 2018)

Espèce	Période de forte pression	Effectifs des acteurs	Quantités				Sacs-Paquet-Tas Rouleau		
			Jour	Sem	Mois	Année	S-R	P	T
Gnetum Africanum	Saison de pluie	9.357	1 S	6 S	180 S	60.480 S	1 S	100	300
Marantaceae	Saison Sèche	11.897	1 R	480 R	14.400 R	4.838.400 R	1 R	80	-

Dans les villages situés dans l'aire de la forêt tropicale humide, les Marantaceae sont fort utilisées, que ce soit dans l'alimentation (feuilles et tiges), que ce soit dans la vannerie (tiges) ou l'emballage (feuilles) (Tableau V). C'est le cas de *M. macrostachyum* qui fait l'objet de la présente étude.

Tableau V. Impact de l'exploitation des feuilles sur la ressource en fonction du type biologique au Congo (Zima *et al.*, 2018)

Types biologiques	Méthode de récolte	Période	Impact sur la ressource	Espèces identifiées
Arbuste/petit arbre/jeune arbre	Arbre sur pied	Permanent	++++	<i>Dostenia psilumus</i> <i>Myrianthus arboreus</i> <i>Cola nitida</i>
Herbacées	Arbre sur pied	Permanent	+++++	<i>Megaphrynium macrostachyum</i> <i>Piper umbellatum</i>
Lianes	Arbre sur pied	Permanent	+++	<i>Piper guineensis</i>

+ : très faible ; ++ : faible ; +++ : fort ; ++++ : très fort.

I.3. Description, écologie et importance de *Megaaphrynium macrostachyum*

I.3.1. Description de *Megaphrynium macrostachyum*

Selon Milne-Readhead (1952), cette espèce est une plante herbacée vivace atteignant 4 m de hauteur, à rhizome atteignant 6 m de long, à tige portant une inflorescence et une seule feuille la soutenant, et de nombreuses feuilles poussant directement du rhizome. Feuilles à pétiole atteignant 5 m de long, s'engainant à la base, partie apicale calleuse de 7 – 15 cm de long, transition du pétiole dans la nervure médiane marquée par un bec en V sur la face supérieure, limbe ovale-elliptique, plus ou moins symétrique, de 30-60 (-90) cm x 12-30(-40) cm, base arrondie à atténuée, apex aigu ou courtement acuminé (Fig. 3). Inflorescence terminale, sortant 10-33 cm au-dessous de la partie calleuse du pétiole, atteignant 25 cm de long, ramifiée (Fig. 4), ramifications en épi et articulées avec de nombreux nœuds et à chaque nœud une bractée abaxiale, caduque, enveloppant une seule cymule ; cymule à deux fleurs, munie d'une bractée adaxiale, caduque, à pédoncule court, les fleurs côte à côte avec une bractéole charnue d'environ 2,5 mm de long entre elles.

Fleurs bisexuées zygomorphes, d'environ 2 cm de diamètre, blanches teintées de jaune ou d'orange, sépales libres et égaux d'environ 4 mm de long, glabres, jaunes à violet bleuâtre ; corolle de 8 – 10 mm de long, tubuleuse au-dessous, à 3 lobes, blancs à violet bleuâtre, jaune vers l'extrémité, staminodes et étamines en 2 cycles, formant à la base un tube soudé au tube de la corolle, cycle extérieur constitué de 1-2 staminodes pétaloïdes, cycle intérieur constituée d'un étamine et de deux staminodes, dont 1 cucullé avec un appendice en épée, ovaire infère, glabre, 3-loculaire. Fruit globuleux déprimé, de 2 – 2,5 cm de diamètre, 3-lobé, à satures visibles, lisse, rouge vif, contenant une pulpe blanche à l'intérieur, habituellement à 3 graines. Graines d'environ 15 x 10 mm, violettes, violet-bleuâtres ou noires, à arille blanchâtre, profondément laciniée.

Cette plante produit une couche de feuillage dense et repousse rapidement à partir des rhizomes après une perturbation ; en conséquence, elle concurrence avec succès les autres plantes. Les fleurs sont polonisées par les abeilles.



Fig. 3. Touffe de *M. macrostachyum*.



Fig. 4. Inflorescence de *M. macrostachyum*

I.32. Ecologie de *Megaphrynium macrostachyum*

Elle est présente du niveau de la mer jusqu'à 1500 m d'altitude dans les endroits humides en forêt primaire et secondaire et dans les friches. Elle est souvent présente dans les

grands fourrés monodominants, qui semblent être capables de retarder la régénération des arbres dans les trouées de forêt. Il atteint souvent des fortes densités après une exploitation forestière, une culture itinérante ou un incendie et représente une importante succession dans les forêts pluviales d’Afrique Centrale. *M. macrostachyum* se multiplie rapidement et abondamment par rejets de rhizome et aussi par graine (Milne-Redhead, 1952).

I.3.3. Exploitation de *Megaphrynium macrostachyum*

Localement appelé « *Hi Kombol* » en Basa’a, « *Akoe* » en Eton, « *Akone* » en Bulu, *M. macrostachyum* est utilisé dans plusieurs chaînes de valeur. D’après Mbayu, (2016), en RDC l’espèce *M. macrostachyum* communément appelé "*Mangungu*" dans la région de Kisangani est exploitée pour la couverture des toitures des cases (Fig. 5) et aussi dans l’Est Cameroun chez les pigmées. Ses jeunes feuilles sont cuites comme macaroni et consommées comme légume (Fig. 6). Les écorces de ses tiges sont utilisées pour la fabrication des nattes, paniers et corbeilles et pour la ligature des toitures (Fig. 7). Ses feuilles constituent également un matériel de conditionnement et de cuisson de plusieurs mets traditionnels et sont aussi utilisées comme emballage commercial. Son exploitation constitue toute une chaîne dans laquelle les femmes s’adonnent beaucoup à leur récolte et leur commercialisation (Massamba, 2013). D’après Masheke (2009) cité par Mbayu (2016), une botte de *M. macrostachyum* de plus ou moins 100 feuilles est vendue au niveau local à 0,10 dollar américain ; alors qu’elle est revendue à 0,50 dollar américain dans les marchés de la ville de Kisangani.



Fig. 5. Cases à feuilles de *M. macrostachyum*. (a) : ligature des feuilles ; (b) : case couverte des feuilles (Imagealamy.fr/p)



Fig. 6. Panier et corbeille à pétioles de *M. macrostachyum*. (a) : Panier ; (b) : Corbeille (Imagealamy.fr/p)





Fig. 7. Jeunes pousses crues et cuites de *M. macrostachyum*. (a) : Jeunes pousses entières ; (b) : Jeunes pousses écorcées ; (c) : Jeunes pousses emballées aux feuilles de *M. macrostachyum* ; (d) : Jeunes pousses en vente ; (e) : jeunes pousses en cuisson ; (f) : Plat de jeunes pousses.

Au Cameroun, l'espèce manque une valeur marchande où l'on reconnaît cependant qu'elle a des usages multiples (Massamba, 2013). Betti *et al.*, (2016) montrent dans leur étude que *M. macrostachyum* est le 10^{ème} PFNL parmi les 16 prioritaires de la Région du Centre. Tata et Awono (2014) révèlent que l'espèce fait partie des produits alimentaires vendus dans la ville de Yaoundé. Lors de nos enquêtes préliminaires de cette étude, les exploitants de notre plante ont révélé que cette dernière aurait une spécificité de conservation à longue durée des aliments crus et cuits. D'où dans les zones où l'étude a été menée, les feuilles de *M. macrostachyum* sont impliquées dans plusieurs chaînes de valeur. Nous énumérons par exemple la transformation du manioc, dont les produits dérivés tels que les bâtons et le mintoumba demandent au quotidien de grandes quantités de feuilles de l'espèce pour leur conditionnement et cuisson ; même traitement pour les mets d'arachides et de pistache. Dans la filière poisson ou les feuilles de la plante sont utilisées par les pêcheurs depuis la mer pour la conservation du poisson frais jusqu'à leur conditionnement et cuisson des mets de poisson (ndomba chez les Beti et Ngwéya chez les Bassa'a) (Fig. 8). Elles sont également utilisées dans la restauration comme couvert et buffets dans les grands restaurants et comme emballage commercial par plusieurs commerçants (

Fig. 9)

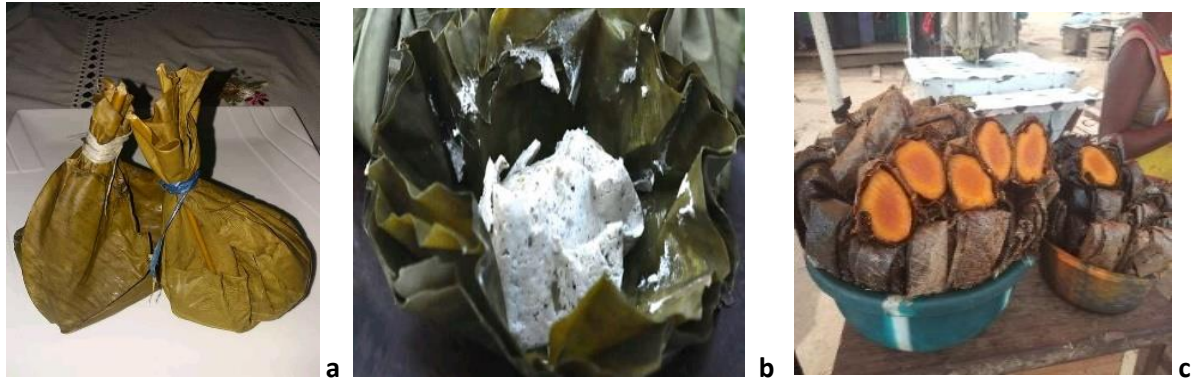


Fig. 8. Mets conditionnés avec les feuilles de *M. macrostachyum*. (a) : Met de poisson ; (b) : Met de pistache ; (c) : Mintoumba



Fig. 9. Contenant à base de *M. macrostachyum* dans un restaurant de Yaoundé

En dehors de ces divers produits dérivés de plusieurs filières et très prisés par la plupart des consommateurs, ses feuilles sont également utilisées dans la médecine traditionnelle à travers leurs extraits aqueux utilisés en thérapie médicale (Maloueki *et al.*, 2013) et dans la synthèse des nanoparticules d'argent contre *E. coli* (Meva *et al.*, 2017). En RDC, cette plante fait partie espèces menacées suite à sa surexploitation et les activités agricoles. De ce faite, il est judicieux de se poser la question de savoir si les multiples usages de l'espèce ne pourraient-ils pas aussi avoir un impact sur sa disponibilité (vulnérabilité) dans son milieu écologique au fil du temps dans les zones où elle est régulièrement récoltée et commercialisée. Il est alors nécessaire de penser aux stratégies de gestion durable de *M. mcrostrachyum* au Cameroun.

I.4. Notion de gestion durable

La gestion durable est la gérance et l'utilisation des forêts et des terrains boisés d'une manière et à une intensité telle qu'elles maintiennent leur diversité biologique, leur productivité, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur capacité de satisfaire actuellement et pour le futur, les fonctions écologiques, économiques et sociales permanentes au niveau local, national et mondial et qu'elles ne causent pas de préjudices à d'autres écosystèmes (Anonyme 8, 2008). Cette gestion durable passe nécessairement par un aménagement durable des écosystèmes concernés (Tchatat et Ndoye, 1999). Pour Guedje (2002), la notion d'exploitation durable est entendue comme l'utilisation actuelle des ressources, mais réalisée avec le souci de laisser aux générations futures, au moins autant des bénéfices qu'aux générations actuelles. Le rendement durable ou soutenue consiste donc en une utilisation des ressources vivantes à des niveaux d'exploitation et d'une manière qui permettent à ces ressources de fournir indéfiniment produits et services. L'aménagement durable suppose une gestion des divers usages, fonctions ou valeurs de la forêt à savoir bois d'œuvre, PFNL ainsi que la conservation des ressources génétiques, des bassins versants (Tchatat et Ndoye, 1999).

Les préoccupations actuelles en matière de gestion forestière sont basées sur la conservation de la biodiversité, la production soutenue de ressources et des services et le développement des communautés locales (Guedje, 2002). La garantie de la gestion des forêts dépend non seulement des ressources qui s'y trouvent, mais également des acteurs qui les utilisent et des différentes formes d'utilisation de ces ressources. Ainsi, la domestication de *M. macrostachyum* serait une voie envisageable à cet effet.

I.5. Domestication des espèces végétales

Si l'apport de nourriture n'est plus la seule raison de la domestication, cela reste tout de même une des raisons principales. Un pas décisif fut franchi dans l'évolution de l'humanité avec la découverte de la culture des plantes alimentaires et de leur domestication. Cependant, il faut souligner que l'alimentation humaine mondiale repose in fine sur un nombre très restreint d'espèces domestiquées au cours des derniers millénaires (Mannion, 1999 ; Diamond, 2002). Seulement une quinzaine d'espèces de plantes fournissent plus de 90 % de la production agricole mondiale (Price, 2001 ; Duarte *et al.*, 2007). Inversement, la cueillette est devenue une

activité de loisirs ne contribuant que très peu à la sécurité alimentaire mondiale, à l'exception de la consommation de plantes sauvages dans quelques régions du monde, notamment en Afrique. En dehors des fruitiers commerciaux, le nombre de plantes forestières non ligneuses domestiquées reste encore très limité (Terral *et al.*, 2004). A ce jour, les espèces *Dacryodes edulis*, *Garcinia kola* et *Cola nitida* sont les seuls cas de domestication réussis et connus (Tchoundjeu *et al.*, 2002 ; Yakubu *et al.*, 2014 ; Sery *et al.*, 2019). La disponibilité permanente des semences a été à l'origine de ce succès.

I.6. Domestication participative des espèces à produits forestiers non ligneux

La domestication est une approche qui consiste à apprivoiser les espèces sauvages et à les ramener dans des conditions contrôlées par l'homme (Simons et Leakey, 2004). Cette approche a pour but d'améliorer les caractéristiques de l'espèce (réduction de la période de fructification, augmentation de la production des fruits) afin qu'elle corresponde mieux aux attentes du marché (Leakey *et al.*, 2005). Elle est dite participative lorsqu'elle fait intervenir l'ensemble des acteurs (chercheurs, agriculteurs, vulgarisateurs, etc.) impliqués dans le processus de la gestion des ressources naturelles incluant les PFNL. (Yobo *et al.*, 2016). Elle a pour étapes :

- identification des espèces prioritaires et la sélection des meilleures variétés ;
- collecte et la conservation du germoplasme ;
- développement des techniques de multiplication végétative ;
- intégration des arbres dans les systèmes agroforestiers.

I.6.1. Identification des espèces prioritaires et la sélection des meilleures variétés

Cette première étape dans le processus de domestication requiert la participation des ménages ruraux pour déterminer les préférences des agriculteurs et les exigences du marché. Les forêts du bassin du Congo regorgent d'environ 3 000 espèces végétales différentes. Chaque espèce se divise en un nombre considérable de variétés qui n'ont pas toutes la même force sur le marché à cause de la diversité des caractères morphologiques (goût, rendement, période de fructification, valeur nutritionnelle, etc.) (Franzel *et al.*, 1996).

L'identification des arbres qui remplissent les critères exigés par le marché est assurée en premier lieu par les producteurs. Interviennent ensuite les caractères morphologiques et génétiques déterminés par les chercheurs. Les méthodes de caractérisation morphologique de *Dacryodes edulis*, *Irvingia gabonensis*, *Ricinodendron heudelotii* ont été décrites par plusieurs

auteurs (Atangana *et al.*, 2001 ; Ngo Mpeck *et al.*, 2003), tandis que celles de la caractérisation génétique de *Allanblackia floribunda* ont été détaillées par (Russel *et al.*, 2009 ; Atangana, 2010).

I.6.2. Collecte et conservation du germoplasme

Le but de cette collecte est d'obtenir un échantillon de germoplasme qui soit aussi représentatif que possible du point de vue génétique Dawson et Powell (1999). Un germoplasme ou peut être une graine, une bouture, une marcotte ou un greffon qu'on peut utiliser pour régénérer l'arbre. Le Centre International de Recherche en Agroforesterie (ICRAF) utilise, en fonction de l'objectif poursuivi, deux types de collecte : la collecte aléatoire et la collecte ciblée. La collecte aléatoire consiste à aller sur le terrain collecter les germoplasmes des espèces cibles en choisissant les sujets au hasard, tout en respectant la stratégie décrite par Dawson et Powell (1999). La collecte ciblée, quant à elle, est effectuée sur des sujets sélectionnés dès le départ selon les caractères désirés par le demandeur. Dans ce dernier cas, la collecte des graines se justifie par l'espoir que l'héritabilité de l'arbre-mère sera suffisamment grande pour permettre un transfert intégral ou d'une grande partie des caractères recherchés. Les germoplasmes ainsi collectés sont utilisés pour créer des réservoirs de semences gérés de façon durable et dans lesquels sera régulièrement collecté le matériel nécessaire à la production de plants de qualité génétiquement appréciables. Dans ce réservoir, qui peut être une banque de gènes ou banque clonale, des croisements successifs peuvent permettre de développer de nouvelles variétés (Anonyme 5, 2016), ce qui implique une diversité génétique au sein de l'espèce.

I.7. Diversité génétique

I.7.1. Origine de la diversité génétique

La diversité génétique est l'étendue de la variabilité génétique mesurée à l'échelle d'un individu, une population, une métapopulation, une espèce ou un groupe d'espèces (Frankham *et al.*, 2002 ; Freeland, 2005). La diversité est assurée par la variabilité génétique entre individus au sein de l'espèce. Elle exprime la propriété qu'ont les organismes d'acquérir par mutations et effets de la sélection naturelle des caractères nouveaux (Darwinisme). Grâce à cette variabilité, et dans les limites de l'espèce, les individus diffèrent les uns des autres pour un ou plusieurs caractères. Au cours de leur évolution, les plantes cultivées acquièrent des particularités biologiques, leur permettant de s'adapter à de nouveaux environnements. L'ensemble de ces particularités biologiques façonnées par les processus évolutifs [sélection naturelle et humaine,

migration (histoire de l'espèce), dérive et mutation] a généré de nouveaux caractères constituant la diversité génétique au sein de l'espèce. Les différents individus au sein d'une espèce constituent des populations différentes selon qu'ils occupent ou non une même zone agro-écologique et entretiennent ou non des échanges géniques.

I.7.2. Importance de la diversité génétique

Les ressources génétiques sont indispensables pour l'agriculture, la médecine et l'industrie. Elles constituent une garantie d'adaptation aux modifications environnementales. Elles conditionnent aussi la survie et tous les processus d'évolution du monde vivant, et d'amélioration génétique de l'espèce (Charrier *et al.*, 1997). Pour Frankel *et al.* (1995), la diversité des espèces doit être préservée afin de maintenir les valeurs sociales et culturelles.

De nombreuses collectes de plantes cultivées ont été réalisées (Prosperi *et al.*, 1989 ; Glaszmann *et al.*, 1999) et conservées dans des banques de gènes. Si ces banques *ex situ* ont permis de protéger le matériel génétique qui pouvait être encore sauvegardé, les avis divergent sur le bien-fondé de celles-ci. A la fin des années 80, les collections dans les banques de gènes sont devenues énormes, et il s'est posé alors la question de savoir comment gérer, évaluer et utiliser au mieux les ressources phytogénétiques qui y sont stockées (Frankel et Brown, 1984 ; Brown, 1989b). Quels critères agro-morphologiques utiliser ? Quels marqueurs génétiques utiliser ? Le « Challenge Programme Generation », qui est un programme international multi partenarial pour la recherche agronomique internationale, dont les actions concertées visent une meilleure utilisation de la génomique, pour une meilleure exploitation de la diversité génétique a choisi de caractériser la diversité dans les collections mondiales de sorgho avec cinquante marqueurs microsatellites. Ce choix justifié pour harmoniser les études, s'explique aussi par le fait que les microsatellites font l'unanimité pour leurs avantages spécifiques, comparés aux autres marqueurs (Djé *et al.*, 1999 et 2000). Les microsatellites sont hautement polymorphes, neutres, co-dominants et multi-alléliques (Ashley et Dow, 1994 ; Grivet et Noyer, 1999).

I.7.3. Indicateurs de la diversité génétique *in situ*

A ce jour, l'indicateur le plus utilisé dans les études de la diversité génétique *in situ* est le nombre de variétés gérées à différentes échelles, la variété étant l'entité génétique à laquelle la communauté paysanne cible attribue un nom et qu'elle gère comme une unité. Cet indicateur facile à documenter a permis de procéder rapidement à une première évaluation de la diversité *in situ* dans un grand nombre de situations et de conclure que la diversité gérée par les paysans

individuels est largement inférieure à celle gérée par le village (Brush, 1991 ; McKey *et al.*, 2001) et que celle gérée à l'échelle d'un village est inférieure à celle gérée au niveau d'une région. Les auteurs suggèrent que, même si l'exploitation agricole est la plus petite unité sociale où se prennent les décisions relatives à la sélection et à la maintenance de la diversité, c'est au niveau du village que devrait se situer l'analyse de l'évolution de la diversité (McKey *et al.*, 2001).

Les classifications paysannes des variétés, lorsqu'elles existent, peuvent-elles aussi fournir des indicateurs de diversité. Enfin, une autre catégorie d'indicateurs qu'il est souhaitable d'informer sont ceux qui renseignent sur la partition de la diversité entre différentes échelles géographiques ou/et de gestion de la diversité et sur les évolutions temporelles et l'existence ou l'absence de facteurs de risque en termes de fragmentation et ou de perte de diversité génétique. Ces indicateurs peuvent être construits à partir de ceux suscités, soit de manière indirecte par l'analyse de l'évolution des contraintes (pression parasitaire, changement climatique, etc.), soit par l'observation des pratiques culturelles et de la gestion des variétés.

I.7.4. Processus évolutifs des plantes cultivées influençant la diversité génétique

Conserver les ressources génétiques des plantes cultivées signifie deux choses : conserver les accessions diversifiées et conserver les processus générateurs de ces accessions diversifiées. Les populations des plantes cultivées sont soumises à quatre forces évolutives : la mutation, la sélection naturelle et humaine, la migration des individus et des populations, et la dérive génétique. La variabilité génétique au sein d'une population est donc le résultat de ces quatre forces évolutives (Louette *et al.*, 1997).

I.7.4.1. Mutation

La mutation qui se définit comme la transformation d'un allèle à un autre constitue une source de variation ou de changement héréditaire dans le matériel génétique. La mutation crée donc de nouveaux allèles. Dans la nature, son apparition est un événement rare pour un allèle donné. Ce n'est toutefois pas un élément négligeable à l'échelle d'un génome entier dans une population, en effet, plusieurs milliers de gènes de plusieurs milliers d'individus sont susceptibles de muter à chaque génération. De nouvelles mutations apparaissent donc de façon récurrente dans les populations. L'avenir des nouveaux allèles apparus par mutation est conditionné par la sélection (naturelle ou humaine) et par la dérive, mais le fait que la mutation

soit un phénomène systématique et récurrent introduit des possibilités d'évolution des populations, même sur le moyen terme (Louette *et al.*, 1997).

I.7.4.2. Sélection

La sélection est définie comme la compétition pour la survie et la reproduction entre individus et entre populations de la même espèce dans des conditions physiques et socio-économiques données. Elle entraîne le changement des fréquences alléliques dans les populations à chaque génération. Chez les espèces cultivées, en plus de la sélection naturelle, intervient la sélection humaine. L'agriculteur peut favoriser la survie des individus qui lui paraissent intéressants et écarter de la reproduction les autres, entraînant ainsi, au cours de plusieurs générations, une évolution de la structure génétique de la population. La sélection humaine peut aussi se traduire par l'abandon complet d'une variété par un agriculteur ou par toute une communauté. Les décisions d'abandon sont en général associées à des changements de pratiques culturales (notamment l'intensification en vue d'augmentation de la production par unité de surface), à l'évolution des conditions pédoclimatiques ou encore de la destination de la production. Cette sélection pose aux promoteurs de la conservation *in situ* de la diversité génétique, la question de l'acceptation ou non des processus d'extinction de certaines entités supports de la diversité (Louette *et al.*, 1997).

I.7.4.3. Migration

La migration correspond à des échanges génétiques entre populations différentes dus à des échanges de gamètes ou de génotypes. Son importance pour les plantes cultivées dépend du mode de reproduction de la plante, de la répartition spatiale des populations et des modes d'acquisition des variétés et des semences. Pour les espèces fortement autogames, la migration consiste en des mélanges volontaires ou involontaires de semences issues d'individus dissemblables provenant d'un même champ ou de champs différents, lors de la récolte, du séchage ou du stockage, permettant par la suite des échanges de gamètes et des recombinaisons génétiques. Pour les espèces allogames, la culture dans des parcelles voisines de deux populations, avec synchronisation même partielle de la floraison, favorise rapidement les échanges de gamètes, sans qu'il y ait nécessité préalable de mélange des semences. En agriculture traditionnelle, la circulation et les échanges de semences sur de plus grandes distances, souvent associées aux traditions culturelles, viennent s'ajouter aux processus de migration locale suscités et jouent un rôle important dans le maintien et l'enrichissement des ressources génétiques locales (Louette *et al.*, 1997).

I.7.4.4. Dérive génétique

La dérive génétique est une fluctuation aléatoire des fréquences alléliques due aux échantillonnages de gamètes lors de la fécondation et de génotypes lors de l'implantation des populations. Elle se répète au cours des générations successives et conduit à la longue à une perte d'allèles. Son importance dépend de la taille de la population et de la variation aléatoire des contributions de chaque génotype à la reproduction. La dérive a des effets plus importants dans les populations de petite taille qui perdent rapidement des allèles. Dans les agricultures traditionnelles, les paysans testent souvent les variétés sur de petites parcelles avant de les cultiver à grande échelle. Cette reconduction des lots de semences à partir d'une petite échelle est une source de dérive génétique et de différenciation entre populations de la même variété cultivée par différents agriculteurs (Louette *et al.*, 1997), qui reste difficile à apprécier. La capacité d'une population à évoluer, c'est-à-dire à répondre à une pression de sélection et à résister à une extinction, dépend de son effectif et de l'importance de la diversité génétique. Seules les populations diversifiées ont la capacité d'évoluer. Ainsi, l'existence de la diversité génétique est une des conditions nécessaires pour qu'il y ait un processus évolutif.

I.7.5. Facteurs biophysiques et anthropiques influençant la diversité génétique

Depuis trois décennies, de nombreuses études de cas de par le monde ont cherché à comprendre les liens des facteurs biotiques, abiotiques, socio-économiques et culturels avec le maintien de la diversité des plantes cultivées par les paysans. La majorité de ces études ont été réalisées dans des agrosystèmes traditionnels où la diversité semble plus importante, et dans les centres de diversité de l'espèce où il y a menace d'érosion génétique (Radanielina, 2010).

I.7.5.1. Facteurs abiotiques

Les contraintes abiotiques regroupent le climat (température, pluviométrie, vent et ensoleillement), le sol, l'altitude, et la topographie. Ces contraintes peuvent agir comme des stress sur les plantes. Dans une population génétiquement diverse, les individus les mieux adaptés se développent et se reproduisent davantage pendant que d'autres sont pénalisés. Dans ce cas, les contraintes exercent des pressions sélectives sur la population qui va évoluer au cours des générations (Louette *et al.*, 1997).

I.7.5.1.1. Echelle régionale

A l'échelle régionale, les variations de facteurs abiotiques concernent principalement le climat et l'altitude. Brush et Perales (2007), comparant le nombre de variétés de maïs dans des villages de trois zones représentant un gradient d'altitude au Chiapas, Mexique, a montré que les différences climatiques constituaient le principal déterminant de la diversité. Le nombre de variétés diminue lorsque l'altitude augmente ; les villages d'altitudes basses, moins de 900m, sont les plus riches en variétés et les villages d'altitudes plus hautes, plus de 2000m, sont les plus pauvres en variétés. De même, D'après Radanielina (2010), Salick *et al.* (1997), qui ont comparé la diversité phénotypique du manioc au Pérou le long d'un gradient d'altitude, ont constaté que le nombre de groupes phénotypiques du manioc dans les villages variait suivant les altitudes. Ils ont enregistré les plus faibles nombres de groupes en zones d'altitudes élevées (plus de 1700 m) et les nombres les plus élevés en zones de basses altitudes.

Certains groupes phénotypiques étaient spécifiques d'un intervalle d'altitudes, notamment pour les hautes altitudes. Seulement deux groupes phénotypiques sont communs à toutes les altitudes. Radanielina (2010) et Bazile *et al.* (2008) ont comparé le nombre de variétés cultivées de sorgho dans trois villages des trois zones du Mali représentant un important gradient pluviométrique. Le nombre de variétés dans les villages à pluviométrie abondante (1123 mm) était plus élevé que dans ceux à pluviométrie plus faible (667 mm). Ainsi, à l'échelle régionale la distribution de la diversité génétique est fortement liée à la diversité des conditions pédoclimatiques. La diversité diminue lorsque l'intensité des contraintes agissant sur les plantes augmente. La diversité est plus importante lorsque les contraintes sont faibles et le milieu peu sélectif.

I.7.5.1.2. Echelle du territoire villageois

Rana *et al.* (2007b) ont analysé l'usage qui était fait de chacune des variétés présentes dans deux villages contrastés du Népal, l'un se trouvant dans une zone de collines à 600m d'altitude et l'autre dans une plaine à 100m d'altitude. Dans chaque village, les paysans identifiaient selon leur propre classification, quatre écosystèmes riziocoles en prenant en compte le type du sol, la ressource en eau, les contraintes biotiques et la fertilité. Dans les deux villages, les paysans assignent chaque variété à un écosystème donné en fonction des caractéristiques de l'écosystème et les traits variétaux. Un nombre limité de variétés existe pour les écosystèmes à fortes contraintes tandis que beaucoup de variétés sont présentes pour les conditions favorables. Cette étude a mentionné également que les variétés améliorées sont principalement dominantes

dans les écosystèmes productifs, alors que les cultivars traditionnels sont plus adaptés aux écosystèmes marginaux. Les travaux de Bazile *et al.* (2008) ont analysé l'utilisation de la diversité variétale du sorgho dans trois villages au Mali et son rapport avec la diversité des types de sol tels que définis par les paysans. Dans les trois villages étudiés, sur chaque type de sol, certaines des variétés sont plus représentées que les autres. La variété dominante sur un type de sol n'est pas confinée uniquement à celui-ci mais aussi aux types de sol proches, et il n'y a pas de variétés communes pour les types de sol très contrastés. Ainsi, chaque variété est adaptée à un type de sol donné. Quel que soit le village, le type du sol le plus favorable à la culture du sorgho est celui qui reçoit le plus grand nombre de variétés. Ainsi, à l'échelle d'un territoire villageois, le facteur dominant de la diversité variétale semble être la diversité pédologique et la disponibilité en eau. L'importance de la diversité variétale est en corrélation négative avec l'intensité des contraintes dans ce milieu.

I.7.5.1.3. Echelle de l'exploitation

Kshirsagar et Pandey (1995) ont analysé la variation du nombre de variétés de riz cultivées par les exploitations dans un village de l'Etat d'Orissa, en Inde. Les parcelles ont été classées par les paysans en trois types suivant la position sur la toposéquence : bas, milieu et sommet. Le nombre de variétés dans l'exploitation augmente avec la dispersion des parcelles exploitées le long de la toposéquence. Les paysans qui ont des parcelles sur l'ensemble de la toposéquence ont en moyenne plus de 6 variétés, ceux qui ont deux types de parcelles maintiennent en moyenne 4 variétés, et ceux qui n'ont qu'un seul type de parcelle cultivent en moyenne 3 variétés. Les paysans perçoivent aussi que les performances des variétés traditionnelles sont supérieures à celles des variétés améliorées dans des parcelles présentant de mauvaises conditions de fertilité et soumises à plusieurs stress biotiques et abiotiques. Cette idée a été confirmée par Bellon et Taylor (1993) au Mexique où ils ont étudié la répartition des variétés de maïs selon les caractéristiques des parcelles. La perception des paysans de la diversité des types de sol et l'adaptation des variétés à ces différents types de sol expliqueraient pourquoi les paysans cultivent un nombre important de variétés. Comme aux échelles de la région et du territoire villageois, à l'échelle de l'exploitation agricole, la diversité variétale est directement liée à celle des parcelles cultivées, elle diminue et devient plus spécifique lorsque l'intensité des contraintes biotiques et abiotiques augmente.

I.7.5.2. Facteurs socio-économiques

Les principaux facteurs socio-économiques influençant la diversité génétique sont les orientations de la politique agricole qui affectent l'environnement de la production dans tous ses aspects, le niveau de connexion avec le marché, sujet à variabilité inter-villages au sein d'une même région, le fonctionnement des communautés rurales, et en particulier les règles d'échange et de décision communautaires qui régissent les systèmes de production agricole et de gestion des ressources génétiques et les caractéristiques familiales (taille de l'exploitation, le niveau d'éducation, position sociale). Enfin, à l'échelle de l'individu, la position dans la famille (chef de famille, chef de ménage, actifs célibataires) et le genre peuvent affecter le comportement vis-à-vis de la diversité variétale.

I.7.5.2.1. Politiques agricoles

La diminution drastique de la diversité génétique dans les années 70s et 80s, suite à l'avènement de la révolution verte dans un certain nombre de régions et de pays d'Asie, est l'illustration la plus flagrante de l'influence des politiques agricoles sur la diversité variétale (Evenson et Gollin, 2003). Analysant les conditions d'émergence et les conséquences économiques de la révolution verte à différentes échelles, Kaosa-ard et Rerkasem (2000), soulignent l'importance de la mise en place d'un environnement économique favorable comprenant, au-delà des innovations techniques, l'accès aux intrants et aux marchés pour la vente des excédents de production. A titre d'exemple, cette influence a été observée, aux Philippines, dans la vallée de Cagayan où, à partir de 1997, les pouvoirs publics ont fortement encouragé l'utilisation des variétés améliorées du riz par la distribution de semences certifiées sous condition de paiement à la récolte. En l'espace de deux ans, une forte adoption des variétés améliorées a été constatée en remplacement des variétés traditionnelles (Pham *et al.*, 2002).

I.7.5.2.2. Insertion aux marchés et l'enclavement

L'enclavement, ou « absence d'accès au marché dans un espace donné » (George et Verger, 1996), peut empêcher une région ou un village d'échanger avec l'extérieur, d'organiser des marchés, et donc d'orienter la production en fonction d'une demande extérieure. Dans ces conditions, la diversité génétique peut tendre vers l'uniformisation (Bellon, 2001). Chaudhary *et al.* (2004) qui constatent au Népal l'abandon des variétés traditionnelles de riz par les agriculteurs à cause de leur mauvais rendement et des prix faibles sur le marché, confirment cette hypothèse. Il en est de même pour le cas du blé en Turquie et pour la pomme de terre dans

les Andes. En Turquie, les paysans qui sont moins connectés au marché maintiennent plus de variétés traditionnelles ; dans les Andes, la diversité, mesurée par le nombre de variétés locales cultivées par exploitation, est en relation avec la distance au marché et le statut socio-économique de l'agriculteur. Egalement, la proximité au marché est associée positivement avec l'adoption de variétés améliorées mais pas nécessairement avec la diminution du nombre de variétés traditionnelles (Brush, 1992).

Mais la thèse de l'influence réductrice du marché sur le niveau de diversité variétale n'est pas vérifiée dans toutes les situations. Pinton et Emperaire (2001), qui ont analysé l'influence du marché sur la diversité variétale du manioc (mesurée par le nombre de variétés) dans neuf zones géographiques d'Amazonie brésilienne, classées en 4 niveaux d'insertion au marché (très faible, faible, moyenne et forte), ne constatent pas de lien simple. D'une part, la commercialisation plus ou moins poussée de la farine du manioc se fait dans des contextes marqués par une histoire locale ou régionale qui reconfigure ses effets ; d'autre part, dans certaines zones, le marché incite au maintien de la diversité variétale du fait de la diversité de la demande en produits dérivés du manioc ; dans les zones où les agriculteurs sont confrontés à l'hétérogénéité des conditions locales de culture, ils privilégient la diversité variétale même si la connexion avec le marché est importante. Baco *et al.* (2008), dans le Nord-Bénin, ne montrent pas de différences significatives dans la composition variétale d'igname de villages connectés au marché et de villages enclavés. La relation entre diversité variétale et marché ne semble donc pas s'inscrire de façon linéaire dans un gradient dont les deux pôles seraient une situation d'autosubsistance présentant une diversité maximale et une situation de marché généralisé avec une diversité réduite à l'extrême.

I.7.5.3. Facteurs culturels et ethniques

Les facteurs culturels et ethniques influencent fortement la diversité des plantes cultivées par les agriculteurs. Par exemple, au Nord-Bénin, dans des conditions environnementales semblables, ce sont les ethnies qui ont la tradition la plus ancienne de la culture d'igname qui maintiennent le plus grand nombre de variétés (Baco *et al.*, 2007). En Amazonie, la valeur accordée aux variétés de manioc, aux modalités de circulation des boutures et à la place accordée aux maniocs issus de graines est très variable selon les groupes ethniques ; ces différences de perception conditionnent la gestion de la diversité variétale (McKey *et al.*, 2001). Des comportements comparables ont été constatés par Elias *et al.* (2000) en Guyane. Au Mexique, la comparaison des variétés de maïs cultivées par deux groupes ethniques différents

vivant dans la même région a révélé d'importantes différences agromorphologiques ; par contre, l'analyse enzymatique n'a pas révélé de différences laissant supposer que la différenciation portait essentiellement sur quelques caractères soumis à la sélection massale ni qu'elle se maintenait du fait de l'absence d'échange de semences entre les deux groupes ethniques (Perales *et al.*, 2005). Enfin, l'étude du nombre de variétés de sorgho cultivées par quatre communautés ethniques différentes d'Ethiopie montre alors que chaque communauté cultive 30 à 50 variétés, seulement 14 sont communes aux 4 communautés ; chaque communauté possède ses propres variétés. Chaque variété étant identifiable par ses caractères morphologiques, d'où la notion de la variabilité morphologique au sein des espèces végétales.

I.8. Variabilité et caractérisation morphologiques des espèces végétales

Selon le concept morphologique, une espèce est définie comme un groupe d'individus partageant un ensemble de traits morphologiques (marqueurs morphologiques) similaires qui les distinguent des autres (De Queiroz, 2007). L'utilisation et la gestion durable des espèces végétales demandent une analyse de la variabilité de leur matériel végétal sur le plan morphologique, afin de différencier les individus (Kouyaté et Van Damme, 2002) et de cibler les morphotypes intéressants à reproduire.

I.8.1. Caractérisation morphologique

L'analyse des paramètres morphologiques constitue la première phase de l'évaluation de la diversité génétique (Manzano *et al.*, 2001 ; Radhouane, 2002 ; Yobi *et al.*, 2002). En effet, l'analyse de ces descripteurs permet de révéler la diversité telle qu'elle est perçue et sélectionnée par les agriculteurs locaux, principaux acteurs de la gestion de la diversité variétale (Sawadogo *et al.*, 2010). Aussi, elle est l'approche la plus pratique pour la différenciation phénotypique à condition de l'associer à un outil statistique qui estime la variation liée au milieu expérimental (Nébié *et al.*, 2013 ; N'Zué *et al.*, 2014 ; Agré *et al.*, 2015). Cette description permet de mettre à la disposition des améliorateurs et des gestionnaires des ressources phytogénétiques, des informations capitales nécessaires pour leurs travaux (Fraleigh, 1987). L'objectif principal de ce type d'études est de mesurer la variabilité du groupe, les caractéristiques ou descripteurs les plus discriminants possibles au sein des espèces qui doivent être identifiées. Un descripteur végétal est une caractéristique identifiable et quantifiable d'une espèce. Les descripteurs sont utilisés dans la caractérisation et dans l'évaluation des populations pour faciliter leur différenciation et rendre facile la classification. Ils permettent aussi le stockage, la récupération et l'utilisation de données collectées.

Les descripteurs morpho-agronomiques peuvent être qualitatifs ou quantitatifs. Ils incluent non seulement des caractères botaniques et taxonomiques mais aussi d'autres qui n'identifient pas nécessairement l'espèce. En revanche, ceux qui sont importants du point de vue agronomique, de l'amélioration génétique, du marché ou du point de vue culinaire. Parfois on inclut aussi des descripteurs indicateurs des composantes de rendements avec l'objectif de donner aux sélectionneurs une indication du potentiel du rendement. Traditionnellement, la diversité est évaluée en mesurant la variation des traits phénotypiques. L'étude de ces traits ne nécessite ni méthodes sophistiquées ni équipements complexes (Anumalla *et al.*, 2015). Les marqueurs morphologiques sont généralement qualifiés de marqueurs visuels (Ebadi-Segheloo *et al.*, 2015) et fournissent des informations utiles pour décrire puis identifier le matériel biologique (Andersson *et al.*, 2006). Ils s'intéressent à des caractères mesurés généralement sur les jeunes plantes, en pépinière, ou sur les plantes adultes. Il s'agit entre autres de la couleur, la forme, l'aspect des feuilles, des tiges et des racines, de la hauteur des plants, la circonférence et la longueur des entre-nœuds (Wallis *et al.*, 2016). Les marqueurs morphologiques peuvent aider à différencier et à classer les ressources génétiques. Ainsi, de nombreuses études ont été menées pour évaluer la diversité morphologique de plusieurs plantes. Cette étude de diversité est la plus spontanée et plus facilement mise en œuvre a priori. Citons l'exemple des travaux de Manzano *et al.* (2001) sur le taro, de Radhouane (2002) sur le mil, de Wallis *et al.* (2016) sur l'anacarde et de Yobi *et al.* (2002) sur l'ail.

Cependant, aucune étude morphologique n'a encore été réalisée sur *M. macrostachyum* au Cameroun. La connaissance de la caractérisation morphologique étant indispensable à la connaissance variétale, il est nécessaire d'entreprendre des études sur la caractérisation morphologique de *M. macrostachyum*, car des observations de terrain montrent que la morphologie de la plante varie en fonction de ses différentes zones d'origine.

I.8.2. Variabilité morphologique

La variabilité des espèces végétales, en général, s'exprime au niveau des caractéristiques de l'appareil végétatif et/ou de l'appareil reproducteur de la plante (Mars et Marrakchi, 2000 ; Gbemavo *et al.*, 2015). Plusieurs études ont porté sur la variabilité morphologique de plusieurs plantes dans divers pays d'Afrique. Ainsi, Diallo (2001) a indiqué que la morphologie des graines de *Tamarindus indica* L. (Fabacée) est le caractère qui discriminait le mieux les provenances d'Afrique de l'Ouest, d'Afrique de l'Est et d'Asie. Aussi, Jendoubi *et al.* (2001), ont également prouvé que les dimensions des feuilles et des fleurs, permettent de différencier

les individus de *Allium roseum* L. (Alliacée). En outre, les études menées par Zoro Bi *et al.* (2006) ont révélé que la taille des graines permet de distinguer les différents individus de *Cucumeropsis mannii*. Tous ces travaux montrent que l'existence d'un ensemble de caractères différents au sein d'une même espèce, aboutit à la mise en place de vastes programmes d'amélioration. En définitive, les différentes études réalisées sur ces plantes ont montré la variabilité que peuvent exprimer les descripteurs morphologiques au sein d'une espèce. Mais, celles qui prennent en compte l'ensemble des descripteurs de *M. macrostachyum* à notre connaissance restent encore inconnues.

I.8.3. Analyse de la variabilité morphologique

Les évaluations qui ont pour objectif de décrire la diversité génétique des espèces font appel à des caractères phénologiques et morpho-physiologiques. Ces caractères fournissent des informations différentes et complémentaires qui nous renseignent sur les caractéristiques de production et d'adaptation. Ils constituent donc le point de départ de l'amélioration génétique (Khennaoui, 2018). La capacité d'identifier la variation génétique est indispensable pour une gestion et une utilisation efficace des ressources génétiques (Rao, 2004). En effet, l'importance de l'analyse de cette variabilité génétique, se matérialise à travers diverses façons d'exploiter ces données à des fins économiques ou scientifiques. Sur le plan économique, l'utilisation de cette base de données pour répondre aux exigences et aux intérêts des agriculteurs, permettra de faire face aux stress biotiques et abiotiques. Du point de vue scientifique, ces données constituent pour les sélectionneurs une source de gènes pour la création de nouvelles variétés plus performantes (Amallah, 2017). L'utilisation de la diversité génétique dans un programme de sélection ; passe inévitablement par son estimation et par le choix du type de marqueur susceptible de la traduire le plus fidèlement possible. Les marqueurs génétiques sont des caractéristiques héréditaires qui renseignent sur le génotype de l'individu qui les porte (De Vienne, 1998). Trois types de marqueurs sont largement utilisés pour l'évaluation de la variabilité génétique, à savoir les marqueurs morphologiques (phénotypiques), biochimiques et moléculaires (ADN).

Les marqueurs biochimiques correspondent à des protéines de réserve et des enzymes. Ils sont mis en évidence par électrophorèse, sur la base des propriétés de migration des protéines et révélés par la coloration histochimique spécifique des enzymes qui sont analysées. Ces marqueurs ont été utilisés pour caractériser la diversité génétique de plusieurs plantes. Ainsi, plusieurs génotypes d'orge et de blé ont pu être identifiés par les profils électrophorétiques de

protéines (Aouad *et al.*, 1996). Quant aux marqueurs moléculaires, ils ont été développés sur la base des différences existant entre les types de mutations au niveau de l'ADN. Leur principe repose sur la mise en évidence du polymorphisme de séquence des fragments d'ADN. Ces marqueurs ont été utilisés pour caractériser plusieurs espèces de plantes telles que les melons (Djè *et al.*, 2010), le blé tendre (Najimi *et al.*, 2003), l'anacardier (Croxford *et al.*, 2006) et les plantes trèfles (Khanlou *et al.*, 2011). Mais, les marqueurs morphologiques sont ceux qui ont retenu notre attention particulière parce qu'ils sont d'abord à la base de la classification des espèces végétales sauvages et cultivées (Roux, 1987).

La connaissance de la variabilité morphologique existante au sein d'une espèce, permet d'identifier et de sélectionner les phénotypes performants possédant des caractéristiques pouvant satisfaire les exploitants et consommateurs. Par exemple, l'identification et la sélection d'une plante ayant une forte capacité de renouvellement foliaire. De telles informations ne sont pas disponibles pour *M. macrostachyum*. Si des investigations sont entreprises pour cette plante, elles pourront aboutir aux essais de croisement et sa mise en culture via ses graines dans des conditions jardinières. Ces investigations pourront aboutir également, à une multiplication végétative via le bouturage pour la pérennité de cette plante à caractère intéressant. Toutefois, la réussite de telles investigations nécessite la connaissance de la biologie de reproduction.

I.9. Biologie de reproduction chez les végétaux

I.9.1. Phénologie végétale

La phénologie végétale est l'étude de l'apparition des événements périodiques chez les végétaux et leurs liens avec les conditions climatiques. Les différentes étapes la constituant sont la croissance et le développement du fruitier, la floraison et la fructification aboutissant à la maturation des fruits (Bloesch et Viret, 2013). La phénologie des végétaux varie en fonction de plusieurs facteurs incluant les particularités spécifiques de l'espèce et de ses variétés, la conduite de la culture, les conditions météorologiques, les caractéristiques du sol et la photopériode (Mpemboura, 2022). Ces facteurs agissent différemment sur la phénologie selon la phase de développement de la culture. Par exemple, les caractéristiques du sol ont surtout un impact durant la phase semis-émergence des cultures annuelles, lors de la germination de la semence. Par contre, la température de l'air et la photopériode influenceront davantage les phases de développement subséquentes. Ces deux paramètres sont des facteurs importants dans la date de manifestations des étapes de développement de la plante. La phénologie est ainsi un bon indicateur du réchauffement climatique (Mpemboura, 2022).

