

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

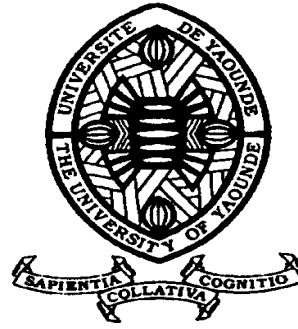
FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET

PHYSIOLOGIE VEGETALES

LABORATOIRE DE BIOLOGIE

VEGETALE



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace - Work - Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTMENT OF PLANT

BIOLOGY

LABORATORY OF PLANT

BIOLOGY

**Distribution, adaptation environnementale et
diversité génétique de *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J.
Lam et *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam (Burséracées)
en Afrique centrale**

THESE Présentée et soutenue en vue de l'obtention de Doctorat/Ph.D.
en Biologie Végétale

Par : **TODOU Gilbert**
D.E.A. en Botanique-Ecologie

Sous la direction de
BELL Joseph Martin
Maître de Conférences, Université de Yaoundé I
ACHOUNDONG
Maître de Recherches, IRAD

Année Académique : 2015



See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/318789180>

Distribution, adaptation environnementale et diversité génétique de *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J. Lam et *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam (Burséracées) en Afrique centrale

Thesis · March 2015

CITATIONS

0

READS

330

1 author:



Todou Gilbert

University of Maroua

27 PUBLICATIONS 166 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

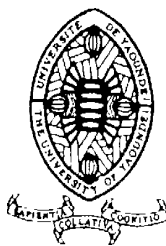


Iles Forestières Africaines (refuges forestières) [View project](#)



no project [View project](#)

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
UNIVERSITY OF YAOUNDÉ I



FACULTE DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

Matricule : 02T262

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES
DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

LABORATOIRE DE BIOLOGIE VEGETALE
LABORATORY OF PLANT BIOLOGY

Distribution, adaptation environnementale et diversité génétique de *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J. Lam et *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam (Burséracées) en Afrique centrale

THESE

**Présentée et soutenue le 25 mars 2015 en vue de l'obtention de
Doctorat/Ph.D. en Biologie Végétale
Spécialité : Botanique-Ecologie**

Par

TODOU Gilbert
D.E.A. en Botanique-Ecologie

Composition du jury:

Président: NKONGMENECK Bernard-Aloys, *Professeur*, Université de Yaoundé I

Rapporteurs: BELL Joseph Martin, *Maître de Conférences*, Université de Yaoundé I

ACHOUNDONG, *Maître de Recherches*, IRAD

Membres: YOUMBI Emmanuel, *Professeur*, Université de Yaoundé I

SONKE Bonaventure, *Professeur*, Université de Yaoundé I

NOUBISSIE TCHIAGAM Jean Baptiste, *Maître de Conférences*, Université de Ngaoundéré



Département de Biologie et Physiologie Végétales
Department of Plant Biology

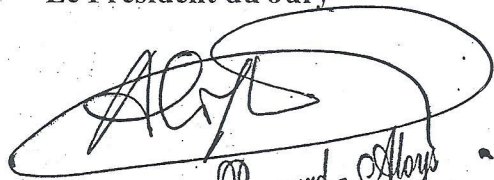
Laboratoire de Biologie Végétale
Laboratory of Plant Biology

ATTESTATION DE CORRECTION DE THESE DE DOCTORAT/Ph.D


Nous, soussignés membres du jury de soutenance de thèse de Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes AnimVégétaux (Option Botanique-Ecologie) de Monsieur **TODOU Gilbert**, matricule 02T262, intitulée : « **Distribution, adaptation environnementale et diversité génétique de *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J. Lam et *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam (Burséracées) en Afrique centrale** », soutenance autorisée par la correspondance N° 15-0170/UYY/VREPDTIC/D/DAAC/DEPE/SPD/dm du Recteur de l'Université de Yaoundé I en date du 16 février 2015, attestons que les corrections exigées au candidat lors de cette évaluation faite le 25 mars 2015, ont réellement été effectuées et que le présent document peut être déposé sous sa forme actuelle.