I.9.2. Reproduction sexuée

La reproduction sexuée concerne la majorité des plantes, notamment les plantes à fleurs et se fait par les graines. La phase de reproduction par graine est une étape clé de la dynamique des communautés végétales (Burt-Smith *et al.*, 2003 ; Zeiter *et al.*, 2006) et constitue l'un des comportements majeurs de survie des plantes (Bellefontaine *et al.*, 2018). A l'origine, deux cellules sexuelles (mâle et femelle) pour transformer la fleur en fruit contenant la graine. Celle-ci porte donc le patrimoine génétique des deux plantes génitrices. La reproduction sexuée crée de nouvelles combinaisons génétiques sans avoir à attendre l'éventualité d'une mutation. Elle favorise la diversification du patrimoine génétique, qui se traduit par une grande variabilité génétique, notamment pour les plantes allogames et permet également aux plantes de s'adapter assez rapidement aux changements environnementaux (Bellefontaine *et al.*, 2018). Dans la reproduction sexuée, on distingue l'autogamie qui caractérise les plantes autogames et l'allogamie, qui détermine les plantes allogames (Sakai et Westneat, 2001). On parle d'autogamie lorsque le grain de pollen, organe mâle des fleurs d'une plante féconde l'ovule, organe femelle d'une même fleur ou d'autres fleurs de la même plante (Manon, 2018).

Les fleurs de ces plantes sont hermaphrodites, les organes mâles et femelles se retrouvent dans la même fleur. L'autogamie est relativement plus fréquente chez les plantes cultivées telles que le haricot, le petit pois, la tomate et l'aubergine (Baudoin *et al.*, 2001). L'allogamie quant à elle, est la reproduction sexuée au cours de laquelle le pollen des fleurs d'une plante féconde l'ovule des fleurs d'une autre plante de la même espèce (Manon, 2018). On parle alors de fécondation croisée. Elle favorise une variabilité génétique qui constitue un potentiel évolutif important, favorable à l'adaptation des environnements changeants et le maintien à l'état récessif des allèles délétères (Proctor *et al.*, 1996). Différents types de fleurs sont observés chez les plantes allogames à savoir les fleurs hermaphrodites, les fleurs monoïques et les fleurs dioïques (Manon, 2018). La reproduction sexuée qui est le plus commun chez les plantes tropicales (Dick *et al.*, 2008), est un des comportements majeurs de survie des ligneux qui requiert deux organes reproducteurs microscopiques, le pollen et l'ovule (Thibaudon, 2019).

I.9.2.1. Organes de reproduction

Chez les végétaux, la reproduction est assurée par l'union du gamétophyte femelle ou ovule et du gamétophyte mâle ou grain de pollen. L'ovule se situe au niveau des ovaires, eux-mêmes retrouvés au sein du carpelle. Le carpelle comprend un prolongement composé du style et du stigmate, structures essentielles à la réception des grains de pollen. L'ensemble des

carpelles constitue le gynécée, organe floral femelle. Pour la fleur de *Myrianthus arboreus*, le gynécée est qualifié de supère, c'est-à-dire que l'ovaire se situe au-dessus du niveau des autres insertions, et d'uniloculaire, ou composé d'une seule loge (Kasangana, 2018). Le grain de pollen se présente sous forme de "poussière" produite par les étamines. Il a l'aspect de grains aux formes parfois très complexes et de couleurs très variées ; beige pour le framboisier, noir pour le coquelicot et orange pour *M. arboreus*. A maturité, le grain de pollen se compose de deux couches : une interne, l'intine et l'autre externe, l'exine (Ariizumi et Toriyama, 2011 ; Gharbi, 2011). Ce gamétophyte a pour rôle de se rendre jusqu'à l'ovule d'un autre individu de la même espèce, afin de le féconder (Abrol, 2012). Il transporte alors la moitié du code génétique de l'individu duquel il est issu.

I.9.2.1.1. Conservation du pollen

La conservation du pollen consiste à s'assurer des conditions environnementales qui ralentissent son activité vitale, la perte de ses caractéristiques de fonctionnement (Boughediri, 1994). Elle a pour but de maintenir sur un long intervalle de temps, la capacité à féconder et à produire une descendance viable. Cela n'implique pas seulement de conserver l'intégrité des structures biologiques, mais aussi les substances recouvrantes telles que les glycoprotéines, les glycolipides, les pigments caroténoïdes qui font partis du système de reconnaissance mis en jeu lors de la germination in vivo (Cerceau-Larrival et Challe, 1986).

La conservation du pollen a donc essentiellement deux objectifs. Le premier est d'obtenir des collections de pollens très variés, notamment d'espèces menacées ou en voie d'extinction de façon, à conserver la variabilité génétique (Koopowitz et Kaye, 1983). D'ailleurs, cette préoccupation augmente avec les années, puisque les généticiens y trouvent des ressources qui seront utilisées pour leurs nouveaux programmes (Auriol, 1992). Le second objectif concerne l'accumulation de réserves de pollen. Ces réserves pourront servir à compenser de mauvaises récoltes lors d'années de faible production pollinique, afin de ne pas retarder le programme d'amélioration génétique de l'espèce en cause. Ce pollen pourra aussi être utilisé dans des programmes de croisements entre des espèces à floraison décalée et permettre ainsi la production d'hybrides impossible à produire par la voie naturelle (Luza et Polito, 1985 ; Bramlett et Matthews, 1991 ; Philippe *et al.*, 1991).

I.9.2.1.2. Evaluation de la qualité reproductrice du pollen

Pour que la reproduction des Angiospermes se déroule correctement, il est nécessaire que le pollen possède une bonne qualité reproductrice. Cette qualité recouvre deux aspects, la qualité physiologique du pollen en tant que microorganisme et sa capacité à accomplir la totalité

du programme de reproduction (Jahier *et al.*, 1992). Ainsi, pour que le cycle de reproduction mâle s'accomplisse convenablement, le pollen doit en premier lieu être viable lorsqu'il est libéré de l'anthere et doit posséder une bonne longévité (Dafni et Firmage, 2000). Ensuite, le pollen doit être capable de germer sur le stigmate et produire un tube pollinique qui atteigne un ovule (Mayer et Gottsberger, 2000). Enfin, il doit libérer des gamètes capables de féconder l'oosphère et les noyaux polaires. Cela constitue son aptitude à féconder. L'ensemble de ces caractéristiques est regroupé sous le terme de qualité reproductrice que certains auteurs englobent sous le terme de viabilité du pollen (Dafni et Firmage, 2000). Jusqu'à présent aucune évaluation de la qualité du pollen de *Myrianthus arboreus* n'a encore été réalisée. En fonction de la composante à tester, la qualité reproductrice du pollen peut être évaluée par différentes méthodes. Plusieurs approches ont été décrites pour tester chaque composante de la qualité reproductrice du pollen à savoir la viabilité, la capacité à germer et l'aptitude à féconder.

I.9.2.1.3. Evaluation de la viabilité du pollen

Il existe globalement deux méthodes d'évaluation de la viabilité pollinique à savoir les méthodes de coloration du cytoplasme (Konan *et al.*, 2007) et les méthodes enzymatiques (Kearns et Inouye, 1993). Toutes ces méthodes sont dites indirectes car elles reposent sur la corrélation entre la viabilité d'une cellule et certaines de ses caractéristiques physiologiques puis physiques (Kearns et Inouye, 1993). Les méthodes de coloration du cytoplasme de la cellule végétative comme la coloration au lactophénol ou au carmin acétique se basent sur le concept que les grains de pollen exempts de cytoplasme sont morts (Nepi et Franchi, 2000).

La coloration de Alexander (1969) met en évidence la présence de cellulose et d'un protoplasme. Elle est basée sur l'hypothèse que la présence d'un protoplasme rend compte de la viabilité d'un grain de pollen (Kearns et Inouye, 1993). Elle permet selon Barrow (1983) de distinguer les grains de pollen qui avortent tôt car ils ne possèdent pas de protoplasme. En revanche, ceux qui avortent à un stade proche de la maturité ne sont pas détectés (Pline *et al.*, 2002). Ces méthodes ont été réalisées sur le pollen de certaines plantes pour indiquer leur viabilité. C'est le cas des pollens de bouleau (Käpylä, 1991) et de sorgho (Alami *et al.*, 1988).

I.9.2.1.4. Evaluation de la capacité à germer du pollen

La capacité germinative du pollen est évaluée par des tests *in vitro* et des tests *in vivo*. Il s'agit de tests qui permettent de mesurer de manière plus fiable, la viabilité en estimant la capacité du pollen à germer dans des milieux artificiels (germination *in vitro*) ou dans le style (germination *in vivo*). Cette capacité se mesure en calculant le pourcentage de grains de pollen germés dans un échantillon (Nepi et Franchi, 2000).

La méthode de germination *in vivo* consiste à compter le nombre de grains de pollen qui ont germé par rapport au nombre total de grains déposés sur le stigmate. Pour cela, on peut compter le nombre de tubes polliniques présents dans le style et visualisés grâce à des colorants tels que le bleu d'aniline et le rapporter au nombre total de grains de pollen (Nepi et Franchi, 2000 ; Adaniya, 2001 ; Huang *et al.*, 2004 ; Chacoff *et al.*, 2008) ou compter le nombre de grains ancrés dans le stigmate grâce au tube pollinique et le rapporter au nombre total de grains (Mayer et Gottsberger, 2000). Cette méthode a permis d'évaluer la capacité germinative du pollen de certaines plantes telles que le Colza (Pierre et Renard, 2002) et le Petunia (Farcy *et al.*, 1990). De nombreux milieux ont été développés afin d'optimiser le taux de germination du pollen *in vitro*. Il s'agit des milieux de (Tuinstra et Wedel, 2000 ; Chloé, 2010).

I.9.2.1.5. Evaluation de l'aptitude à féconder du pollen

Le test qui évalue la capacité à féconder du pollen est la mesure de la grenaison. Il consiste à déposer du pollen sur un stigmate spécifique réceptif et à déterminer le nombre de graines produites (Kearns et Inouye, 1993). Cette méthode donne un résultat plus qualitatif que quantitatif de l'aptitude à féconder du pollen (Shivanna et Johri, 1989). En effet, la grenaison ne dépend pas uniquement de la qualité reproductrice du pollen. La maturité des ovules, la réceptivité du stigmate, les réactions d'incompatibilité déterminées par le génotype femelle sont autant de facteurs pouvant interférer avec le test de fécondité du pollen (Knox *et al.*, 1986). De ce fait, ce test est difficile à réaliser pour les plantes ligneuses pérennes.

Certes, la reproduction de ligneux par voie sexuée reste le mode de propagation préférentiellement préconisé pour la conservation de l'environnement et la richesse de sa biodiversité. Cependant, la multiplication par graines demeure aléatoire pour de nombreuses communautés rurales en Afrique qui ne bénéficient pas de ressources en graines suffisantes, ni des moyens nécessaires pour assurer la production, puis le suivi au champ des plants issus de semis (Meunier *et al.*, 2008). Les limites de la reproduction sexuée ont alors entraîné l'Homme à une autre alternative de sauvegarde des ligneux, la reproduction asexuée.

I.9.3. Reproduction asexuée

La reproduction asexuée ou multiplication végétative consiste à faire une copie exacte du génome de la plante-mère pour la multiplier en plusieurs nouveaux individus (Hartmann *et al.*, 1997). Si c'est faisable, c'est parce que les végétaux, contrairement aux animaux et aux êtres humains, possèdent au départ des cellules méristématiques indifférenciées qui peuvent se différencier par la suite pour constituer les divers organes nécessaires pour former une nouvelle plante. Par conséquent, un morceau de pousse, de racine ou de feuille peut se développer pour

former une nouvelle plante contenant exactement les mêmes informations génétiques que la plante initiale (Jaenicke et Beniést, 2003). De plus, il est possible de reconnaître, à l'intérieur d'une population, des individus qui donnent des produits ou des services voulus de meilleure qualité. Il serait alors avantageux de multiplier ces individus par voie végétative pour capturer la variation génétique exprimée, qui risquerait autrement de se perdre ou de s'affaiblir dans le cas d'une reproduction sexuée.

La multiplication végétative a pour but, la reproduction identique de plantes possédant des caractères désirables (productivité élevée, qualité supérieure, bonne tolérance au stress biotique ou abiotique) et, de ce fait, elle est inestimable si l'on veut perpétuer un caractère privilégié d'une génération à l'autre. Les principales méthodes de multiplication végétative des plantes sont la multiplication par bouturage de tiges ou de racines, le greffage et l'écussonnage, ainsi que diverses méthodes et techniques de marcottage et de micro-propagation. Mais celle de *M. macrostachyum* est le bouturage de racines (rizhome).

I.9.3.1. Caractéristiques du bouturage

Le bouturage est l'une des techniques de multiplication végétative les plus utilisées dans la domestication des plantes (Tchoundjeu *et al.*, 1997). En fait, les taux élevés d'enracinement obtenus par bouturage montrent que cette technique peut être utilisée pour la multiplication à grande échelle d'une espèce (Avana *et al.*, 2000). Dans de nombreux pays, la multiplication d'arbres remarquables se fait par bouture de fragments de tiges ou de branches (Meunier *et al.*, 2010 ; Mapongmetsem *et al.*, 2017). Les boutures sont des morceaux de plantes coupés possédant au moins un nœud. Diverses parties de la plante peuvent servir de bouture : tiges, racines, feuilles. Pour la multiplication par bouturage, il faut disposer de plantes moins âgées, car la formation de racines adventives décroît à mesure que la plante avance en maturité. Les plantes obtenues par bouturage ont les mêmes caractères que la jeune plante. La période de bouturage dépend de l'espèce choisie, du type de boutures et de l'utilisation voulue. (Kalinganire *et al.*, 2007).

I.9.3.2. Avantages du bouturage

La multiplication par bouturage présente différents avantages. En effet, le bouturage possède l'avantage de pouvoir reproduire à l'identique toute partie d'un végétal qui crée des sujets génétiquement identiques (Jaenicke et Beniést, 2003). Par ailleurs, la durée de bouturage pour obtenir des semences est plus courte que celle de la culture par semis ou par greffage, c'est l'exemple des boutures de *Jatropha curcas* L. (Nguema *et al.*, 2013). En outre, le bouturage permet souvent la multiplication de plantes qui ne donnent pas de graines ou des végétaux dont

les insectes qui doivent les féconder ne sont pas présents. Il est aussi utilisé pour multiplier les plantes qui mettent du temps avant de fleurir et de pouvoir être fécondée. La multiplication par enracinement de boutures est probablement la technique la plus communément employée pour multiplier végétativement les ligneux. En particulier, elle peut donner un taux de multiplication élevé et produire des plantes dotées de leur propre système racinaire. Cette technique de multiplication est donc idéale pour les arbres de haute futaie, où l'on recherche la vigueur et la formation de branches basses. Le procédé est relativement simple, n'exigeant qu'un minimum d'espace pour la reproduction. En plus, une seule plante-mère ou plante-souche peut donner de nombreuses boutures (Jaenicke et Beniést, 2003).

I.9.3.3. Facteurs intervenant dans la réussite de l'enracinement des boutures

Certes, le bouturage présente des avantages, mais il exige des facteurs décisifs pour le succès de l'enracinement des boutures. Ce sont le substrat, l'humidité, la lumière, la température et l'hygiène de la plante (Jaenicke et Beniést, 2003 ; Mapongmetsem *et al.*, 2012).

I.9.3.3.1. Substrat

Le substrat doit non seulement fournir un ancrage à la bouture, mais doit aussi assurer une bonne aération de la bouture en favorisant le maintien en même temps de l'humidité nécessaire à sa survie pendant la période de pré enracinement et ses enracinements (Trefois, 1981). D'après Loussert et Brousse (1978), on a tendance à utiliser des substrats semi perméables synthétiques inertes (perlite, vermiculite, laine de roche) qui servent de support. Ces substrats protègent la base de la bouture et n'empêchent pas l'apparition des primordiaux radiculaires. Ils doivent de préférence être utilisés dans des fertile-pots afin d'éviter les transplantations postérieures. Le choix du substrat est crucial pour l'enracinement des boutures de tiges. Ainsi, le substrat, support de culture doit être fin, désinfecté avec un pH en rapport avec l'idéal de la plante-mère. En outre, il doit être aéré avec une porosité idéale et une bonne humidité. Les essences tropicales préfèrent pour la plupart un milieu léger et bien drainé. Ceci permet d'éviter un excès d'eau qui ferait pourrir les boutures.

I.9.3.3.2. Humidité

L'humidité constitue un facteur primordial pour la réussite du bouturage semi-ligneux d'où la nécessité d'assurer une humidité relative avoisinant la saturation au tour des feuilles afin d'éviter la transpiration qui entraîne le flétrissement des boutures (Negueroles, 1985). La bouture, une fois prélevée de la plante-mère, ne reçoit plus l'eau nécessaire à sa survie et à son développement. Il lui faut une humidité ambiante favorable c'est-à-dire une humidité à un degré

optimal, qui ne sera ni trop faible, qui provoquerait le flétrissement et le dessèchement des boutures, ni trop élevé, qui favoriserait l'apparition de maladies. L'eau est donc un facteur externe crucial pour le succès de l'enracinement des boutures.

I.9.3.3.3. Lumière

La lumière influe sur l'enracinement des boutures par son intensité, sa nature et sa photopériode. L'ouverture des stomates, produit un effet négatif de la transpiration engendrant la perte en eau. Néanmoins, elle agit de façon positive sur la production d'hydrates de carbone (Negueroles, 1985). Des travaux menés sur la rhizogenèse de boutures semi-ligneuses de la variété Leccino cultivée en Italie par Morini *et al.* (1980), ont montré que la lumière jaune donne les meilleurs résultats pour les paramètres tels que le taux d'enracinement, la longueur des racines, le nombre de racines et le nombre de feuilles conservées. Les travaux d'Amine (2017) ont montré que la lumière est un des facteurs à contrôler pour produire un système racinaire constitué d'au moins 3 racines des boutures de l'olivier.

I.9.3.3.4. Température

La température est un élément très important dans le processus du bouturage. En effet, elle doit être contrôlée à deux niveaux à savoir la température à la base des boutures et la température ambiante. Des travaux réalisés sur l'olivier ont montré d'une part, que la température à la base des boutures doit être stable, maintenue entre 20 °C et 22 °C, puis surveillée régulièrement durant toute la période d'enracinement (Ouksili, 1983). D'autre part, que la température ambiante doit être de 2 °C à 4 °C inférieure à la température du substrat pour assurer une humidité de 100 % (Porras *et al.*, 1998). La température élevée exerce un effet négatif en augmentant la transpiration et active les bourgeons axillaires. Aussi, sa diminution par l'ombrage excessif provoque la diminution de la photosynthèse (Negueroles, 1985).

I.9.3.3.5. Aspects phytosanitaires

L'âge, la vigueur, le mode de propagation et l'état de la plante mère sont des éléments qui influent sur la réponse au bouturage (Trefois, 1981). En effet, selon Negueroles (1985), les jeunes plantes ont un niveau d'auxines internes supérieur à celui des composés phénoliques d'où un enracinement plus aisé que chez les pied mères âgés. La santé des plantes-mères et des boutures est évidemment importante. Les boutures sont prélevées en tenant compte de leur bon état physiologique et sanitaire (Asseh *et al.*, 2017). On veillera à ne pas prélever de boutures sur des plantes-mères en mauvaise santé, en particulier si elles sont infestées par des champignons, bactéries ou virus. Certainement, une telle pratique risquerait non seulement

d'être préjudiciable à l'enracinement des boutures mais aussi de propager la maladie lors du repiquage au champ des boutures infectées. Dans certains cas, les boutures peuvent être traitées à l'aide d'un pesticide ou plongées dans un stérilisant de surface, comme par exemple de l'eau de javel diluée.

I.9.3.4. Types de bouturage

L'un des meilleurs moyens de multiplier les végétaux est la méthode du bouturage. Une bouture est le fragment d'un végétal qui sous certaines conditions, va former des racines et donner naissance à un autre plant. Pour bouturer les plantes, il existe différentes méthodes selon le type à savoir le bouturage de tête, le bouturage en crossette, bouturage à talon, bouturage de racines, bouturage de feuilles et le bouturage de tige (Jaenicke et Beniest, 2003 ; Kalinganire *et al.*, 2007). En revanche, celui qui a retenu notre attention dans cette étude est le bouturage de tige du fait de son accès facile, de sa mise en œuvre simple et a permis de multiplier avec succès plusieurs espèces de plantes. Le bouturage de tige consiste à utiliser une jeune pousse ou un segment de tige comportant au moins un nœud, point d'insertion d'une feuille sur la tige.

En somme, la biologie de la reproduction, la diversité agromorphologique et la multiplication végétative via le bouturage sont des composantes essentielles pour la réussite de la domestication des espèces végétales (N'dri, 2021). Mais de telle base de données reste encore indisponible pour la valorisation et la promotion de *M. macrostachyum*. Ces différents aspects mentionnés dans cette revue de littérature à savoir la phénologie reproductive, la caractérisation et la variabilité morphologiques des espèces végétales ainsi que les techniques de multiplication qui concourent à la domestication des espèces forestières seront abordés chez *M. macrostachyum* qui fait l'objet de la présente étude dans la suite du document.

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Zone d'étude

La présente étude a été menée dans les zones forestières monomodale et bimodale du Cameroun. La zone forestière humide monomodale (Zone IV) (Fig. 11), est comprise entre 2°6" et 6°12" de latitude Nord, et 8°48" et 10°30" de longitude Est. Elle couvre les Régions du Littoral et du Sud-Ouest, ainsi que la bordure côtière de la région du Sud. Elle occupe une superficie de 4,5 millions d'hectares dont 282.000 (soit 6,3 %) sont cultivés. Le terrain, plat dans l'ensemble, comprend les pentes volcaniques du Mont Cameroun qui culmine à 4.095 m, les sédiments d'origine rocheuse le long de la côte. Le climat est de type "Camerounien", très humide et chaud, variante du climat équatorial. Les pluies sont abondantes, en moyenne 2.500 à 4.000 mm, à l'exception de la localité de Debundscha considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses du monde, avec 11.000 mm d'eau par an qui tombent suivant un régime pluviométrique monomodal avec une saison sèche très peu prononcée. La température varie entre 22 et 29 °C et l'humidité de l'air entre 85 et 90 %, d'où le caractère lourd de l'atmosphère. (Mpemboura, 2022).

La zone forestière à pluviométrie bimodale (Zone V) (Fig. 10), comprise entre 2°6" à 4°54"/5°48" de latitude Nord et 10°30" à 16°12" de longitude Est. Elle s'étend sur la majeure partie du plateau sud-camerounais entre 500 et 1 000 m d'altitude. Elle couvre les Régions du Centre, du Sud et de l'Est, sur une superficie totale de 22,5 millions d'hectares. Chaud et humide, le climat est de type "guinéen", avec des températures moyennes de 25 °C et une pluviométrie de 1 500-2 000 mm par an (Mpemboura, 2022).

Précisément, elle a été menée dans cinq localités à savoir : EBOMBE et LOG-HENDE situées dans la zone forestière monomodale du Cameroun ; MODE ; HONDOL et ELIG-EYENE situées dans la zone forestière bimodale Cameroun (Tableau VI).

Tableau VI. Localités d'étude dans les deux Régions.

Localité	Arrondissement	Département	Région	Zone agroécologique
ELIG-EYENE	OKOLA	LEKIE	CENTRE	Zone forestière à pluviométrie Bimodale (Z 5)
HONDOL	BONDJOCK	NYONG ET KELLE	CENTRE	
MODE	NGOG-MAPUBI	NYONG ET KELLE	CENTRE	
EBOMBE	NGWEI	SANAGA MARITIME	LITTORAL	Zone forestière à pluviométrie Monomodale (Z 4)
LOG-HENDE	POUMA	SANAGA MARITIME	LITTORAL	

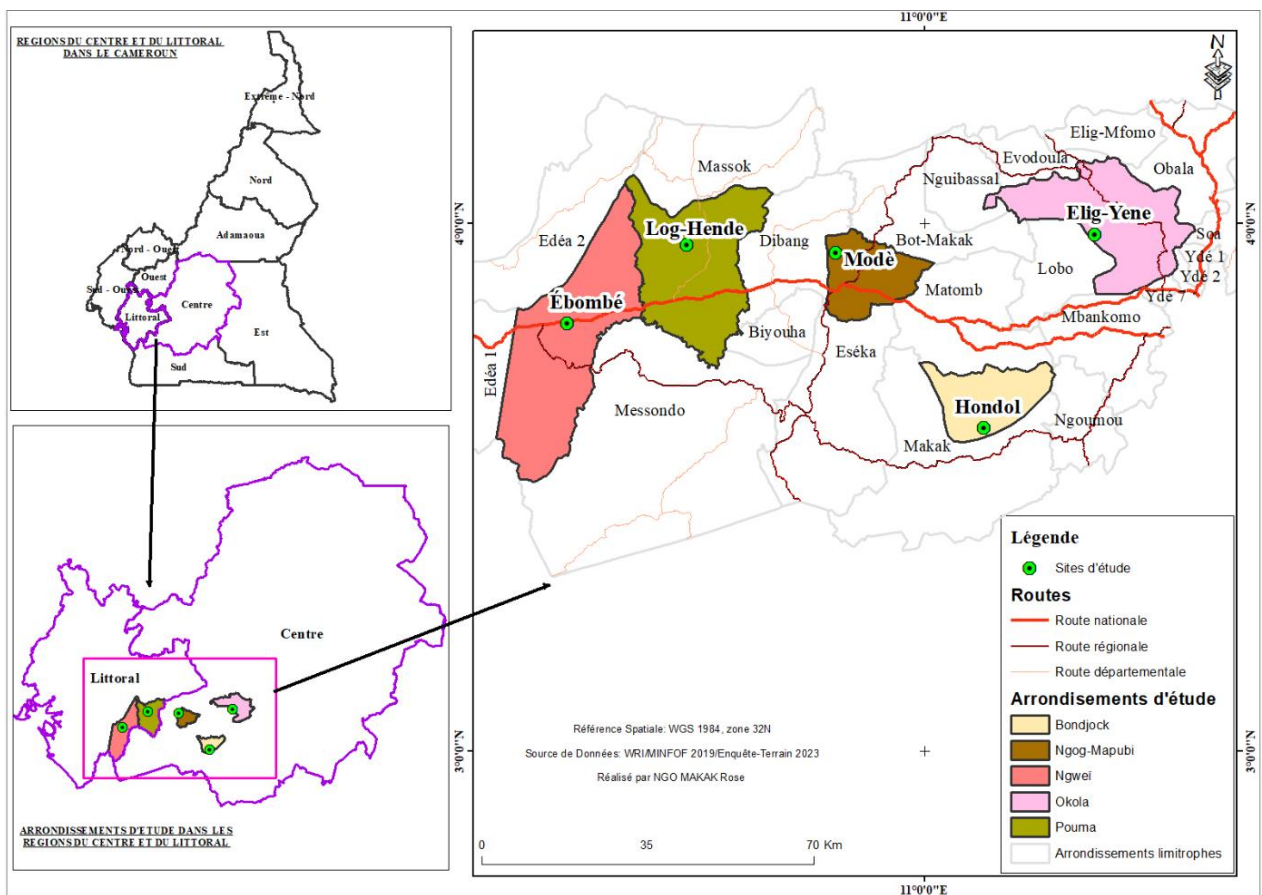


Fig. 10. Carte des zones agro-écologiques du Cameroun et localités d'étude

II.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué d'accessions de *M. macrostachyum* (Fig. 11). Un échantillonnage de 165 accessions a été réalisé, soit 33 échantillons par site. Le choix de l'échantillon s'est fait suivant la technique de l'échantillonnage aléatoire simple et exhaustif, laquelle consiste à sélectionner des individus de telle sorte que tous aient la même probabilité de faire partie de l'échantillon (Amyotte, 1996).

Pétiotes, limbes, fruits, graines et rhizomes des accessions étaient les organes utilisés comme matériel biologique.



Fig. 11. Aperçu du matériel végétal. (a) : accession de *M macrostachyum* ; (b) : fruits ; (c) : graines ; (d) : Rhizomes

II.1.3. Matériel de terrain

Le matériel de terrain était constitué de plusieurs outils (Fig. 12) :

- fiches d'enquête pour la collecte des données auprès des exploitants ;
- matériel agricole (machette, houe,) pour l'essai de culture ;
- pied à coulisse pour la mesure des variables quantitatifs ;
- balance sensible pour la mesure du poids des fruits ;
- mètre ruban pour la mesure des variables quantitatifs ;
- registre pour l'enregistrement des données ;
- appareil photo pour la prise des variables qualitatifs ;
- étiquettes pour le marquage des plantes ;
- ordinateur pour la saisie des données ;

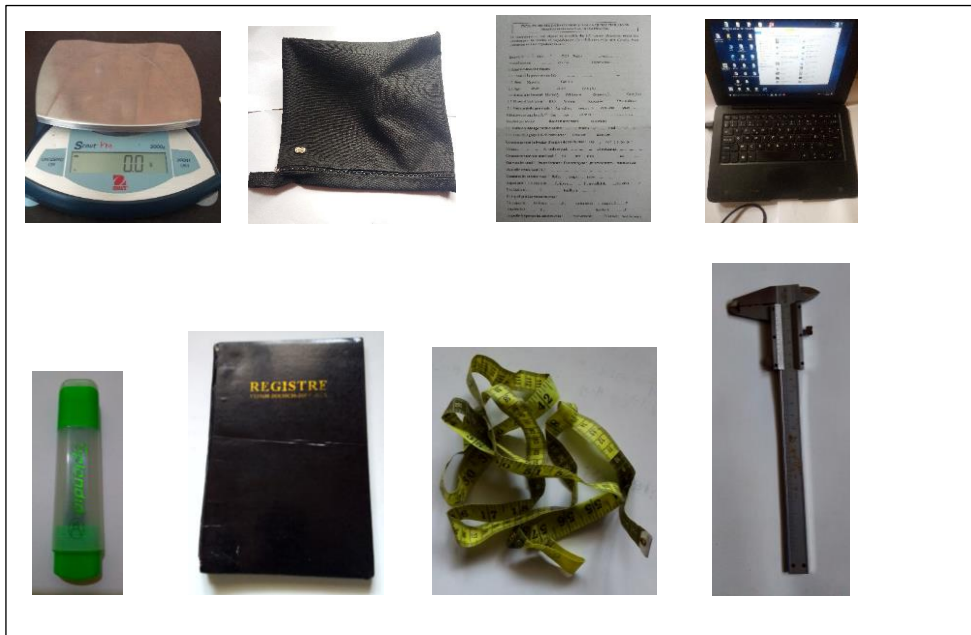


Fig. 12. Matériel de terrain

II.2. Méthodes

II.2.1. Analyse des perceptions communautaires

II.2.1.1. Collecte des données

La phase de collecte des données, combine des interviews individuelles (Fig. 13) à travers un questionnaire. Ce dernier a été administré aux acteurs impliqués dans la chaîne d'exploitation de *Megaphrynium macrostachyum* dans les marchés des villes de Douala, Edéa, Boumnyebel et Yaoundé. Des entretiens semi-structurés ont été également effectués suivant la méthode décrite par Wentholt *et al.* (2001), c'est-à-dire par groupe de personnes d'une part, et les observations directes sur le terrain d'autre part. Le questionnaire adressé aux marchands dans les villes sus citées a été conçu pour initier l'échange et orienter l'entretien (Annexe 1). Ce questionnaire élaboré autour d'une liste de points précis avait pour objectif la détermination des profils sociodémographiques des enquêtés, l'importance socioéconomique à travers les modes d'usage social et des ventes de la feuille de *Megaphrynium* auprès des acteurs de la filière ainsi que les problèmes rencontrés au sein de cette dernière. Au total, 102 (cent deux) marchands dont 53 femmes et 59 hommes et repartis dans 14 marchés (Tableau VII) ont été questionnés, soit 54 dans la Région du Centre et 48 dans le Littoral.

Tableau VII. Villes et nombre de marchands questionnés par marché

Région	Ville	marché	nombre de marchand
CENTRE	Yaoundé	Mvog-Atangana-Malla	12
		Mokolo	14
		Essos	06
		Ekounou	03
		Mfoundi	03
		Nkoa-Mbang	02
LITTORAL	Boumnyebel	Parking	12
		Petit marché	02
	Douala	Syncatex Ndokoti	14
		Gare Newbell	11
		Marché des chèvres	06
		Marché des palmiers	05
	Edéa	Grand marché	10
		Petit marché	02
TOTAL			102



Fig. 13. Interviews aux marchands

II.2.2. Identification des phénophases reproductives de *Megaphrynium macrostachyum*

L'étude a été conduite de Mai à Septembre 2022, dans les localités de MODE et LOG-HENDE. Les observations ont porté sur un échantillonnage de 33 individus choisis au hasard sur chacun des sites, soient 66 accessions au total. Selon la méthode utilisée par Mpemboura (2022), la structuration des inflorescences et celle des fleurs ont été observées directement sur le terrain. Entre autres, les durées de floraison, de fructification et de maturation du fruit ont été déterminées également sur le terrain ainsi que le taux de floraison et le pourcentage de viabilité des fleurs fécondées. Chaque pétiole est marqué à l'aide d'une corde afin d'éviter toute confusion avec d'autres individus.

II.2.2.1. Identification de la période de floraison

Elle correspond à la période où plus de 50 % des individus de la population sont en floraison. Un individu est considéré en floraison lorsque plus de 50 % de ses boutons floraux sont épanouis. Elle s'identifie à travers des observations directes sur le terrain à travers l'apparition de certaines structures et pièces florales. Le pourcentage de floraison quant à lui, exprime la proportion d'individus fleuris sur l'ensemble des individus étudiés et le pourcentage de viabilité des fleurs fécondées, exprimant la proportion des fleurs fécondées et développées en fruits, N'dri (2021).

II.2.2.2. Détermination des phénophases de reproduction

D'après la méthode utilisée par Mpemboura (2022), la détermination des phénophases de reproduction se fait par des observations directes sur le terrain. Elle commence par l'émission des boutons floraux (épis) qui évoluent en inflorescences. Pour chaque inflorescence étudiée, l'observation de l'évolution des organes reproducteurs, de la floraison jusqu'à la maturité a été effectuée et la chronologie des phénophases de reproduction au cours de l'étude a été enregistrée. Afin de déterminer la durée des stades phénologiques, le temps s'écoulant entre l'apparition des boutons floraux et la succession de chaque phénophase a été calculé à partir de la date de leur apparition (Badou *et al.*, 2017)

II.2.2.3. Détermination des durées de nouaison, fructification et maturation du fruit

Ces durées ont été déterminées par des observations directes de chaque stade à partir de la date son apparition, Mpemboura (2022). la durée de la nouaison correspond au temps écoulé entre la fécondation de la fleur et l'apparition du fruit immature. La durée de fructification correspond au temps qui s'écoule entre la fleur fécondée et sa transformation en fruit mature. Quant à la durée de maturation du fruit, elle correspond au temps qui s'écoule entre le fruit immature et sa

transformation en fruit mature (Mpemboura, 2022). Pour déterminer ces trois paramètres, les individus choisis ont été régulièrement suivis par intervalle de temps de trois jours. Les pétioles émettant les boutons floraux (épis) ont été marqués avec des cordes juste en dessous de ces derniers, puis observées au fil du temps avec une prise d'images à chaque descente (Fig. 14).

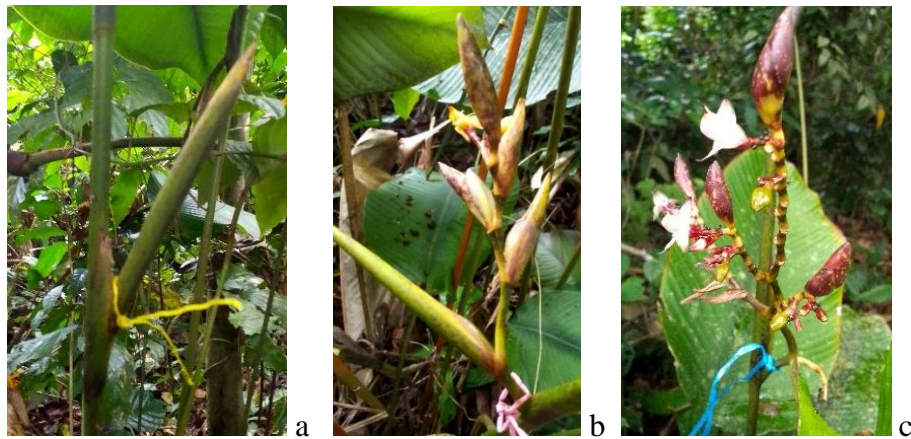


Fig. 14. Echantillons d'individus marqués : (a) : Epis principal ; (b) : Epis secondaires ; (c) : Floraison

Les observations phénologiques sont effectuées dès l'initiation florale jusqu'au stade de fruits mûrs, afin d'identifier les stades phénologiques et de collecter les données quantitatives (longueur et diamètre) liées aux fruits. Les différents stades de floraison et de fructification de *M. macrostachyum* ont été identifiés sur la base du changement des caractères morphologiques qualitatifs (couleur, caducité, développement des pièces florales et fructifères), Badou *et al.* (2017).

II.2.2.4. Détermination des stades de développement et de mûrissement des fruits

Les différentes phases de développement et de mûrissement des fruits ont été également déterminées par des observations directes sur l'organe. Elle se fait en fonction des changements des paramètres morphologiques observés et mesurés comme fait chez quelques fruitiers tels que l'abricot (*Prunus armeniaca*), le safoutier (*Dacryodès edulis*) (Mpemboura 2022), afin de déterminer les grandes étapes de leur développement. Ces phases sont la division cellulaire supposée (DC), l'élongation supposée (EL), la phase de pré-mûrissement (PREM) et celle de mûrissement (MR). Ainsi, la phase de division cellulaire présumée est considérée comme le temps qui s'écoule entre la nouaison et le début de l'augmentation de la longueur, du diamètre et du volume des fruits. La phase d'élongation présumée est définie comme la période pendant laquelle il y a eu une augmentation continue des paramètres morphologiques mesurés. La phase

de pré-mûrissement est définie comme le temps entre l'absence de changement dans la croissance du fruit et le changement de couleur du fruit. La phase de mûrissement est considérée comme le temps allant de la couleur de prémûrissement à la couleur finale du fruit à la fin du processus (Pabon-Mora et Litt, 2011).

Quant aux paramètres quantitatifs des fruits, ils ont été déterminés par mensuration à l'aide d'un pied à coulisse. La longueur du fruit est mesurée sur son axe polaire, c'est-à-dire entre l'apex et la base. Le diamètre du fruit est considéré comme la largeur maximale (partie médiane), mesurée perpendiculairement à l'axe polaire du fruit (Mpemboura, 2022). Selon la méthode rapportée par Mpemboura (2022), Le taux de croissance quotidien des fruits (TCQF) est calculé avec la formule suivante :

$$\text{TCQF} = \Delta X / t$$

Où ΔX représente l'augmentation de croissance, c'est-à-dire la différence entre deux valeurs de paramètre mesurées consécutives ;

t représente le temps (en jours) entre deux mesures consécutives.

II.2.3. Caractérisation morphologique des accessions de *M. macrostachyum*

II.2.3.1. Collecte des données

La phase de collecte des données, a consisté en la récolte des accessions de *M. macrostachyum* dans les différents sites d'étude, la mesure et l'observation des variables quantitatives et qualitatives. Dans chaque site, un échantillonnage de 33 individus a été réalisé, le choix de l'échantillon s'est fait suivant la technique de l'échantillonnage aléatoire simple et exhaustif, laquelle consiste à sélectionner des individus de telle sorte que tous aient la même probabilité de faire partie de l'échantillon (Amyotte, 1996).

Ainsi, un échantillonnage de 165 individus pour les cinq localités d'étude a été réalisé. Ces individus étaient récoltés à l'aide d'une machette au ras de la tige, dans différentes touffes dispersées sur le site, ensuite rassemblés et ramenés à un endroit préparé au préalable pour la collecte des variables qualitatives et quantitatives. Quant aux fruits, ils ont été récoltés sur quelques plantes dans deux localités où ils étaient disponibles, à savoir Mode et Hondol et ramenés à l'Unité de Génétique et Amélioration des Plantes (UGAP) du Département de Biologie et Physiologie Végétales (DBPV) de la Faculté des Sciences (FAS) de l'Université de Yaoundé I (UYI) pour la prise des paramètres.

Au total, 27 variables ont été étudiées suivant la description de Milne Read, (1952). 13 caractères qualitatifs (couleur, aspect et forme du pétiole ; couleur, aspect et forme du limbe ; couleur, aspect et forme du fruit ; couleur, aspect et forme de la graine et le nombre de graines par fruit ; position des nervures secondaires) et 14 caractères quantitatifs (longueur et diamètre au collet du pétiole ; longueur, largeur et nombre de nervures secondaires du limbe ; surface foliaire ; hauteur ; diamètre et poids du fruit) ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse et d'un mètre ruban, calculés et enregistrés pour des analyses ultérieures.

II.2.3.2. Caractérisation qualitative

Treize caractères qualitatifs ont été évalués (Tableau VIII) sur cinq organes (pétiole, limbe, fleur, fruit et graine).

Tableau VIII. Caractères qualitatifs et méthodes d'évaluation

Caractères	méthodes
Couleur du pétiole	Observation directe
Indument du pétiole	Observation directe
Forme du pétiole	Observation directe
Couleur du limbe	Observation directe
Indument du limbe	Observation directe
Forme du limbe	Observation directe
Couleur du fruit	Observation directe
Indument du fruit	Observation directe
Forme du fruit	Observation directe
Couleur de la graine,	Observation directe
Indument de la graine	Observation directe
Forme de la graine	Observation directe
Couleur de la fleur	Observation directe
Type d'inflorescence	Observation directe

II.2.3.2.1. Observation des caractères du pétiole

Trois caractères ont été observés sur le pétiole à savoir : la couleur, l'aspect, et la forme. Ainsi, ces derniers ont été observés minutieusement à l'œil nu directement sur le terrain et les images ont été prises à l'aide d'un appareil photo pour description ultérieure.

II.2.3.2.2. Observation des caractères du limbe

Quatre caractères dont la couleur, l'aspect, la forme du limbe ainsi que la position des nervures secondaires ont été minutieusement observés à l'œil nu sur le terrain et à l'UGAP, les images ont été prises à l'aide d'un appareil photo pour description ;

II.2.3.2.3. Observation des caractères du fruit

Trois caractères dont la couleur, l'aspect et la forme du fruit ont été minutieusement observés à l'œil nu au sein de l'UGAP de l'Université de Yaoundé I pour description. Ces caractères ont été collectés sur un échantillonnage de 60 fruits, cueillis sur différents pieds dans les deux sites (Hondol et Modè) ou ils étaient disponibles, soit 30 fruits par site et mélangés selon la méthode rapportée par (Amyotte, 1996).

II.2.3.2.4. Observation des caractères de la graine

Trois caractères dont la couleur, l'aspect et la forme de la graine ont été minutieusement observés à l'œil nu. Les images ont été prises pour description. Ces derniers sont obtenus au préalable par dénichement des fruits récoltés et ramenés au sein de l'UGAP avec 30 répétitions pour les graines de chacune des deux localités (Hondol et Modè).

II.2.3.3. Caractérisation quantitative

Quatorze variables quantitatives ont été évaluées (Tableau IX) sur quatre organes (pétiole, limbe, fruit et graine)

Tableau IX. Tableau Variables quantitatives et méthodes d'évaluation

Variables	Méthode d'évaluation
Longueur du pétiole	Mensuration à l'aide d'un mètre ruban de la base à l'apex
Diamètre au collet	Mensuration avec le pied à la base du collet du pétiole
Longueur du limbe,	Mensuration avec un mètre ruban de la base à l'apex
Largeur du limbe	Mensuration avec un mètre ruban sur la partie la plus évasée
Nbre de nervures secondaires	Décompte manuel
Surface foliaire ;	$L \times l$ (fc)
Longueur du fruit	Mensuration avec un pied à coulisse de la base à l'apex
Diamètre du fruit	Mensuration avec un pied à coulisse sur la partie médiane
poids du fruit	Pesé à d'une balance sensible
Longueur de la graine	Mensuration avec un pied à coulisse de la base à l'apex
Largeur de la graine	Mensuration avec un pied à coulisse sur la partie médiane
Epaisseur de la graine	Mensuration avec un pied à coulisse
Nbre de fruits par inflorescence	Décompte manuel
Nombre de graines par fruit	Décompte manuel

II.2.3.3.1. Mensuration des variables du pétiole

Deux variables ont été mesurées à savoir :

- longueur du pétiole : elle a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban, du bas de la tige (collet) jusqu'au bout (apex), les données exprimées en m sont enregistrées dans un bloc-notes pour analyse.
- diamètre au collet : il a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse, les données ont été également enregistrées en mm dans le même bloc-notes pour analyse (Fig. 15).



Fig. 15. Mensuration des paramètres quantitatifs du pétiole (a) : longueur ; (b) : diamètre au collet

II.2.3.3.2. Mensuration des variables du limbe

Quatre variables ont été mesurées à savoir :

- longueur du limbe : elle a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban, de la base à l'apex et les données ont été enregistrées en cm pour analyses ;
- largeur du limbe : elle est également mesurée à l'aide d'un mètre ruban et sur la partie la plus évasée (N'dri, 2021) de ce dernier et les données ont été enregistrées en cm pour analyses. (Fig. 16) ;
- surface foliaire : elle a été calculée selon la formule décrite par Mambani (1980) et exprimée en cm^2 , $SF = LI(fc)$
- nombre de nervures secondaires : il a été déterminé par comptage manuel et minutieux à l'aide d'un marqueur qui permettait de cocher ces dernières afin d'éviter de sauter ou de répéter une nervure. (Fig. 16)



Fig. 16. Mensuration des paramètres quantitatifs du limbe (a) : longueur ; (b) : largeur ; (c) : nervures secondaires

II.2.3.3.3. Mensuration des variables du fruit

Selon la méthode rapportée par Mpemboura, (2022), Trois variables ont été mesurées à savoir :

- la longueur du fruit : elle a été mesurée au sein de l'UGAP à l'aide d'un pied à coulisse, partant de la base au point d'attache du fruit. Les données ont été enregistrées en mm pour analyses ;
- le diamètre du fruit : il a également été mesurée au sein de l'UGAP à l'aide d'un pied à coulisse, au niveau de la partie médiane du fruit (Mpemboura, 2021). Les données ont été enregistrées en mm pour analyses et ;
- le poids du fruit : il a été mesuré à l'aide d'une balance sensible de marque au sein de l'UGAP (Fig. 17). Les données ont été enregistrées en g pour analyses.

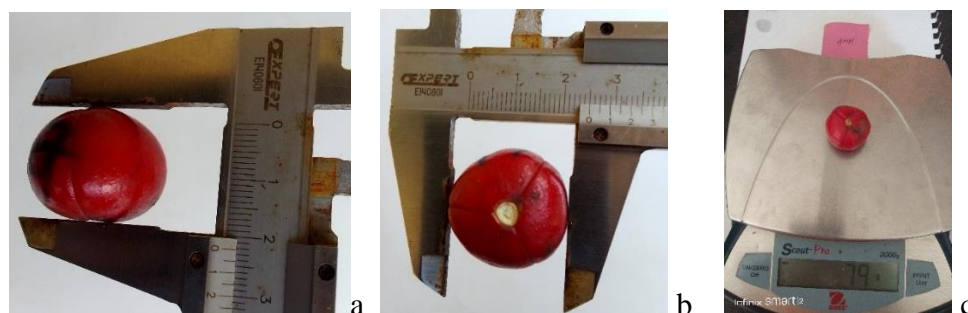


Fig. 17. Mensuration des variables du fruit. (a) : hauteur ; (b) : diamètre ; (c) : poids

II.2.3.3.4. Mensuration des variables de la graine

Quatre variables ont été mesurées au niveau de la graine à savoir :

- la longueur de la graine : elle a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse, de la base (partie située au point d'attache) au bout. Les données ont été enregistrées en mm pour analyses ;
- la largeur de la graine : elle a été de même mesurée à l'aide d'un pied à coulisse sur la partie la plus évasée de la graine. Les données ont été enregistrées en mm pour analyses ;

- l'épaisseur de la graine : elle a été également mesurée à l'aide d'un pied à coulisse sur la partie médiane de la graine (Fig. 18). Les données prises en mm ont été enregistrées pour analyses et ;
- le nombre de graines par fruit est obtenu par comptage manuel de graines sur un lot de 100 fruits et en trois répétitions. Les données ont été enregistrées



Fig. 18. Mensuration des variables de la gaine ; (a) : longueur ; (b) : largeur ; (c) : épaisseur

II.2.4. Analyse de la variabilité phénotypique au sein de *Megaphrynium macrostachyum*

La variabilité phénotypique est évaluée à partir de l'analyse des caractères phénotypiques (variables qualitatives et quantitatives) observés et mesurés sur un ensemble d'individus. Après la caractérisation des 165 individus au cours du deuxième objectif spécifique, les données collectées (13 caractères qualitatifs et 14 quantitatifs) ont été soumises à des analyses statistiques et multivariées.

Parlant des analyses statistiques, les données ont été saisies sur le tableur Excel 2016 du logiciel R. version 3.4.1 , puis soumises à une analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5 %. Si P inférieur à 0,05, les données sont soumises à un test non paramétrique de comparaison de moyennes (test de Kruskal-wallis) afin de déterminer les groupes statistiquement distincts. .

De même, la variabilité phénotypique des accessions récoltées a été appréciée par l'Analyse en Composantes Principales (ACP), la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et les Coefficients de Variation (CV). L'ACP a été réalisé grâce au package Factor-Miner du logiciel R, pour faire ressortir les différentes similarités existantes entre les variables étudiées. Il a aussi permis de voir comment se répartissent les accessions sur les deux premières composantes en réalisant un graphique de type BI-plot. La CAH a été réalisée pour ressortir les groupes phénotypiques possibles sur la base des variables quantitatives. Les CV ont également permis d'apprécier la variabilité des individus pour les paramètres quantitatifs étudiés. La matrice de corrélation phénotypique a été faite grâce au package

Psych. par la fonction pairs panels, pour voir s'il existe les corrélations entre les différents caractères étudiés (r).

II.2.5. Etude des voies de multiplication de *Megaphrynium macrostachyum*

II.2.5.1. Etude de la multiplication par graine

D'après la méthode utilisée par Ngamma (2007), la multiplication générative de *M. macrostachyum* se fait à travers la germination des graines mises en terre. Ces dernières ont été obtenues des fruits cueillis en forêt sur des individus faisant partie de l'échantillonnage de la localité de MODE. Après dénichement des fruits, les graines sont extraites et séchées à l'aire libre pendant trois jours avant leur mise en terre (Fig. 19).



Fig. 19. Préparation des graines de *M. macrostachyum*. (a) : fruit déniché ; (b) : graines extraites du fruit ; (c) : graines séchées.

Les travaux de terrain ont débuté au préalable par le nettoyage d'un site au mois de Février 2021 dans la localité de Modè par Ngog-mapubi (ZAE 4). Par la suite, nous avons procédé au piquetage à travers la matérialisation des points de semis à l'aide des petits jalons avec des écartements de 50 x 25 cm en interlignes et dans les lignes. Le semis est effectué au mois de Mars, après les premières pluies, une graine a été semée à 3 cm par poquet et couverte d'une mince couche de terre dans un dispositif expérimental classique en alpha lattis de 6 x 10 lignes, avec trois répétitions (Fig. 20)

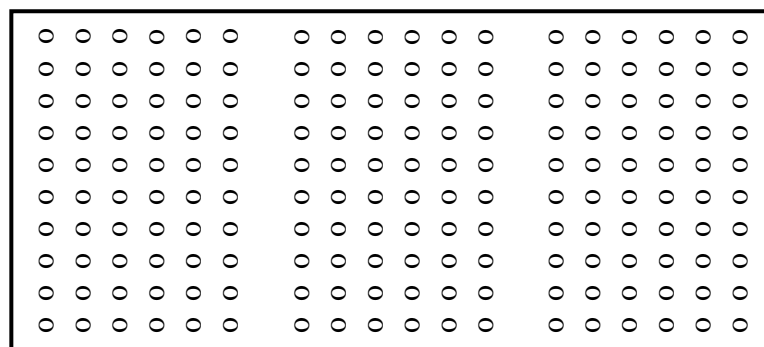


Fig. 20. Dispositif expérimental de l'essai de multiplication de l'espèce

L'appréciation du développement des plantules de l'espèce a été faite grâce aux observations phénotypiques et la mesure des paramètres de croissance, de la germination jusqu'à l'âge de 12 mois. A cet effet, deux types de données ont été évaluées sur un échantillonnage de 33 plants choisis au hasard selon la méthode de Amyotte (1996) au cours de nos expériences à savoir les données en rapport avec la germination : - la durée de latence, la durée de germination et le taux de germination.

- la durée de latence : aussi appelée le délai de germination est le temps écoulé entre la date de semis et celle de la première germination ;

- la durée de la germination : est le temps écoulé entre la première germination et la dernière ;

- le taux de germination : il est obtenu par le rapport du nombre de graines germées durant un temps défini (durée de l'essai) sur le nombre de graines semées.

Enfin, les données ont été enregistrées en rapport avec la croissance des plants au jardin :

- le diamètre au collet : considéré comme indice de vigueur, il a été mesuré toutes les deux semaines à l'aide d'un pied à coulisse sur les 33 plants retenus comme échantillons ;

- la longueur des plants : elle est évaluée de la même manière à l'aide d'un mètre ruban, à partir du collet jusqu'au bout du limbe ; le nombre de pétioles par touffe évalué par comptage manuel ;

- le nombre de pousses par touffe : il a été déterminé par comptage manuel pour chaque touffe de nos 33 échantillons et ;

- la surface du limbe ; elle est évaluée sur les 33 plants retenus comme échantillons selon la formule rapportée par Ngama (2007). La mesure de cette dernière a été estimée 12 mois après semis.

$$SF = (Ll)fc \text{ où } SF : \text{ surface foliaire (limbe) (cm}^2\text{)}$$

$$L = \text{longueur du limbe (cm)} ; l = \text{largeur du limbe (cm)} ; fc = \text{facteur de correction}$$

II.2.5.2. Etude de la multiplication végétative

L'étude de la multiplication végétative s'est effectuée par la description des marqueurs architecturaux d'une part, et par un essai de bouturage d'autre part dans le même site et selon le même dispositif expérimental.

II.2.5.2.1. Descriptions des marqueurs architecturaux

Parlant de la description des marqueurs architecturaux, nous avons procédé par dessouchage des plantes avec leurs rhizomes à l'aide d'un plantoir dans leur milieu écologique où l'étude a été menée (Fig. 21). Ainsi, l'orientation des axes, le fonctionnement des

méristèmes, la ramification et la chronologie de développement ont été observés et décrits à l'Unité de Génétique et Amélioration des Plantes par une équipe de spécialiste en botanique.



Fig. 21. Matériel souche de *M. macrostachyum*.

II.2.5.2.2. Essai de bouturage

Quant à l'essai de bouturage, les rhizomes ont été sectionnés en fragments ayant au minimum 2 à 3 nœuds pourvus de racines (Fig. 22). Les racines sont taillées modérément à environ 3cm de façon à permettre une bonne reprise (Ngama, 2007), pour leur mise en développement dans les mêmes conditions que les graines. La position horizontale du rhizome est ajustée de façon à ce que les bourgeons situés sur chaque nœud soient positionnés vers le haut de façon à ne pas compromettre la levée (Ngama, 2007).



Fig. 22. Fragment de rhizome de *M. macrostachyum*.

L'appréciation de la multiplication par bouturage a été faite par la détermination de deux paramètres de reprise à savoir : le temps et le taux de reprise. De même, quatre paramètres

de croissance ont été évalués à savoir : la longueur des plantes, le diamètre au collet, le nombre de pétioles par touffe et la surface foliaire.

L'entretien des parcelles a suivi durant l'essai avec le désherbage. Ce dernier a consisté à l'enlèvement des mauvaises herbes au début et en pleine croissance à la main et à l'aide d'une houe dans les interlignes et les lignes de semis. Au début, deux séances par mois en saison pluvieuse étaient effectuées pour briser le cycle de reproduction des mauvaises herbes. En saison sèche, une séance par mois était suffisante. Une plantation ne reprend pas à 100 %. On se rend compte du fait qu'un plant ait repris lorsqu'il est pourvu d'un point végétatif en voie de développement, à tout moment, les plants meurent (Delhay, 1968).

II.2.6. Analyse des données

A l'issue des différentes méthodes utilisées au cours de ces travaux, toutes les données collectées ont été analysées grâce aux logiciels R. version 3.4.1. et SPSS « Statistical Package for Social Sciences »

Les données obtenues ont été analysées en utilisant la statistique descriptive (moyenne, pourcentage etc.) grâce au logiciel SPSS « Statistical Package for Social Sciences » et présentées sous forme de tableaux et figures. La validation des informations est faite sur la base des pourcentages des réponses. La Fréquence des citations (FC) pour chaque catégorie d'usage s'obtient à partir de la formule :

$$FC = (\text{nombre de citations de l'usage} / \text{nombre total de répondants}) \times 100. \text{ (Sina et al, 2019)}$$

Parlant des variables quantitatives, les données collectées ont été saisies sur le tableur Excel 2016, puis soumises à une analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5 %. Si p inférieur à 0,05, les données sont soumises à un test non paramétrique de comparaison de moyennes (test de Kruskal-wallis) afin de déterminer les groupes statistiquement distincts. La variabilité phénotypique des accessions récoltées a été appréciée par l'ACP, la CAH et les corrélations entre variables étudiées. L'ACP a été réalisé grâce au package Factor-Miner, pour faire ressortir les différentes similarités existantes entre les variables étudiées. Il a aussi permis de voir comment se répartissent les accessions sur les deux premières composantes en réalisant un graphique de type BI-plot. La CAH a été réalisée pour ressortir les groupes phénotypiques possibles sur la base des variables quantitatives. Les CV ont également permis d'apprécier la variabilité des individus pour les paramètres quantitatifs étudiés. La matrice de corrélation a été faite grâce au package Psych. par la fonction pairs panels, pour voir s'il existe les corrélations entre les différents caractères étudiés. Une appréciation du développement des

jeunes plantes vis-à-vis de leur nouveau milieu a été faite par des observations phénotypiques durant leur évolution, en fin une analyse statistique descriptive a permis d'apprécier les paramètres biologiques de croissance de la longueur et le diamètre du fruit.

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. Résultats

III.1.1. Perceptions communautaires sur l'exploitation de *M. macrostachyum*

III.1.1.1. Maillons de la chaine d'exploitation des feuilles de *M. Megaphrynium*

Les résultats montrent que les exploitants des feuilles de *M macrostachyum* se regroupent dans quatre maillons à savoir : les paysans récolteurs, qui sont majoritairement les femmes (62%) et les hommes (38%), les acheteurs grossistes (17 %), les acheteurs détaillants (47 %) et des acheteurs utilisateurs (ménagères) (65 %). (Fig. 23).

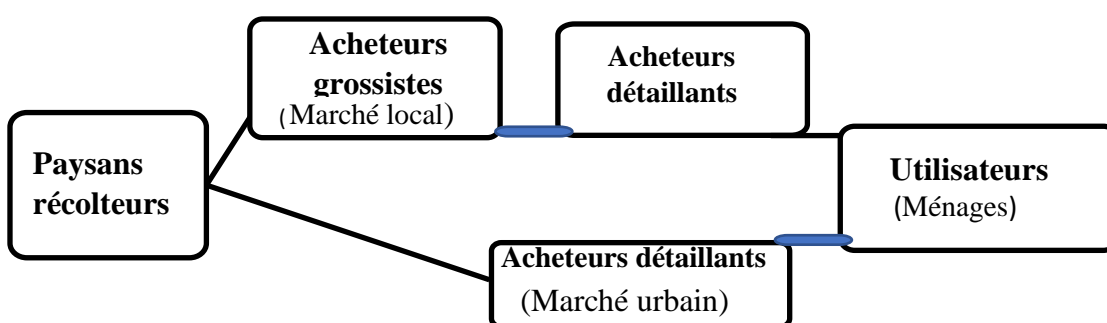


Fig. 23. Maillons de la chaine de distribution des feuilles de *M. macrostachyum*

III.1.1.2. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Il ressort de ces enquêtés que la gent féminine est plus impliquée dans la filière feuilles de *M. maacrostachyum* (51,96%) par rapport aux hommes (48,04%). L'âge des acteurs majoritairement impliqués dans la filière est compris entre 25 et 30 ans (59,59%), suivi de ceux allant de 30 ans et plus (33,33%) et en dernier ceux compris entre 20 et 25 ans (9,09%). Leur statut matrimonial indique qu'ils sont plus des célibataires (48%) ; mariés (34%) ; veuves (14%) et divorcés (1%). Leur niveau d'études est le secondaire (47%) ; le primaire (46%) et le supérieur (5%). Ces marchands sont essentiellement des détaillants (58,60%) et grossistes (37,40%) et 4% sont en même temps grossistes et détaillants, ils mènent principalement comme activités le commerce (68,04%) et la cueillette (31,96%) (Tableau X).

Tableau X. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Variabes	Modalités	Proportions (%)
Genre	Masculin	48,04
	Féminin	51,96
Statut matrimonial	Célibataire	43
	Marié	34
	Veuf/ Veuve	14
	Divorcé	01
Age	20 – 25	9,09
	25 – 30	59,59
	30 et +	33,33
Cathégorie de marchand	Détaillant	58,60
	Grossiste	37,40
	Grossiste et Détaillant	4
Niveau d'études	Pas d'études	02
	Primaire	46
	Secondaire	47
	Supérieur	05
Activité principale	Commerce	68,96
	Cueillette	31,04

III.1.1.3. Usages socioéconomiques

Les enquêtes ont montré que la feuille de *M. macrostachyum* est utilisée dans cinq domaines sociaux, que sont par ordre d'importance, les domaines : alimentaire (99 %), médicamenteux (61,85 %), artisanal (13,40 %), de construction (3,09 %) et décoration (2,06 %) (Fig. 24).

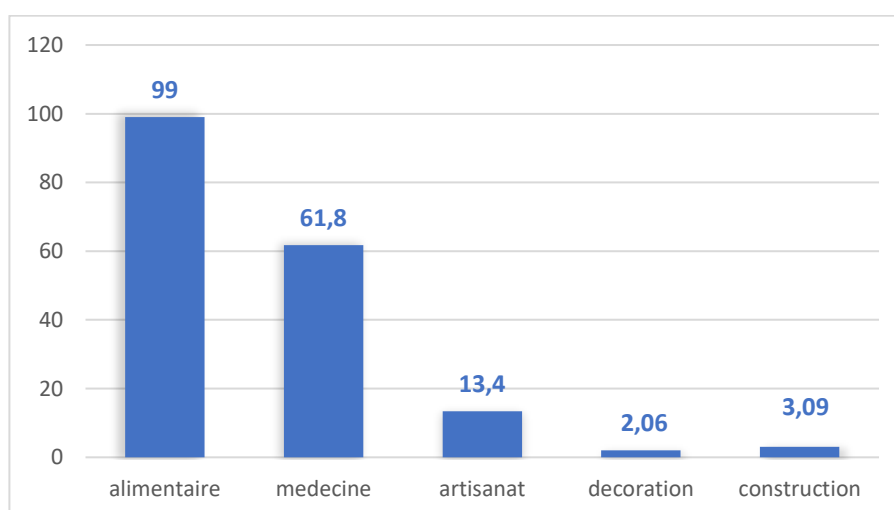


Fig. 24. différents usages sociaux des feuilles de *M. macrostachyum*

Il ressort de ces enquêtes que les revenus générés par la vente des feuilles de *M. macrostachyum* sont utilisés pour : l'épargne (69,47 %) ; la ration (62,10 %) ; la santé (34,73 %) ; la scolarité (30,52 %) ; le loyer (26,31 %) et autres (9,47 %) (Fig. 25).

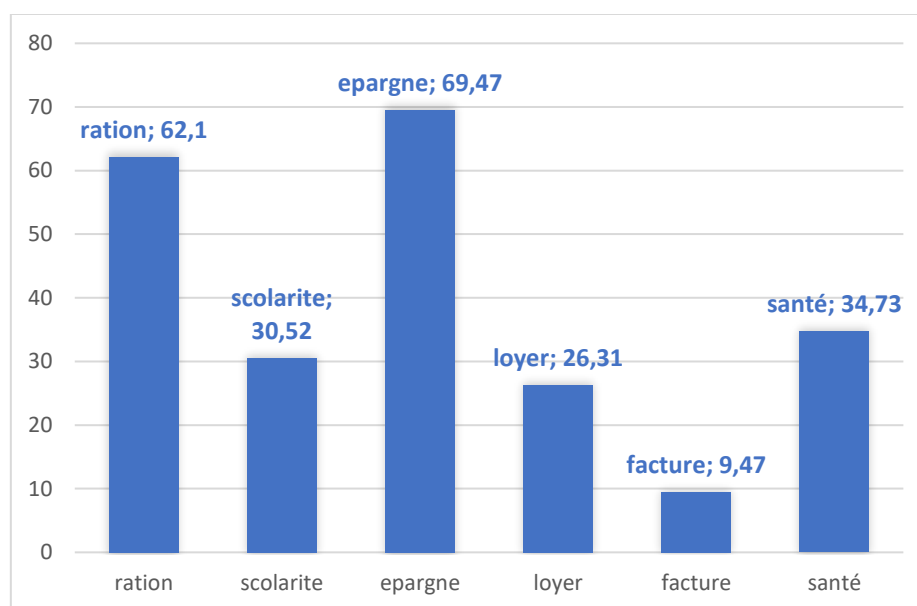


Fig. 25. Domaines d'usage des revenus de la vente de *M. macrostachyum*

La vente des feuilles de *M. macrostachyum* s'effectue sous formes de paquets appelés bottes dont le nombre de feuilles varie de 10 à 70 avec une moyenne de 57 feuilles par botte. Le prix d'achat minimal d'une botte est de 100 F CFA et celui maximal de 500 F CFA avec une moyenne de 147 F CFA, contre un prix de revente minimal de 150 F et maximal de 1000 F avec une moyenne de 246 F CFA. Le gain généré par botte vendu allant de 50 F CFA à 500 F CFA avec une moyenne de 211, 1 F CFA (Tableau XI) et l'activité est à 99 % rentable d'après les enquêtes.

Tableau XI. Prix moyens d'achat, vente et gains des feuilles de *M. macrostachyum*

Activité	Achat	Revente	Gain
Prix (F CFA)			
Minimal	100	100	50
Maximal	500	1000	500
Moyen	147	246	211,1

Dans la chaîne d'exploitation des feuilles de *M. macrostachyum*, le premier maillon (récolteurs) est essentiellement constitué des jeunes femmes (84,15%) ; des jeunes hommes (54,45%) ; des femmes âgées (34,65%) et des hommes âgés (17,82%) (Fig. 26).

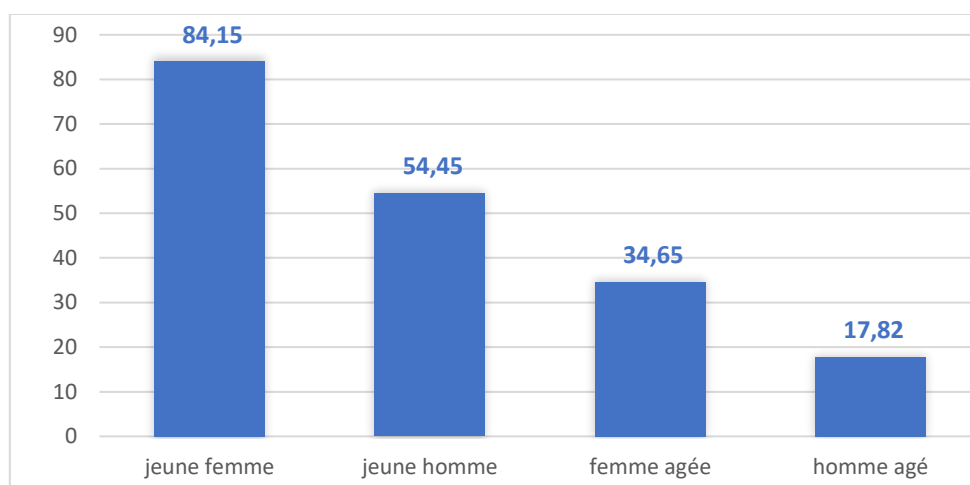


Fig. 26. Types de fournisseurs des feuilles de *M. macrostachyum*

Les principales zones d'approvisionnement des feuilles de *M. macrostachyum* étant les zones : Basa'a (55,31%) ; Bulu (24,46%) ; Eton (24,46%) et Ewondo (8,51%) (Fig. 27).

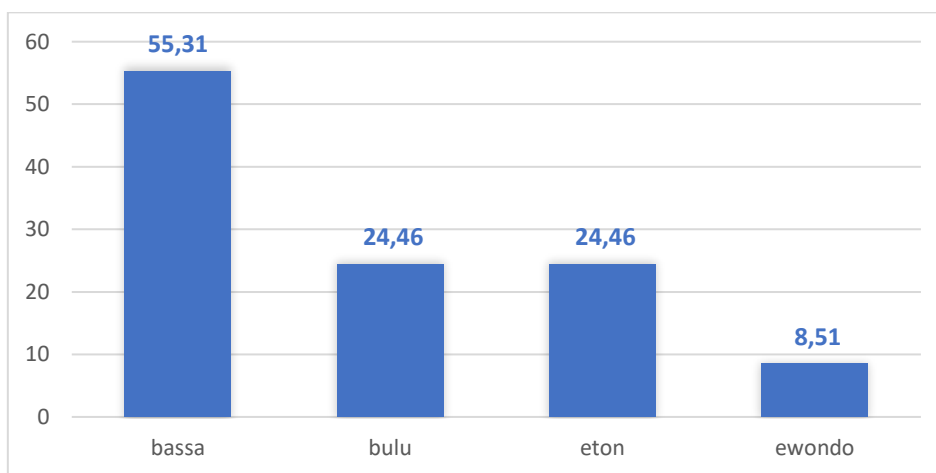


Fig. 27. Zones d'origines des feuilles de *M. macrostachyum*

Les difficultés rencontrées dans la filière par des acteurs sont : le transport (48,23%) ; le pourrissement des feuilles (27,06%) ; l'assèchement des feuilles (15,30%) et la rareté des feuilles en brousse (9,41%) (Fig. 28).

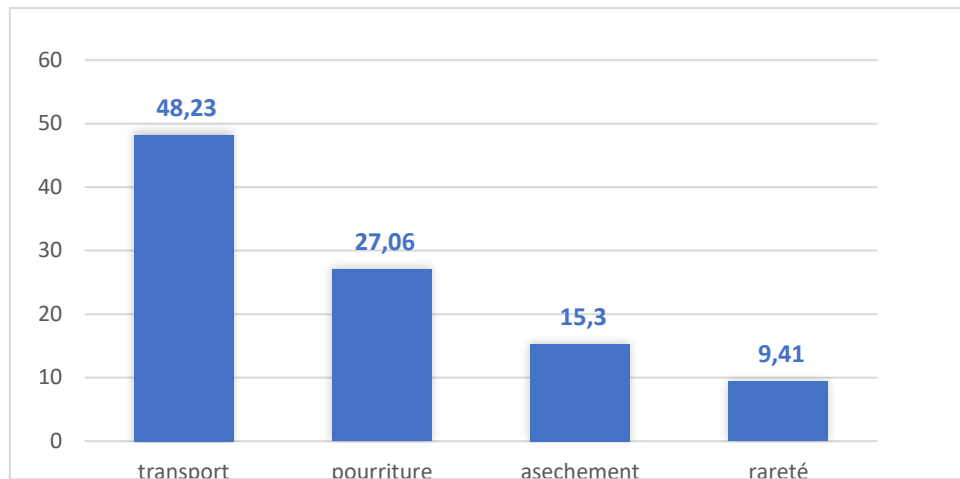


Fig. 28. Difficultés de la filière feuilles de *M. macrostachyum*

Il ressort que la commercialisation des feuilles de *M. macrostachyum* se fait de manière journalière (56%) ; hebdomadaire (33%) et mensuelle (11%) et s'effectue plus en saison sèche (61%), à toute saison (27%) et moins en saison pluvieuse (12%). Les 102 enquêtés dans la chaîne d'exploitation des feuilles de *M. macrostachyum* ont été repartis ainsi qu'il suit : 54 dans la Région du Centre et 48 dans celle du Littoral Cameroun ; soit 40 dans la ville de Yaoundé, 36 à Douala, 12 à Edéa et 14 à Boumnyebel (Tableau XII). Le (Tableau XIII) ressort la comparaison de quelques variables par ville.

Tableau XII. Nombres de vendeurs enquêtés par localités

Régions	Localités	Marchés	Nbre ind enquêtés	Total
CENTRE	YAOUNDE 40	Mvog-Atangana-Mballa	12	102
		Mokolo	14	
		Essos	6	
		Ekounou	3	
	BOUMNYEBEL 14	Parking	12	
		Petit marché	2	
LITTORAL	DOUALA 36	Syncatex Ndokoti	14	
		Gare Newbell	11	
		Marché des Chèvres	6	
		Marché des palmiers	5	
	EDEA 12	Grand marché	14	
		Petit marché	11	

Tableau XIII. Comparaison de quelques variables par ville

Villes		Yaoundé	Douala	Edéa	Boumnyebel
Prix (F CFA)					
Nombre d'enquêtés	Nombre :	40	36	12	14
	(%) :	39,21	35,29	11,76	13,72
Activité principale (%)	Com :	97,5	66,7	41,7	21,4
	Cul :	2,5	33,3	58,3	78,6
Nature exploitant (%)	Rct :	30	55,5	58,33	85,71
	Rvd :	70	44,5	41,67	14,29
Type de commerçant (%)	Det :	69,2	57,14	63,64	42,86
	Grs :	20,5	42,86	36,36	57,14
	Deg :	10,3	00	00	00
Prix moyen (F CFA)	Ach :	198,07	84,37	110	87,5
	Vnt :	366,21	180,85	155,88	130
Nombre moyen de feuilles par paquet		41	66	59	58

Com=commerce ; cul=cueillette ; Rct=récolteur ; Rvd=revendeur ; Det=détaillant ; Grs=grossiste ; Deg= détaillant et grossiste ; Ach=achat ; Vnt=vente

III.1.2. Phénologie reproductive

III.1.2.1. Morphologie de la fleur

Les observations de terrain ont montré que la fleur chez *M. macrostachyum* est de couleur jaunâtre ou blanc-violacée. Elle est hermaphrodite (bisexuée) et trimère, c'est-à-dire porte 3 sépales libres et 3 pétales soudés en un tube à la base. Elle résulte de l'épanouissement d'un bouton secondaire qui se présente sous forme d'épis, lui-même résultant de l'éclatement d'un bouton principal émis latéralement sur le pétiole et formant l'inflorescence (grappe) (Fig. 29).



Fig. 29. Morphologie de la fleur chez *M. macrostachyum*. (a) : fleur jaunâtre ; (b) : fleur blanche-violacée

III.1.2.2. Période de floraison et pourcentages d'individus fleuris et fructifiés

Chez *M. macrostachyum*, la période de floraison ne varie pas en fonction des zones agroécologiques. Néanmoins, elle connaît un léger décalage temporel entre les deux ZAE, elle va de mi-Mai à Juin dans la zone IV (Ebombe) et du début Juin à juillet dans la zone V (Modè). Quant au pourcentage de floraison, on note une variation entre les deux zones agroécologiques, la zone IV avec le taux le plus élevé (81,81 %) et la zone V avec le moins élevé (75,75 %). Quant à la fructification, on note une légère variation entre les deux zones, cette fois-ci la zone V avec au taux supérieur (84 %) contre (81,48 %) pour la zone IV (Tableau XIV).

Tableau XIV. Période, pourcentage de floraison et de fructification de *M. macrostachyum* en fonction des localités.

Zone	localité	PFl	IE	IFl	Taux (%)	IFr	Taux (%)
IV	Ebombe	Mai-Juin	33	27	81,81	22	81,48
V	Modè	Juin-Juillet	33	25	75,75	21	84

PFl : Période de floraison, IE : Individus étudiés ; IFl : Individus fleuris ; IFr : Individus fructifiés ; % : pourcentage

III.1.2.3. Durée de maturation de l'inflorescence chez *Megaphrynium macrostachyum*

Chez *M. macrostachyum*, la durée de maturation de l'inflorescence varie en fonction des individus de la même localité et dure entre 21 et 28 jours. Par contre, elle ne varie pas en fonction des zones agroécologiques (Tableau XV).





Tableau XV. Durée de maturation de l'inflorescence de *M. macrostachyum* en fonction des zones





Localités	Durée de maturation de L'inflorescence
Ebombe	21 – 28
Mode	21 - 28

III.1.2.4. Caractéristiques des phénophases chez *Megaphrynium macrostachyum*

Au total, 8 stades de phénophases reproductrices ont été enregistrés dont 4 au cours de la floraison et 4 pendant la fructification (Tableau XVI). Au cours de la floraison, les boutons initiés sur le pétiole (fl1) débourent sous forme d'épis principal ; ce dernier éclate et devient la véritable inflorescence ramifiée en plusieurs boutons floraux secondaires (fl2), le troisième stade (fl3) se caractérise par le pic de développement floral avec l'ouverture de plus 50 % des boutons floraux en véritables fleurs ; enfin, le dernier stade floral est celui de la sénescence florale (fl4) qui traduit la chute des étamines suite à la fécondation. En ce qui concerne les stades de fructification, la nouaison (fr1) se matérialise par un léger gonflement de l'ovaire fécondé (couleur rouge-violacée) et dépourvu totalement des autres pièces florales. Ce premier stade est suivi de celui des jeunes fruits (fr2) chez qui la forme du fruit s'individualise et ces derniers virent du vert-jaunâtre au vert clair selon leur évolution. Le troisième stade est celui du fruit développé (fr3), et correspond à l'accroissement maximal du diamètre et de la longueur du fruit avec comme moyennes respectives ($21,98 \pm 1,25$ mm) et ($18,10 \pm 1,65$ mm) et ayant une couleur vert-nuit ou vert-sombre. Enfin, le dernier stade est celui du fruit mûr (fr4) caractérisé par un fruit à couleur passant du vert-nuit au marron, puis au rouge vif. L'analyse de variance a montré que les dimensions (longueur et diamètre) des fruits ne varient pas significativement d'une zone à l'autre ($p > 0,05$) pour chaque intervalle de temps. Par contre, les moyennes de la longueur et du diamètre diffèrent significativement d'un stade de développement au stade consécutif.

Tableau XVI. Caractéristiques des stades phénologiques de *M. macrastachyum*.

Stades phénologiques	codes	Structures	Description	Période	
				Ebombe	Modè
Débourrement de l'épis principal	F11		Emission du bouton floral principal sous forme d'épis sur la partie supérieur du pétiole	Mai	Juin
Epanouissement de l'épis principal	F12		L'épis éclate en sortant de son écaille étant déjà ramifié en plusieurs boutons floraux secondaires alternes le long de l'inflorescence côtés de l'inflorescence	juin	Juin
Epanouis des épis secondaires	F13		Les boutons floraux secondaires s'ouvrent complètement en donnant des fleurs blanche-jaunâtres ou blanche-violâtres	juin	Juin
Sénescence des fleurs	F14		Les fleurs épanouies perdent progressivement leurs pétales (chute des pétales), signe de la fécondation de ces dernières	juin	Juin

<p>Nouaison</p>	<p>Fr1</p>		<p>L'ovaire est dépourvu totalement de tout autre organe, avec un bout légèrement gonflé et rougeâtre</p>	<p>juin</p>	<p>Juin</p>
<p>Développement du jeune fruit</p>	<p>Fr2</p>		<p>Le jeune fruit s'individualise progressivement, vire du vert-jaunâtre, vert-citron au vert clair selon son évolution</p>	<p>juillet</p>	<p>Juillet</p>
<p>Maturation du fruit</p>	<p>Fr3</p>		<p>Le fruit cesse de se développer et passe du vert-clair au vert-nuit ou vert-sombre</p>	<p>Aout</p>	<p>Aout</p>
<p>Murissement du fruit</p>	<p>Fr4</p>		<p>Le fruit mûre vert-nuit vire au marron puis au rouf-vif</p>	<p>Septembre</p>	<p>Septembre</p>

III.1.2.5. Calendrier des phénophases reproductrices de *Megaphrynium macrastachyum*

La floraison de *M. macrastachyum* s'est étalée entre la période de 15 Juin et 02 Août 2022 à Modè, soit une durée totale de 49 jours et la période de 17 Mais et 30 Juin à Ebombe, soit une durée de 45 jours. En considérant les différents stades de phénophase florale, leur durée est partout identique (7 à 9 jours) pour les stades de boutons floraux ; 03 jours pour le stade de fleurs épanouies ; aussi, le stade de fleurs sénescents qui n'a duré que 2 à 3 jours ; Par contre, le stade de fleurs initiées présente une durée élevée, 18 à 21 jours. S'agissant de la fructification, elle s'est déroulée du 25 Juin au 02 Août 2022 à Modè, soit une durée de 39 jours et la période de 06 Juin et 08 Juillet, soit une durée de 33 jours. Au total, la formation des fruits mûrs a nécessité, depuis l'initiation florale, 68 à 75 jours (2,5 mois) dans les deux zones (Tableau XVII).

Tableau XVII. Variation du calendrier des stades phénologiques dans les deux sites.

Stades phénologique	Ebombe		Modè	
	Date de Démarrage	durée (jour)	date de démarrage	durée (jour)
Épis initiés (fl ₁)	17/05/22	14 - 21	02/06/22	16 - 21
Boutons floraux (fl ₂)	02/06/22	7 - 9	16/06/22	7 - 10
Boutons épanouis (fl ₃)	09/06/22	3	23/06/22	3
Fleurs sénescents (fl ₄)	12/06/22	3	26/06/22	3
Nouaison (fr ₁)	15/06/22	3	29/06/22	3
Jeune fruit (fr ₂)	18/06/22	3	02/07/22	3
Maturité du fruit (fr ₃)	21/07/22	10-14	16/07/22	10-14
Murissement du fruit (fr ₄)	01/08/22	21-28	26/07/22	21 -25
Total		64 – 84		66 -82

III.1.2.6. Variables quantitatives du fruit en développement

D'une manière générale, le diamètre du fruit au cours de la phénologie varie de 2,5 à 24 mm avec une moyenne de $16,49 \pm 7,02$ mm. Le minimal à Ebombe est de 3 mm alors qu'il est de 2,5 mm à Modè (Tableau XVIII). Aucune différence significative n'est observée au niveau cette variable entre les deux zones (Fig. 30). Cependant, il varie au cours de son développement avec une moyenne qui va de $4,53 \pm 1,03$ mm au jour 3 à $21,18 \pm 1,25$ mm au jour 12 (Tableau XII). Une différence significative est observée à chaque stade de son développement, c'est-à-dire entre les Jours 3, 6, 9, et 12 (Fig. 31).

Pour la longueur du fruit, elle varie de 2 à 23 mm avec une moyenne de $13,03 \pm 6,31$ mm (Tableau XVIII). De même, aucune différence significative n'est observée sur cette

variable entre les deux localités (Fig. 32). Par contre, elle varie en fonction des différents stades de son développement avec une moyenne qui va de $2,98 \pm 0,81$ mm au jour 3 à $18,10 \pm 1,65$ mm au jour 12 (Tableau XVIII). Une différence significative est également observée en fonction de chaque stade de son développement (Fig. 33).

Concernant le taux de croissance quotidien de ces deux variables du fruit, il varie de 0 à 4 % pour le diamètre avec une moyenne de $1,46 \pm 1,22$ (Tableau XX). Aucune différence significative n'est observée entre les deux localités sur cette variable (Fig. 34). Par contre, elle est observée à chaque stade consécutif (Fig. 35). Quant au taux de croissance quotidien de la hauteur du fruit, il varie également de 0 à 4 avec une moyenne $1,20 \pm 1,09$. De même, pas de différence significative entre les deux localités (Fig. 36), alors qu'elle est observée à chaque stade consécutif (Fig. 37).

Tableau XVIII. Variables quantitatives du fruit en fonction du temps.

Variable		J3	J6	J9	J12	J15
Dfr	min	2,5	9,0	17	20	20
	Max	6	16	23	24	24
	Moy	$4,54d \pm 1,03$	$13,03c \pm 2,13$	$20,91b \pm 1,36$	$21,18a \pm 1,25$	$21,18a \pm 1,25$
Lfr	min	2	6	14	16	16
	Max	5	14	21	23	23
	Moy	$2,98d \pm 0,81$	$8,90c \pm 1,81$	$17,10b \pm 1,64$	$18,10a \pm 1,65$	$18,10a \pm 1,65$

Dfr : diamètre du fruit ; Lfr : Longueur du fruit ; min : minimal ; max : maximal ; moy : moyenne ; J : jour

Tableau XIX. Variables quantitatives du fruit en fonction des localités.

Variables		Ebombe	Mode
Dfr	min	3,0	2,5
	Max	24	24
	Moy	$16,5a \pm 7,02$	$16,46a \pm 7,03$
Lfr	min	2	2
	Max	23	23
	Moy	$13,05a \pm 6,30$	$13,02a \pm 6,32$

Dfr : Diamètre du fruit ; Lfr : Longueur du fruit

Tableau XX. Taux de croissance quotidienne des variables quantitatives.

Variables		J3	J6	J9	J12	J15
TCQDfr	min	0,66	1,33	0,66	0,33	00
	Max	1,66	3,00	4,00	1,33	00
	Moy	0,99c ± 0,27	1,97b ± 0,39	2,73a ± 0,67	0,33d ± 0,34	0,00
TCQLfr	min	0,83	2,00	1,33	0,33	00
	Max	2,00	3,33	4,00	1,33	00
	Moy	1,51c ± 0,34	2,83a ± 0,41	2,62b ± 0,67	0,35d ± 0,34	0,00e ± 0,00

TCQ : Taux de croissance quotidienne ; Dfr : diamètre du fruit ; Lfr : longueur du fruit ; J : jour

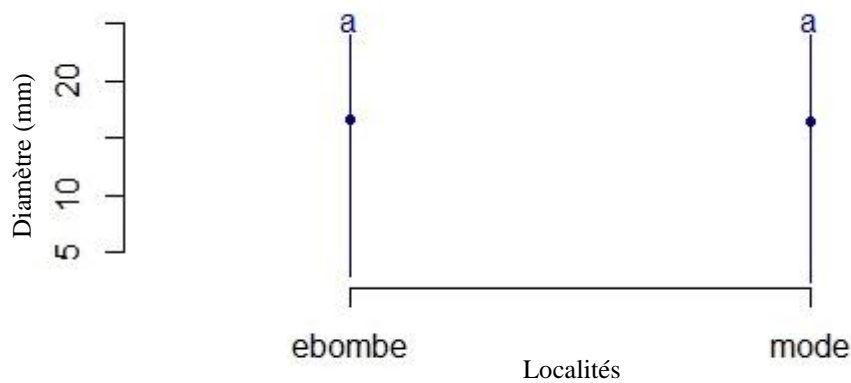


Fig. 30. Profil du diamètre du fruit en fonction de la localité

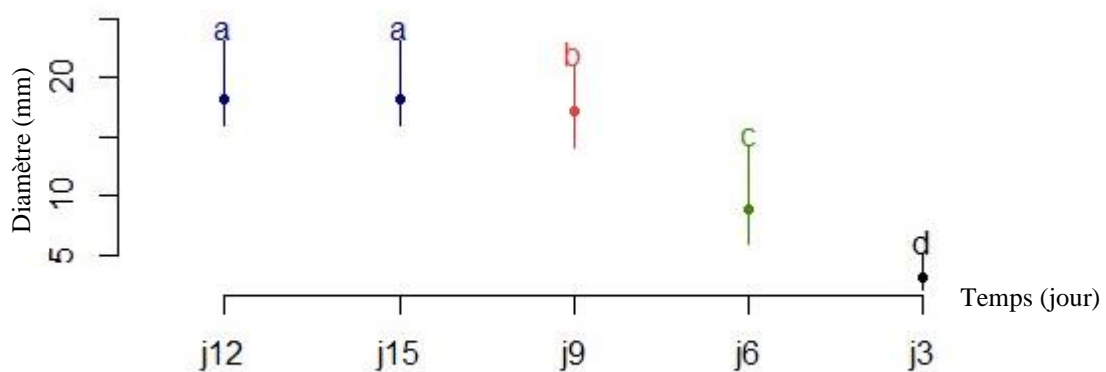


Fig. 31. Profil du diamètre du fruit en fonction du temps

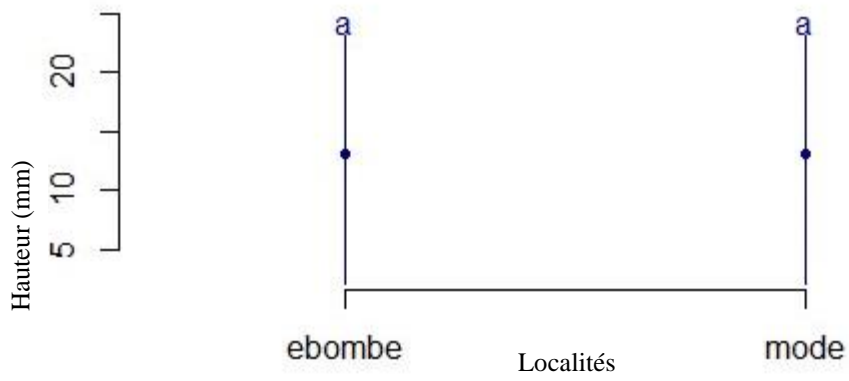


Fig. 32. Profil de la hauteur du fruit en fonction de la localité

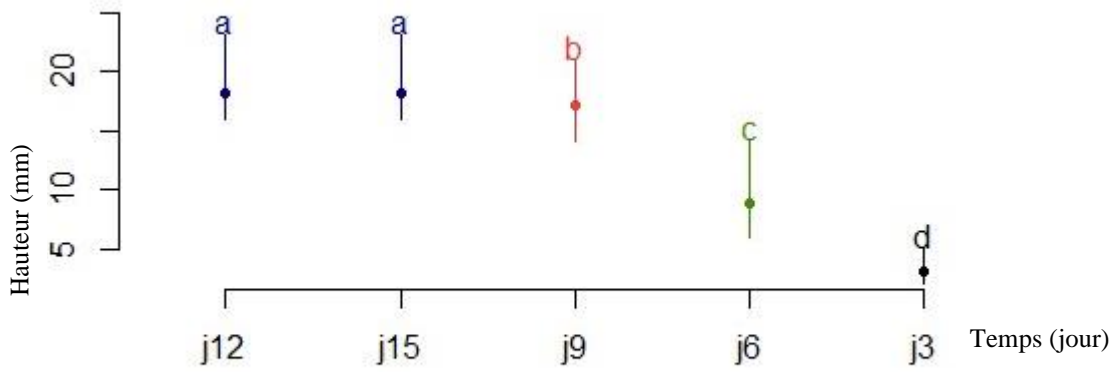


Fig. 33. Profil de la longueur du fruit en fonction du temps

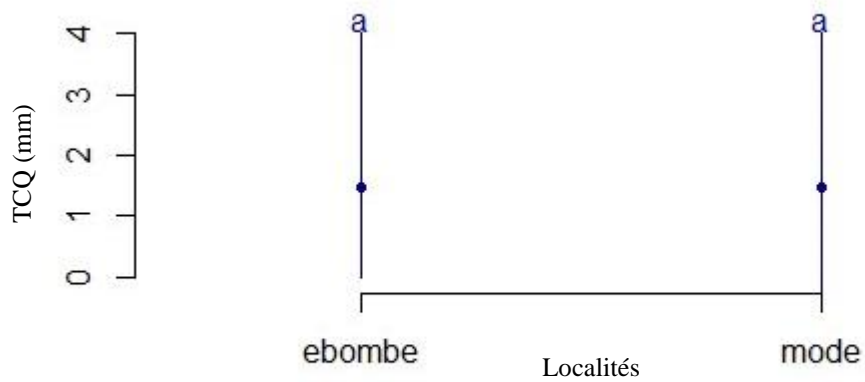


Fig. 34. Profil de croissance quotidienne du diamètre du fruit en fonction de la localité

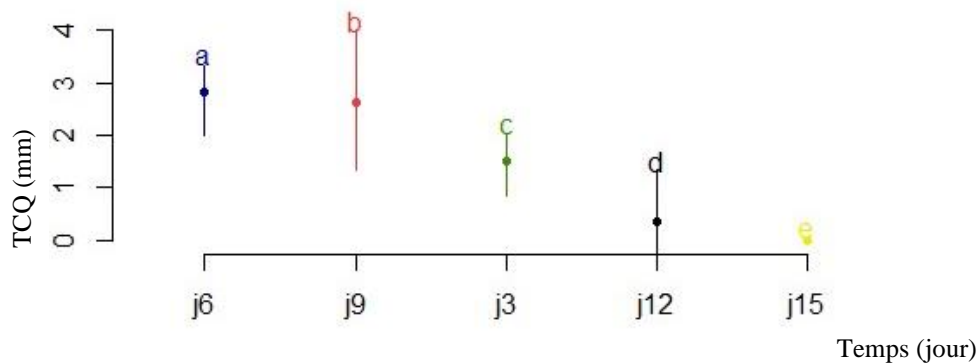


Fig. 35. Profil de croissance quotidienne du diamètre du fruit en fonction du temps

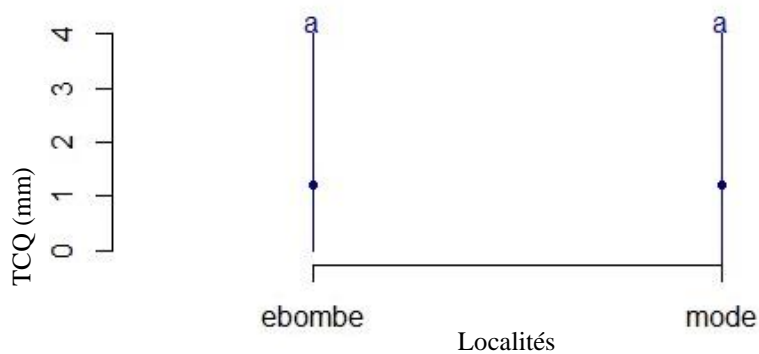


Fig. 36. Profil de croissance quotidienne de la longueur du fruit en fonction de la localité.

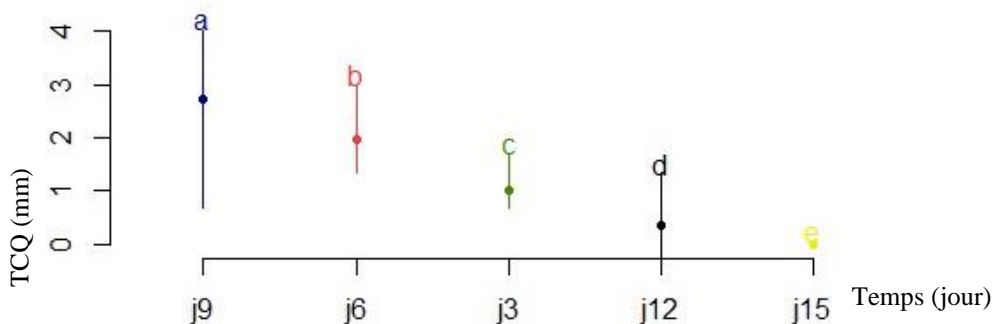


Fig. 37. Profil de croissance quotidienne de la hauteur du fruit en fonction du temps.