En foi de quoi cette attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Le Président du Jury


Professeur Bernard - Alloys
Nkongmeneck

L'Examineur


Dr. J.B. Noubissié Echiagam
Phytogénéticien

**LISTE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS DE LA FACULTE DES SCIENCES DE
L'UNIVERSITE DE YAOUNDE I PAR DEPARTEMENT ET PAR GRADE**

ANNEE ACADEMIQUE 2014/2015

DATE D'ACTUALISATION 05 FEVRIER 2014

ADMINISTRATION

DOYEN : BILONG Paul, Professeur

VICE-DOYEN / DPSAA: NJOPWOUO Daniel, Professeur

VICE-DOYEN / DSSE : NDONGO Etienne, Professeur

VICE-DOYEN / DRC : OWONO OWONO Luc Calvin, Maître de Conférences

CHEF DE DIVISION DES AFFAIRES ACADEMIQUES, SCOLARITE ET

RECHERCHE : ABOSSOLO Monique, Chargée de Cours

Chef Division Administrative et Financière : NDOYE FOE Marie C. F., Chargée de Cours

1- DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (40)

N°	NOMS ET PRENOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	OBEN Julius ENYONG	Maître de Conférences	En poste
3	BENG née NINTCHOM PENLAP V.	Maître de Conférences	En poste
4	MINKA Samuel	Maître de Conférences	En poste
5	FEKAM BOYOM Fabrice	Maître de Conférences	En poste
6	FOKOU Elie	Maître de Conférences	En poste
7	KANSCI Germain	Maître de Conférences	En poste
8	MBACHAM Wilfried	Maître de Conférences	En poste
9	ACHU Merci BIH	Chargé de Cours	En poste
10	ATOGHO Barbara Mma	Chargé de Cours	En poste
11	BELINGA née NDOYE FOE Marie C. Florentine	Chargée de Cours	<i>Chef DAF / FS</i>
12	BIGOJA JUDE	Chargé de Cours	En poste
13	BIYITI BI ESSAM née AKAM ADA L. F.	Chargée de Cours	<i>I.G. MINRESI</i>
14	BOUDJEKO Thaddée	Chargé de Cours	En poste
15	DEMMANO Gustave	Chargé de Cours	En poste
16	DJOKAM TAMO Rosine	Chargée de Cours	En poste
17	EFFA ONOMO Pierre	Chargé de Cours	En poste
18	EVEHE BEBANDOUE Marie-Solange	Chargée de Cours	En poste
19	MOFOR née TEUGWA Clautilde	Chargée de Cours	<i>CE SEP MINESUP</i>
20	NGONDI Judith Laure	Chargée de Cours	En poste
21	NGUEFACK Julienne	Chargée de Cours	En poste
22	NJAYOU Frédéric Nico	Chargé de Cours	En poste
23	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Chargée de Cours	En poste
24	WAKAM née NANA Louise	Chargée de Cours	En poste

25	BEBEE FADIMATOU	Assistante	En poste
26	BEBOY EDZENGUELE Sara Nathalie	Assistante	En poste
27	DAKOLE BABOY Charles	Assistant	En poste
28	DJUIDJE NGOUNOUE Marcelline	Assistante	En poste
29	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Assistante	En poste
30	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Assistant	En poste
31	EWANE Cécile Anne	Assistante	En poste
32	KOTUE KAPTUE Charles	Assistant	En poste
33	FONKOUA Martin	Assistant	En poste
34	LUNGA Paul KAILAH	Assistant	En poste
35	MANANGA Marlyse Joséphine	Assistante	En poste
36	MBONG ANGIE MOUGANDE Mary Ann	Assistante	En poste
37	MBOUCHE FANMOE Marcelline Joëlle	Assistante	En poste
38	PACHANGOU NSANGOU Sylvain	Assistant	En poste
39	Palmer MASSUMBE NETONGO	Assistant	En poste
40	TIENTCHEU DJOKAM Léopold	Assistant	En poste

2- DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (B.P.A) (47)

1	BILONG BILONG Charles Félix	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
3	KAMTCHOUING Pierre	Professeur	En poste
4	MIMPFOUNDI REMY	Professeur	En poste
5	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
6	NGASSAM Pierre	Professeur	En Poste
7	DJIOKOU Flobert	Professeur	En poste
8	NOLA Moïse	Professeur	En poste
9	DJIETO Lordon Champlain	Maître de Conférences	En poste
10	ESSOMBA née NTSAMA MBALLA	Maître de Conférences	<i>MINSANTE</i>
11	FOTO MENBOHAN Samuel	Maître de Conférences	<i>CT2 MIN. ENERGIE</i>
12	KAMGANG René	Maître de Conférences	<i>C.S. MINRESI</i>
13	NJAMEN Dieudonné	Maître de Conférences	En poste
14	TAN Paul	Maître de Conférences	En poste
15	TCHUEM TCHUENTE Louis	Maître de Conférences	<i>Coord. Prog. MINSANTE</i>
16	AJEAGAH Gidéon AGHAINDOUM	Chargé de Cours	En poste
17	ALENE Désirée Chantale	Chargée de Cours	En poste
18	BAPFUBUSA Benoît Alain	Chargé de Cours	En Poste
19	BELLET EDIMO Oscar Roger	Chargé de Cours	En poste
20	BILANDA Danielle Claude	Chargée de Cours	En poste
21	DJIOGUE Séfirin	Chargé de Cours	En poste
22	DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré	Chargé de Cours	En poste
23	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargée de Cours	En poste

24	JATSA MEGAPTCHE Hermine	Chargée de Cours	En poste
25	KEKEUNOU Sévilor	Chargé de Cours	En poste
26	MEGNEKOU Rosette	Chargée de Cours	En poste
27	MONY NTONE Ruth	Charge de Cours	En poste
28	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Chargée de Cours	En poste
29	NGUEMBOCK	Chargé de Cours	En poste
30	TOMBI Jeannette	Chargée de Cours	En poste
31	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Chargé de Cours	En poste
32	ATSAMO Albert Donatien	Assistant	En poste
33	ETEME ENAMA Serge	Assistant	En poste
34	KANDEDA KAVAYE Antoine	Assistant	En poste
35	KOGA MANG Dohara	Assistant	En poste
36	LEKEUFACK FOLEFACK Guy Benoît	Assistant	En poste
37	MAHOB Raymong Joseph	Assistant	En poste
38	MBENOUN MASSE Paul Serge	Assistant	En poste
39	MOUNGANG NGAMENI Luciane	Assistant	En poste
40	MUH Bernice FIEN	Assistant	En poste
41	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Assistant	En poste
42	NDASSA AROUNA	Assistant	En poste
43	NGOUATEU KENFACK Omer BEBE	Assistant	En poste
44	NJUA Clarisse YAFI	Assistant	En poste
45	OBI OBEN Esther	Assistant	En poste
46	TADU Zephirin	Assistant	En poste
47	YEDE	Assistant	En poste

3-DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES (B. P. V.) (26)