III.1.2.7. Corrélation phénotypique entre le diamètre et la longueur du fruit

Les analyses montrent que la croissance du fruit en longueur est proportionnelle à l'augmentation de son diamètre, d'où une corrélation positive entre le diamètre et la hauteur du fruit ($R = 0,97$), d'une part, et entre le taux de croissance de ces deux variables ($R = 0,90$) d'autre part. (Fig. 38)

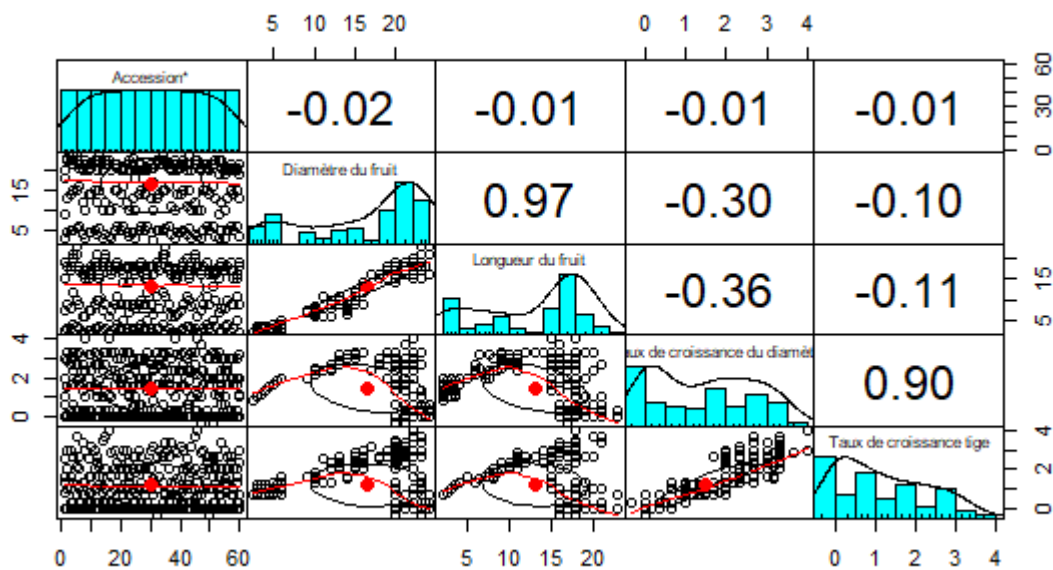


Fig. 38. Matrice de corrélation des variables quantitatives du fruit au cours de la phénologie

III.1.3. Caractères des accessions de *Megaphrynium macrastachyum*

III.1.3.1 Caractères qualitatifs

III.1.3.1.1. Couleur, indument et forme du pétiole

Pour ce qui est du caractère couleur, les observations montrent différentes couleurs du pétiole. Nous notons les pétioles : vert foncé, vert-pale, vert-citron, vert-clair, vert-jaunâtre, et marron, tous diversement tachetés. (Fig. 39). Par ailleurs, tous les pétioles sont lisses et brillants ayant la forme cylindrique (Fig. 40).

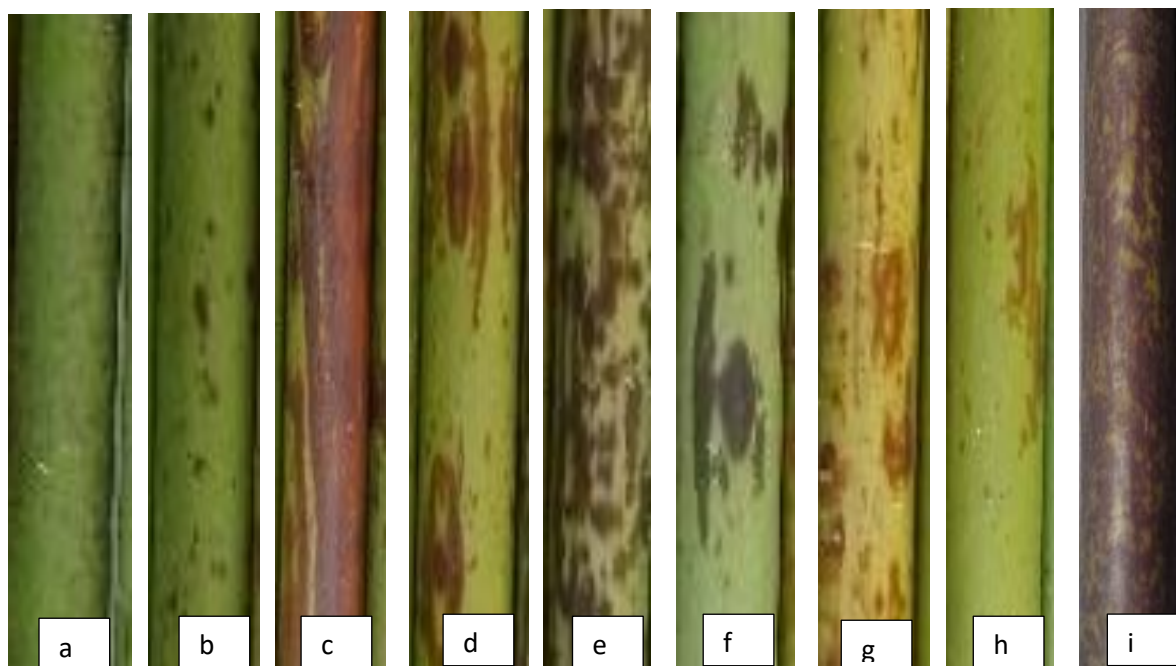


Fig. 39. Couleur et aspect du pétiole. (a) : vert foncé pointillé ; (b) : vert foncé tacheté ; (c) : marron tacheté ; (d) : vert citron tacheté ; (e) : vert mixé de marron ; (f) : vert-pale tacheté ; (g) : vert-jaunâtre tacheté ; (h) : veert-citron ; (i) : marron grisatre.



Fig. 40. Forme du pétiole.

III.1.3.1.2. Couleur, aspect et forme du limbe

Les résultats montrent différentes couleurs du limbe. Nous observons les limbes : violacé, vert-foncé, vert claire et pourpre. La face supérieure est généralement vert-foncé et celle inférieure vert-clair. A la face supérieure, les nervure sortent en sailli, et en creux sur celle inférieure. Certains limbes sont tachetés de violet sur toute la face inférieure et d'autres sur la bordure droite de ladite face allant de la base jusqu'à l'apex (Fig. 41). Concernant l'aspect du limbe, tous les limbes sont lisses sur les deux faces et sur la marge. Les nervures sortent en saillie sur la face supérieure et en creux sur celle inférieure et la nervure centrale est pourvue d'une rainure. Quant à la forme du limbe, les résultats montrent les formes : ovale, elliptique et

ovale-elliptique. Ce dernier présente une base plus ou moins arrondie et un apex pointu (aigu ou acuminé) (Fig. 42).



Fig. 41. Couleurs du limbe de *M. macrostachyum* (a) : limbe vert-violacé sur la face inférieure ; (b) : limbe vert tacheté de violet sur la bordure droite de la face inférieure ; (c) : limbe vert sombre ; (d) : limbe vert clair.



Fig. 42. Formes du limbe chez *M. macrostachyum*. (a) : limbe ovale ; (b) : limbe ovale-elliptique ; (c) : limbe elliptique.

III.1.3.1.3. Caractères du fruit

Concernant le caractère couleur du fruit, tous les fruits ont une couleur vert-foncé à l'état de maturité, marron à l'état de pré-mûrissement et rouge vif à l'état de murissement (Fig. 43). Quant au caractère forme du fruit, une seule forme observée, celle globuleuse, mais certains fruits présentent un point aplati et d'autres pointu (Fig. 44). De même pour le caractère aspect, deux types de fruits sont observés : des fruits lisses et rugueux, tous brillants et à trois lobes plus ou moins identiques (Fig. 45).



Fig. 43. Couleurs du fruit au cours de son développement chez *M. macrostachyum*. (a) : fruit mature ; (b) : fruit de pré-mûrissement ; (c) : fruit mûr.

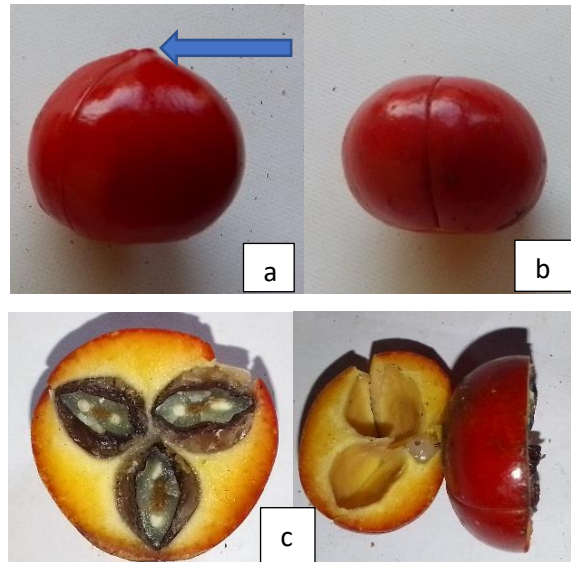


Fig. 44. Formes du fruit chez *M. macrostachyum* (a) : fruit globuleux à bout aplati ; (b) : fruit globuleux à bout pointu ; (c) : coupe transversale du fruit.

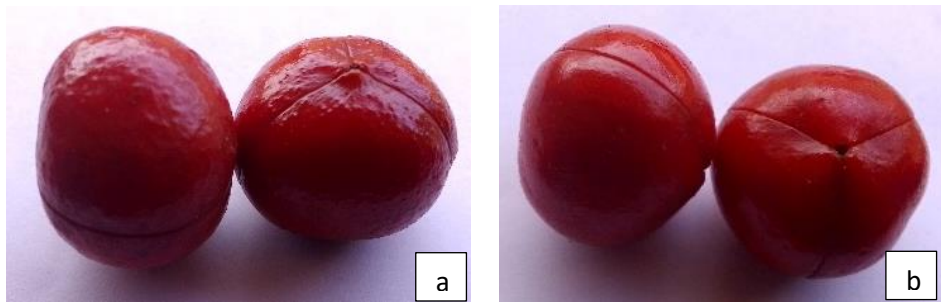


Fig. 45. Aspect du fruit chez *M. macrosatchyum* (a) : fruits rugueux ; (b) : fruits lisses.

III.1.3.1.4. Caractères de la graine

Pour ce qui est du caractère couleur de la graine, trois couleurs ont été observées à savoir : marronne, marronne-noirâtre et noire. Toutes les graines sont rugueuses avec une aride blanchâtre plus ou abondante. Cette aride est beaucoup plus dense chez les graines noires que celles marronnes. Quant à la forme, nous avons des graines concaves avec un coté en arqué et l'autre rectiligne (Fig. 46).



Fig. 46. Couleurs, aspect et formes des graines. (a) : graine noire rugueuse ; (b) : graine noire rugueuse ; (c) : graine marron-noirâtre et rugueuse ; (d) : graine marronne rugueuse ; (e) : graine jaunâtre, rugueuse.

III.1.3.2. Caractères quantitatifs

Pour ce qui est de la longueur du pétiole, les résultats montrent qu'il mesure 1,45 à 3,98 m à Hondol ; 1,27 à 5,27 m à Modè ; 1,4 à 4,76 m à Ebombe ; 1,33 à 3,13 m à Log-Hende et 1,53 à 4,65 m à Elig-Eyene. Quant au diamètre au collet, il mesure 11 à 19 mm à Hondol ; 4 à 21,5 mm à Modè ; 9 à 19 mm à Ebombe ; 5 à 12,5 mm à Log-Hende et 6 à 22 mm à Elig-Eyene.

Pour ce qui du poids du fruit, les résultats montrent qu'il va de 4,2 à 6,8 g à Modè et 4,7 à 8,4 à Hondol. ; quant à la longueur, il va de 8,5 à 12 mm à Modè et 6 à 9 mm à Hondol et parlant du diamètre, il va de 12 à 14,5 mm à Modè et 12 à 17,5 à Hondol. Et quant au nombre de fruits par inflorescence, les résultats montrent qu'il varie entre 3 et 22 à Modè et 2 à 23 à Hondol.

Pour ce qui est de la longueur du limbe, les résultats montrent qu'il mesure 61 à 81,5 cm à Hondol ; 35 à 99 cm à Modè ; 40 à 90 cm à Ebombe ; 38 à 80 cm à Log-Hende et 41,5 à 93 cm à Elig-Eyene. Quant à la largeur du limbe, les résultats montent qu'il mesure qu'il mesure 32,8 à 55,5 cm à Hondol ; 19,8 à 54,5 cm à Modè ; 25,5 à 49 cm à Ebombe ; 18 à 35,8 cm à Log-Hende et 20,5 à 52 cm à Elig-Eyene. Parlant de la surface foliaire, les résultats montrent qu'elle va de 1968 à 4495,5 cm² à Hondol ; 850,5 à 4961,25 cm² à Modè ; 1020 à 4590 cm² à Ebombe ; 713,7 à 2784 cm² à Log-Hende et 820 à 4156,25 cm² à Elig-Eyene. Pour ce qui est du nombre de nervures secondaires, il ressort de cette étude qu'ils sont au nombre de 45 à 68 à Hondol ; 31 à 87 à Modè ; 34 à 78 à Ebombe ; 28 à 56 à Log-Hende et 36 à 90 à Elig-Eyene.

Pour ce qui est de la longueur de la graine, les résultats montrent qu'elle va de 13 à 15,5 mm à Modè et 14 à 16 mm à Hondol Pour le diamètre, il va de 7,5 à 9,5 mm à Modè et 6 à 9 mm à Hondol ; parlant de l'épaisseur, elle va de 4 à 6 mm à Modè et 4 à 5 mm à Hondol. Pour ce qui est du nombre de graines par fruit, le résultat montre que les fruits contiennent généralement 3 graines, mais quelques-uns contiennent 2 et rarement 1 graine (

Fig. 47).



Fig. 47. Nombre de graines par fruit (a) : fruit à 3graines ; (b) : fruit à 2 graines ; (c) : fruit à 1 graine.

Les pourcentages du nombre de graines par fruit dans chaque localité sont contenus dans le (Tableau XXI).

Tableau XXI. Nombre de graines par fruit dans chaque localité.

Lté	lot	nft	nf 3 gr	nf 2 gr	nf 1 gr
Modè	1	100	75	25	0
	2	100	69	29	2
	Moy (%)	100	72	27	1
Hondol	1	100	77	19	4
	2	100	64	33	3
	Moy (%)	100	70,5	26	3,5

Lté : localité ; nft : nombre de fruits total ; nf 3 gr : nombre de fruits à 3 graines

III.1.4. Variabilité phénotypique au sein de *M. macrostachyum*

III.1.4.1. Variabilité des paramètres quantitatifs

III.1.4.1.1. Variabilité du pétiole

Pour ce qui est du caractère longueur du pétiole, les individus d’Ebombe ont la plus grande moyenne (3,44 m) et ceux de Pouma la plus petite (2,22 m). L’analyse statistique montre une différence significative entre les individus d’Ebombe ; ceux d’Okola, Hondol et Modè et ceux de Pouma (Tableau XXII) ;

Pour le diamètre au collet, les individus d’Okola ont la plus grande moyenne (14,77 cm) et ceux de Pouma la plus petite (9,08 cm). L’analyse statistique montre une différence significative entre les individus d’Okala et ceux des autres localités (Ebombe, Elig-Eyene, Modè et Hondol) (Tableau XXII).

III.1.4.1.2. Variabilité du limbe

Pour ce qui est de la longueur du limbe, les individus de Hondol ont la plus grande moyenne (77,66 cm) et ceux de Pouma la plus petite (60,40 cm). Une différence significative est observée entre les individus de Hondol, Modè, Okola et ceux d’Ebombe et Pouma. Pour la largeur du limbe, les individus de Hondol ont toujours la plus grande moyenne (43,63 cm) et ceux de Pouma la plus petite (28,83 cm). Une différence significative est observée entre les

individus de Hondol ; ceux de Modè, Okola et Ebombe et ceux de Pouma. Concernant le nombre de nervures secondaires, les individus de Modè ont la plus grande moyenne (59,90) et ceux de Pouma la plus petite (44,93). Une différence significative est observée entre les individus de Modè, Okola et Hondol ; ceux d'Ebombe et ceux de Pouma. Quant au dernier caractère qui est la surface du limbe, les individus de Hondol ont la plus grande moyenne (3158,39 cm²) et ceux de Pouma la plus petite (1791,80 cm²). L'analyse statistique montre une différence significative entre les individus de Hondol, Modè et Okola ; ceux d'Ebombe et ceux de Pouma (Tableau XXII)

Tableau XXII. Variabilité des paramètres quantitatifs entre les cinq localités.

Ltés	Lpt	Dct	Llb	llb	Nns	Sfo
EB	3,44a±0,92	14,01a±3,68	65,65b±14,55	36,98b±7,11	53,06b±11,48	2509,80b±973,44
PO	2,22c±0,59	9,08b±2,00	60,40b±11,62	28,83c±5,42	44,93c±8,13	1791,80c±608,15
MO	3,02b±1,20	14,22a±4,92	70,55a±17,12	40,20b±10,68	59,90a±13,15	3001,43ab±1369,40
HO	3,04b ±0,54	14,04a±2,43	71,66a±7,58	43,63a±5,11	55,63ab±6,40	3158,39a±667,02
OK	3,09ab±0,85	14,77a±3,90	68,06ab±13,05	39,12b±7,20	59,66a±12,88	2748,64ab±964,52

Ltés : localités ; EB : EBOMBE ; PO : POUMA ; MO : MODE ; HO : HONDOL ; OK : OKOLA ; Lpt : Longueur du pétiole ; dct : diamètre au collet ; Llb : longueur du limbe ; llb : largeur du limbe ; nns : nombre de nervures secondaires ; sfo : surface foliaire

Les chiffres suivis de la même lettre dans le tableau ne sont pas significativement différents

De manière globale, l'analyse statistique montre une différence significative entre les individus de la zone 4 (Ebombe et Pouma) et ceux de la zone 5 (Modè, Hondol et Okola) pour 5 variables (diamètre au collet, longueur du limbe, largeur du limbe, nombre de nervures secondaires et la surface foliaire) sur les 6 étudiés, seule la longueur du pétiole ne présente aucune différence significative entre les deux zones (Tableau XXIII)

Tableau XXIII. Variabilité des paramètres quantitatifs entre les deux localités.

Zone	Lpt	Dct	Llb	llb	Nns	Sfo
Z4	2,83a ±0,98	11,55b ±3,85	63,03b ±13,33	32,91b ±7,50	49,00b ±10,87	2150,80b ± 882,86
Z5	3,05a ±0,90	14,34a ±3,86	70,09a ±13,13	40,98a ±8,15	58,40a ±11,31	2969a ±1044,11

Z4 : Zone 4 ; Z5 : Zone 5

D'une manière générale, il ressort de ce travail que le pétiole chez *M. macrostachyum* a une longueur qui varie de 1,08 à 5,27 m avec une moyenne de $2,96 \pm 0,93$ m et un diamètre au collet qui varie de 4 à 23 mm avec une moyenne de $23 \pm 4,08$ mm. Quant au limbe, il a une longueur qui varie de 35 à 99 cm avec une moyenne de $67,27 \pm 13,62$ cm ; une largeur qui varie de 18 à 55 cm avec une moyenne de $37,76 \pm 8,81$ cm ; un nombre de nervures secondaires qui varie de 28 à 90 avec une moyenne de $54,64 \pm 12,033$; et une surface foliaire minimale de $712,8 \text{ cm}^2$ et maximale de $5098,5 \text{ cm}^2$ avec une moyenne de $2642 \pm 1059,34 \text{ cm}^2$. Quant aux CV des paramètres étudiés, le plus grand est observé sur la surface foliaire (40,09) et le plus petit sur la longueur du limbe (22,02). Ces derniers montrent une variabilité assez importance entre les accessions étudiées, car ils ont été tous supérieurs à 20 (Tableau XXIV)

Tableau XXIV. Variabilité générale des caractères quantitatifs chez *M. macrostachyum*.

Variabiles	Lpt	Dct	Llb	llb	Nns	Sfo
Min	1,08	4,00	35,00	18,00	28,00	712,8
Max	5,27	23,00	99,00	55,00	90,00	5098,5
Moy	$2,96 \pm 0,93$	$13,23 \pm 4,08$	$67,27 \pm 13,62$	$37,76 \pm 8,81$	$54,64 \pm 12,03$	$2642,0 \pm 1059,34$
CV	31,64	30,88	20,25	23,35	22,02	40,09

Min : minimal ; Max : maximal ; Moy : moyenne ; Lpt : Longueur du pétiole ; dct : diamètre au collet ; Llb : longueur du limbe ; llb : largeur du limbe ; nns : nombre de nervures secondaires ; sfo : surface foliaire ; coef var : coefficient de variation

III.1.4.1.3. Variabilité des paramètres du fruit

Pour ce qui est du paramètre longueur du fruit, la plus petite longueur qui est de 6 mm est observée chez les fruits de Hondol et la plus grande qui est de 12 mm chez ceux de Modè, une différence significative est observée entre les fruits des deux localités. De même, la plus grande moyenne 9,85 mm, est observée à Modè et la plus petite, 7,35 mm à Hondol. L'analyse statistique montre une différence significative entre les fruits des deux localités. Quant au diamètre, le plus petit, 12 mm est observé à Modè, alors que le plus grand, 17,5 mm est observé à Hondol. Avec la plus grande moyenne, 14,18 mm observée à Hondol et la plus petite, 12,80 mm observée à Mode. L'analyse statistique montre également une différence significative est entre les fruits des deux localités. Concernant le troisième caractère qui est le poids, le plus petit poids qui est de 4,2 g est observé sur les fruits de Hondol et le plus grand qui est de 8,4 g, sur ceux de Modè, avec la plus grande moyenne $6,48 \pm 1,06$ g, observée à Hondol. Une différence significative est également notée entre les fruits des deux localités (Tableau XXV).

Tableau XXV. Variabilité des paramètres du fruit entre les deux localités.

Ltés	Lmin (mm)	Lmax (mm)	Lmoy (mm)	Dmin (mm)	Dmax (mm)	Dmoy (mm)	Pmin (g)	Pmax (g)	Pmoy (g)
MO	8,5±00	12±00	9,85a±0,96	12±00	14,5±00	12,80b±0,71	4,2±00	6,8±00	5,43b±0,58
HO	6±00	9±00	7,35b±0,92	12±00	17,5±00	14,18a±1,67	4,7±00	8,4±00	6,48a±1,06

Ltés : localités ; MO : Mode ; HO : Hondol ; L : ongueur ; D : diamètre ; P : poids ; min : minimal ; max : maximal ; moy : moyenne

III.1.4.3.1.4. Variabilité des paramètres de la graine

Pour ce qui est du paramètre longueur de la graine, la plus petite longueur est de 13 mm et observée sur les fruits de Modè, alors que la plus grande est de 16 mm et observée en même temps sur les fruits de Modè et de Hondol, avec la plus grande moyenne 15,06 observée à Hondol. Une différence significative est observée entre les graines des deux localités. Quant à la largeur du fruit, la plus petite est de 7,5 mm et toujours observée sur les graines de Modè et la plus grande est de 10 mm, encore observée en même temps sur les graines des deux localités, avec la plus grande moyenne 9,71 observée à Hondol. Une différence significative est également notée entre les graines des deux localités. Concernant le troisième caractère qui est l'épaisseur du fruit, la plus petite épaisseur est de 4 mm observée en même temps sur les graines des deux localités et la plus grande est de 6 mm, observée sur les graines de Modè avec la plus grande moyenne 4,6 g observée sur les graines de Hondol. Une différence significative est également notée entre les graines des deux localités (Tableau XXVI). Quant au nombre de graines par fruit, le résultat montre que les fruits contiennent généralement 3 graines, mais quelques-uns contiennent 2 et rarement 1 graine. En moyenne, 73,66 % de fruits contiennent 3 graines ; 24,33 % de fruits contiennent 2 graines et 2 % de fruits contiennent 1 graine.

Tableau XXVI. Variabilité des paramètres de la graine dans les deux localités.

Ltés	Lmin (mm)	Lmax (mm)	Lmoy (mm)	lmin (mm)	lmax (mm)	lm moy (mm)	Emin (mm)	Emax (mm)	Emoy (mm)
MO	13±00	16±00	13,90b±0,92	7,5±00	10±00	8,50b±0,65	4±00	6±00	4,48b±0,51
HO	13,5±00	16±00	15,06a±0,66	9,0±00	10±00	9,71a±0,38	4±00	5±00	4,6a±0,31

Ltés : localités ; MO : Mode ; HO : Hondol ; L : longueur ; l : largeur ; E : épaisseur ; min : minimal ; max : maximal ; moy : moyenne

III.1.4.2. Variabilité des accessions de *Megaphrynium macrostachyum*

L'analyse en composante principale (ACP) n'a pas montré un regroupement des accessions en fonction des localités pour les variables étudiées. Néanmoins, on note un regroupement des accessions de Log-Hende sur l'un des axes opposés aux variables (Fig. 48). Les deux premières dimensions (Dim1 et Dim2) ont expliqué à 90,5 % la variabilité observée. La première Dim a expliqué 82,2 % et la deuxième 8,3 % de la variabilité observée. Par ailleurs, la dispersion des individus dans le bi-plot explique une variabilité au sein de la population étudiée. Le dendrogramme obtenu avec la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a mis en exergue trois principaux groupes d'individus (Fig. 49). Quant à la contribution des individus dans la variabilité observée, de manière individuelle les accessions M32, M15 et P26 ont le plus contribué à la variabilité observée. Au niveau des variables, la surface foliaire a le plus contribué à la variabilité observée.

Pour ce qui est des corrélations phénotypiques, aucune corrélation négative n'a été notée, tous les paramètres étudiés sont positivement corrélés. La plus grande corrélation est observée entre la largeur du limbe et la surface foliaire ($r = 0,96$) alors que la plus petite est observée entre la longueur du pétiole et le nombre de nervures secondaires ($r = 0,63$) (Fig. 50). De même, les interactions phénotypiques entre les variables et la distribution de ces variables à l'intérieur de la population sont observées dans la figure 12.

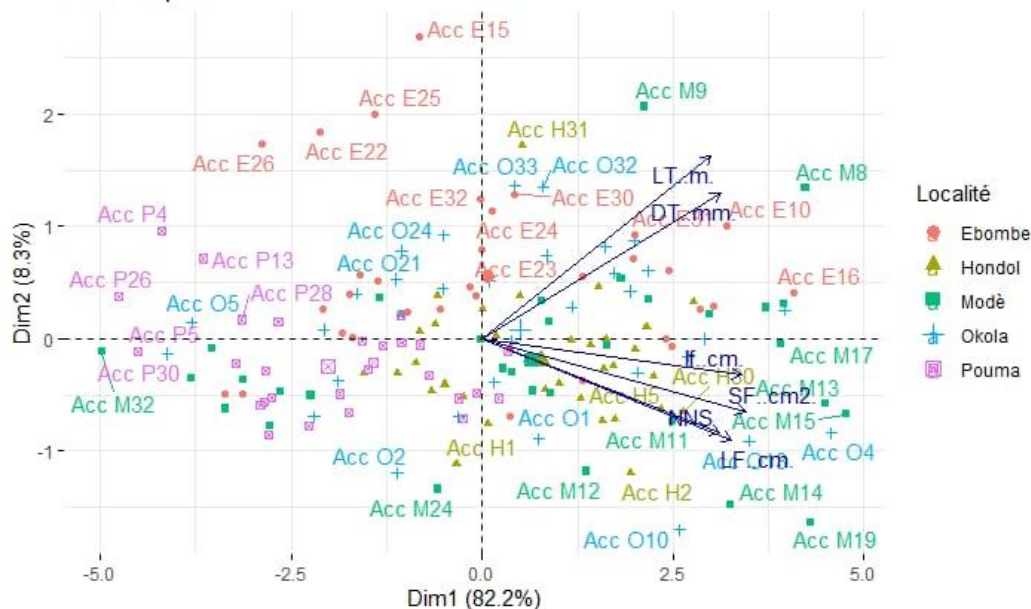


Fig. 48. Distribution des individus dans le plan 1-2 révélé par l'ACP.

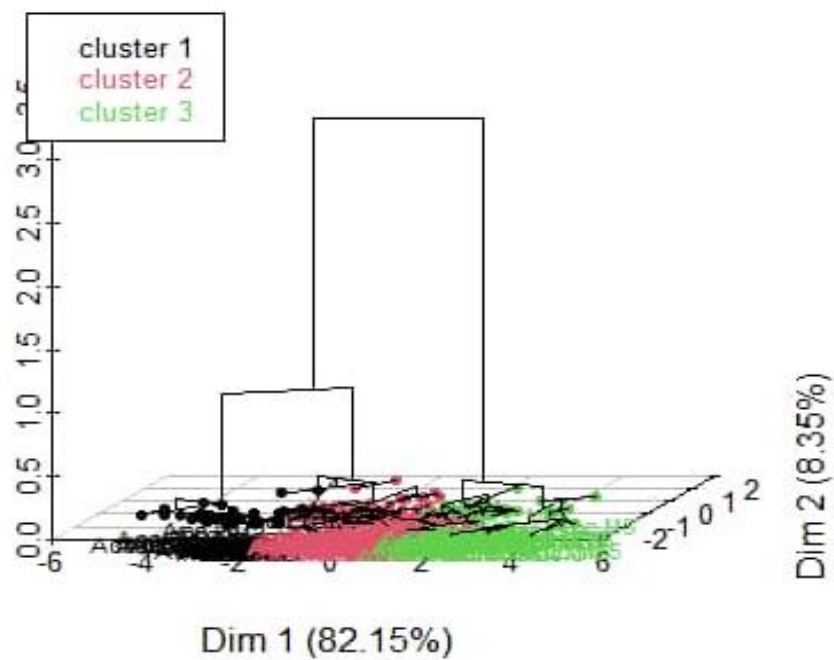


Fig. 49. Dendrogramme des individus sur la base des variables étudiées.

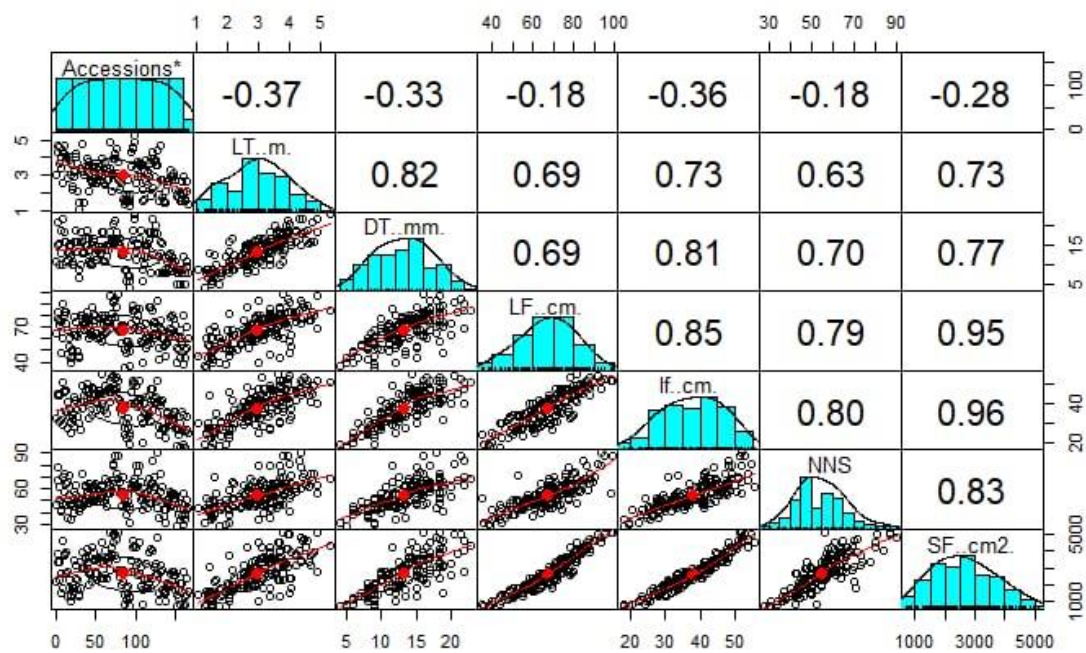


Fig. 50. Matrice de corrélation entre les variables étudiées et distribution des individus.

III.1.5. Voies de multiplication de *Megaphrynium macrostachyum*

III.1.5.1. Multiplication végétative

III.1.5.1.1. Marqueurs architecturaux

M. macrostachyum se réfère au modèle architectural de Tomlinson, nommé et décrit par Halle et Oldemam (1970). Un individu initial se ramifie par rhizomes, chaque ramification initialement souterraine, établit son propre système racinaire, d'où une autonomie trophique qui favorise une multiplication de l'espèce par voie végétative

La connaissance du mécanisme de la multiplication végétative de *M. macrostachyum* a été possible grâce aux marqueurs architecturaux suivant :

- l'orientation des axes ;
- le fonctionnement des méristèmes ;
- la ramification.

III.1.5.1.1.1. Orientation des axes

Les axes sont orthotropes et pourvus des ramifications basitones issues d'un rhizome. Pour chaque axe, nous avons une phyllotaxie unifoliée apicale (Fig. 51)



Fig. 51. Axes orthotropes unifoliés de *M. macrostachyum*.

III.1.5.1.1.2. Fonctionnement des méristèmes

Au cours du développement de la plante, le rhizome se ramifie de manière indéfinie, avec une construction monopodiale de plusieurs axes verticaux qui naissent formant ainsi des

monopodes. Cette particularité est liée à une reproduction végétative (marcottage, drageonnage et étalonnage). Par ailleurs, une différenciation dichotomique est observée avec l'apparition d'un méristème floral à la base de la tige (c'est un cas de pléonanthie) (Fig. 52). Ce méristème floral donne une inflorescence avec un pédoncule qui porte 2 à 5 fruits trilobés, à épicarpe rouge, un mésocarpe de 1 à 3 mm d'épaisseur (Fig. 53). A l'intérieur, on trouve 3 endocarpes (graines) de couleur noire (Fig. 54).

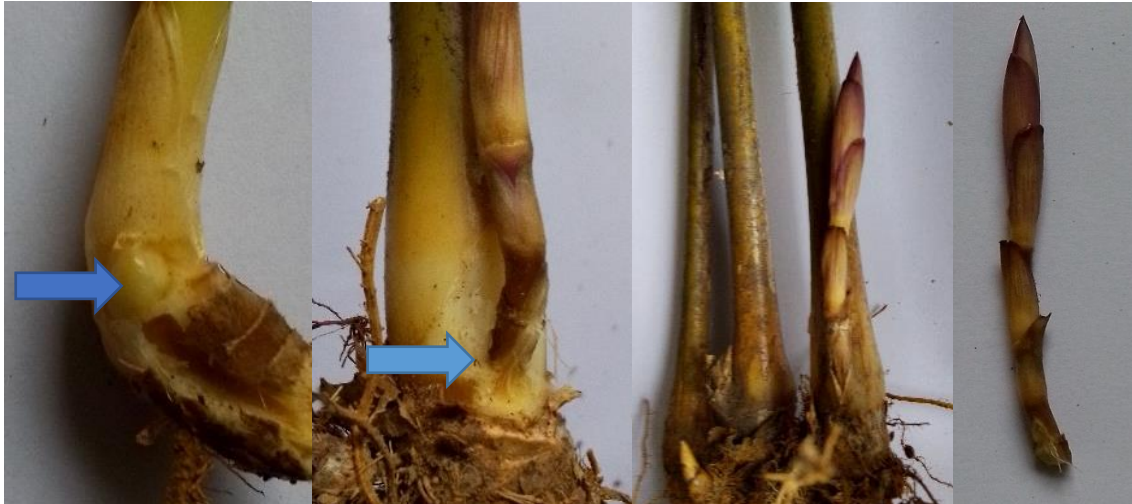


Fig. 52. Développement du Méristème floral à la base de la tige de *M. macrostachyum*.



Fig. 53. Transformation du méristème floral en fruits.



Fig. 54. Graines issues du fruit basitone de *M. macrostachyum*.

III. 1.5.1.1.3. Ramification

Le rhizome est l'organe souterrain de reproduction. Ce dernier est pourvu de plusieurs radicelles et sa ramification se fait avec plusieurs axes monopodiaux (Fig. 55). On observe également l'anisotonie, c'est-à-dire l'un des méristèmes issus du dédoublement se différencie en méristème floral pendant que l'ancien demeure végétatif. Le rhizome est circulaire et pourvu des nœuds à partir desquels naissent des axes orthotropes (Fig. 56).



Fig. 55. Ramification souterraine et développement végétatif de *M. macrostachyum*.

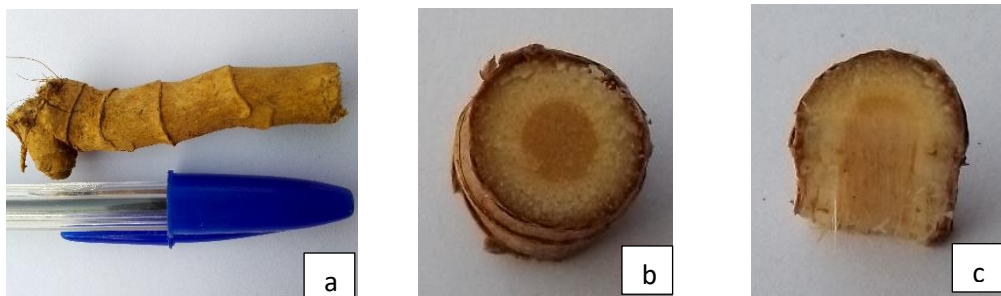


Fig. 56. Rhizome de *M. macrostachyum* (a) Fragment de rhizome ; (b) Coupe transversale ; (c) coupe longitudinale.

III.1.5.1.2. Bouturage

Pour ce qui de la multiplication végétative de *M. macrostachyum* par bouturage, le résultat a montré un temps de reprise de 14 jours (02 semaines) et un taux de reprise de 89, 2 %. Nous avons de meme obtenu un bon développement des plants tout au long de leur séjour en jardin (Fig. 57).



Fig. 57. Plants de *M. macrostachyum* issu du bouturage. (a) : parcelle ; (b) : touffe.

III.1.5.2. Multiplication par graine

III.1.5.2.1. Germination de la graine

La multiplication de *M. macrostachyum* (Fig. 58) a été appréciée par quelques paramètres de germination et de croissance morphologique. Trois paramètres de germination ont été évalués :

- le temps de latence (délai de germination) : elle est de 21 jours, soit 03 semaines
- la durée de germination : elle est de 41 jours, soit 01 mois 11 jours
- le taux de germination : il est de 81,66 %

Ce résultat nous a permis également d'observer la variabilité génétique au sein des accessions de *M. macrostachyum* à travers la couleur du limbe des jeunes plantules. Nous avons obtenu des plantes au limbe de couleur violette et celles au limbe de couleur verte (Fig. 59). Mais, il faut préciser que cette couleur violette sur la surface inférieure du limbe disparaîtra au cours du développement de la plante pour ne laisser qu'une bande violette sur la bordure droite de ce dernier.



Fig. 58. Développement par graine de *M. macrostachyum*.



Fig. 59. Variabilité observée sur le limbe des jeunes plants de *M. macrostachyum*.

III.1.5.2.2. Croissance des plants

Quatre paramètres de croissance (paramètres quantitatifs) dont le diamètre au collet, la longueur du pétiole, la surface du limbe et le nombre de pétioles par touffe ont été évalués jusqu'au douzième mois afin d'apprécier le développement germinal ex-situ des plants de *M. macrostachyum*. Il ressort de cette étude qu'au bout de 12 mois de mise en culture de *M. macrostachyum* à partir de ses graines (Fig. 60) : la hauteur des plants varie de 0,38 à 1,21 m avec une moyenne de 69,72 m ; le diamètre au collet varie de 0,2 à 0,6 mm avec une moyenne de 0,41 mm ; le nombre de pousses par touffe varie entre 25 et 81 avec une moyenne de 48 pétioles par touffe et une surface moyenne du limbe de 797,22 cm² (Tableau XXVII).



Fig. 60. Plants de *M. macrostachyum* issus de graines. (a) : parcelle ; (b) : touffe.

Tableau XXVII. Paramètres de croissance des plants de *M. macrostachyum* issus du semis.

Variables	Dc (mm)	Lg (m)	Npt/t
Min	0,2	0,38	25
Max	0,6	1,21	81
Moy	0,41	69,72	48

Dc : Diamètre au collet ; Lg : Longueur ; Npt/t : Nombre de pétioles par touffe

III.2. Discussion

III.2.1. perceptions communautaires

Le pourcentage des acteurs enquêtés révèle que 51,86% sont des femmes, contre 48,04 % des hommes. En outre, il ressort que les jeunes femmes sont les principaux fournisseurs des feuilles dans les marchés (84,15 %). Ceci adhère l'affirmation de Tata et Awono (2014), qui ont montré que les jeunes femmes sont plus impliquées dans la récolte des PFNL au Cameroun. De même, les travaux de Nguoko (2010), révèlent que les PFNL sont plus exploités par les femmes et les jeunes au Cameroun.

Il ressort que les célibataires sont plus impliqués dans l'activité (48 %), ce statut qui leur confère une certaine disponibilité justifierait leur implication dans cette dernière. Leur niveau d'étude étant essentiellement le secondaire (47 %) et le primaire (46 %). Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Ngbolua *et al.* (2020) qui ont montré qu'en RDC, c'est plutôt les divorcés et les illettrés qui sont plus impliqués dans l'exploitation des feuilles de *M. macrostachyum*. Le fait pour ces exploitants d'avoir fait les études serait un atout pour des études ou recherches futures dans cette filière.

Parmi les revendeurs, les détaillants sont majoritaires (58,60 %) et les grossistes minoritaires (37,40 %). Cette dominance des détaillants se justifierait par le fait de maximiser leur revente afin d'en faire des bénéfices acceptables au lieu des ventes en gros au même prix que certains récolteurs.

La ville de Yaoundé où l'on retrouve beaucoup plus de revendeurs détaillants que les récolteurs, apparait la plus chère en termes de vente et génère les gains plus importants. Ce résultat corrobore ceux de Betti *et al.* (2016), qui ont montré que la variation des prix des plantes alimentaires spontanées est fonction du vendeur et de la qualité du produit. Mutambwe (2010), explique que les prix des PFNL dépendent beaucoup du rapport de l'offre et de la demande qui lui-même est influencé par la saisonnalité des produits, la qualité, la grosseur, le coût de transport et de la localité où est vendu le produit. Ce coût serait également lié au fait que Yaoundé soit la Capitale politique du Cameroun, et par conséquent le lieu de convergence de nombreux groupes ethniques.

Quatre communautés ont été identifiées comme principaux groupes ethniques pourvoyeurs de feuilles de *M. macrostachyum*, ceci montre que l'exploitation de *M. macrostachyum* est une activité multiethnique et s'exerce dans plusieurs marchés. Ce résultat

concorde avec celui de Betti *et al.* (2016) qui affirment que la vente des PFNL est une activité économique multiethnique. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que ces groupes ethniques sont majoritairement représentés dans la zone d'étude.

Les feuilles de *M. macrostachyum* sont commercialisées et utilisées tant au niveau local qu'urbain. Un résultat similaire a été obtenu par Betti *et al.* (2016), qui affirmaient que *M. macrostachyum* fait partie des plantes alimentaires vendues dans la ville de Yaoundé. Par ailleurs, Tata et Awono (2014) ont montré que *M. macrostachyum* est le dixième PFNL parmi les 16 prioritaires de la Région du Centre. De même, Betti et Mebere (2011) ont montré que les PFNL (feuilles et fruits) ont un usage alimentaire plus important dans l'Extrême-Nord. Les résultats similaires ont été obtenus sur les marchés de Douala par Priso *et al.* (2011) et en RDC dans les marchés de Kisangani par Termote *et al.* (2012).

L'usage des feuilles de *M. macrostachyum* en médecine, a été également affirmé par Maloueki *et al.* (2013). Ces derniers ont montré que les extraits aqueux totaux de *M. macrostachyum* sont utilisés en thérapie médicale au regard de son activité antioxydant in vitro. Dans le même sens, Meva *et al.* (2017), montrent que les extraits des feuilles fraîches de l'espèce sont utilisés dans la synthèse des nanoparticules d'argent contre *E. coli*.

Les revenus générés par la vente des feuilles de *M. macrostachyum* font vivre plusieurs ménages à travers l'épargne, la ration, la santé, la scolarité, le loyer et les factures. Ce résultat est similaire à celui de Awono *et al.* (2013), qui ont montré qu'en milieu urbain, les reventes des PFNL, notamment les fruits et les feuilles entretiennent des familles entières.

III.2.2. Phénologie reproductive

Concernant la phénologie reproductive, les individus de *M. macrostachyum* étudiés sont constitués d'individus à fleurs bisexuées et trimères, ayant fleuri en saison pluvieuse (Mai-Juin). La floraison, bien qu'elle soit synchronisée dans les deux zones, elle connaît néanmoins un décalage de deux semaines. Elle va de mi-Mai à Juin dans la zone IV et du début Juin à mi-Juillet dans la zone V, soit en général une durée de deux mois. On note une variation du pourcentage de floraison et de fructification entre les deux zones agroécologiques, la zone IV fleurit plus que la zone V (81,81 %), par contre la zone V fructifie plus que la zone IV (84 %). Selon Eyog *et al.*, (2006), la majorité des espèces présente en Afrique tropicale fleurit en saison sèche (janvier et Février), période d'induction des boutons floraux des plantes telle que rapporté par Akaffou (2013) chez le caféier, ce qui est contraire à nos résultats, avec *M. macrostachyum* qui fleurit en pleine saison pluvieuse. De même, Arbonnier (2009) et Dao (2012), ont montré

que chez l'espèce *Piliostigma reticulatum*, la floraison débute en Juillet après le début de la saison des pluies en zone soudano sahélienne et non en saison sèche, et ont montré en outre que la floraison est précoce dans certaines localités et tardive dans d'autres. Cette différence de floraison pourrait s'expliquer d'une part par la variabilité génotypique des individus. En effet, les individus étant dans la même localité, pourraient avoir des gènes différents qui seraient responsables de cette différence de floraison. Par ailleurs, ce résultat pourrait être attribué à la variabilité environnementale (Eyog *et al.*, 2006). Les individus étant dans des localités différentes, l'environnement pourrait influencer la floraison de ces derniers.

Cette étude a montré que la phénologie chez *M. macrostachyum* est répartie en deux grandes phases à savoir : la floraison et la fructification. Chacune de ces différentes phases comprend quatre stades de phénophase, soit au total 8 stades phénologiques. La phase florale commence par le stade de l'initiation du bouton floral principal (épis principal) (fl1) et constitue le stade le plus long de cette phase, il est suivi du deuxième qui est celui de l'ouverture et de la ramification du bouton principal en boutons secondaires qui dure 7 à 10 jours, ce stade a presque la même durée dans les deux localités, elle dure 7 à 9 jours à Ebombe et 7 à 10 jours à Modè. Le troisième stade qui est l'épanouissement des boutons floraux secondaires et le quatrième qui est la sénescence florale ont la même durée (3 jours) tant au sein des individus d'une même localité que pour les individus des deux localités. Notre étude a montré que c'est pendant ces deux derniers stades de la floraison que les pertes en fleurs sont enregistrées. Quant à la phase de fructification, les deux premiers stades qui sont la nouaison (fr1) et l'individualisation du jeune fruit (fr2) ont également la même durée (3 jours). Le troisième stade qui est celui de développement du fruit a également la même durée dans les deux localités, mais varie d'un individu à l'autre (10 à 14 jours). Et le dernier stade de la fructification qui est le murissement du fruit a une durée minimale de 21 jours dans les deux localités, elle va jusqu'à 25 jours à Ebombe et 28 jours à Modè. Il constitue le stade le plus long de cette phase de fructification et des 8 stades phénologiques. Ces résultats sont similaires à ceux de (Badou *et al.*, 2017 ; Mpemboura, 2022) qui ont travaillé respectivement sur *Syzygium guineense* et *Dacryodes edulis* et ont énuméré les mêmes stades phénologiques chez ces espèces.

Les décalages de production florale et fruitière noté de part et d'autre, sont dus aux nombreuses pertes d'inflorescence et d'infrutescence observés entre les stades boutons secondaires épanouis (fl2), fleurs sénescents (fl4) et fruits initiés (fr1). En effet, nos résultats ont montré d'importants avortements, pertes et dessèchements au cours de ces stades. Par exemple, du stade d'initiation florale à la nouaison, une perte en fleurs de 17,26 % a été

enregistrée. Ces pertes de fleurs et de fruits au cours de la période de reproduction, ont été très importantes, et ont déjà été constatées chez bon nombre d'espèces telles que *Piliostigma reticulatum*, *Tamarindus indica* (Leguminosae - Caesalpinioideae) (Diallo *et al.*, 2008 ; Dao, 2012). Selon (Muhanguzi *et al.* 2003 ; Dao, 2012), certaines causes comme la pollinisation insuffisante, la limitation de ressources nutritives, les attaques parasitaires, les prédatons des organes de reproduction, les conditions climatiques limitantes pourraient expliquer les irrégularités de floraison et de fructification.

III.2.3. Variabilité phénotypique au sein de *M. macrostachyum*

III.2.3.1. Variabilité des caractères qualitatifs

Cette étude a révélé une importante variabilité morphologique au sein des accessions de *M. macrostachyum* dans les différentes zones d'études. Sur la base des paramètres qualitatifs, le limbe a montré trois morphotypes qui se caractérisent par des formes ovale, elliptique et ovale-elliptique. Ce résultat confirme la description faite par Dhetchuvi (1996) qui a révélé que la forme du limbe chez l'espèce était ovale à elliptique. Cette variabilité morphologique s'expliquerait par l'existence de deux ascendants, l'un au limbe ovale et l'autre elliptique, la forme intermédiaire ne provenant que du croisement entre ces dernières. De même, la couleur du limbe a mis en exergue une variabilité au sein des accessions chez l'espèce, avec les limbes aux couleurs : vert-foncé, vert-clair, pourpre et vert-violacé. Ces résultats s'expliqueraient par une transmission des caractères des parents aux descendants pour les deux principales couleurs que sont le vert et le violet, alors que le mixage du vert et du violet observé ne proviendrait que du brassage génétique naturel à travers la fécondation croisée chez l'espèce, ce qui conduit à une diversité importante au sein de cette dernière. Ce résultat est similaire à celui de (Assongba *et al.*, 2021), qui ont révélé le même fait chez *Cleome gynandra*.

Pour ce qui est du fruit, une variabilité a été notée avec des fruits globuleux au bout pointu et des fruits globuleux au bout aplati. De même pour le caractère aspect, les résultats montrent des fruits lisses et rugueux. Ce résultat est différent de la description donnée par Mbayu (2016) qui a révélé que les fruits de *M. macrostachyum* étaient lisses. Ce résultat indique également l'existence de deux morphotypes qui résulteraient de deux ancêtres au sein de l'espèce. Aussi, cette faible variabilité sur l'aspect (lisse et rugueux) et la forme (bout pointu et aplati) chez le fruit s'expliquerait en partie par le fait que le fruit résulte simplement du développement de l'ovaire.

Concernant la forme et la couleur des graines, le résultat montre toujours deux principales couleurs, marron et noir et une troisième, marron-noirâtre comme intermédiaire. Ce résultat s'expliquerait de même par l'allopollinisation favorisant une diversité importante au sein de l'espèce et est similaire à celui de N'dri (2021) sur les graines de *Myrianthus arboreus*.

III.2.3.2. Variabilité des paramètres quantitatifs

Chez *M. macrostachyum*, les fruits possèdent en général 3 grains, mais on trouve une mineure partie avec 2 graines et rarement quelques-uns avec 1 graine. Ce résultat corrobore celui de (Mangara *et al.*, 2010) qui ont révélé dans leurs travaux que les fruits de l'espèce avaient le même nombre de graines. D'après nos observations au cours de cette étude, les fruits possédant 2 ou 1 graine, étaient soit malformés, soit très petits respectivement pour les deux cas. Ce résultat s'expliquerait soit par la viabilité des ovules fécondés, soit alors par la capacité du pollen à féconder les ovules de chaque fleur (Mpemboura, 2022).

L'analyse statistique descriptive a montré que dans l'ensemble, la longueur du pétiole chez *M. macrostachyum* varie entre 1,08 et 5,27 m ; la longueur du limbe varie entre 35 et 99 cm ; la largeur du limbe varie entre 18 et 55 cm et la surface foliaire moyenne est de 2642 cm². Ces résultats sont différents de ceux de Milne-Readhed (1952) et Dhethuvi (1996) qui ont montré que la longueur du pétiole était comprise entre 1 et 4 m, la longueur du limbe entre 30 et 90 cm, la largeur du limbe entre 12 et 40 cm et la surface foliaire moyenne 1787,5 cm². Ces résultats pourraient s'expliquer de diverses manières. D'abord, par le choix des échantillons récoltés dans la nature et qui n'auraient pas le même âge au sein d'une même localité et entre les différentes localités, ensuite par des performances génétiques des accessions et en fin par des conditions pédoclimatiques, notamment la différence des besoins en matière organique et en lumière favorables au développement des individus au sein d'un même site ou alors d'une zone à une autre suite aux variabilités écologiques.

Une différence significative est observée entre les individus de certaines localités pendant qu'une similarité est notée entre les individus d'autres localités sur l'ensemble des variables étudiées. Par ailleurs, une différence significative a été globalement observée entre les individus des deux zones agroécologiques sur cinq variables étudiées parmi les six, excepté la longueur du pétiole. Ces différences significatives d'une part et des similarités d'autre part, pourraient s'expliquer par des filiales génétiques identiques pour certains individus et différentes pour d'autres, donc ces individus proviendraient de différents ancêtres. Mais aussi la similarité d'un site à un autre ou d'une zone à une autre serait due à une origine commune,

et les individus se seraient éloignés via certains agents de dissémination des organes reproducteurs (Assongba *et al.*, 2021). Cette variabilité peut aussi s'expliquer par des conditions environnementales qui influencent sur l'expression des individus.

III.2.3.4. Regroupement des accessions au sein de *Megaphrynium macrostachyum*

L'analyse de variance montre une grande variabilité au sein de l'espèce, car tous les CV sont supérieurs à 20 % ($CV > 20\%$). Ce résultat est similaire à celui de Mbo Nkoulou *et al.* (2023) sur le bananier plantain et Diagara *et al.* (2022) sur le Vouadzou. Le plus grand coefficient de variation a été observé sur le paramètre surface foliaire (40,09 %) alors que le plus petit a été observé sur la largeur du limbe (20,25 %). Ce résultat montre que la largeur du limbe serait le paramètre discriminant de la surface foliaire chez *M. macrostachyum*. En outre, les paramètres du limbe seraient beaucoup plus importants pour la discrimination des accessions de *M. macrosatchyum*, ce qui a été par ailleurs noté sur les paramètres qualitatifs de cet organe (couleur et forme).

L'ACP est utilisée pour observer des différences dans un ensemble d'individus et donc comprendre les relations possibles entre les variables et ces individus (Mbo Nkoulou *et al.*, 2023). Dans la présente étude, l'ACP n'a pas pu clairement discerner les individus de l'échantillonnage en groupes. La projection des accessions sur les deux principaux axes n'a pas ressorti des groupes en fonction de leur affinité phénotypique ou leur origine. Mais, il est révélé une large distribution des individus, indiquant que les traits contribuant à ces axes ne sont pas forcément liés phénotypiquement. Ce résultat est similaire à celui de Mbo Nkoulou *et al.* (2023) sur la bananier plantain. Néanmoins, les accessions de Pouma ont présenté un regroupement sur l'un des axes opposés aux variables. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que ces individus proviendraient d'un même ancêtre et se seraient dispersés à travers certains agents de dissémination.

Parlant des corrélations phénotypiques entre les variables étudiées, toutes les variables phénotypiques étudiés ont été positivement corrélées. Avec les plus grandes corrélations observées entre la largeur du limbe et la surface foliaire ($r = 0,96$) ; la longueur du limbe et la surface foliaire ($r = 0,95$) ; la largeur et la longueur du limbe ($r = 0,85$) et la longueur du pétiole et le diamètre au collet ($r = 0,82$) avec la plus petite observée entre la longueur du pétiole et le nombre de nervures secondaires ($r = 0,63$). En effet, les corrélations constituent un outil indispensable pour les améliorateurs dans le choix des caractères à intégrer dans les programmes de sélection (Diagara *et al.*, 2022). Les corrélations entre les caractères peuvent

faciliter l'amélioration génétique dans la mesure où quand les caractères sont en corrélation positive, l'amélioration de l'un entraînera celle des autres en sélection indirecte (Bakasso *et al.*, 2010). Nous notons alors que les corrélations observées entre la largeur et longueur du limbe expliquerait l'importance de la surface foliaire. Ce résultat est similaire à celui de N'dri (2021) sur *M. Arboreus*. Par ailleurs, on a noté que les accessions qui ont un diamètre au collet élevé ont également une hauteur du pétiole élevée, ce résultat est similaire à ceux obtenus par (Diagara *et al.*, 2022 ; Arouna *et al.*, 2018) qui ont rapporté respectivement une corrélation significative de ($r = 0,71$) et ($r = 0,85$) sur le diamètre au collet chez le Vouadzou.

L'analyse de la CAH montre que les 165 accessions de *M. macrostachyum* étudiées se répartissent en trois principaux groupes (clusters 1, 2 et 3). Le regroupement s'est fait indépendamment des localités et zones agroécologiques. Cette similarité s'expliquerait par le fait que les individus étudiés seraient issus d'un ancêtre commun (Dane et Liu, 2007). Ces résultats sont similaires à ceux de (Szamosi *et al.*, 2009). Ces auteurs ont évalué la variabilité morphologique au sein des accessions de *Citrullus lanatus*, originaire de Hongrie et de Turquie. L'étude a montré que les caractères morphologiques ne permettaient pas une séparation claire des accessions de ces deux pays.

III.2.4. Multiplication de *Megaphrynium macrostachyum*

M. macrostachyum se développe à travers deux voies : la voie végétative et la voie germinale. La multiplication végétative fait *in situ* à travers un rhizome souterrain qui émet par ramification basitone, des axes orthotropes unifoliés prenant naissant à chaque nœud. Le nombre d'axes orthotropes (pétioles) pour une touffe développée de *M. macrostachyum* dans le cadre de notre étude varie de 25 à 81 avec une moyenne de 48. Mais ce nombre de pétioles par touffe peut aller au-delà, ce qui a été d'ailleurs révélé par les travaux de Ngama (2007), à Kinshasa en République démocratique du Congo (RDC), qui a trouvé que le nombre de pétioles par touffe était compris entre 38 et 122. De même, nous avons obtenu un taux de reprise de 89,2 % pour un temps de reprise de 2 semaines. Cette voie a présenté un succès par rapport celle par graines. La variabilité du nombre de pétioles observée s'expliquerait par la différence d'âge des touffes, car dans leur milieu naturel, ce nombre de pétioles est largement supérieur à ceux donnés dans les conditions de culture où l'âge est connu.

Pour ce qui est des paramètres liés à la multiplication par graines de *M. macrostachyum*, nous avons obtenu un taux de germination de 81,66 % et un temps de latence de 3 semaines. Il ressort donc de ses deux résultats que le taux de reprise du bouturage est supérieur à celui de

germination, alors que le temps de germination des graines est supérieur au temps de reprise des rhizomes. Ces résultats sont similaires à ceux de Ngama (2007) au Congo, qui a obtenu les mêmes durées de germination et reprise. Cependant, ce dernier a obtenu des taux de germination et de reprise inférieurs aux nôtres (72 % et 78 %) respectivement, bien que celui de bouturage soit aussi supérieur à celui de la germination comme dans notre étude. Ce résultat serait dû aux conditions de traitement des graines ou alors par la variabilité génétique des accessions et voire même par des conditions climatiques qui sont différentes entre les deux pays.

Parlant de la hauteur des plantes, nous avons trouvé que la hauteur moyenne de *M. macrostachyum* est de 69,72 m au bout de 12 mois de sa mise en culture. Ngama (2007), en travaillant sur l'essai de domestication de l'espèce en RDC, a trouvé une hauteur moyenne de 1,21 m au bout de 18 mois. Nos travaux sur l'objectif spécifique 2, relatifs à la caractérisation morphologique de l'espèce dans son milieu naturel, ont révélé une hauteur moyenne de 2,96 m, Dhetchuvi (1996), en réalisant son travail sur les marantacées, et à partir du dépouillement de ces données, il a trouvé que la hauteur de *M. macrostachyum* varie de 1 à 4 m. Milne-Readhed (1950 et 1952), dans ses recherches sur les marantacées du Congo et de l'Afrique Tropicale de l'Est, a trouvé des valeurs similaires à celles de Dhetchuvi. Ces écarts sur la croissance en hauteur s'expliqueraient par la différence des conditions édapho-microclimatiques (Berthier, 1965). Par microclimat, il s'agirait par exemple de la température, *M. macrostachyum* étant une plante de sous-bois, les modifications du sol aussi associées à des modifications du climat les expliquent en partie. Cela corrobore l'idée de Bonnehin (2000), qui soutient que l'intensité lumineuse influence considérablement la croissance des plants à tel point que la lumière apparaît comme l'un des facteurs limitants en forêt tropicale humide. Les plants spontanés étaient observés à un stade de développement dont l'âge n'est pas déterminé, contrairement aux plants de culture évalués à 12 mois pour nos travaux et à 18 mois pour ceux de Ngama (2007). Le rythme de croissance pour les plants de culture est certes lent, mais avec le temps qu'ils mettront dans leur nouveau milieu, il y'a lieu d'aboutir à des résultats plus importants.

Parlant du diamètre au collet, nos travaux en conditions de culture ont donné une moyenne de 0,4 mm à 12 mois contre une moyenne de 0,7 mm pour ceux de Ngama (2007) en RDC en 18 mois. Cette situation se justifierait de la même façon que pour la croissance en hauteur. Pour ce qui est de la surface du limbe, nos travaux ont montré qu'à l'âge de 12 mois, la longueur moyenne du limbe est de 33,3 cm et la largeur moyenne 21 cm, et une surface moyenne de 797,22 cm² contre une longueur de 50 cm, une largeur de 32 cm et une surface du limbe de 1195,84

cm² à l'âge de 18 mois pour les travaux de Ngama (2007). Ce faible développement du limbe sur les plants de culture pourrait s'expliquer par la différence des besoins en matière organique et en lumière suite aux variabilités écologiques.

CONCLUSION, PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

Conclusion

Dans l'optique de valoriser et de gérer durablement *M. macrostachyum* au Cameroun, l'objectif de ce travail a été d'évaluer la biodiversité de l'espèce afin de permettre une identification des accessions exploitées par les ménages et d'entreprendre une domestication participative de ces dernières.

A travers des enquêtes ethnobotaniques dans les zones d'études, ce travail a permis d'identifier les différents maillons de la chaîne d'exploitation des feuilles de *M. macrostachyum*. Elle a mis en exergue la nature et les différents types d'exploitants, des sources d'approvisionnement, des usages sociaux, des prix et aussi des difficultés rencontrées dans la filière. Cette plante joue un rôle important pour les populations rurales vivant de la cueillette et celles installées en ville. Sa valeur socioéconomique et culturelle pour les populations ouvrent ainsi une voie de gestion durable de ce PFNL au Cameroun.

A partir des observations directes sur le terrain, l'identification des phases phénologiques de *M. macrostachyum* nous a permis de connaître en partie le cycle végétatif de *M. macrostachyum*, à travers deux phases reproductives que sont les phases florale et fruitière. Ces dernières n'ont présenté aucune différence significative en termes de durée et de stades de développement du fruit. La phénologie reproductrice des accessions chez l'espèce a été synchronisée dans les deux zones agroécologiques, malgré un décalage de deux semaines observé au niveau de la floraison entre ces dernières.

Sur la base de 27 caractères morphologiques dont 13 qualitatifs et 14 quantitatifs, l'étude a permis de déterminer les caractères quantitatifs discriminants chez l'espèce à savoir la surface foliaire et le diamètre au collet. Par ailleurs, des caractères qualitatifs notamment la couleur et la forme des feuilles, fruits et graines ont également permis une discrimination entre les accessions étudiées.

De même, les analyses statistiques et multivariées utilisées ont montré une variabilité phénotypique au sein de l'espèce. Mais celle-ci n'est pas fonction de la localité ou de la zone agroécologique. Une différence significative a été observée sur l'ensemble des caractères étudiés

entre les individus des zones agroécologiques 4 et 5 exceptée la longueur du pétiole d'une part, et entre les individus des cinq localités pour certaines variables d'autre part. Cette variabilité a été structurée en trois groupes (clusters 1, 2 et 3) suite à une classification ascendante hiérarchique. Cette étude a mis en exergue trois morphotypes qui ont été observés sur le terrain et révélés par les différentes analyses.

L'étude des voies de multiplication de *M. macrostachyum* que sont la multiplication végétative et la multiplication générative, a permis de définir itinéraire technique pour sa production. La reproduction végétative (asexuée) se fait via une ramification indéfinie du rhizome qui est l'organe souterrain de reproduction, alors que celle générative (sexuée) se fait par les graines qui sont des organes reproducteurs issus de la fécondation.

Il ressort ainsi de l'étude de ces deux voies de multiplication que *M. macrostachyum* se multiplie préférentiellement par voie végétative. Cette dernière a présenté un taux de reprise plus élevé (89,2 %) et une croissance rapide par rapport à la multiplication par graines. Mais, la multiplication de l'espèce par graines a également montré des résultats satisfaisants avec un taux de germination des graines de 81,66 %, malgré le temps mis (21 jours) par les graines pour pouvoir germer et la lenteur de croissance des jeunes plants observée dans leur nouveau milieu écologique.

Cette étude a permis dans un premier temps, d'identifier les différentes phases phénologiques de *M. macrostachyum* ainsi que leurs stades de développement ; dans un deuxième temps, elle a permis de connaître un bon nombre de caractères qualitatifs et quantitatifs permettant de distinguer ou d'identifier les accessions exploitées par les communautés ; dans un troisième temps, d'apprécier la variabilité phénotypique au sein de l'espèce et dans un quatrième temps, de maîtriser ses différentes voies de multiplication tout en définissant un itinéraire technique de production. Ces différents aspects abordés au cours de cette étude ouvrent quelques perspectives pour une valorisation et gestion durable de l'espèce dans les recherches futures.

Perspectives

Pour des études futures, il serait intéressant :

- de mener davantage les enquêtes ethnobotaniques sur *M. macrostachyum* dans toutes les localités du Cameroun où cette dernière est exploitée ;

- d'étendre la caractérisation phénotypique des accessions de *M. macrostachyum* dans d'autres localités et Régions où ces dernières sont implantées ;
- d'entreprendre une caractérisation moléculaire des différentes accessions identifiées afin de confirmer la diversité génétique au sein de *M. macrostachyum* ;
- d'identifier les molécules constitutives de la feuille de *M. macrostachyum* afin de mettre en exergue la molécule qui lui confère la spécificité de conservation à longue durée des aliments ;
- d'étudier l'effet de la domestication et de la diversité sur la croissance de l'espèce ;
- caractériser les différents milieux écologiques de *M. macrostachyum*.

Recommandations

A l'issue de cette étude, nous recommandons aux parties prenantes :

- l'utilisation des méthodes rationnelles de récolte de l'espèce (le recepage partiel et non la coupe rase) ;
- la culture jardinière des accessions exploitées par les ménages via l'itinéraire technique défini ;
- la vulgarisation de la domestication participative de l'espèce par les communautés dans les zones où l'espèce s'avère vulnérable ;
- des études économiques approfondies sur la filière afin de mieux l'appréhender et la valoriser ;
- la mise sur pied d'un programme de gestion durable de cette ressource végétale.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Abrol D.P., 2012. Pollination Biology. *Springer édition*, 37–53.
- Adaniya S., 2001. Optimal pollinisation environment of tetraploid ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) evaluated by in vitro pollen germination and pollen tube growth in styles. *Scientia Horticulturae*, 90 (2) : 19-26
- Adra F., 2017. Etude des effets d'une élévation de température sur la croissance et le Développement du pêcher : conséquences sur la qualité des fruits. Thèse de Doctorat, Agronomie, Université d'Avignon, 150 p.
- Agré A., Dansi A., Rabbi I., Battachargee R., Dansi M. & Melaku G., 2015. Agromorphological characterization of elite cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars collected in Benin. *Int. J. of Cur. Res. in Bios. and P. Bio.*, 2 (2): 1-14.
- Akaffou D.S., 2013. Etude et cartographie génétique du croisement *Coffea pseudozanguebariae* BRIDSON X *Coffea canephora* PIERRE. Thèse de Doctorat d'Etat, UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 121 p.
- Akaffou D.S., Kouassi K.H. & N'dah K. 2018. Evaluations of the Capacity and the Characteristics of Germination of *Myrianthus Arboreus* (Cecropiaceae) by Cuttings Culture. *Int. J. of Ad. in Sci. R. and Eng.*, 4, 131-138.
- Alami S.A., Souvre A. & Albertini L. 1988. The effects of stresses (cold or/and darkness) on pollen viability of two varieties of grain-Sorghum. In : M. Cresti, P. Gori et E. Pacini (éd.). *Sexual reproduction in higher plants. Proc. of the 10th Intl. Symp. on the sexual Reproduction in Higher Plants, 30 mai-4 juin, Sienne (Italie)*. Springer-Verlag, NewYork, 259-264.
- Alexander M.P. (1969). Differential staining of aborted and nonaborted pollen. *Stain Technology*, 44 (3) : 117-22.
- Amallah L., 2017. Structuration de la variabilité génétique d'une collection de blé dur au Maroc par les marqueurs agro-morphologiques, physico-chimiques, biochimiques et moléculaires et étude des associations marqueurs SSR – paramètres de qualité. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Mohammed V (Rabat, Maroc), 143 p.
- Amine E.D., 2017. Etude l'influence du substrat sur la rhizogenèse des boutures herbacées

- d'oliviers variété « Sigoise » multiplié en serre de nébulisation. Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, UFR Agronomie : Amélioration végétale, Université de Tlemcen, Algérie, 59 p.
- Amyotte L., 1996. Méthodes quantitatives (application à la recherche en sciences Humaines). Édition du renouveau pédagogique (E.R.P.I.). Saint-Laurent (Québec), Canada.
- Andel T.V., 2006. Les Produits Forestiers autres que le Bois d'Œuvre. La Valeur des Plantes Sauvages. Agromisa Publication and CTA, Wageningen, Pays Bas
- Andersson M.S., Schultze-Kraft R., Peters M., Hincapie B. & Lascano C.E., 2006. Morphological, agronomic and forage quality diversity of the *Flemingia macrophylla* world collection. *Field Crops Research*, 96 : 387- 406.
- Anonyme 1, 2008. Renforcement de la sécurité alimentaire en Afrique Centrale à travers la gestion et l'utilisation durable des produits forestiers non ligneux. GCP/RAF/398/GER. Directives sous-régionales relatives à la gestion durable des produits forestiers non ligneux d'origine végétale en Afrique Centrale. FAO/COMIFAC/GTZ, Yaoundé, 24 p.
- Anonyme 2, 2003. Produits forestiers non ligneux. Division des produits forestiers.
www.fao.org/forestry/site/6388/fr
- Anonyme 3, 2000. Evaluation des ressources en produits forestiers non ligneux. Produits forestiers non ligneux 13. Rome : FAO, 159 p.
- Anonyme 4, 2005. « Valorisation du milieu forestier par l'homme, vers une gestion durable en Guyane », (PFNI) - GIP ECOFOR – PARIS, 63 p. ».
- Anonyme 5, 1999. « La FAO et la foresterie : Vers une définition harmonisée des produits forestiers non ligneux » Rome. 3 CE-FAO - GCP/INT/679/EC, 1999, Collecte et analyse de données pour l'aménagement durable des forêts au Cameroun, 65 p.
- Anonyme 6, 2016. Vivre et se nourrir de la forêt en Afrique centrale. Rome, Italy. 241 p
- Anonyme 7, 2002. « Renforcement de la sécurité alimentaire en Afrique Centrale à travers la gestion et l'utilisation durable des produits forestiers non ligneux » (GCP/RAF/398/GER), 21 p.
- Anonyme 8, 2008. Directives sous régionales relatives à la gestion durable des produits

forestiers non ligneux d'origine végétale en Afrique Centrale. Document de projet GCP/RAF/398/GER Renforcement de la sécurité alimentaire en Afrique Centrale à travers la gestion et l'utilisation durable des Produits Forestiers Non Ligneux. COMIFAC, FAO, GTZ.

Anonyme 8, 2009. Quatrième rapport national sur la diversité biologique de la République du Congo. Direction de l'Environnement, Brazzaville, août 2009, 117 p.

Anonyme 9, 2002. Fiche d'intégration régionale n°1, 42 p.

Anumalla M., Roychowdhury R., Kumar G.C., Mazid M. & Ashok K.R., 2015. Utilization of plant genetic resources and diversity analysis tools for sustainable crop improvement with special emphasis on rice. *Int. J. of Ad. Res.*, 3 (3) : 1155-1175.

Ariizumi T. & Toriyama K. (2011). Genetic regulation of sporopollenin synthesis and pollen exine development. *An. Rev. of P. Bio.*, 62: 437- 460.

Asseh E.E., Aké-Assi E., Koffi K.J. & Faustine K.A. (2017). Domestication de *Thunbergia atacorensis* Akoegninou & Lisowski (Acanthaceae) : Effet du type de substrat et du mode d'éclairage sur l'aptitude à la reprise végétative des boutures et la croissance des plants. *Eur. Sci. J.*, 13 : 328-354.

Auriol C. (1992). La diversité biologique. La vie en péril. Société pour la protection de l'environnement. Collection « Dossiers de l'environnement », Vol VII. Editions Georg. 135 p.

Avana T.M.L.A., Tchoundjeu Z., Bell J.M., Tsoheng A. & Abega J. (2000). Multiplication végétative de *Dacryodes edulis* (G. Don) Lam: effet du type de substrat et de la stimulation hormonale sur l'enracinement des boutures juvéniles sous châssis de propagation. In: Kengue J., Kapseu C. et Kayem G. J. (éds). *3ème Séminaire International sur la valorisation du Safoutier et autres oléagineux non conventionnels*. Actes. pp.141154.

Arouna A.I, Alhassane A., Daouda O.S. & Boureima K.S., 2018. Variabilité Morphologique et Agronomique Des Morphotypes De Voandzou (*Vigna Subterranea* (L.) Cultivés Dans La Zone Sahélienne Du Niger. *Eur. Sci. J.*, 14 : 377 - 393.

Aouad A., Mergoum M. & Baaziz M., 1996. Etude préliminaire du polymorphisme enzymatique révélé chez quelques céréales aux premiers stades végétatifs. *Al Awamia*, 95 : 9-19.

- Arbonnier M., 2009. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, 3ème Édition revue et augmentée. MNHN-QUAE, France, 576 p.
- Ashley M.V. & Dow B.D., 1994. The use of microsatellite analysis in population biology: background, methods and potential application. In: Molecular ecology and evolution, B. Schierwater, B. Streit, G.P. Wagner, R. De Salle eds. *Birkhäuser Verlag*, 185-201.
- Assongba Y.F., Essou J.I., Adomou C.A. & Djego M.G.J., 2021. Caractérisation morphologique de *Cleome gynandra* L. au BENIN. *Int. J. of Bio. and Che. Sci.*, 15 (1) : 185 – 199
- Atangana A.R., Tchoundjeu J-M., Fondoun E., Asaah M., Ndoumbe & Leakey R.R.B., 2001. Domestication of *Irvingia gabonensis*: 1. Phenotypic variation in fruit and kernels in two populations from Cameroon. *Agroforestry Systems*, 53 : 55 - 64.
- Aubé J., 1996. Etude pour favoriser le développement des produits forestiers non ligneux dans le cadre du Central African Regional Programme for the Environment (CARPE). Forestry Support Program, USAID, Washington, USA.
- Awono A., Eba'a A.R., Betti J. L., Ngouhouo P. J., Foundjem, T. D. & Tieguhong C. J., 2013. Importance économique et sociale des produits forestiers non ligneux de nature végétale au Cameroun. In Etude de l'importance économique et sociale du secteur forestier et faunique au Cameroun. CIFOR : Yaoundé, 129-130
- Badjaré B., Kokou K., Bigou-laré N., Koumantiga D., Akpakouma A., Bétidé A. & Abbévi A.G., 2017. Étude ethnobotanique d'espèces ligneuses des savanes sèches au Nord-Togo : diversité, usages, importance et vulnérabilité. *Bio. Agron. Soc. Env.*, 22 (3) : 152-171.
- Baco M.N., Biaou G. & Lescure J.-P., 2007. Complementarity between Geographical and Social Patterns in the Preservation of Yam (*Dioscorea* sp.) Diversity in Northern Benin. *Economic botany*, 61: 385-393.
- Baco M.N., Biaou G., Pham J.-L. & Lescure, J.-P., 2008. Facteurs géographiques et Sociaux de la diversité des ignames cultivées au Nord Bénin. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures 17 : 172-177.

- Badou R.B., Yedomonhan H., Adomou A.C. & Akoegninou A., 2017. Phénologie florale et production fruitière de *Syzygium guineense* (Willd.) DC. subsp. *macrocarpum* (Myrtaceae) en zone soudano-guinéenne au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5) : 2466 - 2480
- Bakasso Y., 2010. Ressources génétiques des roselles (*Hibiscus sabdariffa* L.) du Niger : Evaluations agro-morphologique et génétique. Thèse de doctorat inédit. Université Abdou Moumouni, Niamey. 102 p.
- Barrow J.R., 1983. Comparisons among pollen viability measurement methods in cotton. *Crop Science*, 23 : 734 - 36
- Bazile D., Dembélé S., Soumaré M. & Dembélé D., 2008. Utilisation de la diversité variétale du sorgho pour valoriser la diversité des sols au Mali. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures 17 : 86 - 94.
- Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M. & Montuis O. (2010). Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc : le projet John Goelet. *Bois et Forêts des Tropiques*, 304 (2) : 47- 59.
- Bellefontaine R., Meunier Q., Ichaou A., Morin A., Mapongmetsem P.M., Belem B., Azihou F., Houngnon A. & Abdourhamane H., 2018. La régénération par graines et par multiplication végétative à faible coût (drageons et boutures de segments de racine). Cirad Montpellier (France), 460 p
- Bellon M.R. & Taylor J.E., 1993. "Folk" Soil Taxonomy and the Partial Adoption of New Seed Varieties. *Economic Development and Cultural Change*, 41: 763.
- Bellon M.R., 2001. Demand and Supply of Crop Intraspecific Diversity on Farms : Towards a Policy Framework for On-Farm Conservation. CIMMYT, Mexico.
- Berthier J., 1965. Influence du milieu sur la ramification du *Fontinalis antipyretica* L. CR. Ac. sc. Paris 260, gr II, 13 : 40 - 49.
- Betham G. & Hooker J.D., 1883. Genera plantarum. Ordo. CL.xx: Scitamineae. 3. p 657. Lovell Reeve et Co., London
- Betti J.L., Ngankoué C.M., Dibong S.D. & Singa A.E., 2016. Etude ethnobotanique des

- plantes alimentaires spontanées vendues dans les marchés de Yaoundé, Cameroun. *Int. J. of Biol. and Chem. Sci.*, 10 (4), 1678 - 1693.
- Betti J. L., Mébéré Y. S. R. et Nchembi T.F., 2011. Contribution to the knowledge of non woodforest products of the far north region of Cameroun: medicinal plants sold in the Kousseri market. *J. of Ecol. and the Nat. Env.*, 3 (7): 241-254
- Bloesch B. & Viret O., 2013. Stades phénologiques repères des fruits à pépins (pommier et Poirier). *Rev. Suisse. Vit. Arboric. Hortic.*, 45 (2) : 128-131.
- Bonnehin L., 2000. Domestication paysanne des arbres fruitiers forestiers ; Cas de *Coula edulis* Baill ; Olacaceae, et *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. chev., Sapotaceae
- Boughediri L. & Bounaga N. (1985). Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) étude du pollen. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, (Bab Ezzour, Algérie), 130 p.
- Boughediri L., 1994. Le pollen le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) Approche Multidisciplinaires et modélisation des différents paramètres en vue de créer une Banque de pollens. Thèse de Doctorat, Université Populaire, (Paris, France), 6-158.
- Braidwood L., Breuer C., & Sugimoto K., 2014. My body is a cage: mechanisms and Modulation of plant cell growth. *New Phytol.*, 201: 388-402.
- Bramlett D.L. & Matthews F.R., 1991. Storing loblolly pine pollen. *South. J. of Appl. For.*, 15 (3): 153-157.
- Breton C., Terral J.F., Pintel C., Medail F., Bonhomme F. & Bervillé A., 2009. The origins of the domestication of the olive tree. *Comptes Rendus Biologies*, 332 (12): 1059-1064.
- Brown A.H.D., 1989b. Core collections: a practical approach to genetic resources management. *Genome*, 31 : 818-824.
- Brugière D., Bougras S. et Gautier-Hion A., 2000.- Dynamique forestière à processus de colonisation - extinction : relations faune-flore dans les forêts à Marantacées du parc national d'Odzala. Rapport Ecofac. 1-10 pp
- Brugière D., Bougras S. & Gautier-Hion A., 2003. - Dynamique des forêts à Marantaceae

- du parc national d'Odzala : une menace pour la biodiversité? *Canopée* n° 25, 19 p
- Brush S.B., 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economic botany* 45: 153-165.
- Brush, S.B., 1992. Farmer's rights and genetic conservation in traditional farming systems. *World Development* 20: 1617-1630.
- Brush S.B. & Perales, H.R., 2007. A maize landscape: Ethnicity and agro-biodiversity in Chiapas Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 121: 211-221.
- Burt-Smith G.S., Grime J.P. & Tilman D., 2003. Seedling resistance to herbivory as a predictor of relative abundance in a synthesized prairie community. *Oikos*, 101 : 345-353.
- Cerceau-Larrival M.T. & Challe J., 1986. Biopalynoly and maintenance of germination capacity of stored pollen in some angiosperm families. In : Blackmore S. & Ferguson X. (éd.). *Pollen and Spores : form and function*. Linnean Society Symposium Series, 12. *Academic Press*, 151-164
- Chacoff N.P., Garcíà D. & Obeso J.R., 2008. Effects of pollen quality and quantity on pollen limitation in *Crataegus monogyna* (Rosaceae). *New Spain Flora*, 203 (6) : 499 p
- Charrier A., Jaquot M., Hamon S. & Nicolas D., 1997. L'amélioration des plantes tropicales. CIRAD-ORSTOM. Montpellier, France, 401-427.
- Chaudhary P., Gauchan D., Rana R.B., Sthapit B.R. & Jarvis, D.I., 2004. Potential loss of rice landraces from a Terai community in Nepal: a case study from Kachorwa, Bara. *Plant Genetic Resources Newsletter* 137, 14-21.
- Chloé D., 2010. Interactions plante - pollinisateur: caractérisation de la qualité du pollen de deux cucurbitacées durant son ontogenèse, sa présentation et son transport sur le corps de l'abeille domestique. Thèse de Doctorat, UFR de la Biologie végétale, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (France), 191 p.
- Coombe B.G., 1976. The development of fleshy fruits. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 27: 507-28.
- Croxford A.E., Robson M. & Wilkinson M.J., 2006. Characterization and PCR multiplexing of polymorphic microsatellite loci in cashew (*Anacardium occidentale* L.) and their crossspecies utilization. *Molecular Ecology Notes*, 6: 249-251

- Dafni A. & Firmage D., 2000. Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution*, 222 (1-4): 113-32.
- Dane F. & Liu J. 2007. Diversity and origin of cultivated and citron type watermelon (*Citrullus lanatus*). *Gen. Res. and Crop Evol.*, 54: 1255-1265.
- Dao ECM., 2012. Biologie et écologie de la reproduction sexuée d'une Caesalpinioideae (Leguminosae): *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst. Thèse de Doctorat de l'Université Polytechnique de BOBO-DIOULASSO (UPB) / Burkina - Faso. p.110.
- Dawson I. K., POWELL W., 1999. Genetic variation in the Afromontane tree *Prunus africana*, an endangered medicinal species. *Molecular Ecology*, 8: 151-156.
- Delhaye R.J., 1968. Note sur la culture de Pvrèlhre de Dalmatie. Bulletin de recherche agronomique de Gennbloux. Tome III- n^o A. 44610.
- Deluc L.G., Grimplet J. & Wheatley M.D., 2007. Transcriptomic and metabolite analyses of Cabernet Sauvignon grape berry development. *BMC Genom.*, 8 : 1-42.
- De Queiroz K., 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology*, 56 : 879-886.
- De Vienne D., 1998. Biotechnologies végétales. Les marqueurs moléculaires et leur application. CNED. Paris (France), 118 p.
- Dhetchuvi M.M., et Diafouka A., 1993. - Les Marantaceae du Congo. *Fragm. Flore. Geobot.* 38 (2) : 401-450.
- Dhetchuvi M., 1996. Taxonomie et phytogéographie des Marantaceae de l'Afrique Centrale. (Gabon, Congo, Zaïre, Rwanda et Burundi). Thèse de Doctorat. ULB. 438 p.
- Diagara S.M., Issa A.H., Mamoudou B.M. & Kiari B.K., 2022. Caractérisation agromorphologique de 30 accessions de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verdc] cultivées dans la zone soudanienne du Niger. *Int. J. Innov. and App. Stu.* 36 (2): 553-563
- Diallo BO., McKey D., Chevallier M-H., Joly HI. & Hossaert-McKey M., 2008. Breeding system and pollination biology of the semi domesticated fruit tree, *Tamarindus indica* L. (Leguminosae : Caesalpinioideae) : Implications for fruit production, selective breeding and conservation of genetic resources. *Afr. J. Bio.*, 7(22) : 4068-4075.

- Diallo O.B., 2001. Biologie de reproduction et évaluation de la diversité génétique chez une légumineuse *Tamarindus indica* L. (*Ceasalpinioideae*). Thèse de Doctorat, Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier II (Montpellier, France), 119 p.
- Diamond J., 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, 418: 700-707.
- Diana J., 2009. Aquaculture production and biodiversity conservation. *Bioscience*, 59: 27-38
- Dick C.W., Hardy O.J., Jones F.A. & Petit R.J., 2008. Spatial Scales of Pollen and SeedMediated Gene Flow in Tropical Rain Forest Trees. *Trop. Pl. Biol.*, 1 (1): 20-33.
- Djé Y., Forciolo D., Ater M., Lefèbvre C. & Vekemans X., 1999. Assessing population genetic structure of sorghum landraces from North-Western Marocco using allozyme and microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.*, 99: 157-163.
- Djé Y., Heuertz M., Lefebvre C. & Vekemans X., 2000. Assessment of genetic diversity within and among germplasm accessions in cultivated sorghum using microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.*, 100: 918-925.
- Djè Y., Tahi G.C., Zoro Bi I.A., Baudoin J.P. & Bertin P., 2010. Use of ISSR markers to assess genetic diversity of African edible seeded *Citrullus lanatus* landraces. *Scientia Horticulturae*, 124 : 159-164.
- Doucet J.L., 2003. L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les Forêts du centre du Gabon. Thèse de Doctorat, Fac. Universitaire des sciences Agronomiques de Gembloux 323 p
- Duarte C.M., Marba N. & Holmer M., 2007. Rapid domestication of marine species. *Science*, 316: 382-383.
- Ebadi-Segheloo A., Ali A.G.H., Mohebodini M., Janmohammadi M., Nouraein M. & Sabaghnia N., 2015. The Use of Some Morphological Traits for the Assessment of Genetic Diversity in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Landraces. *Plant Breeding and Seed Science*, 69: 69-80.
- Elias M., Panaud, O. & Robert, T., 2000. Assessment of genetic variability in a traditional cassava (*Manihot esculenta* Crantz) farming system, using AFLP markers. *Heredity*, 85: 219-230.

- Evenson, R.E. & Gollin, D., 2003. Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*, 300: 758-762.
- Eyog Matig O., Ndoye O., Kengue J. & Awono A., 2006. Les Fruitiers Forestiers Comestibles du Cameroun. IPGRI Regional Office for West and Central Africa c/o ITTA 08 B.P. 0932 Cotonou, Benin © *Int. Plant Gen. Res. Inst.*, p 220.
- Fadil M., Farah A., Haloui T. & Rachiq S., 2018. Étude ethnobotanique des plantes exploitées par les coopératives et les associations de la région Meknès-Tafilalet au Maroc. *Phytothérapie*, 14-09
- Falconer J.C., 1990. The major significance of minor forest products, the local use and value of forests in the West African humid forest zone. FAO, Rome. 232p.
- Farcy E., Verhille A.M., Cornu A. & Cerceau Larrival T.M., 1990. Etude de la conservation du pollen de *Petunia*: méthodologie, tests de viabilité (in vitro et in vivo) et de conformité génétique. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 137 (2): 105-110.
- Fomete T. & Vermaat J., 2001. Foresterie communautaire et soulagement de la pauvreté au Cameroun. RDNP. Londres, ODI.
- Fraleigh B., 1987. Importance des banques de ressources phytogénétiques. In : Saint Pierre CA & Demaly Y (Eds). *Amélioration et protection des plantes vivrières tropicales*. Québec, Canada AUPELF-UREF, pp 13-18.
- Frankel O., Brown A.H. D. & Burdon J.J., 1995. The conservation of plant biodiversity. New York, USA: Cambridge University Press, 299 p.
- Frankel O.H. & Brown A.H.D., 1984. Current plant genetic resources: a critical appraisal. In : Genetics, new frontiers (volume IV). New Delhi, Inde, Oxford and IBH.
- Frankham R., Ballou J.D. & Briscoe D.A., 2002. Introduction to Conservation Genetics Cambridge University Press, 0521630142, 607 p.
- Franzel S., Jaenicke H. & Janssen W., 1996. Choosing the right trees: setting priorities for multipurpose tree improvement. ISNAR Research Report 8. ISNAR, The Hague. 87 p.
- Frenzel A.C., Pekrun R., Reinhard, Goetz T., Lia M.D. & Klassend M., 2016. Measuring

- teachers' enjoyment, anger, and anxiety: The Teacher Emotions Scales (TES). *Contemporary Educational Psychology*. pp. 148-163.
- Freeland J.R., 2005. *Molecular Ecology* John Wiley & Sons Chichester. ISBN: 78-0-470-09062-6, 400 p.
- Gbemavo J.C., Gandji K., Gnangle P.C., Assogbadjo E.A. & Kakaï G.L.R., 2015. Variabilité morphologiques et conservation des morphotypes de *Jatropha curcas* Linn. (Euphoraceae) au Bénin. *J Agr. and Environ. Int. Devel.*, 109 (1) : 55-69.
- Gbesso G.H.F., Osseni A.A., Ajavon A.Y. C., et Tente B., 2019. Usages des plantes d'intérêt socio-économique au sein des communautés Mahi et Nago de la Commune de Savalou au Bénin. *Bull. Sci. Environ. Biodivers.* 3 : 54-66
- George P. & Verger F., 1996. *Dictionnaire de la Géographie*. PUF, Paris.
- Geslin J.D., 2000. « Evaluation des ressources forestières », Rome, 18 p.
- Gharbi M., 2011. Les produits de la ruche : origines-fonctions naturelles-composition Propriétés thérapeutiques : apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire (Doctoral dissertation), pp 55.
- Gillaspy G., Ben-David H. & Gruissem W., 1993. Fruits: A Developmental Perspective. *Plant Cell.*, 5 : 1439-1451.
- Gillet JF., 2006. - Formation végétale, régénération et impact de l'exploitation forestière en forêt mixte de terre ferme au nord de la république du Congo. Cas d'une société forestière: la Congolaise Industrielle des Bois (CIB), DEA, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 72 p
- Gillet JF., 2013. - Les forêts à Marantaceae au sein de la mosaïque forestière du Nord de la République du Congo : Origine et modalités de la gestion, (Thèse doctorat), Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, 194 p.
- Glaszmann J.C., Grivet L., Courtois B., Noyer J.L., Luce C., Jacquot M., Albar L., Ghesquière A. & Second G., 1999. Le riz. In : Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. Ed. Hamon P., Seguin M., Perrier X., Glazmann J.C., Cirad, 327-350.

- Gonmadje C.F., Donfack J.-B. & Kengue J., 2015. Rapport national sur l'état des ressources génétiques forestières du Cameroun. FAO, Rome, 98 p.
- Grenand P. & Lescure J.P., 2003. « Ressources, Usages, ethnobotanique et autres sciences » in Ecole interdisciplinaire d'Ecologie Forestière Tropicale », CNRS/ Univ. De Corse/ Univ. Nice-Sophia Antipolis.
- Grivet L. & Noyer J.L., 1999. Les méthodes de marquage biochimique et moléculaire. In : Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. Ed. *Hamon P., Seguin M., Perrier X., Glazmann J.C.*, Cirad, 13-41.
- Guedje M.N., 2002. La gestion des populations d'arbres comme outil pour une exploitation durable des produits forestiers non ligneux : l'exemple de *Garcia lucida* (Sud Cameroun). Thèse de doctorat : Université Libre de Bruxelles (Belgique).
- Guedje N. M., 1996. Evaluation écologique de quelques Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) de la région de Bipindi - Akom II : abondance, distribution et impact des récoltes sur les peuplements. Programme Tropenbos Cameroun. (Document interne).
- Hartmann H.T., Kester D.E., Davies F.T.J. & Geneve R.L., 1997. Plant Propagation – Principales and Practices, Prentice Hall International, Indian National Congress, 6^{ème} édition, 770 p.
- Heymans, J.C., 1982. Utilisation de la viande de chasse et d'élevage de certaines espèces Animales au Zaïre et en République du Bénin. In Proceedings International Colloquium on Tropical Animal Production for the Benefit of Man. Prince Leopold Institute of Tropical Médecine.
- Huang Z.H., Zhu J.M., Mu X.J. & Lin J.X., 2004. Pollen dispersion, pollen viability and pistil receptivity in *Leymus chinensis*. *Annals of Botany*, 93 (3): 295-301.
- Hughes S.W., 2005. Archimedes revisited : a faster, better, cheaper method of accurately measuring the volume of small objects. *Phys. Educ.*, 40 (5): 468-474.
- Jacquemart A.L., 2007. Methods for determining compatibility and pollinator efficiency in temperate fruit species. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 1: 2638.

- Jaenicke H. & Beniast J., 2003. La multiplication végétative des ligneux en agroforesterie. Manuel de formation et bibliographie. World Agroforestry Centre (ICRAF), 139 pp.
- Jahier J., Chevre A.M., Eber F., Delourme R. & Tanguy A.M. (1992). Techniques de cytogénétique végétale INRA, Paris (France), 184 p.
- Jaouadi W., Hamrouni L. & Khouja LM., 2012. Phénologie d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana*
- Jendoubi R., Neffati M., Henchi B. & Yobi A., 2001. Système de reproduction et variabilité morpho-phénologique chez *Allium roseum* L. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 29-34.
- Kadri Y., Moussaoui A. & Benmebarek A., 2018. Étude ethnobotanique de quelques plantes médicinales dans une région hyper aride du Sud-ouest Algérien « Cas du Touat dans la wilaya d'Adrar », *J. An. Plant Sci.* 36 (2) : 5844-5857
- Kalinganire A., Uwamariya A., Koné B. & Larwanou M. (2007). - Production de plants agroforestiers. ICRAF Note technique no. 1. Nairobi: World Agroforestry Centre, 48 p.
- Käpylä M. (1991). Testing the age and viability of airborne pollen. *Grana*, 30 (2) : 430-33.
- Kasangana B.P. (2018). Recherche des molécules bioactives antidiabétiques dans les extraits d'écorces de racines de *Myrianthus arboreus*. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences du Bois, Université Laval (Québec, Canada), 216 p.
- Kana J.R., Gnonlonfin B.G.J., Harvey J., Wainaina J., Wanjuki I., Skilton, R.A. & Tegua A., 2013. Assessment of aflatoxin contamination of maize, peanut meal and poultry feed mixtures from different agro-ecological zones in Cameroon. *Toxins*, 5 (5) : 884-894.
- Kaosa-ard M.S. & Rerkasem B., 2000. The Growth and Sustainability of Agriculture in Asia. Asian Development Bank's Study of Rural Asia: Beyond the Green Revolution. Oxford University Press, Oxford, USA.
- Kearns C.A. & Inouye D.W. (1993). Techniques for pollination biologists. Niwot, USA: University Press of Colorado, (Louisville, Etats-Unis), 583 p.