1	YOUMBI Emmanuel	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	AMBANG Zachée	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen/FSE</i>
3	MOSSEBO Dominique Claude	Maître de Conférences	En poste
4	BELL Joseph Martin	Maître de Conférences	En poste
5	DJOCGOUE Pierre François	Maître de Conférences	En poste
6	ZAPFACK Louis	Maître de Conférences	En poste
7	ANGONI Hyacinthe	Chargé de Cours	En poste
8	BIYE Elvire Hortense	Chargée de Cours	En poste
9	ESSONO OBOUGOU Germain Gabriel	Chargé de Cours	En poste
10	KENGNE NOUMSI Ives Magloire	Chargé de Cours	En poste
11	MALLA Armand William	Assistant	En poste
12	MBARGA BINDZI Marie Alain.	Chargé de Cours	<i>CEA MINESUP</i>
13	MBOLO Marie.	Chargée de Cours	En poste
14	NDONGO BEKOLO	Chargé de Cours	<i>CE / MINRESI</i>
15	NGODO MELINGUI Jean-Baptiste	Chargé de Cours	En poste
16	NGOUO Lucas Vincent	Chargé de Cours	En poste

17	NSOM ZAMO Annie Claude ép. Pial	Chargée de Cours	Expert National/UNESCO
18	TONFACK Libert Brice	Assistant	En poste
19	TSOATA Essaie	Chargé de Cours	En poste
20	DJEUANI Aristide Carole	Assistante	En poste
21	MAHBOU SOMO TOUKAM G.	Assistant	En poste
22	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Assistante	En poste
23	NGALLE Hermine BILLE	Assistante	En poste
24	NGONKEU MAUGAPTCHE Eddy Léonard	Assistant	En poste
25	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Assistante	En poste
26	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Assistant	En poste

4-DEPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (C.I.) (33)

1	NDIFON Peter TEKE	Professeur	CT MINRESI
2	NGAMENI Emmanuel	Professeur	Directeur MINESUP
3	NJOPWOUO Daniel	Professeur	Vice-Doyen / DPSAA
4	AGWARA ONDOH Moïse	Maître de Conférences	I.G. MINPMEA
5	AVOM Jérôme	Maître de Conférences	Directeur IAI Gabon
6	BABALE née DJAM DOUDOU	Maître de Conférences	Chargée mission P.R.
7	DJOUFAC WOUWFO Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
8	ELIMBI Antoine	Maître de Conférences	En poste
9	GHOGOMU Paul MINGO	Maître de Conférences	Directeur Cabinet PM
10	KETCHA MBADCAM Joseph	Maître de Conférences	Chef de Département
11	MELO née CHINJE Uphie F.	Maître de Conférences	Directeur Mipromalo
12	YOUNANG Elie	Maître de Conférences	En poste
13	LAMINSI Samuel	Maître de Conférences	En poste
14	NANSEU Charles Péguy	Maître de Conférences	En poste
15	NENWA Justin	Maître de Conférences	En poste
16	NGOMO Horace MANGA	Maître de Conférences	SG MINESUP
17	ACAYANKA Elie	Chargé de Cours	En poste
18	BAIZOUMI ZOUA	Chargé de Cours	Chef Cell MINTOUR
19	CHEUMANI YONA Arnaud	Chargé de Cours	En poste
20	EMADACK Alphonse	Chargé de Cours	En poste
21	GWET Simon Pierre	Chargé de Cours	En poste
22	KAMGANG YOUBI Georges	Assistant	En poste
23	KEUMEGNE MBOUEGUEM Jean Claude	Chargé de Cours	En poste
24	KONG SAKEO	Chargé de Cours	En poste
25	NDIKONTAR Maurice KOR	Chargé de Cours	Vice-Doyen/Ubda
26	NJIOMOU Chantale épouse DJANGANG	Chargée de Cours	En poste
27	NJOYA Dayirou	Chargé de Cours	En poste

28	NYAMEN Linda Dyorisse	Chargée de Cours	En poste
29	SIGNING Pierre	Chargé de Cours	En poste
30	PABOUDAM GBAMBIÉ Awaou	Chargée de Cours	En poste
31	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Chargé de Cours	En poste
32	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Assistant	En poste
33	NDI Julius NSAMI	Assistant	En poste

5-DEPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (C.O.) (36)