- Khanlou K., Vandepitte K., Asl L. & Van Bockstaele E., 2011. Towards an optimal sampling strategy for assessing genetic variation within and among white clover (*Trifolium repens* L.) cultivars using AFLP. *Gen. Mol. Biol.*, 34: 252-258.
- Kengue J., Ebete Mbeng A., Ntsengue Levodo J., Assoumou H. & Fondi E.N., 2008. Rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture au Cameroun. Institute de Recherche Agricole pour le Développement, Yaoundé. 93 p.
- Khennaoui A., 2018. Diversité phénotypique et moléculaire du blé dur cultivé en Algérie : identification et caractérisation des accessions. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri (Constantine, Algérie), 1080 p.
- Kimbatsa F.G., 2015. Utilisation abusive des produits forestiers non ligneux (PFNL) et son impact écologique sur la réserve de la biosphère de Dimonika (République du Congo) *Canad. J. Trop. Geog.*, 2 : (2), 52 - 59
- Knox R.B., Williams E.G. & Dumas C., 1986. Pollen, pistil and reproductive function in crop plants. *Plant Breed. Rev.*, 4: 9-79.
- Konan O.N., D'Hont A., Baudoin J.P. & Mergeai G. (2007). Cytogenetics of a new trispecies hybrid in cotton : *Gossypium hirsutum* L, *G. thurberi* Tod, *G. longicalyx*, *Plant Breeding*, 126 :176-181.
- Koopowitz H. & Kaye H. (1983). Plant extinction, a global crisis. Stone Wall Press. Washington, 239 p.
- Kshirsagar K.G. & Pandey S., 1995. Diversity of Rice Cultivars in a Rainfed Village in the Orissa State of India. Proc. Seminar 'Using diversity: enhancing and maintaining genetic resources onfarm'. International Development Research Centre, New Delhi, India.
- Kouyaté A.M. & Van Damme P., 2002. Caractères morphologiques de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. au Sud du Mali. *Fruits*, 57 : 231-238.
- Laopé A.C.S., Soko D.F.S., Lacina F.C., Founignué K.S., Koné M. & Aké S., 2018. Caractérisation agromorphologique de cinq variétés de Cucurbitacées cultivées dans la Région de Khorogo (CI). *J. Anim. Plant Sci.* 37(2): 6033-6040
- Leakey R.R.B., Tchoundjeu Z., Schreckenberk, K., Shackleton S.E. & Shackleton C.M.,

2005. Agroforestry Tree Products (AFTPs): Targeting poverty reduction and enhanced livelihoods. *Int. J. Agr.Sustain.* 3: 1-23.
- Lebel F., Debailleul G., Samba SA., & Olivier A., 2003. La contribution des produits forestiers non-ligneux à l'économie des ménages de la région de Thiès, au Sénégal. 2e atelier régional sur les aspects socio-économiques de l'agroforesterie au sahel, 20 p.
- Lejoly J., 1996. Utilisation des méthodes des transects en vue de l'étude de la biodiversité dans la zone de conservation de la forêt de Ngotto (RCA). Rapport technique : Projet ECOFAC, Agreco-CTFT. 114 p.
- Lejoly. J., 2005. Valorisation et conservation de la biodiversité végétale. 1^{ère} partie : Nouveauté en systématique végétale. P 35. Notes à l'usage des étudiants du diplôme d'études approfondies(DEA) Biologie-Agronomie. Université de Kisangani.
- Leroy M., Derroire G., Vendé J. & Leménager T., 2013. La gestion durable des forêts Tropicales : De l'analyse critique du concept à l'évaluation environnementale des dispositifs de gestion. 240 p.
- Lescuyer G., 2013. Importance économique des produits forestiers non ligneux dans quelques villages du Sud-Cameroun. *Bois et forêts des tropiques*, 304 (2) : 16-24
- Letouzey R., 1982. Manuel de botanique forestière Afrique tropicale Tome 1 Botanique Générale (Illustrations de R. Letouzey et dessin de J. Rassiat) Centre Technique Forestier Tropical 45 bis, Av. de la Belle-Gabrielle, 94 - Nogent s/Marne, 183 p
- Loubelo E., 2012. Impact des produits forestiers non ligneux (PFNL) sur l'économie des ménages et la sécurité alimentaire : cas de la République du Congo. Economies et finances. Université Rennes 2, France, 261 p.
- Louette D., Charrier A. & Berthaud J., 1997. In Situ Conservation of Maize in Mexico : Genetic Diversity and Maize Seed Management in a Traditional Community. *Economic Botany* 51: 20-38.
- Loussert R. & Brousse G., 1978. L'olivier. Techniques et production méditerranéenne. Ed. G. P Maisonneuve et Larose, Paris (France), 448 p.
- Luza J.G. & Polito V.S., 1985. In vitro germination and storage of English Walnut pollen.

Scientia Horticulturae, 27: 303-316.

Maloueki U., Musuyu M., Mbomba N.B.A., Ndimbo K.S., Kapetshi K.J. & Kabena N.O., 2013.

Activités antimicrobiennes et anti oxydantes des extraits aqueux totaux des feuilles de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Milne-Redh. (Marantaceae) et de *Palisota hirsuta* (Thunb.) K. Schum. (Commelinaceae). *ACASTI and CEDESURK Online Journal*, 1 (1): 48 p.

Mambani B., 1980. *Plant-water relations as a criterion for screening for drought resistance in rice*. Thèse de doctorat. International Institute of tropical Agriculture, Université nationale du Zaïre. 481 p.

Mangara A., Gnagne M. Y., Sweetman B. & Sweetman J., 2010. Biologie de reproduction chez *Thaumatococcus daniellii* (Benn.) Benth. & Hook. (Marantaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 22 (2) : 97 - 108

Mannion A.M., 1999. Domestication and the origins of agriculture: an appraisal. *Progress in Physical Geography*, 23: 37-56.

Manzano A.R., Nodals R.A.A., Gutiérrez R., Mayor F.Z. & Alfonso C.L., 2001. Morphological and isoenzyme variability of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) germplasm in Cuba. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 126 : 31-40.

Mapongmetsem P.M., Djomba E., Fawa G., Oumarou Z., Dangai Y. & Bellefontaine R., 2017. Vegetative propagation of *Vitex doniana* Sweet from root segments cuttings: effects of substrate and length of cuttings on the rooting ability. *An. Experim. Biol.*, 5 (1) : 18-24.

Mapongmetsem P.M., Djoumessi M.C., Yemele M.T., Fawa G., Doumara D.G., Tchiagam N.J.B., Avana T.M.L. & Bellefontaine R., 2012. Domestication de *Vitex doniana* Sweet. (Verbenaceae) : influence du type de substrat, de la stimulation hormonale, de la surface foliaire et de la position du nœud sur l'enracinement des boutures uninodales, *J. Agricul. Envir. Int. Devel.*, 106 (1) : 23-45.

Mars M. & Marrakchi M., 2000. Etude de la variabilité intra-arbre chez le grenadier (*Punica granatum* L.). Application à l'échantillonnage des fruits. *Fruits*, 347-355.

Masamba F.D., 2013. Analyse économique de la filière feuilles de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Milne-Redh. sur l'axe Kisangani-Ubundu. Kisangani, 48 p

Mayer E. & Gottsberger G., 2000. Pollen viability in the genus *Silene* (Caryophyllaceae) and

- its evaluation by means of different test procedures. *Flora*, 195 (4): 349-53.
- Mbayu M.L.F., 2016. Etude de la forêt à Marantaceae et son impact sur la régénération des ligneux dans la réserve forestière de Yoko et ses environs (Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo). Thèse de Doctorat. Université de Kisangani, 240 p.
- Mbo Nkoulou L.F., Tchinda Ninlac L.A., Crosd D., Martind G., Ndiang N., Houegbana J., *et al.*, 2023. Analysis of genetic diversity and agronomic variation in banana sub-populations for genomic selection under drought stress in southern Benin. *journal homepage: www.elsevier.com/locate/gene*
- McKey D., Empeiraire L., Elias M., Pinton F., Robert T., Desmoulière S. & Rival, L., 2001. Gestions locales et dynamiques régionales de la diversité variétale du manioc en Amazonie. *Genet. Sél. Evol.* 33: 465-490.
- McMaster G.S. & Wilhelm W., 1997. Growing degree days: one equation, two interpretations. *Agric.For. Meteorol.*, 87: 291-300
- Meunier Q., Bellefontaine R. & Monteuis O. (2008). La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda. *Bois et forêts des tropiques*, 296 (2): 71-82.
- Meunier Q., Lemmens R. & Morin A., 2010. Alternatives to exotic species in Uganda: Growth and cultivation of 85 indigenous trees. French Embassy in Uganda, Belgium Development Agency, GraphiConsult Ltd Kampala (Uganda), 224 p.
- Meva E. F., Segnou M. L., Ebongue O. C., Ntumba A. A., Kedi E. B. P., Deli V., Etoh M. A., & Mpondo M. E., 2016. Spectroscopic synthetic optimizations monitoring of silver nanoparticles formation from *Megaphrynium macrostachyum* leaf extract. *Brazilian Journal*, (26): 640-646.
- Milne redhead E., 1950. Notes on African Marantaceae : 1.-Kew Bull p 163.
- Milne redhead E., 1952. Notes on African Marantaceae: 2- Kew Bull p 170.
- Morini S., Loreti F. & Sciutte R. (1980). Effect of light quality on rooting of Leccino olive cuttings. *Acta horticulture*, 286 :73-76.
- Morot-Gaudry J-F., Prat R., Bohn-Courseau I., Gévaudant F. & Jullien Marc., 2017a.

- Le développement du fruit In : Dunod (ed.). *Biologie Végétale : Croissance et développement-3e édition*. Dunod, Paris, 189-205.
- Mpemboura N.S., 2022. *Phénologie reproductive chez Dacryodes Edulis ((G. Don) H.J. Lam) et variation de quelques métabolites primaires associés*. Thèse de Doctorat inedit-UYI, Yaoundé. 283 p
- Mukerji, A.K., 1995. Mémoire spécial sur l'importance des produits forestiers non ligneux et des stratégies de développement durable. *Produits forestiers non-ligneux*, 15 : 225 – 237
- Muhanguzi HDR., Obua J., Oryem-Origa H. & Vetaas OR., 2003. Tree fruiting phenology in Kalinzu forest, Uganda, *Afric. J. Ecol.*, 41 : 171– 178.
- Mutambwe S., 2010. Revue nationale sur les produits forestiers non ligneux. Cas de le RDC. Establishment of forestry research Network for ACP countries (FORENET).
- Najimi B., El Jaafari S., Jlibène M. & Jacquemin J.M. 2003. Applications des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. *Biotec. Agron. Soc. et Envir.*, 7 (1) : 17-35.
- Ndjebet & Ntamag C., 1997. Spatial distribution of non timber forest product collection, (a casestudy of South Cameroon). Wageningen Agricultural University (department of forestry). 65p.
- N'dri K.E., 2021. *Biologie de la reproduction, diversité agromorphologique et optimisation du bouturage de Myrianthus arboreus (Cecropiaceae) P. Beauv. (1805) en Côte d'Ivoire*. Thèse de Doctorat inédit. Université Jean Lorougnon Guédé, Cote d'Ivoire. 164 p
- Nébié B., Nanema K., Bationo K.P., Traoré R., Labeyrie V. & Sawadogo N., 2013. Variation de caractères agromorphologiques et du Brix d'une collection de sorghos à tige sucrée du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (5): 1919-1928.
- Negueroles J. (1985). Propagation asexuée, bouturage semi-ligneux en nébulisation. Les bases physiologiques de l'enracinement. Ed. Codoue. Espagne: 41-49.
- Nepi M. & Franchi G.G. (2000). Cytochemistry of mature angiosperm pollen. *Plant System. Evol.*, 222 (1-4): 45-62.
- Ngama B.J.F., 2007. Les légumes traditionnels : perspective de la recherche sur la

- Domestication et pérennisation de leur production. Kisangani, Congo. 45 p
- Ngbolua K.N., Molongo M.M., Libwa M.T.B., Amogu J.J.D., Kutshi N.N. & Masengo C.A., 2021. Enquête ethnobotanique sur les plantes sauvages alimentaires en RDC. *Maroc. Sci. Agron. vétérin.*, 9 (2) : 259-265
- Ngo Mpeck M-L., Tchoundjeu Z. & Asaah, E., 2003. Effects of indole-3-butyric acid concentration, cutting stem length and node position on vegetative propagation of *Pausinystalia johimbe*. *Propag. Ornem. Plants Vol.*, 3 (2), 11 -18.
- Ngueko R., 2010. Promotion des filières porteuses des PFNL. Document de projet GCP/RAF/408/EC : « Mobilisation et renforcement des capacités des petites et moyennes entreprises impliquées dans les filières des produits forestiers non ligneux en Afrique Centrale ». SNV – Cameroun.
- Nguema N.P., Bouanga E.B., Massounga Y.C. & Boussiengui B.G. (2013). Étude comparée de trois méthodes de multiplication de *Jatropha curcas* L. dans les conditions climatiques du sud-est du Gabon. *Journal of Applied Biosciences*, 65 :4989-4998.
- Nzie O., 2011.- Afrique centrale : Signature génétique de l'histoire des populations. Inférences sur le passé des forêts à partir de la diversité génétique d'espèces végétales, VABIOCE, projet C3A. pp 1-9
- N'zué B., Okana M., Kouakou A., Dibi K., Zouhourri G. & Essis B., 2014. Morphological characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) accessions collected in the centrewest, south-west and west of Côte d'Ivoire. *Green. J. Agricul. Sci.*, 4 (6): 220-231.
- Okafor J. C., 1991. Improving edible species of forest products. *Unasyuva*. 165 (42), 17 -23
- Oldeman R.A.A., 1990. – Forest : elements of silvology. Springer-Verlag, Germany, 565 p.
- Ollat N., Diakou-Verdin P., Carde J-P., Barrieu F., Gaudillère J-P. & Moing A., 2002. Grape berry development: A review. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 36: 109-131.
- Opara L.U., 1999. Fruit growth measurement and analysis. In: Janick J. (ed). *Horticultural Reviews*. John Wiley et Sons, Oxford: 373-431.
- Ouksili I.A. (1983). L'olivier: connaissance de la plante. 3ème cours international d'oléiculture, 20 p.

- Pabon-Mora N. & Litt A., 2011. Comparative anatomical and developmental analysis of dry and fleshy fruits of Solanaceae. *Am. J. Bot.*, 98: 1415-1436.
- Perales, H.R., Benz, B.F. & Brush, S.B., 2005. Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 102, 949-954.
- Peyron J.L., 2005. « Valorisation du milieu forestier par l'homme, vers une gestion durable en Guyane », (PFNI) - GIP ECOFOR – PARIS, 63 p
- Pham J.-L., Morin S.R., Sebastian L.S., Abrigo G.A., Calibo, M.A., Quilloy, S.M., Hipolito, L. & Jackson, M.T., 2002. Rice, Farmers and Genebanks: a Case Study in the Cagayan Valley, Philippines. In: Engels, J.M.M., Ramanatha Rao, V., Brown, A.H.D., Jackson, M.T. (Eds.), *Managing Plant Genetic Diversity*. IPGRI - Cabi publishing, London, UK, pp. 149-160.
- Philippe G., Baldet P., Gazet M. & Valadon A., 1991. Accélération de la production de matériel « Méléze hybride » (1ère tranche). CEMAGREF, Rapport d'activité. 31 p.
- Pillet J., 2011. Impact du microclimat sur le métabolisme de la baie de raisin. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 2 : 228 p.
- Pinton F. & Empeire, L., 2001. Le manioc en Amazonie Brésilienne : diversité variétale et marché. *Genet. Sel. Evol.* 33 : 491-512.
- Pierre J. & Renard M. (2002). La longévité du pollen de colza. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 9 (1) : 11-3.
- Pline W.A., Edmisten K.L., Oliver T., Wilcut J.W., Wells R. & Allen N.S. (2002). Use of digital image analysis, viability stains, and germination assays to estimate conventional and glyphosate-resistant cotton pollen viability. *Crop Sci*, 42 (6) : 2193-200.
- Porrás P.A., Soriano M.M.I. & Solana M.P., (1998). Techniques performantes de propagation de l'olivier sous nébulisation. *Revue Olivaea*, 74 : 58-61.
- Price A.R.G., 2001. The marine food chain in relation to biodiversity. *The Scientific World*, 1: 579-587.
- Priso R.J., Nnanga J.F., Etamé J., Din N. & Amougou A., 2011. Les produits forestiers Non

- ligneux d'origine végétale: valeur et importance dans quelques marchés de la région du Littoral Cameroun. *J. Appl. Biosc.* 40: 2715-2726.
- Proctor M., Yeo P. & Lack A., 1996. The Natural History of Pollination. Portland, USA: *Harp. Col. Publis.*, 479 p.
- Prosperi M.J., Delgado Enguita I. & Angevain M., 1989. Prospection du genre *Medicago* en Espagne et au Portugal. *Plant Genetic Resources, IBPGR, FAO*, 78/78: 27-29.
- Radanielina T., 2010. Diversité génétique du riz (*Oryza sativa* L.) dans la région de Vakinankaratra, Madagascar Structuration, distribution éco-géographique & gestion in situ. Thèse de Ooctorat. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement Montpellier, France. 187 p
- Radhouane L., 2002. Etude de la variabilité morpho-phénologique chez *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. *Plant Gen. Res. Newsl.*, 138: 18-22.
- Rana R., Garforth C., Sthapit B. & Jarvis D., 2007b. Influence of socio-economic and cultural factors in rice varietal diversity management on-farm in Nepal. *Agricul. Hum. Val.* 24: 461-472.
- Rao N.K., 2004. "Plant genetic resources: advancing conservation and use through biotechnology," *Afric. J. Biotec.*, 3 (2) 136-145 p.
- Roch L., 2018. Etude intégrative et comparative du métabolisme primaire des fruits au cours de leur développement. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, 238 p.
- Roux L., 1987. Utilisation des isoenzymes comme marqueurs génétiques. *Le sélectionneur Français*, 39 : 31-39.
- Russel R., Brad D. & Ken N. 2009. Super-recognizers : People with extraordinary face recognition. *Psychon. Bull. Rev.* 16 (2), 252-257.
- Sakai A.K. & Westneat D.F., 2001. Mating systems. In: Fox CW, Roff DA & Fairbairn DJ (eds). *Evolutionary Ecology: Concepts and Case Studies*. Oxford, UK: Oxford University Press, 193-206.
- Salick J., Cellinese N. & Knapp S., 1997. « Ingenious diversity of cassava: generation, maintenance, use and loss among the Amuesha, Peruvian upper Amazon » *Econ. Bot.*, 51: 6-19

- Sawadogo M., Ouedraogo J., Tignegré J.B., Drabo I. & Balma D., 2010. Caractérisation agromorphologique et moléculaire de cultivars locaux de niébé (*Vigna unguiculata*) du Burkina Faso. *Cam. J. Experim. Biol.*, 6 (1) : 31-40.
- Sery J.M.D., Bonsson B., Gnogbo R., Gbedie N., Ouattara Y., Legnate H. & Keli J.Z., 2019. Influence du génotype et du nombre de feuilles sur la croissance en pépinière des boutures du colatier (*Cola nitida* [Vent.] Schott et Endlicher.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (7) : 3144-3156.
- Schumann K., 1893. Marantaceae africanae in ENGLFR (ed), Beitrage Zur Flora von Afrika. III. *Botjahrb.* 15 : p 446
- Shivanna K.R. & Heslop-Harrison J., 1981. Membrane state and pollen viability. *An. Bot.*, 47 : 759-779.
- Shivanna K.R. & Johri B. M. (1989). The angiosperm pollen : Structure and function. Wiley Easten Ltd., New Delhi. 374 p.
- Simons A.J. & Leakey R.R.B., 2004. Tree domestication in tropical agroforestry. *Agrof. Syst.* 61 : 167-181.
- Sina A.K.S., Amani A., Garba A., Abdou L. & Mahamane A., 2019. Perceptions Communautaires, usages socio-économiques et importance agroécologique des peuplements de *Acacia senegal* (L.) Willd. Dans le Sud-Ouest du Niger : Cas du site gommier de la grappe de Lido dans la commune de Guéchémé. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(7): 3087-3102
- Szamosi C., Solmaz I., Sari N. & Bársony C. 2009. Morphological characterization of Hungarian and Turkish watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai) genetic resources. *Gen. Res. Crop Evol.*, 56: 1091-1105.
- Tabuna H., 2000. Les produits forestiers non-ligneux alimentaires de l'Afrique Centrale sur Les marchés français et belge. Situation actuelle et perspectives. Thèse de doctorat en botanique économique. Muséum National d'histoire Naturelle de Paris.
- Talon B., Christopher, Carcaillet. M., Thinon M., 1997. - Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'holocène dans les alpes

- françaises. Institut méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie (CNRSE 6100),
Case 461, EST Saint-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, F-13397, Marseille,
cedex 20, France. 14 p.
- Tata P. et Awono A., 2014. Enquêtes socio-économiques sur les filières mangue sauvage,
ndjansan et okok au Cameroun. Projet PFNL-4P
- Tchatat, M. & Ndoye, O., 2006. Etude des produits forestiers non ligneux d'Afrique Centrale :
réalités et perspectives. Bois et forêts des tropiques. Le point sur les produits forestiers
non ligneux. Document de projet n° 288 (2) 2.
- Tchatat M., Ndoye O. & Nasi R., 1999. Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre
(PFAB) : place dans l'aménagement durable des forêts humides d'Afrique Centrale. No.
Série FORAFRI no. 18, 95 p.
- Tchoundjeu Z., De Wolf J. & Jaenicke H., 1997. Vegetative propagation for domestication of
agroforestry trees. *Agroforestry Today*, 9 (2): 10-12.
- Tchoundjeu Z., B Duguma, J-M., Fondoun J. & Kengue J., 1998. Strategy for the domestication
of indigenous fruit trees of West Africa: case of *Irvingia gabonensis* in southern
Cameroon. *Cam. J. Biol. Biochem. Sci.*, 4: 21-28.
- Tchoundjeu Z., Kengue J. & Leakey R.R.B., 2002. Domestication of *Dacryodes edulis*: state of
the art, *Forests, Trees and Livelihoods*, 12: 3-13.
- Termote C., Evaraert G., Bwama M.M., Dhed'a D.B. & Van D. P., 2012. Wild Edible plant
markets inkisangani, Democratic Republic of Congo. *Human Ecology*, 40 (2): 269-285
- Terral J.F., Alonso N., Capdevila R.B.I., Chatti N., Fabre L., Fiorentino G., Marival P., Jorda
G.P., Pradat B., Rovira N. & Alibert P., 2004. Historical biogeography of olive
domestication (*Olea europaea* L.) as revealed by geometrical morphometry applied to
biological and archaeological material. *J. Biog.*, 31 (1) : 63-77.
- Thibaudon M., 2019. Conseil scientifique RNSA du 30 septembre 2019, Paris, 8 p.
- Toirambe B., 2005. Place des PFNL dans l'aménagement durable de la Réserve de Biosphère
de Luki en R.DC. Travail de fin d'études. Gembloux : FUSAGx. 77p.
- Trefois R. (1981). Le bouturage sous brouillard. *Revue fruit belge*, 396 : 259-279.

- Tuinstra M.R. & Wedel J. (2000). Estimation of pollen viability in grain sorghum. *Crop Sci.*, 40 : 968-970.
- Vande weghe, J.P., 2004. Forêt d'Afrique centrale. La nature et l'homme. Ed. Lannoo SA Tielt-Belgique, 367 p
- Verina I, Ndoye O., Midoko D, Chupezi J. & Nazi R, 2012. Les Produits forestiers non ligneux : contribution aux économies nationales et stratégies pour une gestion durable. CIFOR, FAO, IRET, pp.137-154
- Wallis N.Z., Bagnan M.A., Akossou A.Y.J. & Kanlindogbe C.B., 2016. Caractérisation morphologique d'une collection de fruits d'anacardier provenant de la commune de Parakou (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 : 2413-2422.
- Wete E., 2022. Gestion durable d'un produit forestier non ligneux au Cameroun (*Prunusafricana* (Hook. F.) Kalkman) : mise en œuvre des mesures de l'Airs de commerce non préjudiciable. Thèse de Doctorat, 117 p.
- White F., 1983. The vegetation of Africa. Unesco. Paris 3.
- White F., 1986. La Vegetation de L'Afrique (The Vegetation of Africa), IRD Editions, 20, 384 p.
- White L.J.T., 1992. - Végétation history and logging disturbance: effects on rain forest mammals in the Lope reserve, Gabon (with spécial emphasis on éléphants and apes) Thesis PhD, Univ. Edinburgh, 250 p.
- Yakubu F.B., Adejoh O.P., Ogunade J.O. & Igboanugo A.B.I., 2014. Vegetative Propagation of *Garcinia kola* (Heckel). *World J. Agricul. Sci.*, 10 (3) : 85-90.
- Yédjanlognon, F.A., Essou., J.I., Adomou, C.A. & Djego, M.G., 2021. Caractérisation morphologique de *Cleome gynandra* L. au BENIN. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 15(1) : 185-199
- Yelkouni M., 2004. Gestion d'une ressource naturelle et action collective : le cas de la forêt de Tiogo au Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I, Burkinafaso, 249 p.

- Yobi A., Henchi B., Neffati M. & Jendoubi R., 2002. Système de reproduction et variabilité morpho-phénologique chez *Allium roseum*. *Plant Gen. Res. Newsl.*, 127: 29-34.
- Yobo C.M., Iponga D.M., Ngoye A., Bengone N.N., Engone N.L. & Obiang., 2016. Comment réaliser la domestication participative d'un PFNL prioritaire par la technique de multiplication asexuée (marcottage) : Cas de l'*Irvingia gabonensis* au Gabon. *Fiche Technique IRET/ n°003/004/*. 3 p.
- Zeiter M., Stampfli A. & Newbery D.M., 2006. Recruitment limitation constrains local species richness and productivity in dry grassland. *Ecology*, 87 : 942 - 951.
- Zima G. G., Mialoudama F. et Yangakola J. M., 2018. Importance Des Produits Forestiers Non Ligneux médicinaux d'origine végétale et impacts des activités anthropiques sur leur durabilité dans le Sud-Ouest de la République Centrafricaine. *Europ. Sci. J.*, 14 (33), 1857 – 7881

ANNEXES

Annexe 1. Publications

Limala E. P., Ntsomboh N. G., Likeng-Li-Ngue B. C., Mbo N. L. F., Molo T., Amougui O. P. J. *et al.*, 2024. Caractérisation phénotypique de quelques accessions de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Milne-Redh. (Marantacée) dans les zones agroécologiques forestières à pluviométries bimodale et monomodale du Cameroun. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*. 20 (2), 97 - 109

Limala E.P., Ntsomboh N.G., Likeng-Li-Ngue B.C., Nyouma A., et Bell J.M. 2023. Smallholders' Perceptions and Socio-Economic Importance of *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Leaves in the Central and Littoral Regions of Cameroon. *International Journal of Economy, Energy and Environment*. Vol. 8 (2), 17-22.

Caractérisation phénotypique de quelques accessions de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Milne-Redh. (Marantacée) dans les zones agroécologiques forestières à pluviométries bimodale et monomodale du Cameroun

Etienne Pacôme LIMALA II¹, Godswill NTSOMBOH-NTSEFONG^{1*}, Benoit-Constant LIKENG-LI-NGUE,¹ Luther Fort MBO NKOULOU², Thierry MOLO¹, Passy Jean AMOUGUI OUAMVENE¹, Florent ZOA¹ et Joseph Martin BELL^{1*}.

¹ Unité de Génétique et Amélioration des Plantes, Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, BP 812, Yaoundé, Cameroun.

² Division de Production Végétale, Centre de Recherche Agricole de Mbalmayo, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Mbalmayo, Cameroun.

*Auteur correspondant, E-mail : ntsombob@yahoo.fr, Tél : 679 94 19 10

*Auteur correspondant, E-mail : josmarbell@yahoo.fr, Tel : 00 (237) 99 85 65 39

Résumé

La présente étude a été conduite dans les Régions du Centre et du Littoral (Cameroun), précisément dans cinq localités à savoir Ebombe, Pouma, Mode, Hondol et Okola. Elle s'est fixée pour objectif de déterminer la variabilité génétique de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Marantacée. La collecte des données réalisée de Mars 2021 à Avril 2022 s'est effectuée à travers la récolte de 165 individus, à raison de 33 par localité. Au total, 26 variables dont 13 qualitatives et 13 quantitatives ont été évaluées. L'analyse statistique a été faite grâce au logiciel R. version 3.4.1. Les relations entre variables ont été étudiées grâce à la matrice de corrélation phénotypique. La variabilité au sein des accessions collectées a été étudiée par une analyse en composantes principales (ACP), le coefficient de variation (CV) et la classification ascendante hiérarchique (CAH). Par ailleurs, l'étude a mis en évidence une grande variabilité morphologique au sein de *M. macrosatichyum* dans les zones d'étude. L'analyse statistique a montré des différences significatives entre les individus des deux zones agro-écologiques pour l'ensemble des variables étudiées (diamètre au collet, longueur, largeur, surface et nombre de nervures secondaires du limbe) exceptée la longueur de la tige. La variabilité a été confirmée sur l'ensemble des variables étudiées à travers les CV qui ont tous été supérieurs à 20 %. De même, l'ACP et la CAH ont montré une importante variabilité entre les accessions avec la formation de 3 groupes (clusters 1, 2 et 3). Il ressort de cette étude que les paramètres du pétiole (diamètre au collet et longueur du pétiole) et la surface foliaire sont les caractères phénotypiques les plus discriminants pour apprécier la variabilité au sein de *M. macrostachyum*.
Mots clés : diversité génétique, variabilité phénotypique, agroécologie, morphotype, *Megaphrynium macrostachyum*.

Received: 03/01/2024

Accepted: 02/04/2024

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jcas.v20i2.1>

© The Authors. This work is published under the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence.

Abstract

This study was carried out in the Central and Littoral Regions (Cameroon), precisely in five localities namely Ebombe, Pouma, Mode, Hondol and Okola. Its objective was to determine the genetic variability of *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Marantaceae. The data collection carried out from March 2021 to April 2022 was carried out through the collection of 165 plants, at a rate of 33 per locality. In total, 26 variables including 13 qualitative and 13 quantitative were evaluated. The statistical analysis was carried out using the R. software version 3.4.1. The relationships between variables were studied using the phenotypic correlation matrix. Variability within the collected accessions was studied by principal component analysis (PCA), coefficient of variation (CV) and hierarchical ascending clustering (CAH). Furthermore, the study highlighted a large morphological variability within *M. macrosatchyum* in the study areas. The statistical analysis showed significant differences between individuals from the two agro-ecological zones for all the variables studied (diameter at the collar, length, width, surface area and number of secondary veins of the blade) except the length of the stem. The variability was confirmed on all the variables studied through the CVs which were all greater than 20%. Likewise, PCA and CAH showed significant variability between accessions with the formation of 3 groups (clusters 1, 2 and 3). It appears from this study that the parameters of the petiole (diameter at the collar and length of the petiole) and the leaf surface are the most discriminating phenotypic characteristics for assessing variability within *M. macrostachyum*.

Key words: genetic diversity, phenotypic variability, agroecology, morphotype, *Megaphrynium macrostachyum*.

Introduction :

La forêt fournit des biens et services qui sont essentiels pour 1,2 milliards de personnes dans le monde (Betti *et al.*, 2016). En Afrique, la survie de 60 à 80 % des populations pauvres dépend directement des ressources naturelles (Betti *et al.*, 2016) La forêt, dans les pays du bassin du Congo, renvoie généralement au bois d'œuvre et dans une certaine mesure au bois-énergie et à la chasse (Massamba, 2013). Les autres produits forestiers non ligneux (PFNL) encore appelés « *récoltes cachées* » sont négligés et leur contribution à l'économie nationale (produit intérieur brut) est souvent très mal appréciée faute de données statistiques fiables, à l'instar de *M. macrostachyum* (Massamba, 2013). Pourtant, les « *récoltes cachées* » ont toujours été et continuent d'être une composante importante de la culture des populations africaines. Ils font non seulement partie de leurs modes de vie « traditionnels », mais ils demeurent essentiels et indispensables à la qualité de vie de bon nombre de ménages, tant en zone rurale qu'urbaine (Ngonzo *et al.*, 2008). De plus, les « *récoltes cachées* » contribuent à la lutte contre la pauvreté, à l'équilibre alimentaire et à la sécurité des populations dans les zones urbaines et rurales (Tchatat et Ndoye, 2006).

La gestion durable des espèces végétales demande une analyse de la variabilité de leur matériel végétal sur le plan morphologique, afin de différencier les individus (Kouyaté et Van Damme, 2002) et de cibler les morphotypes intéressants à reproduire. La variabilité des espèces végétales s'exprime en général au niveau des caractéristiques de l'appareil végétatif et/ou de l'appareil reproducteur de la plante (Mars et Marrakchi, 2000 ; Gbemavo *et al.*, 2015). Plusieurs travaux ont montré que l'existence d'un ensemble de caractères différents au sein d'une même espèce, aboutit à la mise en place de vastes programmes d'amélioration (Diallo, 2001 ; Jendoubi *et al.*, 2001 ; Zoro Bi *et al.*, 2006). Trois types de marqueurs sont largement utilisés pour l'évaluation de la variabilité génétique, à savoir les marqueurs morphologiques (phénotypiques), biochimiques et moléculaires (ADN) (N'dri, 2022).

Dans le cadre cette étude, les marqueurs morphologiques sont ceux qui ont retenu notre attention particulière, parce qu'ils sont d'abord à la base de la classification des espèces végétales

sauvages et cultivées (Roux, 1987). En outre, l'analyse des paramètres morphologiques constitue la première phase de l'évaluation de la diversité génétique (Manzano *et al.*, 2001 ; Radhouane, 2002 ; Yobi *et al.*, 2002). En effet, l'analyse de ces descripteurs permet de révéler la diversité telle qu'elle est perçue et sélectionnée par les exploitants locaux, principaux acteurs de la gestion de la diversité variétale (Sawadogo *et al.*, 2010). Aussi, elle est l'approche la plus pratique pour la différenciation phénotypique à condition de l'associer à un outil statistique qui estime la variation liée au milieu d'étude (Nébié *et al.*, 2013 ; N'Zué *et al.*, 2014 ; Agré *et al.*, 2015).

Au Cameroun, cette plante est utilisée : pour emballer plusieurs mets traditionnels (mitumba, ndomba, pistache...), dans la médecine traditionnelle, comme emballage commercial dans les marchés, comme couvert pour les buffets, comme emballage de conservation des poissons frais par les pêcheurs, dans la vannerie

(fabrication des paniers et nattes). Malgré cette importance, très peu d'études scientifiques sont portées sur cette plante en général et sur sa caractérisation morphologique en particulier. D'où la nécessité d'entreprendre la caractérisation morphologique de *M. macrostachyum* au Cameroun. La disponibilité des données sur sa caractérisation permettra de donner des données scientifiques fiables qui permettront de faciliter la prise de décision des gestionnaires dans le but ultime de mieux valoriser et de gérer durablement *M. macrostachyum*

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Sites d'étude

L'étude a été menée dans cinq localités à savoir : **Ebombe** et **Pouma** situés dans la zone forestière monomodale du Cameroun ; **Mode**, **Hondol** et **Okola** situés dans la zone forestière bimodale du Cameroun. Les caractéristiques desdites localités sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des localités d'étude.

Localités Caractéristiques	EBOMBE	POUMA	MODE	HONDOL	OKOLA
Zone	Forestière	Forestière	Forestière	Forestière	Forestière
agroécologique	monomodale	monomodale	bimodale	bimodale	bimodale
Latitude-Nord	3°29'00"	3° 51' 00"	3° 52'58"	3° 43'59"	4° 01'0"
Longitude-Est	10°13'00"	10°13'00"	10° 50'58"	11° 12' 34"	11° 22' 60"
Altitude (m)	315	133	381	712	636
Climat	Mousson	Mousson	Savane à hiver sec	Savane à hiver sec	Savane à hiver sec

II.1.2. Matériel végétal

Au cours de cette étude, le matériel végétal était constitué de 165 accessions de *M. macrostachyum*. Les différents organes dont les fruits et les graines ont également constitué le Matériel biologique (Fig. 1)

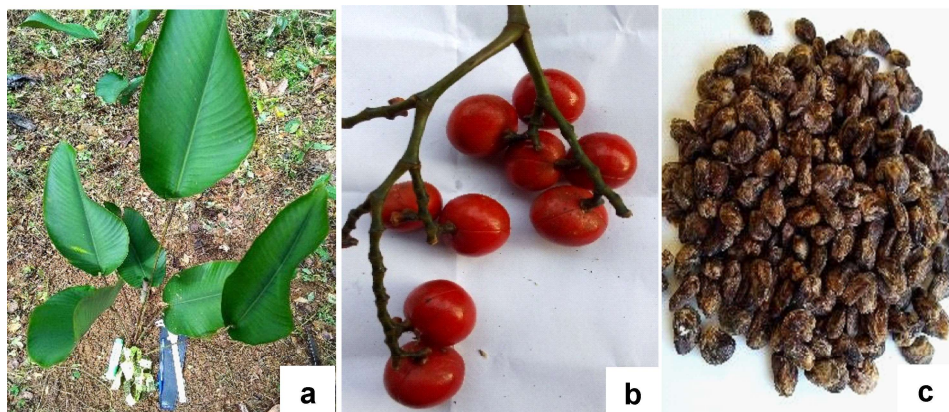


Fig. 1. Matériel végétal du *M. macrostachyum*. (a) accessions de *M. macrostachyum* ; (b) : fruits ;(c) : graines).

II.2. Méthodes

II.2.1. Collecte des données

La phase de collecte des données, a consisté en la récolte des accessions de *M. macrostachyum* dans les différents sites d'étude, la mesure et l'observation des variables quantitatives et qualitatives. Dans chaque site, un échantillonnage de 33 individus a été réalisé, le choix de l'échantillon s'est fait suivant la technique de l'échantillonnage aléatoire simple et exhaustif, laquelle consiste à sélectionner des individus de telle sorte que tous aient la même probabilité de faire partie de l'échantillon (Amyotte, 1996). Ainsi, un échantillonnage de 165 individus pour les cinq localités d'étude a été réalisé. Ces individus étaient récoltés à l'aide d'une machette au ras de la tige, dans différentes touffes dispersées sur le site, ensuite rassemblés et ramenés à un endroit préparé au préalable pour la collecte des variables qualitatives et quantitatives. Quant aux fruits, ils ont été récoltés sur quelques plantes dans deux localités où ils étaient disponibles, à savoir Mode et Hondol et ramenés à l'Unité de Génétique et Amélioration des Plantes (UGAP) du Département de Biologie et Physiologie Végétales (DBPV) de la Faculté des Sciences (FAS) de l'Université de Yaoundé I (UYI) pour la prise des paramètres.

Au total, 26 variables ont été étudiées suivant la description de Milne Read (1951). 13 caractères qualitatifs (couleur, aspect et forme du pétiole ; couleur, aspect et forme du limbe ; couleur, aspect et forme du fruit ; couleur, aspect et forme de la graine et le nombre de graines par fruit ; position des nervures secondaires) et 13 caractères quantitatifs (longueur et diamètre au collet du pétiole ; longueur, largeur et nombre de nervures secondaires du limbe ; surface foliaire ; hauteur ; diamètre et poids du fruit) ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse et d'un mètre ruban, calculés et enregistrés pour des analyses ultérieures.

II.2.2. Analyses des données

Les données collectées ont été saisies sur le tableur Excel 2016, puis soumises à une analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5 % à l'aide du logiciel R. version 3.4.1. Si l'ANOVA est significative, les données sont soumises à un test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-wallis) afin de déterminer les groupes évidents.

II.2.3. Etude de la variabilité génétique

La variabilité génétique des accessions récoltées a été étudiée en utilisant les variables quantitatives collectées. Cette variabilité a été appréciée par l'analyse en composantes principales (ACP), la classification ascendante hiérarchique (CAH) et les corrélations entre variables étudiées. Dans cette étude, l'ACP a été réalisé grâce au package Factor-Miner du logiciel R, pour faire ressortir les différentes similarités existantes entre les variables étudiées. Il a aussi permis de voir comment se répartissent les accessions sur les deux premières composantes en réalisant un graphique de type BI-plot. La CAH a été réalisée pour ressortir les groupes phénotypiques possibles sur la base des variables quantitatives. Les CV ont également permis d'apprécier la variabilité des individus pour les paramètres quantitatifs étudiés. La matrice de corrélation a été faite grâce au package Psych par la fonction pairs panels, pour voir s'il existe les corrélations entre les différents caractères étudiés.

III. RESULTATS

III.1. Caractères qualitatifs

III.1.1. Couleur, aspect et forme du pétiole

Une seule couleur est observée, la couleur verte. Mais cette dernière varie du vert-clair au vert-foncé, présentant des taches diversifiées. Tous les pétioles sont lisses et brillants ayant la forme circulaire (Fig. 2).

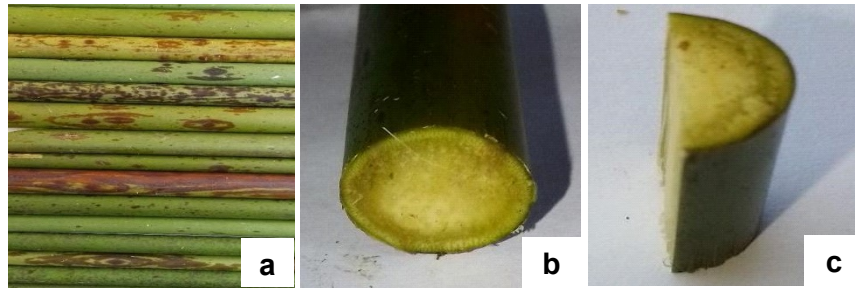


Fig. 2. Couleur et forme de pétiole du *M. macrostachyum*. (a) : couleur ; (b) : forme.

III.1.2. Couleur, aspect et forme du limbe

De manière générale, tous les limbes ont la couleur verte. Leur face supérieure est foncée huileuse et celle inférieure moins foncée. Cependant, une variabilité est notée au niveau de cette couleur verte qui va du vert sombre au vert clair. En outre, certains présentent sur leur face inférieure, des taches de couleur violette, les unes sur toute ladite face et les autres sur la bordure droite allant de la base jusqu'à l'apex. Concernant l'aspect du limbe, aucune variabilité n'a été observée sur l'ensemble d'individus. Tous les limbes sont lisses sur les deux faces et sur la marge. Les nervures sortent en saillie sur la face supérieure et en creux sur celle inférieure et la nervure centrale est pourvue d'une rainure. Quant à la forme du limbe, une variabilité a été notée. Cette dernière est soit ovale, soit

ovale-elliptique ou alors elliptique avec une base plus ou moins arrondie et un apex pointu (aigu ou acuminé) (Fig. 3).

Ce résultat confirme la description faite par Milne-Readhead (1952) qui a révélé que la forme du limbe chez l'espèce était ovale à elliptique. Ces résultats s'expliqueraient par une transmission simple des caractères des parents aux descendants pour les deux couleurs et les deux formes prises individuellement, alors que le mixage (formes intermédiaires) de celles-ci proviendrait par le brassage génétique naturel à travers la fécondation croisée chez l'espèce, ce qui conduit à une diversité génétique importante au sein de *M. macrostachyum*. Ce résultat est similaire à celui de Assongba *et al.*, (2021), qui ont révélé le même fait chez *Cleome gynandra*.

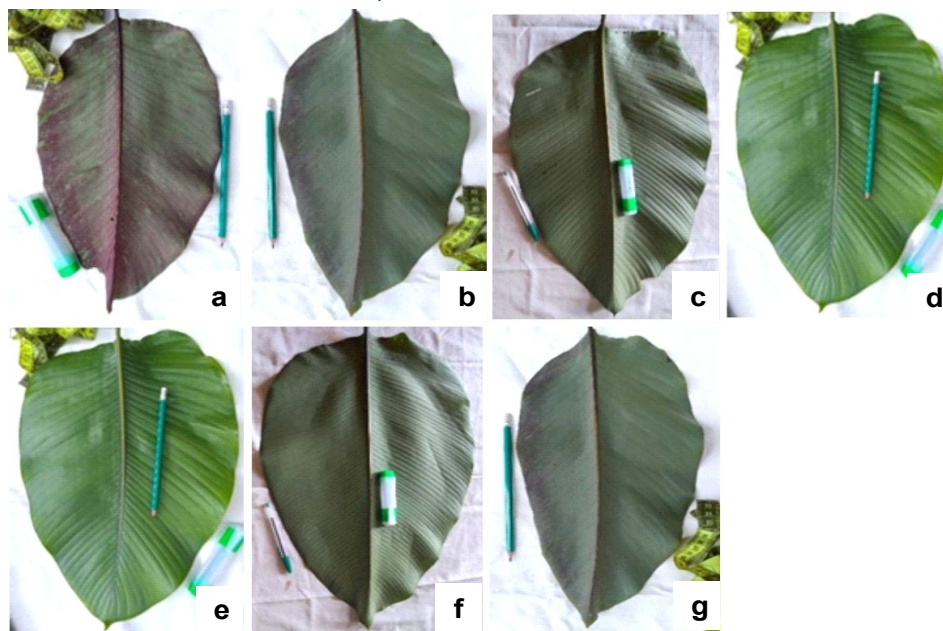


Fig. 3. Couleurs du limbe de *M. macrostachyum*. (a) limbe vert tacheté de violet sur la face inférieure ; (b) : limbe vert tacheté de violet sur la bordure droite de la face inférieure ; (c) limbe vert sombre ; (d) limbe vert clair ; (e) : limbe ovale ; (f) : limbe ovale-elliptique ; (g) limbe.

III.1.3. Couleur, aspect et forme du fruit

Concernant le caractère couleur du fruit, aucune variabilité n'a été observée. Tous les fruits ont une couleur vert-foncé à l'état de maturité, marron à l'état de pré-mûrissement et rouge vif à l'état de murissement (Fig. 4).

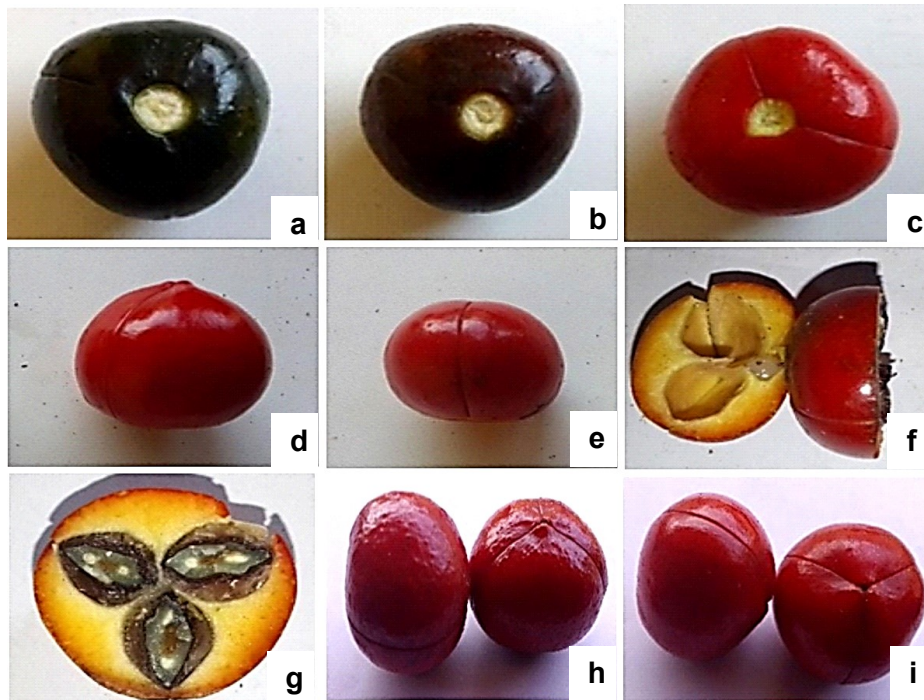


Fig. 4. Couleurs, formes et aspect du fruit chez *M. macrostachyum*. (a) fruit mature ; (b) fruit de pré-mûrissement ; (c) fruit mûr ; (d) fruit globuleux à bout aplati ; (e) fruit globuleux à bout pointu ; (f et g) coupe transversale du fruit ; (h) fruits rugueux ; (i) fruits lisses

Quant au caractère forme du fruit, une seule forme observée, celle globuleuse, mais présentant un point de distinction au niveau du bout. Les uns ayant un bout pointu et les autres un bout aplati (Fig. 4). De même pour le caractère aspect, une variabilité a été observée sur tous les fruits. La plupart des fruits sont lisses et quelques-uns sont rugueux, mais tous sont brillants et à trois lobes plus ou moins identiques (Fig. 4). Ce résultat est différent de la description faite par Milne-Readhead (1952) qui a révélé que les fruits de *M. macrostachyum* étaient lisses. Ce résultat indique l'existence de deux morphotypes qui s'expliqueraient de même par l'existence de deux ancêtres au sein de l'espèce. Aussi, cette faible variabilité ou l'existence des deux formes s'expliquerait par ailleurs par le fait que le fruit résulte simplement du développement de l'ovaire.

III.1.4. Couleur, aspect et forme de la graine

Pour ce qui est du caractère couleur de la graine, trois couleurs ont été observées à savoir : marronne, marronne-noirâtre et noire. Aucune variabilité n'a été observée sur l'aspect des graines. Elles sont toutes rugueuses avec une aride blanchâtre. Mais cette aride est beaucoup plus dense chez les graines noires que celles marronnes. Quant à la forme, une faible variabilité est également notée, avec des graines plus longues, moyennes et courtes (Fig. 5). Ce résultat sur la couleur des graines est différent de la description faite par Milne-Readhead (1952), qui a révélé que les graines de *M. Macrostachyum* étaient soit marronnes, soit noires, et s'expliquerait de même par l'allopollinisation favorisant une diversité importante au sein de l'espèce. Ce résultat est similaire à celui de N'dri (2021) chez *Myrianthus arboreus*.

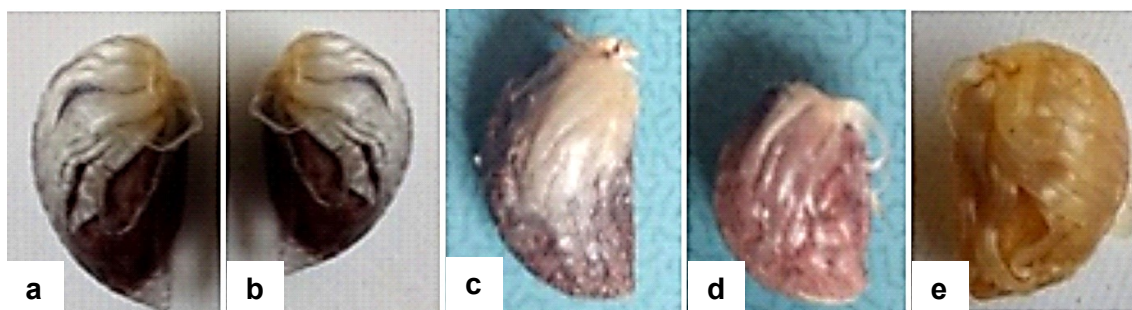


Fig. 5. Couleurs, aspect et formes de la graine du *M. macrostachyum*. (a) : graine noire rugueuse ; (b) graine noire rugueuse ; (c) graine marron-noirâtre et rugueuse ; (d) graine marronne rugueuse ; (e) graine jaunâtre rugueuse.

III.1.2. Caractères quantitatifs

III.1.2.1. Variabilité du pétiole et du limbe

Pour ce qui est du caractère longueur du pétiole, les individus d'Ebombe ont la plus grande moyenne (3,44 m) et ceux de Pouma la plus petite (2,22 m). L'analyse statistique montre une différence significative entre les individus d'Ebombe ; ceux d'Okola, Hondol et Modè et ceux de Pouma (Tableau 2). Pour le diamètre au collet, les individus d'Okola ont la plus grande moyenne (14,77 cm) et ceux de Pouma la plus petite (9,08 cm). L'analyse statistique montre une différence significative entre les individus d'Okala et ceux des autres localités (Tableau 2). Quant à la longueur du limbe, les individus de Hondol ont la plus grande moyenne (77,66 cm) et ceux de Pouma la plus petite (60,40 cm). Une différence significative est observée entre les individus de Hondol, Modè, Okola et ceux d'Ebombe et Pouma (Tableau 2) ;

Pour la largeur du limbe, les individus de Hondol ont toujours la plus grande moyenne (43,63 cm) et ceux de Pouma la plus petite (28,83 cm). Une différence significative est observée entre les individus de Hondol ; ceux de Modè, Okola et Ebombe et ceux de Pouma (Tableau 2). Concernant le nombre de nervures secondaires, les individus de Modè ont la plus grande moyenne (59,90) et ceux de Pouma la plus petite (44,93). Une différence significative est observée entre les individus de Modè, Okola et Hondol ; ceux

d'Ebombe et ceux de Pouma (Tableau 2). Quant au dernier caractère qui est la surface foliaire, les individus de Hondol ont la plus grande moyenne (3158,39 cm²) et ceux de Pouma la plus petite (1791,80 cm²). L'analyse statistique montre une différence significative entre les individus de Hondol, Modè et Okola ; ceux d'Ebombe et ceux de Pouma (Tableau 2).

De manière globale, l'analyse statistique montre une différence significative entre les individus de la zone 4 (Ebombe et Pouma) et ceux de la zone 5 (Modè, Hondol et Okola) pour 5 variables (diamètre au collet, longueur du limbe, largeur du limbe, nombre de nervures secondaires et la surface foliaire) sur les 6 étudiés, seule la longueur du pétiole ne présente aucune différence significative entre les deux zones (Tableau. 2). D'une manière générale, il ressort de ce travail que le pétiole chez *M. macrostachyum* a une longueur qui varie de 1,08 à 5,27 m avec une moyenne de $2,96 \pm 0,93$ m et un diamètre au collet qui varie de 4 à 23 mm avec une moyenne de $23 \pm 4,08$ mm. Quant au limbe, il a une longueur qui varie de 35 à 99 cm avec une moyenne de $67,27 \pm 13,62$ cm ; une largeur qui varie de 18 à 55 cm avec une moyenne de $37,76 \pm 8,81$ cm ; un nombre de nervures secondaires qui varie de 28 à 90 avec une moyenne de $54,64 \pm 12,033$; et une surface foliaire minimale de 712,8 cm² et maximale de 5098,5 cm² avec une moyenne de $2642 \pm 1059,34$ cm². Ces résultats sont différents de ceux de Kew

(1952) et Dhethuvi (1996) qui ont montré que la longueur du pétiole était comprise entre 1 et 4 m, la longueur du limbe entre 30 et 90 cm, la largeur du limbe entre 12 et 40 cm et la surface foliaire moyenne 1787,5 cm². Ces résultats peuvent s'expliquer de diverses manières. D'abord, par le choix des échantillons récoltés dans la nature et qui n'auraient pas le même âge au sein d'une même localité et entre les différentes localités, ensuite par des performances génétiques des accessions et en fin par des conditions pédoclimatiques et des microclimats plus ou moins favorables au développement des individus au sein d'un même site ou alors d'une zone à une autre. Par ailleurs, une différence significative a été globalement observée entre les individus des deux zones agroécologiques sur l'ensemble des variables étudiées, exceptée la longueur du pétiole. Ces différences significatives d'une part et des similarités d'autre part, pourraient s'expliquer par des filiales génétiques

identique pour certains individus et différente pour d'autres, donc ces individus proviendraient d'un ancêtre commun ou alors par différents ancêtres, mais aussi la similarité d'un site à un autre ou d'une zone à une autre serait due aux différents modes de dissémination des organes reproducteurs (Assongba *et al.*, 2021). Ces variabilités peuvent aussi s'expliquer par des conditions environnementales qui influencent sur l'expression des individus.

Quant aux coefficients de variations des paramètres étudiés, le plus grand est observé sur la surface foliaire (40,09) et le plus petit sur la longueur du limbe (20,25 %). Ces derniers montrent une variabilité assez importance entre les accessions étudiées, car ils ont été tous supérieurs à 20 (Tableau 2). Ce résultat est similaire à celui de Mbo Nkoulou *et al.*, (2023) sur le bananier plantain et Diagara *et al.*, (2022) sur le Vouadzou.

Tableau 2. Variabilité des caractères quantitatifs étudiés et à leurs générales minimales, maximales et moyennes des caractères quantitatifs du *M. macrostachyum*.

Localités	Lpt (m)	Dct (mm)	Llb (cm)	Llb (cm)	Nns	Sfo (cm ²)
EB	3,44a±0,92	14,01a±3,68	65,65b±14,55	36,98b±7,11	53,06b±11,48	2509,80b±973,44
PO	2,22c±0,59	9,08b±2,00	60,40b±11,62	28,83c±5,42	44,93c±8,13	1791,80c±608,15
MO	3,02b±1,20	14,22a±4,92	70,55a±17,12	40,20b±10,68	59,90a±13,15	3001,43ab±1369,40
HO	3,04b ±0,54	14,04a±2,43	71,66a±7,58	43,63a±5,11	55,63ab±6,40	3158,39a±667,02
OK	3,09ab±0,85	14,77a±3,90	68,06ab±13,05	39,12b±7,20	59,66a±12,88	2748,64ab±964,52
Z4	2,83a ±0,98	11,55b ±3,85	63,03b ±13,33	32,91b ±7,50	49,00b ±10,87	2150,80b ± 882,86
Z5	3,05a ±0,90	14,34a ±3,86	70,09a ±13,13	40,98a ±8,15	58,40a ±11,31	2969a ±1044,11
Min.	1,08	4,00	35,00	18,00	28,00	712,8
Max.	5,27	23,00	99,00	55,00	90,00	5098,5
Moy.	2,96 ± 0,93	13,23± 4,08	67,27± 13,62	37,76± 8,81	54,64±12,03	2642,0±1059,34
CV	31,64	30,88	20,25	23,35	22,02	40,09

EB= EBOMBE ; PO = POUMA ; MO = MODE ; HO = HONDOL ; OK = OKOLA ; z4 = Zone 4 ; Z5 = Zone 5
 Lpt = Longueur du pétiole ; Dct = diamètre au collet ; Llb = longueur du limbe ; Llb = largeur du limbe ; Nns = nombre de nervures secondaires ; Sfo = surface foliaire ; Min. = Minimales ; Max. = Maximales ; Moy. = Moyennes. NB : les chiffres suivis de la même lettre dans le tableau ne sont pas significativement différents.

III.1.2.1. Variables du fruit

Pour ce qui est du caractère hauteur du fruit, la plus petite hauteur qui est de 6 mm est observée chez le fruit de Hondol et la plus grande qui est de 12 mm chez ceux de Modè, une différence significative est observée entre les fruits des deux localités. De même, la plus grande moyenne 9,85

mm, est observée à Modè et la plus petite, 7,35 mm à Hondol. L'analyse statistique montre une différence significative entre les fruits des deux localités. Quant au diamètre, le plus petit, 12 mm est observé à Modè, alors que le plus grand, 17,5 mm est observé à Hondol. Avec la plus grande moyenne, 14,18 mm observée à Hondol et la plus

petite, 12,80 mm observée à Modè. L'analyse statistique montre également une différence significative est entre les fruits des deux localités. Concernant le troisième caractère qui est le poids, les fruits le plus petit poids qui est de 4,2 g est

observé sur les fruits de Hondol et le plus grand qui est de 8,4 g, sur ceux de Modè, avec la plus grande moyenne $6,48 \pm 1,06$ g, observée à Hondol. Une différence significative est également notée entre les fruits des deux localités (Tableau 3).

Tableau 3. Variabilité des fruits et des graines du *M. macrostachyum* dans les deux localités.

<i>Variabilités des fruits</i>										
Localité	ht min (mm)	ht max (mm)	ht moy. (mm)	dm min (mm)	dm max (mm)	dm moy. (mm)	pd min (g)	pd max (g)	pd moy. (g)	
MO	8,5±00	12±00	9,85a±0,96	12±00	14,5±00	12,80b±0,71	4,2±00	6,8±00	5,43b±0,58	
HO	6±00	9±00	7,35b±0,92	12±00	17,5±00	14,18a±1,67	4,7±00	8,4±00	6,48a±1,06	

<i>Variabilités des graines</i>									
Localité	Lmin (mm)	Lmax (mm)	Lmoy (mm)	lmin (mm)	lmax (mm)	lmoy (mm)	emin (mm)	emax (mm)	emoy (mm)
MO	13±00	16±00	13,90b±0,92	7,5±00	10±00	8,50b±0,65	4±00	6±00	4,48b±0,51
HO	13,5±00	16±00	15,06a±0,66	9,0±00	10±00	9,71a±0,38	4±00	5±00	4,6a±0,31

MO = Modè ; HO = Hondol ; ht = hauteur ; dm = diamètre ; pd = poids ; min = minimal ; max = maximal ; moy = moyenne

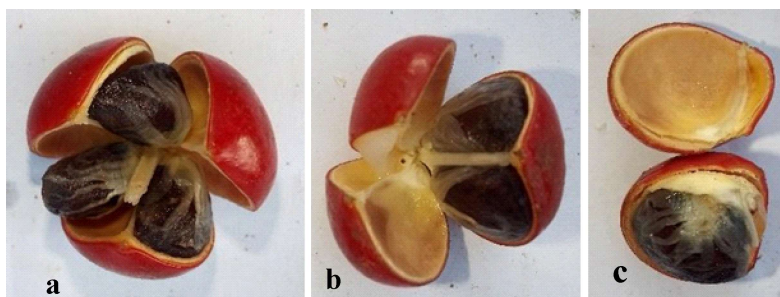
III.1.2.2. Variables de la graine

Pour ce qui est du caractère longueur de la graine, la plus petite longueur est de 13 mm et observée sur les fruits de Modè, alors que la plus grande est de 16 mm et observée en même temps sur les fruits de Modè et de Hondol, avec la plus grande moyenne 15,06 observée à Hondol. Une différence significative est observée entre les graines des deux localités. Quant à la largeur du fruit, la plus petite est de 7,5 mm et toujours observée sur les graines de Modè et la plus grande est de 10 mm, encore observée en même temps sur les graines des deux localités, avec la plus grande moyenne 9,71 observée à Hondol. Une différence significative est également notée entre les graines des deux localités. Concernant le troisième caractère qui est l'épaisseur du fruit, la plus petite épaisseur est de 4 mm et observée en même temps sur les graines des deux localités et la plus grande est de 6 mm est observée sur les graines de Modè avec la plus grande moyenne 4,6 g observée sur les graines de Hondol. Une différence significative est également notée entre les graines des deux localités (Tableau 3). Quant au nombre de graines par fruit, le résultat montre que les fruits contiennent généralement 3 graines, mais quelques-uns contiennent 2 et rarement 1

graine (Fig. 6). En moyenne, 73,66 % de fruits contiennent 3 graines ; 24,33 % de fruits contiennent 2 graines et 2 % de fruits contiennent 1 graine. Ce résultat est différent de la description faite par Milne-Readhead (1952) qui a révélé que les fruits de l'espèce avaient 3 graines. D'après nos observations au cours de cette étude, les fruits possédant 2 ou 1 graine, étaient soit malformés, soit très petits respectivement pour les deux cas. Ce résultat s'expliquerait soit par la viabilité des ovules fécondés, soit alors par la capacité du pollen à féconder les ovules de chaque fleur (Mpemboura, 2022).

III.3. Variabilité génétique des accessions de *M. macrostachyum*

L'analyse en composante principale (ACP) n'a pas montré un regroupement des accessions en fonction des localités pour les variables étudiées. Néanmoins, on note un regroupement des accessions de Log-Hende sur l'un des axes opposés aux variables (Fig. 7). Les deux premières dimensions (Dim1 et Dim2) ont expliqué à 90,5 % la variabilité observée. La première Dim a expliqué 82,2 % et la deuxième 8,3 % de la variabilité observée. Par ailleurs, la dispersion des individus dans le bi-plot explique une variabilité au sein de la population



étudiée. L'ACP est utilisée pour observer des différences dans un ensemble d'individus et donc comprendre les relations possibles entre les variables et ces individus (Mbo Nkoulou *et al.*, 2023). Dans la présente étude, l'ACP n'a pas pu clairement discerner les individus de l'échantillonnage en groupes. La projection des accessions sur les deux principaux axes n'a pas ressorti des groupes en fonction de leur affinité phénotypique ou leur origine. Mais, il est révélé une large distribution des individus, indiquant que les traits contribuant à ces axes ne sont pas forcément liés phénotypiquement. Ce résultat est similaire à celui de Mbo Nkoulou *et al.*, (2023) sur la bananier plantain. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que ces individus proviendraient d'un même ancêtre et se seraient dispersés à travers certains agents de dissémination.

Le dendrogramme obtenu avec la CAH a mis en exergue trois principaux groupes d'individus (Fig. 7). Quant à la contribution des individus dans la variabilité observée, de manière individuelle les accessions M32, M15 et P26 ont le plus contribué à la variabilité observée. Au niveau des variables, la surface foliaire a le plus contribué à la variabilité observée (Fig. 7). Le regroupement s'est fait indépendamment des localités et zones agroécologiques. Cette similarité s'expliquerait par le fait que les individus étudiés seraient issus d'un ancêtre commun (Dane et Liu, 2007). Ces résultats sont similaires à ceux de Szamosi *et al.* (2009). Ces auteurs ont évalué la variabilité morphologique au sein des accessions de *Citrullus lanatus*, originaire de Hongrie et de Turquie.

L'étude a montré que les caractères morphologiques ne permettent pas une séparation claire des accessions de ces deux pays.

Pour ce qui est des corrélations phénotypiques, aucune corrélation négative n'a été notée, tous les paramètres étudiés sont positivement corrélés. La plus grande corrélation est observée entre la largeur du limbe et la surface foliaire (0,96) alors que la plus petite est observée entre la longueur du pétiole et le nombre de nervures secondaires (0,63) (Fig. 8). De même, les interactions phénotypiques entre les variables et la distribution de ces variables à l'intérieur de la population sont observées dans la figure 8. En effet, les corrélations constituent un outil indispensable pour les améliorateurs dans le choix des caractères à intégrer dans les programmes de sélection (Diagara *et al.*, 2022). Les corrélations entre les caractères peuvent faciliter l'amélioration génétique dans la mesure où quand les caractères sont en corrélation positive, l'amélioration de l'un entraînera celle des autres en sélection indirecte (Bakasso *et al.*, 2010). Nous notons alors que les corrélations observées entre la largeur et longueur du limbe expliquerait l'importance de la surface foliaire. Ce résultat est similaire à celui de N'dri (2021) sur *M. Arboreus*. Par ailleurs, on a noté que les accessions qui ont un diamètre au collet élevé ont également une hauteur du pétiole élevée, ce résultat est similaire à ceux obtenus par Diagara *et al.*, (2022) et Arouna *et al.*, (2018) qui ont rapporté respectivement une corrélation significative de ($r = 0,71$) et ($r = 0,85$) sur le diamètre au collet chez le Vouadzou.

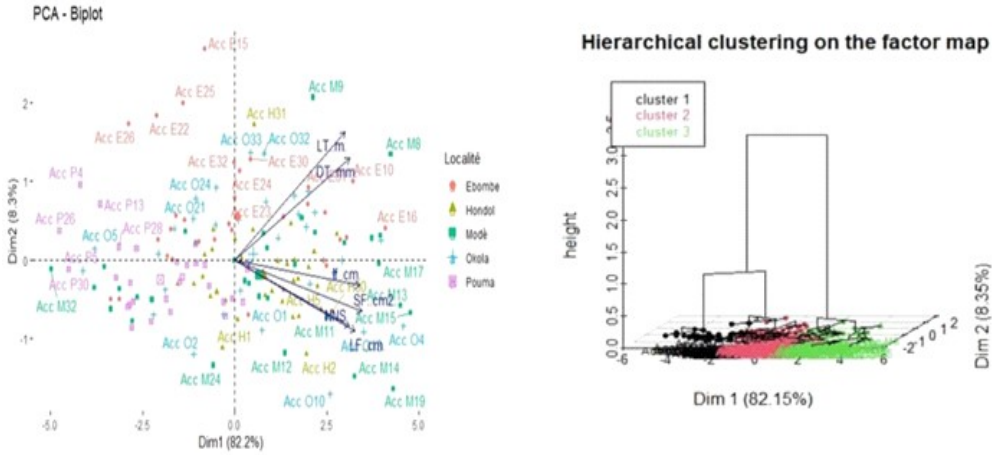


Fig. 7. Distribution des individus dans le plan 1-2 révélé par l'ACP et dendrogramme des individus sur la base des variables étudiées

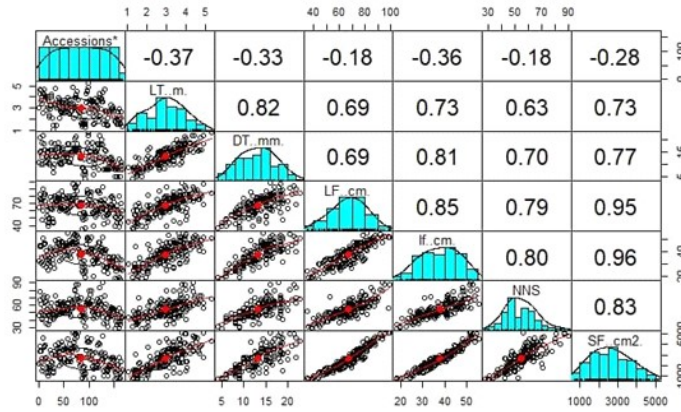


Fig.8. Matrice de corrélation entre les variables étudiées et distribution des individus.

CONCLUSION

L'étude morphologique basée sur 26 caractères a indiqué l'existence d'une variabilité au sein de l'espèce. La surface foliaire et le diamètre au collet sont les caractères morphologiques les plus discriminants au sein des accessions de *M. macrostachyum*. Une différence significative a été observée sur l'ensemble des caractères étudiés entre les individus des zones agroécologiques 4 et 5 exceptée la longueur du pétiole d'une part, et entre les individus des cinq localités pour certaines variables d'autre part. Cette variabilité a été structurée en trois groupes suite à une classification ascendante hiérarchique. Cette étude pourrait être d'un apport important pour une gestion durable de cette espèce au Cameroun.

CONFLIT D'INTERET

Les Auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêt pour cette étude.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les proches, paysans et exploitants qui ont accepté de nous accompagner et assister durant la récolte de nos échantillons dans différentes localités. Ce travail a été rendu possible grâce au soutien de toute l'équipe de l'Unité de Génétique et Amélioration des Plantes (UGAP) de l'Université de Yaoundé I.

REFERENCES

Agré A., Dansi A., Rabbi I., Battachargee R., Dansi M. & Melaku G. 2015. Agro-morphological characterization of elite cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars collected in Benin. International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology, 2 (2) : 1-14.

- Amyotte. L., 1996.** Méthodes quantitatives (application à la recherche en sciences Humaines). Édition du renouveau pédagogique (E.R.P.I.). Saint-Laurent (Québec), Canada.
- Arouna A.I, Alhassane A, Daouda O.S, et Boureima K.S., 2018.** Variabilité Morphologique et Agronomique Des Morphotypes De Voandzou (*Vigna Subterranea* (L.) Cultivés Dans La Zone Sahélienne Du Niger. *European Scientific Journal*, 14 : 377-393.
- Assongba Y.F, Essou J.I, Adomou C.A. et Djego M.G.J., 2021.** Caractérisation morphologique de *Cleome gynandra* L. au BENIN. *International Journal of Biology and Chemistry Sciences*. 15 (1) : 185 – 199
- Awono, A., Eba'a, A. R., Betti J. L., Ngouhouo P. J., Foundjem, T. D., Tieguhong C. J., 2013.** Importance économique et sociale des produits forestiers non ligneux de nature végétale au Cameroun. In *Etude de l'importance économique et sociale du secteur forestier et faunique au Cameroun*. Cifor : Yaoundé ; 129-130
- Bakasso Y., 2010.** Ressources génétiques des roselles (*Hibiscus sabdariffa* L.) du Niger : Evaluations agro-morphologique et génétique. Thèse de doctorat inédit. Université Abdou Moumouni de Niamey. 102p.
- Betti, J. L., 2007a.** plan d'action/stratégie pour une meilleure collecte des données Statistiques sur les produits forestiers non ligneux au Cameroun et recommandations pour les pays de la COMIFAC. Projet renforcement de la sécurité alimentaire en Afrique centrale à travers la gestion et l'utilisation durable des PFNL, GCP/RAF/398/GER, COMIFAC-GTZ. P. 180
- Betti J.L., Ngankoué C.M., Dibong S.D. & Singa A.E. 2016.** Etude ethnobotanique des plantes alimentaires spontanées vendues dans les marchés de Yaoundé, Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(4), 1678-1693.
- Dane F. et Liu J. 2007.** Diversity and origin of cultivated and citron type watermelon (*Citrullus lanatus*). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54: 1255-1265.
- Diagara S.M., Issa A.H., Mamoudou B.M., et Kiari B.K., 2022.** Caractérisation agromorphologique de 30 accessions de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verde] cultivées dans la zone soudanienne du Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 36 (2) : 553-563
- Diallo O.B., 2001.** Biologie de reproduction et évaluation de la diversité génétique chez une Légumineuse *Tamarindus indica* L. (Ceasalpinioideae). Thèse de Doctorat, Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier II (Montpellier, France), 119 p.
- Gbemavo J.C., Gandji K., Gnangle P.C., Assogbadjo E.A. et Kakaï G.L.R. 2015.** Variabilité morphologiques et conservation des morphotypes de *Jatropha curcas* Linn. (Euphoriaceae) au Bénin. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 109 (1) : 55-69.
- Jendoubi R., Neffati M. Henchi B. et Yobi A. 2001.** Système de reproduction et variabilité morpho-phénologique chez *Allium roseum* L. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 2934.
- Kouyaté A.M. et Van Damme P. 2002.** Caractères morphologiques de *Detariummicrocarpum* Guill. et Perr. au Sud du Mali. *Fruits*, 57 : 231-238.
- Manzano A.R., Nodals R.A.A., Gutiérrez RAIM., Mayor F.Z. et Alfonso C.L. 2001.** Morphological and isoenzyme variability of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) germplasm in Cuba. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 126 : 31-40.
- Mars M. et Marrakchi M. 2000.** Etude de la variabilité intra-arbre chez le grenadier (*Punica*

granatum L.). Application à l'échantillonnage des fruits. *Fruits*, 347-355.

Masamba F.D., 2013. Analyse économique de la filière feuilles de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth) Milne Redh sur l'axe Kisangani. Mémoire, Kisangani, 48 p

Mbo Nkoulou L.F., Tchinda Ninlac L.A., Crosd D., Martind G., Ndiang N., Houegbana J., et al., 2023. Analysis of genetic diversity and agronomic variation in banana sub-populations for genomic selection under drought stress in southern Benin. *journal homepage: www.elsevier.com/locate/gene*

Milne-Readhead, E., 1952. Marantaceae. In: *Turrill, W.B. et Milne-Readhead, E. (Editeurs). Flora of tropical East Africa.* Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. 11pp

N'dri K.E., 2021. *Biologie de la reproduction, diversité agromorphologique et optimisation du bouturage de Myrianthus arboreus (Cecropiaceae) P. Beauv. (1805) en Côte d'Ivoire.* Thèse de Doctorat inédit. Université Jean Lorougnon Guédé, Cote d'Ivoire. 164 p

Nébié B., Nanema K., Bationo K.P., Traoré R., Labeyrie V. & Sawadogo N. 2013. Variation de caractères agromorphologiques et du Brix d'une collection de sorghos à tige sucrée du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (5) : 1919-1928.

Ngonzo R, Kamga J, Nyako Z. 2008. Etude de marché sur cinq produits forestiers autres que le bois, Programme partenariat coopératif et mutualiste, SOCODEVI

N'zué B., Okana M., Kouakou A., Dibi K., Zouhouri G. & Essis B. 2014. Morphological characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) accessions collected in the centrewest, south-west and west of Côte d'Ivoire. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 4 (6) : 220-231.

Radhouane L., 2002. Etude de la variabilité morpho-phénologique chez *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 138 : 18-22.

Roux L. (1987). Utilisation des isoenzymes comme marqueurs génétiques. *Le sélectionneur Français*, 39 : 31-39.

Sawadogo M., Ouedraogo J., Tignegré J.B., Drabo I. & Balma D. 2010. Caractérisation agromorphologique et moléculaire de cultivars locaux de niébé (*Vigna unguiculata*) du Burkina Faso. *Cameroon Journal Experimental Biology*, 6 (1) : 31-40.

Szamosi C., Solmaz I., Sari N. et Bársony C. 2009. Morphological characterization of Hungarian and Turkish watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai) genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56 : 1091-1105.

Tchatat, M., et Ndoye, O., 2006. Etude des produits forestiers non ligneux d'Afrique Centrale : réalités et perspectives. Bois et forêts des tropiques. Le point sur les produits forestiers non ligneux. Document de projet n° 288 (2) 2.

Verina I., Ndoye O., Midoko D, Chupezi J, et Nazi R, 2012. Les Produits forestiers non ligneux : contribution aux économies nationales et stratégies pour une gestion durable. CIFOR, FAO, IRET, pp.137-154

Yobi A., Henchi B., Neffati M. & Jendoubi R. 2002. Système de reproduction et variabilité morpho-phénologique chez *Allium roseum*. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 127 : 2934.

Zoro Bi I.A., Koffi K.K., Djè Y., Malice M. & Baudoin J.P. (2006). Indigenous Cucurbits of Côte d'Ivoire: a review of their genetic resources. *Sciences & Nature*, 3 (1) : 1-9.

Smallholders' Perceptions and Socio-Economic Importance of *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Leaves in the Central and Littoral Regions of Cameroon

Etienne Pacôme Limala, Godswill Ntsomboh-Ntsefong, Benoit-Constant Likeng-Li-Ngue, Achille Nyouma, Joseph Martin Bell*

Laboratory of Genetics and Plant Breeding, Department of Plant Biology, Faculty of Science, University of Yaounde I, Yaounde, Cameroon

Email address:

josmarbell@yahoo.fr (Joseph Martin Bell)

*Corresponding author

To cite this article:

Etienne Pacôme Limala, Godswill Ntsomboh-Ntsefong, Benoit-Constant Likeng-Li-Ngue, Achille Nyouma, Joseph Martin Bell.

Smallholders' Perceptions and Socio-Economic Importance of *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Leaves in the Central and Littoral Regions of Cameroon. *International Journal of Economy, Energy and Environment*. Vol. 8, No. 2, 2023, pp. 17-22.

doi: 10.11648/j.ijeee.20230802.11

Received: September 16, 2022; Accepted: October 13, 2022; Published: June 6, 2023

Abstract: This study, which aims to determine the perceptions of the actors and the socio-economic uses of *Megaphrynium macrostachyum* leaves, was conducted in the Central and Littoral regions of Cameroon, in fourteen markets distributed in four cities among which Douala, Edea, Boumnyebel and Yaounde. Data collection carried out from April to June 2021 from 102 merchants involving men and women was done through an ethnobotanical survey with individual and semi-structured interviews and direct observations in the field. Regarding the knowledge of the smallholders on the socio-economic uses, the result revealed that *Megaphrynium macrostachyum* leaves are mainly used in food (UA = 99%) and medicinal (UM = 61.85%) sectors and its trade was proved to be a profitable activity according to 99% of respondents. An average gain of 211.1 FCFA per package of 57 leaves was reported, the purchase and sale prices being 147 FCFA and 246 FCFA respectively. The major difficulties encountered by the sector are the transport (48.23%) and the rotting of the leaves (27.06%). The actors involved in the sector are mostly single (48%) and married (34%), their education level being mainly secondary (47%) and primary (46%). Young women are the main providers (84.15%) and the Bassa community is the main source of supply for the product (55.31%). *Megaphrynium macrostachyum* appears then to be both of social and economic interest, because it is used as a medicinal plant and also as a traditional vegetable sold and consumed by several households. In order to improve the well-being of the populations who benefit from it, this species must be taken into account in programs for the conservation and sustainable development of NTFPs in Cameroon.

Keywords: Perceptions, Smallholders, Socio-Economic Importance, *Megaphrynium macrostachyum*, Cameroon

1. Introduction

In Africa, natural resources are of socio-economic interest to local populations. They enable local people to meet their basic needs thereby contributing to the reduction of poverty and food security [18]. In many countries, ethnobotanical studies have been conducted on plant resources by researchers [12, 11, 9, 13, 4]. Among these, non-timber forest products (NTFPs) are of great importance [24, 14]. They are products of biological origin, other than wood derived from forests, other wooded

lands and trees outside forests [10]. NTFPs are a source of packaging or binding materials [14], food consumed as a staple or main dish, a side dish, spices or flavoring, aphrodisiac, or "appetizers" [24]. These include various plant organs like buds, leaves, stems, barks, roots, bulbs, rhizomes and underground tubers, fruits and seeds [18].

When we talk about the forest in the countries of the Congo Basin, we think first of timber and to some extent of fuelwood and hunting. Other non-timber forest products (NTFPs), also known as "hidden crops", are neglected and their contribution to the economy (gross domestic product) is

often very poorly assessed due to a lack of reliable statistical data, as is the case for *Megaphrynium macrostachyum*. This observed misjudgment is itself linked to the lack of knowledge of these products both in terms of quality and quantity [3, 7]. Yet, "hidden crops" have always been and continue to be an important component of the culture of African populations. They are not only part of the "traditional" ways of life of these people, but also remain essential and indispensable to the quality of life of many households, both in rural and urban areas. Hidden crops contribute to poverty alleviation, food balance, and population security in both urban and rural areas [1, 30].

Megaphrynium macrostachyum is counted among the priority NTFPs in terms of trade and consumption in the Democratic Republic of Congo [31], Cameroon [17, 15] and Central African Republic (CAR). In addition, the species under study is among the most consumed traditional vegetables during the lean season in the DRC [8, 16]. However, this species lacks market value in Cameroon despite its multiple uses. This lack of market value is caused by the absence of socio-economic studies on its value chain. According to [20] in the DRC, a household earns an average of 13,650 CDF, or 15 USD per week compared to 3,512 CDF, or 4 USD for other

income, a figure crossing 20 USD and thus a 63% contribution to their income. For traders, an investment of 47,100 CDF, or 52 USD, gives a weekly profit of 51,500 CDF, or 111% of profit, while in southern Cameroon it is only 5 to 10% because of the lack of attention paid to this sector at the national level.

Indeed, *Megaphrynium macrostachyum* is a highly coveted species used for various purposes in Cameroon. This could lead not only to its overexploitation, which could result to its extinction in the coming decades, but also to an imbalance within the ecosystems, the major consequences of which will be the loss of biodiversity and especially the poverty of the populations who benefit from it on a daily basis. It is thus with the objective of determining the perceptions of the actors and the socio-economic importance of *Megaphrynium* that the present work was carried out.

2. Material and Method

2.1. Study Location

The present study was conducted in four areas of Cameroon, namely: Yaounde, Boumnyebel, Edéa and Douala. The characteristics of the study locations are given in Table 1.

Table 1. Characteristics of study locations (<https://fr.m.wikipedia.org>).

Location	Geographical coordinates	Surface area	Climate	Agro-ecological zones	Population
Yaounde	3°52' North latitude and 11°31' East longitude	304 km ²	Equatorial Guinean	Bimodal rainfall forest (zone 5)	4.1 million
Douala	4°03' North latitude and 9°42' East longitude	410 km ²	Equatorial	Monomodal rainfall forest (zone 4)	5.7 million
Edéa	3°48'0" North latitude and 10°7'60" East longitude and at 22 m altitude	180 km ²	Tropical	Monomodal rainfall forest (zone 4)	226 thousand
Boumnyebel	3°52'58" North latitude and 10°50'58" East longitude	92 Km ²	Equatorial	Bimodal rainfall forest (zone 5)	30 thousand

2.2. Method

2.2.1. Target Population

The targeted populations for this study were those involved in *Megaphrynium macrostachyum* trade. The traders were identified and surveyed in the markets of the above mentioned study locations. In total, one hundred and two (102) individuals, including 53 women and 49 men distributed in 14 markets were interviewed; 54 in the Central

Region and 48 in the Littoral Region (Table 2).

2.2.2. Survey

Data were collected from traders in the different zones using participatory research evaluation tools and techniques [2, 27]. Individual and group interviews were conducted with the aim of identifying popular knowledge on the use of *Megaphrynium macrostachyum* leaves.

Table 2. Number of sellers surveyed per location.

Locations	Market names	Number of persons surveyed
Centre Region	Mvog-Atangana-Mballa	12
	Mokolo	14
Yaounde	Essos	6
	Ekounou	3
	Mfoundi	3
	Nkoa-Mbang	2
Boumnyebel	Parking	12
	Petit marché	2
Littoral Region	Syncatex Ndokoti	14
	Gare Newbell	11
Douala	Marché des Chèvres	6
	Marché des palmiers	5

Locations	Market names	Number of persons surveyed
Edéa	Grand marché	10
	Petit marché	2
TOTAL		102

2.2.3. Data Analysis

The data collected were analyzed using descriptive statistics (average, percentage, etc.) with "Statistical Package for Social Sciences" library of the SPSS software, and results were consolidated in the form of tables and figures. The validation of the information was done based on the percentages of the responses. The Frequency of Citations (FC) for each category of use was calculated from the formula:

$$FC = (\text{Number of citations of use} / \text{Total number of respondent}) \times 100$$

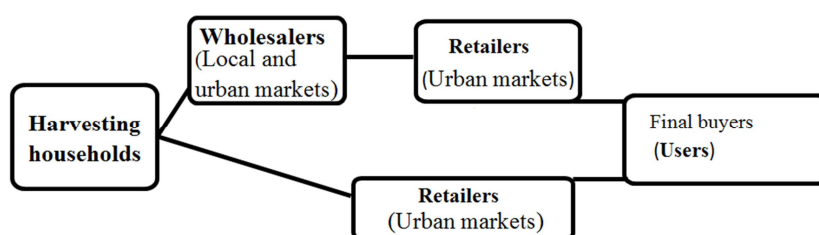


Figure 1. Exploitation chain of *Megaphrynium* leaves.

3.1.2. Socio-Demographic Characteristics of Respondents

The profile of the respondents (traders) showed that 51.96% of women and 48.04% of men are involved in the *Megaphrynium* leaves value chain. The ages of the majority of actors involved in the sector ranged between 25 and 30 years (59.59%), followed by 30 years old and above (33.33%) and finally 20 to 25 years old (9.09%). As for marital status, 48% of respondents were single, 34% married, 14% widowed and 1% divorced. The level of education was secondary (47%), primary (46%) and higher (5%). These traders are mainly retailers (58.60%), wholesalers (37.40%) and both wholesalers and retailers (4%), their main activities being trading (68.04%) and gathering (31.96%) (Table 3).

Table 3. Socio-demographic characteristics of respondents.

Variables	Terms	Proportion (%)
Gender	Male	48,04
	Female	51,96
Marital Status	Married	34
	Widowed	14
	Divorced	1
	20 – 25 years	9,09
Age	25 – 30 years	59,59
	30 years +	33,33
	Retailer	58,60
Type of trader	Wholesaler	37,40
	Retailer and Wholesaler	4
	Did not go to school	2
	Secondary	47
Education level	Primary	46
	Higher	5
	Main activity	Trade
Gathering		31,04

3. Results and Discussions

3.1. Results

3.1.1. Exploitation Chain of *Megaphrynium* Leaves

The smallholders of *Megaphrynium macrostachyum* leaves are grouped in three links: harvesting households, which are mostly women (62%) and men (38%), resale buyers who are wholesalers or retailers and final buyers (users) (Figure 1).

3.1.3. Socio-Economic Uses of *Megaphrynium* Leaves

Megaphrynium leaves are sold in packets with a number of leaves ranging from 10 to 70 and with an average of 57 leaves per packet. This packet is purchased at a price between 100 and 500 F CFA, with an average of 147 F CFA. The resale price ranged from 150 to 1000 F CFA with an average of 246 F CFA. The profit generated per package sold ranged from 50 to 500 CFA francs with an average of 211.1 CFA francs (Table 4). The break-even point for this activity is 99% according to the respondents.

Table 4. Average purchase, sale prices and gain of *Megaphrynium* leaves.

Price (F CFA)	Purchase	Resale	gain
Minimal	100	100	50
Average	147	246	211,1
Maximal	500	1000	500

3.2. Discussions

The percentage of actors in the surveyed sample reveals that 51.86% are women, compared to 48.04% men. Furthermore, according to the information provided by these respondents, young women are the main suppliers of leaves in the markets (84.15%). This adheres to the assertion of another study [29], which showed that young women are much more involved in NTFP harvesting in Cameroon. Likewise, the work of [26] reveals that NTFPs are much more exploited by women and youth in Cameroon.

The majority of these smallholders are single (48%), and this status, which gives them certain availability and freedom of movement, justifies their involvement in the

activity. The education level of the latter is essentially secondary (47%) and primary (46%). These results are not consistent with those of [25], who showed that in the DRC, it is rather the divorced and illiterate who are mostly involved in the exploitation of *Megaphrynium* leaves. The fact that these smallholders have been to school could be an asset for future studies or research in this area.

Among resellers, retailers are in the majority (58.60%) and wholesalers are the minority (37.40%). This dominance of retailers could be justified by the fact that they maximize their resale in order to make an acceptable profit instead of selling wholesale at the same price as some harvesters. The city of Yaounde, where there are many more resellers than harvesters, appears to be the most expensive in terms of the sale of *Megaphrynium* leaves and generates the highest incomes. Betti *et al.* [6] obtained the same result, which showed that price variation of spontaneous food plants depends on seller and product quality. Mutambwe [22] explained that NTFP prices are highly dependent on the supply and demand ratio which in turn is influenced by the seasonality of the products, quality, size, transportation cost and the locality where the product is sold. This cost could also be related to the fact that Yaounde is the political capital of Cameroon, and therefore the place where many ethnic groups converge.

Bassa (51.31%), Beti (24.46%), Bulu (24.46%) and Ewondo (8.51%) were identified as the main ethnic groups providing *Megaphrynium* leaves. This result shows that *Megaphrynium* harvesting is a multi-ethnic activity. This result is in line with that of Betti *et al.* [6] who reported that NTFP selling is a multi-ethnic economic activity. Furthermore, this could also be explained by the fact that these ethnic groups are predominantly represented in the study area.

Megaphrynium leaves are used and traded both locally and in urban areas. Similar results were found by Betti *et al.* [6] who noted that *Megaphrynium* is among the food plants sold in the city of Yaounde. Tata and Awono [29] showed that *Megaphrynium* is the tenth NTFP among the 16 priority NTFPs in the Centre Region. Similar results were obtained in Douala markets [28] and in the DRC in Kisangani markets [23].

The use of 61.85% *Megaphrynium* leaves in medicine was also reported by Maloueki *et al.*, [19] who showed that the total aqueous extracts of *Megaphrynium* are used in medical therapy with regard to its antioxidant activity *in vitro*. Similarly, Meva *et al.* [21] showed that extracts of *Megaphrynium* fresh leaves are used for the synthesis of nanoparticles against *E. coli*.

The income generated from the *Megaphrynium* leaves trade supports several households through savings (69.47%), ration (62.10%), health (34.73%), school fees (34.73%), house rent (26.31) and bills (9.47). This result is similar to those of Awono *et al.* [3] who showed that in urban areas, NTFP retailing, especially fruits and leaves sustain entire families.

4. Conclusion

This study provides an overview of the *Megaphrynium*

macrostachyum leaf sector in selected markets in Yaounde, Douala, Edéa and Boumnyebel, with a focus on the links in the value chain, uses and prices. It highlights the nature and different types of operators, sources of supply, uses, prices and also the difficulties encountered in the sector. *M. macrostachyum* plays an important role for the rural populations whose livelihood depends on gathering and those settled in towns.

The development of this species and its sustainable management requires in-depth studies on various themes that will allow for a better understanding of this NTFP and the resources related to it. The perspectives of this work could be turned towards local actors in order to carry out a study on the constraints and the techniques of exploitation of this species. These perspectives constitute essential elements to speculate on the sustainability of this resource and to recommend sustainable management strategies.

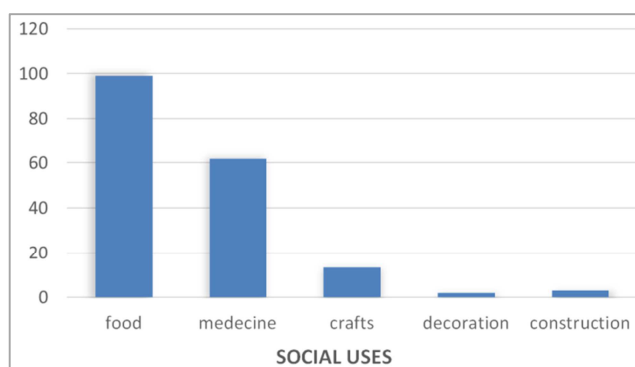


Figure 2. Social uses of *Megaphrynium* leaves.

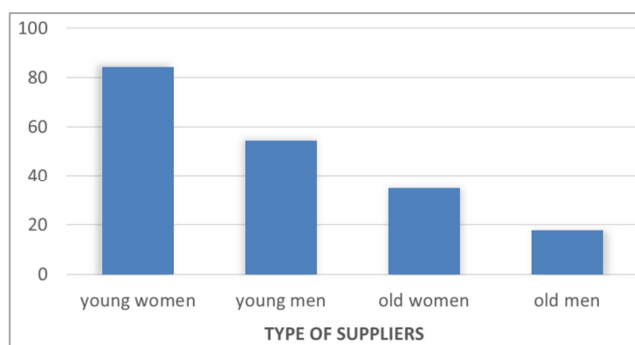


Figure 3. Categories of *Megaphrynium* leaf suppliers.

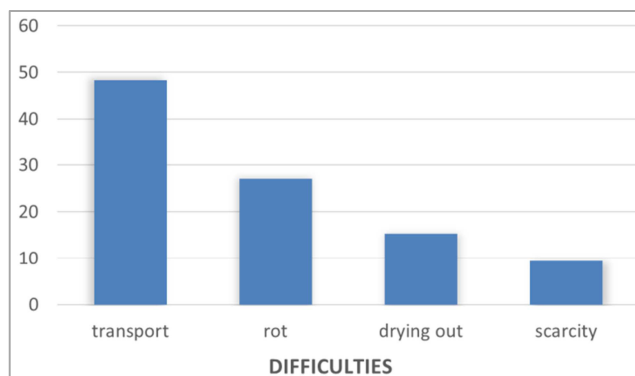


Figure 4. Difficulties in *Megaphrynium* leaves sector.

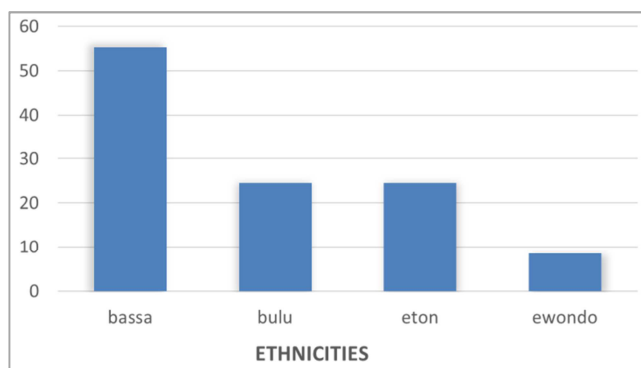


Figure 5. Ethnic groups of *Megaphrynium* leaf suppliers.

References

- [1] Abalo, A., Wala, K., Batawila, K., Woegan, A. Y., Akpagana, K., (2010). Diversité des fruits ligneux spontanés du Togo. *Fruits, vegetable and cereal science and biotechnology*. Global science Book, 4 (1): 1-9.
- [2] Akpavi, S., Banoin, M., Batawila, K., et Akpagana, R. V. K. (2007). Stratégies paysannes de conservation de quelques ressources phylogénétiques dans le moyen-mono au Togo, 19 (3), 337-349.
- [3] Awono, A., Eba'a, A. R., Betti J. L., Ngouhouo P. J., Foundjem, T. D., Tieguhong C. J., (2013). Importance économique et sociale des produits forestiers non ligneux de nature végétale au Cameroun. In *Etude de l'importance économique et sociale du secteur forestier et faunique au Cameroun*. CIFOR: Yaoundé; 129-130.
- [4] Badjaré B., Kokou K., Bigou-laré N., Koumantiga D., Akpakouma A., Bétidé Adjayi M., Abbévi Abbey G., (2018). Étude ethnobotanique d'espèces ligneuses des savanes sèches au Nord-Togo: diversité, usages, importance et vulnérabilité. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 22 (3): 152-171.
- [5] Besson G. H. F., Logbo J., Lougbégnon O. T., Codjia J. T. C., (2016). Biodiversité et valeurs d'usage des plantes utilisées comme arômes traditionnels par les populations du plateau d'Allada au Sud Bénin. *Revue CAMES – Série Pharm. Méd. Trad. Afr.*, 2017; 18 (2): 1-12.
- [6] Betti J. L., Ngankoué C. M., Dibong S. D. & Singa A. E. (2016). Etude ethnobotanique des plantes alimentaires spontanées vendues dans les marchés de Yaoundé, Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (4), 1678-1693.
- [7] Betti, J. L., (2007a). plan d'action/stratégie pour une meilleure collecte des données Statistiques sur les produits forestiers non ligneux au Cameroun et recommandations pour les pays de la COMIFAC. Projet renforcement de la sécurité alimentaire en Afrique centrale à travers la gestion et l'utilisation durable des PFNL, GCP/RAF/398/GER, COMIFAC-GTZ. P. 180.
- [8] Biloso M. A. & Lejoly J. (2006). Etude de l'exploitation et du marché des produits Forestiers Non ligneux à Kinshasa. *Tropicicultura*, 24 (3): 183-188.
- [9] Fadil M., Farah A., Haloui T., Rachiq S., (2018). Étude ethnobotanique des Plantes Exploitées par les coopératives et les associations de la région Meknès-Tafilalet au Maroc. *Phytothérapie*. DOI 10.1007/s10298014-0902-2.
- [10] FAO, (1999), «La FAO et la foresterie: Vers une définition harmonisée des produits Forestiers Non ligneux» FAO, Rome. 125 p.
- [11] Gbesso G. H. F., Logbo J., Lougbégnon O. T., Codjia J. T. C., 2016. Biodiversité et valeurs d'usage des plantes utilisées comme arômes traditionnels par les populations du plateau d'Allada au Sud Bénin. *Revue CAMES – Série Pharm. Méd. Trad. Afr.*, 2017; 18 (2): 1-12.
- [12] Hseini S, Kahouadji A., (2007). Etude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental). *Lazaroa* 28: 79–93.
- [13] Kadri Y., Moussaoui A., Benmebarek A., (2018). Étude ethnobotanique de quelques plantes médicinales dans une région hyper aride du Sud-ouest Algérien «Cas du Touat dans la wilaya d'Adrar», *Journal of Animal & Plant Sciences*, 36 (2): 5844-5857.
- [14] Kahindo, M., (2011). Potentiel en produits forestiers autres que les bois d'œuvre dans la formation forestière de la ville de Kisangani. Cas de rotins *Eremospatha haullevilleana* De Will. et de *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv) Kuntze de la Reserve forestière de Yoko (Province Orientale, R. D. Congo). Thèse inedite. Fac. de sci. Unikis. 269 p.
- [15] Lehoux, H. et Chakib, A., (2012). Produits forestiers non ligneux 2012. Rapport national provisoire. Cameroun. <http://www.fao.org/forestry/nwfp/78836/fr/cmr/>
- [16] Lejoly, J., 2005: Valorisation et conservation de la biodiversité végétale. 1^{ère} partie: Nouveauté en systématique végétale. P 35. Notes à l'usage des étudiants du diplôme d'études approfondies (DEA) Biologie-Agronomie. Université de Kisangani.
- [17] Lescuyer, G., (2010). Importance économique des produits forestiers non ligneux dans quelques villages du Sud-Cameroun. *Bois et forêts des tropiques*. Le point sur les produits forestiers non ligneux. Document de projet. N° 304 (2). 15-24.
- [18] Loubelo, E., (2012). Impact des produits forestiers non ligneux (PFNL) sur l'économie des ménages et la sécurité alimentaire: cas de la République du Congo. Thèse de Doctorat, Laboratoire d'Anthropologie et de Sociologie, Université Rennes 2, 261 p.
- [19] Maloueki U., Musuy M., Mbomba N. B. A., Ndimbo K. S., Kapetshi K. J., Kabena N. O., (2013). Activités antimicrobiennes et anti oxydantes des extraits aqueux totaux des feuilles de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Milne-Redh. (Marantaceae) et de *Palisota hirsuta* (Thunb.) K. Schum. (Commelinaceae). *Congo science*: 1 (1), 48p.
- [20] Masamba F. D., (2013). Analyse économique de la filière feuilles de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth) Milne Redh sur l'axe Kisangani. Kisangani, 48 p.
- [21] Meva E. F., Segnou M. L., Ebongue O. C., Ntomba A. A., Kedi E. B. P., Deli V., Etoh M. A., Mpondo M. E., (2017). Spectroscopic synthetic optimizations monitoring of silver nanoparticles formation from *Megaphrynium macrostachyum* leaf extract. *Brazilian Journal: brazileira de Farmacognosia*, (26), 640-646.
- [22] Mutambwe, S., (2010). Revue nationale sur les produits forestiers non ligneux. Cas de la RDC. Establishment of forestry research Network for ACP countries (FORENET).

- [23] Ndonda, N., (2009). Contribution des PFNL au revenu domestique et leur mode d'exploitation dans les hinterlands de la ville de Kisangani. Mémoire inédit. Fac. Sci. Agron. /Unikis. 59 p.
- [24] Ngama B. J. F., (2007). Les légumes traditionnels: perspective de la recherche sur la Domestication et pérennisation de leurs productions. Kisangani, Congo. 45 p.
- [25] Ngbolua K. N., Molongo M. M., Libwa M. T. B., Amogu J. J. D., Kutshi N. N., Masengo C. A., (2021). Enquête ethnobotanique sur les plantes sauvages alimentaires en RDC. *Marocaine des sciences agronomiques et vétérinaires*. 9 (2): 259-265.
- [26] Nguoko, R., (2010). Promotion des filières porteuses des PFNL. Document de projet GCP/RAF/408/EC: «Mobilisation et renforcement des capacités des petites et moyennes entreprises impliquées dans les filières des produits forestiers non ligneux en Afrique Centrale». SNV – Cameroun.
- [27] Orobisiyi, A., Dansi, A., Assogba, P., Loko, L. Y., Dansi, M., Vodouhè, R., Sanni, A. (2013). Chili (*Capsicum annum* L.) in southern Benin: production constraints, varietal diversity, preference criteria and participatory evaluation, 107-120.
- [28] Priso RJ, Nnanga JF, Etamé J, Din N, Amougou A, (2011). Les produits forestiers Non ligneux d'origine végétale: valeur et importance dans quelques marchés de la région du Littoral Cameroun. *J. Appl. Biosc.* 40: 2715-2726.
- [29] Tata P. et Awono A., (2014). Enquêtes socio-économiques sur les filières mangue sauvage, ndjansan et okok au Cameroun. Projet PFNL-4P.
- [30] Tchatat, M., et Ndoye, O., (2006). Etude des produits forestiers non ligneux d'Afrique Centrale: réalités et perspectives. Bois et forêts des tropiques. Le point sur les produits forestiers non ligneux. Document de projet n° 288 (2) 2.
- [31] Verina I., Ndoye O., Midoko D, Chupezi J, et Nazi R, (2012). Les Produits forestiers non Ligneux: contribution aux économies nationales et stratégies pour une gestion durable. CIFOR, FAO, IRET, pp. 137-154.

CADRE LOGIQUE**THEME** : Etude de la variabilité phénotypique de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Milne-Redh. pour une gestion durable

Objectif général	Objectifs spécifiques	Matériel et méthodes	Résultats obtenus	Observations
Evaluer la diversité phénotypique de <i>Megaphrynium macrostachyum</i>	1 Etudier la phénologie reproductive de <i>M. macrostachyum</i>	<ul style="list-style-type: none"> -un échantillonnage de 66 individus a été réalisé dans deux localités (Ebombe et Modè), soit 33 par localité (Amyotte, 1996) - ces derniers ont été étiquetés - la collecte des données (paramètres qualitatifs et quantitatifs) à travers un suivi régulier par intervalle de 3 jours a combiné : <ul style="list-style-type: none"> - l'Identification de la période de floraison ; - Détermination des pourcentages d'individus fleuris et fructifiés (N'dri, 2021) - Détermination des phénophases de reproduction (identifiés sur la base du changement des caractères morphologiques qualitatifs (couleur, caducité ou non, mise en place) des pièces ou organes (Badou <i>et al.</i>, 2017). - Détermination des durées de nouaison, de fructification et de maturation du fruit (calculées à partir de la date de leur apparition) (Mpemboura <i>et al.</i>, 2021) - détermination des stades de développement et de mûrissement des fruits (via le changement des paramètres morphologiques observés et mesurés) L'Analyse des données (ANOVA) 	<ul style="list-style-type: none"> -Périodes de floraison de <i>M. macrostachyum</i> dans les deux localités - pourcentage de floraison et de fructification chez l'espèce ; - phénophases reproductives de l'espèce (phase florale et phase fruitière) -caractéristiques des différents stades de phénophases, allant de l'initiation du bouton floral au mûrissement des fruits -variation du calendrier des différents stades de phénophase allant de Mai à septembre 2022 - durée de chaque phase phénologique et de ses différents stades -variables quantitatives (diamètre, hauteur et taux de croissance quotidienne du fruit -corrélations entre ces différentes variables au cours de la phénologie 	Un article publié en cours de publication
	2	<ul style="list-style-type: none"> -Un échantillonnage de 165 individus a été réalisé dans 5 localités, à raison de 33 par localité (méthode de Amyotte, 1996) 	Variables quantitatives : <ul style="list-style-type: none"> -couleur, aspect et forme du pétiole -couleur, aspect et forme du limbe et position des nervures secondaires 	

	<p>Caractériser les accessions de <i>M. macrostachyum</i> dans les zones d'étude</p>	<p>- l'évaluation des variables qualitatives et quantitatives (Milne-Readhed, 1952) - observation directe de 13 variables qualitatives (couleur, aspect et forme du pétiole, limbe, fruit et gaine) et la position des nervures secondaires - la mesure de 13 variables quantitatives (longueur, largeur et surface du limbe ; longueur et diamètre du pétiole ; longueur, hauteur et poids du fruit ; longueur, largeur et épaisseur de la graine et le nombre de graines par fruit et le nombre de nervures secondaires) Sf = (L.I) Matériel végétal utilisé : les plantes, fruits et graines de <i>M. macrostachyum</i> ; Matériel de terrain : pied à coulisse, appareil photo, mètre ruban, kit et ordinateur -analyse des données par : ANOVA, l'ACP, l'CAH La matrice de corrélation</p>	<p>Variables qualitatives : -type d'inflorescence - type, morphologie et couleur de la fleur -couleur, aspect et forme du limbe -couleur aspect et forme du fruit -couleur, aspect et forme de la graine Variables quantitatives : Longueur et diamètre au collet du pétiole -longueur, largeur, surface et nombre de nervures secondaires du limbe -longueur, diamètre et poids du fruit -longueur, largeur et épaisseur de la graines - nombre de fruits par inflorescence - nombre de graines par fruit</p>	<p>Un article publié</p>
	<p>3 Analyser la variabilité phénotypique de <i>M. macrostachyum</i></p>	<p>La variabilité phénotypique au sein de l'espèce a été effectuée par l'analyse des 27 caractères obtenus après caractérisation des 165 accessions de l'échantillon, à travers une analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5 % à l'aide du logiciel R. version 3.4.1. afin de voir des différences significatives ou non par comparaison des moyennes entre les différentes variables étudiées. De même, la variabilité a été appréciée par l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) afin de mettre en exergue des groupes évidents et les Coefficients de Variation (CV) afin d'apprécier le niveau de variabilité pour chaque caractère</p>	<p>Variabilité des paramètres qualitatifs - les différences de : couleur, aspect, forme des organes étudiés -la variabilité des caractères quantitatifs : au sein des individus d'une meme touffe ; d'un meme site, d'une même localité et de localités différentes ; - la variabilité génétique des accessions dans les localités d'étude - les corrélations phénotypiques des entre les caractères étudiés</p>	<p>Un article publié</p>
		<p>- mise en place d'une parcelle expérimentale de culture constituée de deux blocs homogènes de 60</p>	<p>- les caractéristique de germination des graines de <i>M. macrosrachym</i> (délai de</p>	

	<p style="text-align: center;">4</p> <p>Etudier les voies de multiplication de <i>M. macrostachyum</i></p>	<p>plants chacun, avec des écartements de 50 x 60 cm, sera mise en place. Pour cela, on a procédé par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'aménagement du site ; - collecte des fruits dans deux localités pour extraction et traitement des graines - semis des graines par utilisation des poquets (2 graines / poquet) <p>Pour apprécier la réussite de la culture, les paramètres biologiques de croissance (hauteur de la plante, longueur de la tige, diamètre au collet, surface foliaire, sont évalués</p> <p>-Une coupe in situ des plantes a été effectuée dans quelques site afin d'apprécier le temps de reconstitution chez <i>M. macrostachyum</i></p>	<p>germination, taux de germination et le temps de germination)</p> <ul style="list-style-type: none"> - la production des plants de <i>Megaphrynium</i> issus des graines ; - un itinéraire technique de la culture jardinière de <i>M. macrostachyum</i> via ses graines; - les caractéristiques du système de culture de <i>Megaphrynium</i> en conditions jardinières -Les paramètres biologiques de croissance permettant d'apprécier le développement des plantes de l'espèce -la variabilité des accessions au sein de l'espèce -Le temps de reconstitution des plantes après coupe in situ 	
--	--	--	--	--

Implication et impact du travail

La présente recherche qui se veut un caractère non seulement informatif sur la filière PFNL en général et celle des feuilles de *Megaphrynium* en particulier, mais aussi contributif sur ces dernières, présente un intérêt multidimensionnel tant au niveau local que national et même international sur divers plants.

- ❑ **Sur le plan environnemental** : la gestion durable des écosystèmes ; la conservation de la biodiversité
- ❑ **Sur le plan socioprofessionnel** : promotion de la culture de l'espèce ; professionnalisation de la filière ; mise à disposition facile de l'espèce auprès des exploitants ; incitation des populations à l'usage accentué de l'espèce sous diverses formes ;
- ❑ **Sur le plan économique** : susciter l'intérêt des communautés dans le commerce de l'espèce ; augmenter les revenus des ménages et marchands de la filière
- ❑ **Sur le plan de la recherche** : attirer l'attention de certains départements ministériels sur la prise en compte et la valorisation de l'espèce (foret et faune, Minresi, Environnement etc.) ; la conservation des ressources phytogénétiques

Ce travail contribuera non seulement à la gestion durable des PFNL et la conservation de la biodiversité d'une part, mais aussi à la stratégie de développement de l'économie nationale promue par les pouvoirs publics d'autre part.

Conclusion : malgré les difficultés financières et de terrain (l'accès difficile dans les sites d'implantation de l'espèce pour la collecte des données ; le caractère répulsif de certains exploitants lors des enquêtes ; la disponibilité des moyens financiers aux moments adéquats pour les différentes descentes), les travaux sont déjà réalisés à environ **90 %** dans l'ensemble, et seront bouclés dans deux mois (**Mars 2024**), et donc une présoutenance sera possible au sein de l'**UGAP**

Annexe 3. Analyses statistiques

Statistique descriptive generale

summary(PHENO_DATA) ###Descriptive stat GENERALE

Accessions	Localité	LT..m.	DT..mm.	LF..cm.
Length:165	Length:165	Min. :1.080	Min. :4.00	Min. :35.00
Class :character	Class :character	1st Qu.:2.230	1st Qu.:10.00	1st Qu.:58.00
Mode :character	Mode :character	Median :2.970	Median :13.00	Median :68.00
		Mean :2.967	Mean :13.23	Mean :67.27
		3rd Qu.:3.650	3rd Qu.:16.00	3rd Qu.:77.00
		Max. :5.270	Max. :23.00	Max. :99.00
lf..cm.	NNS	SF..cm2.		
Min. :18.00	Min. :28.00	Min. :712.8		
1st Qu.:31.00	1st Qu.:47.00	1st Qu.:1811.2		
Median :38.00	Median :54.00	Median :2628.0		
Mean :37.76	Mean :54.64	Mean :2642.0		
3rd Qu.:45.00	3rd Qu.:62.00	3rd Qu.:3388.0		
Max. :55.50	Max. :90.00	Max. :5098.5		

Summary (Okola) ###Descriptive stat

Accessions	Localité	LT..m.	DT..mm.	LF..cm.
Length:33	Length:33	Min. :1.53	Min. :6.00	Min. :40.00
Class :character	Class :character	1st Qu.:2.53	1st Qu.:12.00	1st Qu.:59.50
Mode :character	Mode :character	Median :3.17	Median :15.50	Median :67.50
		Mean :3.10	Mean :14.77	Mean :68.07
		3rd Qu.:3.73	3rd Qu.:18.00	3rd Qu.:76.00
		Max. :4.65	Max. :22.00	Max. :93.00

lf..cm. NNS SF..cm2.

Min. :20.50 Min. :36.00 Min. : 820

1st Qu.:35.00 1st Qu.:50.00 1st Qu.:2100

Median :40.50 Median :58.00 Median :2686

Mean :39.13 Mean :59.67 Mean :2749

3rd Qu.:43.00 3rd Qu.:66.00 3rd Qu.:3197

Max. :52.00 Max. :90.00 Max. :4836

Summary (Hondol) ###Descriptive stat

Accessions Localité LT..m. DT..mm. LF..cm.

Length:33 Length:33 Min. :1.450 Min. :10.00 Min. :58.00

Class :character Class :character 1st Qu.:2.690 1st Qu.:12.50 1st Qu.:65.50

Mode :character Mode :character Median :3.090 Median :14.00 Median :72.00

Mean :3.046 Mean :14.05 Mean :71.67

3rd Qu.:3.430 3rd Qu.:15.00 3rd Qu.:77.50

Max. :3.980 Max. :19.00 Max. :87.00

lf..cm. NNS SF..cm2.

Min. :32.80 Min. :45.00 Min. :1968

1st Qu.:40.50 1st Qu.:49.00 1st Qu.:2646

Median :45.00 Median :56.00 Median :3322

Mean :43.62 Mean :55.64 Mean :3158

3rd Qu.:47.00 3rd Qu.:61.00 3rd Qu.:3642

Max. :55.50 Max. :68.00 Max. :4496

summary(Mode) ###Descriptive stat

Accessions Localité LT..m. DT..mm. LF..cm.

Length:33 Length:33 Min. :1.27 Min. : 4.00 Min. :35.00
 Class :character Class :character 1st Qu.:1.80 1st Qu.:12.00 1st Qu.:57.50
 Mode :character Mode :character Median :3.00 Median :15.00 Median :70.50
 Mean :3.02 Mean :14.23 Mean :70.55
 3rd Qu.:3.97 3rd Qu.:17.00 3rd Qu.:84.50
 Max. :5.27 Max. :23.00 Max. :99.00
 lf..cm. NNS SF..cm2.

Min. :19.80 Min. :31.00 Min. : 712.8
 1st Qu.:30.70 1st Qu.:52.00 1st Qu.:1886.0
 Median :41.00 Median :60.00 Median :2827.5
 Mean :40.21 Mean :59.91 Mean :3001.4
 3rd Qu.:50.00 3rd Qu.:67.00 3rd Qu.:4225.0
 Max. :54.50 Max. :87.00 Max. :5098.5

summary(Pouma) ###Descriptive stat

Accessions Localité LT..m. DT..mm. LF..cm.
 Length:33 Length:33 Min. :1.330 Min. : 5.000 Min. :38.00
 Class :character Class :character 1st Qu.:1.750 1st Qu.: 8.000 1st Qu.:52.50
 Mode :character Mode :character Median :2.080 Median : 9.000 Median :61.00
 Mean :2.223 Mean : 9.085 Mean :60.41
 3rd Qu.:2.710 3rd Qu.:10.800 3rd Qu.:68.00
 Max. :3.300 Max. :13.000 Max. :80.00
 lf..cm. NNS SF..cm2.

Min. :18.00 Min. :28.00 Min. : 713.7
 1st Qu.:26.50 1st Qu.:38.00 1st Qu.:1391.2

Median :28.00 Median :46.00 Median :1708.0

Mean :28.84 Mean :44.94 Mean :1791.8

3rd Qu.:33.50 3rd Qu.:50.00 3rd Qu.:2058.8

Max. :36.00 Max. :57.00 Max. :2784.0

summary(Ebombe) ###Descriptive stat

Accessions Localité LT..m. DT..mm. LF..cm.

Length:33 Length:33 Min. :1.080 Min. :6.50 Min. :40.00

Class :character Class :character 1st Qu.:3.000 1st Qu.:11.00 1st Qu.:50.50

Mode :character Mode :character Median :3.640 Median :13.50 Median :67.50

Mean :3.448 Mean :14.02 Mean :65.65

3rd Qu.:4.040 3rd Qu.:16.00 3rd Qu.:77.50

Max. :4.760 Max. :22.00 Max. :90.00

lf..cm. NNS SF..cm2.

Min. :25.50 Min. :34.00 Min. :1020

1st Qu.:31.00 1st Qu.:45.00 1st Qu.:1742

Median :36.00 Median :48.00 Median :2312

Mean :36.99 Mean :53.06 Mean :2510

3rd Qu.:43.50 3rd Qu.:63.00 3rd Qu.:3382

Max. :51.00 Max. :78.00 Max. :4590

➤ Phenotypic Correlation test

Note : aucune corrélation négative n'a été observée entre les variables évaluées. La figure montre les corrélations phénotypiques, les histogrammes permettent d'observer la distribution de chaque caractère entre les accessions.

PCA RESULT

Eigenvalues

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6
Variance	4.929	0.501	0.253	0.197	0.110	0.010
% of var.	82.155	8.347	4.217	3.279	1.833	0.169
Cumulative % of var.	82.155	90.502	94.719	97.997	99.831	100.00

shapiro.test(pac_PCA2\$longt)# le résultat montre une P_value de 0,01904<0,05

Shapiro-Wilk normality test

data: pac_PCA2\$longt

W = 0.98135, p-value = 0.02548

> ##### par conséquent HPT ne suit pas une loi normale, on ne peut pas utiliser un test paramétrique. on utilise le test de Krutal walis

> k_test1<- kruskal.test(pac_PCA2\$longt~pac_PCA2\$localités, data =pac_PCA2) #e est inférieur à 5%, il y'a différence significative. dans ce cas, on fait le groupement avec Krustal du package agricolate

> k_test1##### la P-value est inférieure à 0.05 cela indique des différence significatives. on fait le test de comparaison multiple les accession

Kruskal-Wallis rank sum test

data: pac_PCA2\$longt by pac_PCA2\$localités

Kruskal-Wallis chi-squared = 33.42, df = 4, p-value = 9.797e-07

> K_comp1<-kruskal(pac_PCA2\$longt, pac_PCA2\$localités)##### le résultat permet de ressortir les groupes. les accessions avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

> K_comp1

\$statistics

Chisq	Df	p.chisq	t.value	MSD
33.42037	4	9.796756e-07	1.974902	20.98302

```
$parameters
```

```
test p.adjusted name.t ntr alpha
```

```
Kruskal-Wallis none pac_PCA2$localités 5 0.05
```

```
$means
```

```
pac_PCA2.longt rank std r Min Max Q25 Q50 Q75
plante_e 3.448182 108.74242 0.9203785 33 1.08 4.76 3.00 3.64 4.04
plante_h 3.046061 87.45455 0.5459335 33 1.45 3.98 2.69 3.09 3.43
plante_m 3.020303 84.40909 1.2037558 33 1.27 5.27 1.80 3.00 3.97
plante_o 3.099697 90.93939 0.8573997 33 1.53 4.65 2.53 3.17 3.73
plante_p 2.223030 43.45455 0.5948397 33 1.33 3.30 1.75 2.08 2.71
```

```
$comparison
```

```
NULL
```

```
$groups
```

```
pac_PCA2$longt groups
plante_e 108.74242 a
plante_o 90.93939 ab
plante_h 87.45455 b
plante_m 84.40909 b
plante_p 43.45455 c
```

```
attr("class")
```

```
[1] "group"
```

```
>
```

```
> ##### 2) longt en fonction des localités
```

```
>
```

```
> shapiro.test(pac_PCA2$dct)# le résultat montre une P_value de 0.1274>0,05
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: pac_PCA2$dct
```

```
W = 0.98695, p-value = 0.1274
```

```
> ##### par conséquent dct suit une loi normale, on utilise le test de Krutal walis
```

```
> ##### on réalise alors un test paramétrique
```

```
> ANOVA1a<- aov(pac_PCA2$dct~pac_PCA2$localités, data =pac_PCA2)# faire ANOVA  
à deux facteurs
```

```
> summary(ANOVA1a)
```

```
          Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)  
pac_PCA2$localités  4 720.7  180.17  14.29 5.39e-10 ***
```

```
Residuals      160 2017.5   12.61
```

```
---
```

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

```
> compare1<-HSD.test(ANOVA1a,c("pac_PCA2$localités"), group = TRUE )## pour faire le  
test HSD, on utilise le résultat d'
```

```
> compare1
```

```
$statistics
```

```
MSerror Df  Mean    CV    MSD  
12.60948 160 13.22909 26.84223 2.412013
```

```
$parameters
```

```
test      name.t ntr StudentizedRange alpha  
Tukey pac_PCA2$localités  5    3.902006 0.05
```

```
$means
```

```
pac_PCA2$dct  std r Min Max Q25 Q50 Q75
```

```
plante_e 14.015152 3.685879 33 6.5 22 11.0 13.5 16.0
plante_h 14.045455 2.431446 33 10.0 19 12.5 14.0 15.0
plante_m 14.227273 4.926159 33 4.0 23 12.0 15.0 17.0
plante_o 14.772727 3.905307 33 6.0 22 12.0 15.5 18.0
plante_p 9.084848 2.007816 33 5.0 13 8.0 9.0 10.8
```

```
$comparison
```

```
NULL
```

```
$groups
```

```
pac_PCA2$dct groups
```

```
plante_o 14.772727 a
plante_m 14.227273 a
plante_h 14.045455 a
plante_e 14.015152 a
plante_p 9.084848 b
```

```
attr("class")
```

```
[1] "group"
```

```
>
```

```
> ##### 3) longt en fonction des localités
```

```
> shapiro.test(pac_PCA2$longf)# le résultat montre une P_value de 0.1274>0,05
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: pac_PCA2$longf
```

```
W = 0.99197, p-value = 0.4871
```

```
> ##### on réalise alors un test paramétrique
```

```
> ANOVA2a<- aov(pac_PCA2$longf~pac_PCA2$localités, data =pac_PCA2)# faire ANOVA à deux facteurs
```

```
> summary(ANOVA2a)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
pac_PCA2$localités  4  2655  663.7  3.823 0.00538 **
```

```
Residuals      160 27779  173.6
```

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

```
> compare2<-HSD.test(ANOVA2a,c("pac_PCA2$localités"), group = TRUE )## pour faire le  
test HSD, on utilise le résultat d'
```

```
> compare2
```

```
$statistics
```

```
MSerror Df  Mean   CV  MSD
```

```
173.6161 160 67.2703 19.58717 8.95006
```

```
$parameters
```

```
test      name.t ntr StudentizedRange alpha
```

```
Tukey pac_PCA2$localités  5      3.902006 0.05
```

```
$means
```

```
pac_PCA2$longf      std r Min Max Q25 Q50 Q75
```

```
plante_e      65.65152 14.552966 33 40 90 50.5 67.5 77.5
```

```
plante_h      71.66667  7.587682 33 58 87 65.5 72.0 77.5
```

```
plante_m      70.55455 17.121297 33 35 99 57.5 70.5 84.5
```

```
plante_o      68.06970 13.056763 33 40 93 59.5 67.5 76.0
```

```
plante_p      60.40909 11.623289 33 38 80 52.5 61.0 68.0
```

```
$comparison
```

```
NULL
```

```
$groups
```

```
pac_PCA2$longf groups
```

```
plante_h    71.66667    a
plante_m    70.55455    a
plante_o    68.06970    ab
plante_e    65.65152    ab
plante_p    60.40909    b
```

```
attr("class")
```

```
[1] "group"
```

```
>
```

```
> ##### 4) largf en fonction des localités
```

```
> shapiro.test(pac_PCA2$largf)# le résultat montre une P_value de 0.03592<0,05
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: pac_PCA2$largf
```

```
W = 0.98255, p-value = 0.03592
```

```
> k_test2<- kruskal.test(pac_PCA2$largf~pac_PCA2$localités, data =pac_PCA2) #e est
inférieur à 5%, il y'a différence significative. dans ce cas, on fait le groupement avec Krustal
du package agricolate
```

```
> k_test2##### la P-value est inférieure à 0.05 cela indique des différence significatives. on
fait le test de comparaison multiple les accession
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: pac_PCA2$largf by pac_PCA2$localités
```

```
Kruskal-Wallis chi-squared = 52.865, df = 4, p-value = 9.094e-11
```

```
> K_comp2<-kruskal(pac_PCA2$largf, pac_PCA2$localités)##### le résultat permet de
ressortir les groupes. les accessions avec les mêmes lettres ne sont pas significativement
différentes
```

```
> K_comp2
```

```
$statistics
```

```

Chisq Df  p.chisq t.value  MSD
52.86503 4 9.094303e-11 1.974902 19.35455

$parameters

      test p.adjusted      name.t ntr alpha
Kruskal-Wallis  none pac_PCA2$localités 5 0.05

$means

      pac_PCA2.largf  rank  std r Min Max Q25 Q50 Q75
plante_e  36.98788 77.54545 7.116388 33 25.5 51.0 31.0 36.0 43.5
plante_h  43.62424 115.98485 5.113526 33 32.8 55.5 40.5 45.0 47.0
plante_m  40.20606 96.00000 10.688046 33 19.8 54.5 30.7 41.0 50.0
plante_o  39.12727 90.54545 7.206736 33 20.5 52.0 35.0 40.5 43.0
plante_p  28.83939 34.92424 5.424651 33 18.0 36.0 26.5 28.0 33.5

$comparison

NULL

$groups

      pac_PCA2$largf groups
plante_h  115.98485  a
plante_m  96.00000  b
plante_o  90.54545  b
plante_e  77.54545  b
plante_p  34.92424  c

attr("class")
[1] "group"

>

```

```

> ##### 5) largf en fonction des localités

> shapiro.test(pac_PCA2$nns)# le résultat montre une P_value de 0.03424<0,05

Shapiro-Wilk normality test

data: pac_PCA2$nns

W = 0.98238, p-value = 0.03424

> k_test3<- kruskal.test(pac_PCA2$nns~pac_PCA2$localités, data =pac_PCA2) #e est
inférieur à 5%, il y'a différence significative. dans ce cas, on fait le groupement avec Krustal
du package agricolate

> k_test3#### la P-value est inférieure à 0.05 cela indique des différence significatives. on
fait le test de comparaison multiple les accession

Kruskal-Wallis rank sum test

data: pac_PCA2$nns by pac_PCA2$localités

Kruskal-Wallis chi-squared = 35.328, df = 4, p-value = 3.978e-07

> K_comp3<-kruskal(pac_PCA2$nns, pac_PCA2$localités)#### le résultat permet de
ressortir les groupes. les accessions avec les mêmes lettres ne sont pas significativement
différentes

> K_comp3

$statistics

  Chisq Df   p.chisq t.value   MSD
35.32756 4 3.978474e-07 1.974902 20.81372

$parameters

      test p.adjusted      name.t ntr alpha
Kruskal-Wallis   none pac_PCA2$localités 5 0.05

$means

      pac_PCA2.nns   rank   std  r Min Max Q25 Q50 Q75
plante_e 53.06061 74.71212 11.842559 33 34 78 45 48 63

```

```
plante_h 55.63636 91.48485 6.407116 33 45 68 49 56 61
plante_m 59.90909 103.51515 13.156186 33 31 87 52 60 67
plante_o 59.66667 101.48485 12.888141 33 36 90 50 58 66
plante_p 44.93939 43.80303 8.135337 33 28 57 38 46 50
```

```
$comparison
```

```
NULL
```

```
$groups
```

```
pac_PCA2$nns groups
```

```
plante_m 103.51515 a
plante_o 101.48485 a
plante_h 91.48485 ab
plante_e 74.71212 b
plante_p 43.80303 c
```

```
attr("class")
```

```
[1] "group"
```

```
>
```

```
> ##### 6) surffo en fonction des localités
```

```
> shapiro.test(pac_PCA2$surffo)# le résultat montre une P_value de 0.03424<0,05
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: pac_PCA2$surffo
```

```
W = 0.98045, p-value = 0.01975
```

```
> k_test4<- kruskal.test(pac_PCA2$surffo~pac_PCA2$localités, data =pac_PCA2) #e est
inférieur à 5%, il y'a différence significative. dans ce cas, on fait le groupement avec Krustal
du package agricolate
```

> k_test4##### la P-value est inférieure à 0.05 cela indique des différences significatives. on fait le test de comparaison multiple les accessions

Kruskal-Wallis rank sum test

data: pac_PCA2\$surffo by pac_PCA2\$localités

Kruskal-Wallis chi-squared = 36.302, df = 4, p-value = 2.508e-07

> K_comp4<-kruskal(pac_PCA2\$surffo, pac_PCA2\$localités)##### le résultat permet de ressortir les groupes. les accessions avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

> K_comp4

\$statistics

Chisq	Df	p.chisq	t.value	MSD
36.3021	4	2.507797e-07	1.974902	20.75097

\$parameters

test	p.adjusted	name.t	ntr	alpha
Kruskal-Wallis	none	pac_PCA2\$localités	5	0.05

\$means

pac_PCA2.surffo	rank	std	r	Min	Max	Q25	Q50	Q75	
plante_e	2509.800	76.86364	973.4447	33	1020.0	4590.0	1742.25	2312.5	3382.00
plante_h	3158.391	109.59091	667.0254	33	1968.0	4495.5	2646.00	3321.5	3642.50
plante_m	3001.430	96.12121	1369.4080	33	712.8	5098.5	1886.00	2827.5	4225.00
plante_o	2748.647	88.90909	964.5209	33	820.0	4836.0	2100.00	2686.0	3197.25
plante_p	1791.802	43.51515	608.1579	33	713.7	2784.0	1391.25	1708.0	2058.75

\$comparison

NULL

\$groups

pac_PCA2\$surffo groups

plante_h 109.59091 a

plante_m 96.12121 ab

plante_o 88.90909 ab

plante_e 76.86364 b

plante_p 43.51515 c

attr("class")

Annexe 4. Données brutes des variables quantitatives

Tableau XXVIII. Variables de la longueur du pétiole par localité.

Longueur du pétiole (m)				
acH	acM	acEE	acLH	acEb
1,45	3,37	2,53	1,75	3,03
2,62	2,73	1,65	2,9	3,77
2,67	2,77	3,95	2	3,18
2,42	3,51	4,37	1,96	1,4
3,7	4,34	1,53	1,51	1,08
2,69	4,5	1,93	1,6	3,37
3,4	4,57	2,71	2,08	3,38
3,18	5,27	4,65	2,67	4,76
2,77	4,87	2,69	1,33	3,2
2,97	4,85	3,35	1,51	4,71
3,47	3,09	3,73	1,43	4,35
3,43	2,06	2,89	1,4	3,65
3,93	3,97	3,65	2,07	4,59
3,22	3	3,57	2,41	3,4
3,71	3,96	2,91	2,64	4
2,04	4,21	3,62	2,67	4,42
3,43	4,47	2,2	2,65	2,54
2,77	3,14	1,53	2,87	4,18
2,71	3,77	3,17	3,3	4,67
2,53	2,19	3,85	2,95	4,02
3,34	2,6	2,66	2,71	2,86
3,46	3	3,12	2,87	3,34
3,04	2,5	2,45	3,13	3,8
3,19	1,58	2,91	2,74	4,02
2,53	3	3,68	2,17	3,7
2,76	1,35	1,79	1,77	3
3,43	1,56	3,9	1,83	2,19
3,08	1,5	2,23	2,08	2,34
3,09	1,78	4,3	1,75	2,9
3,6	1,57	3,78	1,51	4,04
3,98	1,52	3,88	1,51	4,18
3,36	1,27	3,52	2,64	3,64
2,55	1,8	3,59	2,95	2,08

acH : accession Hondol ; acM : accession Modè ; acEE : accession Elig-Eyene ; acLH : accession Log-Hende ; acEb = accession Ebombe

Tableau XXIX. Variables du diamètre au collet par localité

Diamètre au collet (mm)				
acH	acM	acEE	acLH	acEb
13	15	13,5	8	11
15	15	10	8,5	11
13	12	18	9	10
11	15	18	9	6,5
14	15	8	5	9
12	16,5	12	8	10
15	19	13	9,5	18,5
14	23	16	11	16
15	22	15,5	8	13
13,5	18,5	11,5	8	21
15	16,5	15,5	8	15
17	16	15	9	10
19	20,5	17	9	15,5
15	17	17	11	13
17	21,5	12,5	8	19
11	16	19	12,5	22
14	18,5	9	9	10
10,5	17	6	11,5	18,5
10	16	12	13	16
10	17	14	12	16
17	15	15	11	11,5
16	12,5	15,5	10	13,5
14,5	12,5	12	10	13
13	12,5	16,5	10,8	15
11,5	13	18,5	9	15
14	9	8	5	12
14,5	9	18,5	8	11
14	6	12,5	8	10
12,5	9	22	8	16
14,5	7	18,5	5	16
18,5	6	20	8	19
18,5	4	20	8	16
11	7	18	12	13,5

Tableau XXX. Variables de la longueur du limbe par localité.

Longueur du limbe (cm)				
acH	acM	acEE	acLH	acEb
68	68,5	76	61	65,5
87	67,5	66	65	73
62,5	57,5	70,5	67,5	64
65,5	68	93	38	44
81	74	41,5	44	45
66	84,5	52	51	69
74,5	89	69	52	81
76,5	85	76	71	80
73	69	67,5	61	77,5
71,5	98	86	60	84
75,5	78	80,5	54	77
79	82	67	55	72
83	91,5	86	45	76
69	93	68	56,5	74,5
76	94,5	57,3	57,5	48
60	79,5	71	65	90
71	87,5	57	61	60
67,5	73	40	68,5	83
63	99	59,5	79	80
64	68	73,5	80	83,5
81,5	66	52,5	68	67,5
76	72	63	78	46
80,5	56	55	77	60,5
65	70,5	60	72	53
65,5	72,5	87,5	62	44
61	35	56,5	39	40
77,5	50,3	87,5	52,5	49
77,5	48	64	50,5	50,5
73	58	84,5	61	79
81	53	75,5	44	63
58	49	74	60	75,5
72	36	64	57,5	62,5
63	55	65	80	49

Tableau XXXI. Variables de la largeur du limbe par localité.

Largeur du limbe (cm)				
acH	acM	acEE	acLH	acEb
44,2	41	41	28	32,8
48,5	42,8	35	29,5	36
37,5	32,8	43	30,5	28,5
38,5	40,3	52	19,5	30
49,2	46	24,5	18	30
35,5	50	28,7	26	26,5
47	52	39,5	26,5	41
48	51	41	33,5	49
46	40,3	42	25,5	38
41	52	49	26,8	45
47	53,5	41,5	27,8	44
46,5	46	38,5	28	31
50,2	54,5	52	22,5	44,5
43	48	39,5	35,5	35,5
48	52,5	32,5	35,8	31,5
32,8	46,5	43	31	51
47,5	53,5	30	32,3	29,5
40,5	48	20,5	29,5	46
42	51,5	40,5	33,5	47
34,5	41,5	43,5	34,8	47
48	38	34,5	32	40,8
45,5	40	37,5	33	28
44,5	35	33,2	36	38
41	30,7	35	36	33,5
41	39	44,5	27,5	30,5
37	24,3	31,3	18,3	25,5
47	27,8	47,5	26,5	32,5
45,2	22,7	37	24,5	34,5
45,5	30	48	28	43,5
55,5	27,5	41	18	37,5
40	25	43,5	26,8	42
45	19,8	40	35,8	37
37	23,3	41	34,8	33,5

Tableau XXXII. Variables des nervures secondaires par localité.

Nombre de nervures secondaires				
acH	acM	acEE	acLH	acEb
49	63	63	48	46
59	69	56	45	46
49	55	62	44	40
50	61	90	30	41
68	60	36	34	43
45	63	50	38	43
56	65	58	42	48
66	69	73	50	72
56	63	61	43	50
47	56	80	37	67
63	67	74	42	78
62	59	62	42	50
58	81	80	31	61
48	80	58	50	42
64	87	50	48	41
48	60	66	48	70
55	72	52	50	48
62	60	42	55	57
50	87	46	57	73
49	65	56	56	64
63	56	50	46	66
60	54	57	56	36
64	45	43	52	55
50	70	48	54	71
54	58	68	52	46
49	52	48	28	34
58	50	64	44	45
59	38	64	38	48
55	45	84	48	58
61	49	70	34	54
52	45	62	37	63
58	31	53	48	47
49	42	43	56	48

Tableau XXXIII. Variables de la surface foliaire par localité.

Surface foliaire (cm ²)				
acH	acM	acEE	acLH	acEb
3005,6	2808,5	3116	1708	2148,4
4219,5	2889	2310	1917,5	2628
2343,75	1886	3031,5	2058,75	1824
2521,75	2740,4	4836	741	1320
3985,2	3404	1016,75	792	1350
2343	4225	1492,4	1326	1828,5
3501,5	4628	2725,5	1378	3321
3672	4335	3116	2378,5	3920
3358	2780,7	2835	1555,5	2945
2931,5	5096	4214	1608	3780
3548,5	4173	3340,75	1501,2	3388
3673,5	3772	2579,5	1540	2232
4166,6	4986,75	4472	1012,5	3382
2967	4464	2686	2005,75	2644,75
3648	4961,25	1862,25	2058,5	1512
1968	3696,75	3053	2015	4590
3372,5	4681,25	1710	1970,3	1770
2733,75	3504	820	2020,75	3818
2646	5098,5	2409,75	2646,5	3760
2208	2822	3197,25	2784	3924,5
3912	2508	1811,25	2176	2754
3458	2880	2362,5	2574	1288
3582,25	1960	1826	2772	2299
2665	2164,35	2100	2592	1775,5
2685,5	2827,5	3893,75	1705	1342
2257	850,5	1768,45	713,7	1020
3642,5	1398,34	4156,25	1391,25	1592,5
3503	1089,6	2368	1237,25	1742,25
3321,5	1740	4056	1708	3436,5
4495,5	1457,5	3095,5	792	2362,5
2320	1225	3219	1608	3171
3240	712,8	2560	2058,5	2312,5
2331	1281,5	2665	2784	1641,5

Tableau XXXIV. Variables du fruit dans la localité de Hondol.

Fruit	Poids (g)	Longueur (mm)	Diamètre (mm)
FH1	6,3	8	13
FH2	7	7	15,5
FH3	5,9	7	13
FH4	5,9	7,5	12
FH5	8	8	17
FH6	8	8	16,5
FH7	8,4	9	17,5
FH8	5,5	6	12
FH9	7,5	8	16
FH10	5,7	6,5	12,5
FH11	6,8	8	15
FH12	7,6	9	14,5
FH13	4,7	6	13
FH14	5,6	6	12,5
FH15	8,1	9	15,5
FH16	6,5	7,5	16
FH17	5,5	6	13
FH18	5,9	7	13
FH19	5,8	7	13
FH20	7,9	8	16
FH21	6,4	7	14
FH22	6,1	6,5	13
FH23	5,6	6,5	12,5
FH24	7,6	7,5	16,5
FH25	6,0	7	13
FH26	8,0	8,5	16
FH27	4,7	6	13
FH28	5,5	8	15
FH29	6,0	8	13
FH30	5,9	7	13

Tableau XXXV. Variables du fruit dans la localité de Modè.

Fruit	Poids (g)	Longueur (mm)	Diamètre (mm)
FM1	6,8	12	14
FM2	5,6	10	12
FM3	5,6	10	12
FM4	5,9	10,5	14,5
FM5	4,5	9	12
FM6	6,7	12	14
FM7	5,9	11	13
FM8	5,7	10	13
FM9	4,7	8,5	12
FM10	5,2	10	13
FM11	6,0	10	13
FM12	5,2	10	13
FM13	5,1	10	13
FM14	5,4	10	13
FM15	5,6	9,5	12,5
FM16	6,5	12	14
FM17	5,5	9	13
FM18	5,5	9	14
FM19	5,7	10	12,5
FM20	5,0	9	12,5
FM21	5,6	11	13
FM22	4,8	9	12,5
FM23	5,2	10	12,5
FM24	5,1	9	13
FM25	4,8	9	12
FM26	5,1	9	12
FM27	5,5	9	12,5
FM28	5,4	10	12,5
FM29	5,3	9	12
FM30	4,2	9	12

Tableau XXXVI. Nombre de fruits par inflorescence dans chaque localité.

IH	nbfr	IfM	nbfr
IH1	12	IM1	12
IH2	13	IM2	10
IH3	9	IM3	8
IH4	4	IM4	18
IH5	6	IM5	4
IH6	5	IM6	6
IH7	23	IM7	9
IH8	5	IM8	18
IH9	8	IM9	13
IH10	9	IM10	14
IH11	7	IM11	4
IH12	8	IM12	5
IH13	9	IM13	7
IH14	7	IM14	4
IH15	14	IM15	22
IH16	2	IM16	7
IH17	3	IM17	12
IH18	6	IM18	8
IH19	2	IM19	6
IH20	2	IM20	5
IH21	3	IM21	8
IH22	5	IM22	6
IH23	2	IM23	6
IH24	2	IM24	4
IH25	4	IM25	11
IH26	12	IM26	3
IH27	6	IM27	11
IH28	9	IM28	10
IH29	14	IM29	10
IH30	2	IM30	19

Tableau XXIII. Variables de la graine dans la localité de Modè.

Gm	long (mm)	diam (mm)	epais (mm)
Gm1	13,5	8,5	6
Gm2	14	8	5
Gm3	14	8,5	4,5
Gm4	16	9	5
Gm5	13,5	8,5	4,5
Gm6	15	10	5
Gm7	13	8	4
Gm8	13	8,5	4
Gm9	13	8	4
Gm10	13,5	8	4
Gm11	13,5	8,5	4
Gm12	13	8	4,5
Gm13	15	9,5	5
Gm14	15,5	9,5	5
Gm15	15	9	5
Gm16	13	8	4,5
Gm17	13	8,5	4
Gm18	14	8	4
Gm19	15	9,5	5
Gm20	15	9,5	5
Gm21	14	8,5	4,5
Gm22	14	8	4,5
Gm23	13	8	4
Gm24	14	8,5	4
Gm25	13,5	8	4
Gm26	13	7,5	4
Gm27	13	7,5	4
Gm28	13,5	8	4
Qm29	15,5	9,5	5
Gm30	13	8,5	4,5

Gm : graine Modè ; long : longueur ; diam : diamètre ; epais : épaisseur

Tableau XXIV. Variables de la graine dans la localité de Hondol.

Gh	long (mm)	diam (mm)	Epais (mm)
Gh1	15	10	4,5
Gh2	16	9,5	4,5
Gh3	16	9	5
Gh4	16	10	4,5
Gh5	15	9,5	5
Gh6	15	10	5
Gh7	14	9,5	5
Gh8	16	10	5
Gh9	15	10	5
Gh10	15	10	4,5
Gh11	15	10	5
Gh12	15	9,5	4,5
Gh13	15	10	4,5
Gh14	15,5	9,5	5
Gh15	15,5	10	5
Gh16	15,5	9	5
Gh17	15	10	4,5
Gh18	14	9,5	4,5
Gh19	15,5	10	4,5
Gh20	15	9	5
Gh21	15	10	5
Gh22	15	10	5
Gh23	16	10	5
Gh24	16	10	5
Gh25	14,5	9	5
Gh26	13,5	9,5	4
Gh27	15	9	4
Gh28	14	10	4,5
Gh29	14,5	10	5
Gh30	14,4	10	5

Gh : graine Hondol ; long : longueur ; diam : diamètre ; epais : épaisseur