1	DONGO Etienne	Professeur	En poste
2	FON KIMBU Samuel	Professeur	En poste
3	GHOLOMU TIH ROBERT RALPH	Professeur	En poste
4	MBAFOR Joseph	Professeur	En poste
5	NGADJUI TCHALEU B.	Professeur	<i>Chef de dépt FMBS</i>
6	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	En poste
7	NKENGACK Augustin Ephraïm	Professeur	<i>Chef de Département</i>
8	NYASSE Barthélemy	Professeur	En poste
9	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Chef Cellule MINESUP</i>
10	TSAMO Etienne	Professeur	<i>Chef Cellule MINESUP</i>
11	WANDJI Jean	Professeur	En poste
12	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	En poste
13	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	VD/UB
14	KAPNANG Henriette	Maître de Conférences	En poste
15	KEUMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
16	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
17	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
18	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Chef Service Rect. UYI</i>
19	TIH née NGO BILONG E. Anastasie	Maître de Conférences	En poste
20	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
21	AMBASSA Pantaléon	Chargé de Cours	En poste
22	BISSECK Paulette	Chargé de Cours	En poste
23	EYONG Kenneth OBEN	Chargé de Cours	En poste
24	MBAZOA née DJAMA Céline	Chargée de Cours	En poste
25	MKOUNGA Pierre	Chargé de Cours	En poste
26	NGO MBING Josephine	Chargée de Cours	En poste
27	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Chargé de Cours	En poste
28	NOTE LOUGBOT Olivier	Chargé de Cours	En poste
29	OUAHOUE WACHE B. M.	Chargé de Cours	En poste
30	TABOPDA KUATE Turibio	Chargé de Cours	En poste
31	TAGATSING FOTSING Maurice	Chargé de Cours	En poste
32	ZONDENDEGOUNBA Ernestine	Chargée de Cours	En poste
33	FOTSO WABO Ghislain	Assistant	En poste
34	KAMTO Eutrophe Ledoux	Assistant	En poste
35	NGINTEDO Dominique	Assistant	En poste

36	NGOMO Orléans	Assistant	En poste
----	---------------	-----------	----------

6-DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (26)

1	TCHUENTE Maurice	Professeur	<i>PCA/ UB</i>
2	FOTSO Pauline Laure	Maître de Conférences	<i>Vice-Recteur UDs</i>
3	ATSA ETOUNDI Roger	Maître de Conférences	<i>Chef de Département/Chef Division MINFOPRA</i>
4	FOUDA NDJODO Marcel	Maître de Conférences	<i>IA4 MINESUP/Chef Dpt ENS</i>
5	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
6	CHEDOM FOTSO Donatien	Chargé de Cours	En poste
7	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
8	MOTO MPONG Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
9	TINDO Gilbert	Chargé de Cours	En poste
10	TSOPZE Norbert	Chargé de Cours	En poste
11	WAKU KOUAMOU Jules	Chargé de Cours	En poste
12	ABESSOLO ALO'O Gislain	Assistant	En poste
13	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
14	DJOUWE MEFFEJA Merline Flore	Assistante	En poste
15	EBELE Serge	Assistant	En poste
16	HAMZA Adamou	Assistant	En poste
17	KAMDEM KENGNE Christine	Assistante	En poste
18	KAMGUEU Patrick Olivier	Assistant	En poste
19	KENFACK DONGMO Clauvice Viliane	assistante	En poste
20	KOMGUEM Rodrigue	assisant	En poste
21	KOUOKAM KOUOKAM Etienne Appolin	Assistant	En poste
22	MEYEMDOU Nadège Sylvianne	Assistante	En poste
23	MONTHÉ DJIADEU Valéry Martial	Assistant	En poste
24	OMEKONG AZANZI Fidel	Assistant	En poste
25	TAPAMO Hyppolite	Assistant	En poste

7-DEPARTEMENT DE MATHEMATIQUES (MA) (39)

1	BEKOLLE David	Professeur	<i>Vice-Recteur UN</i>
2	BITJONG NDOMBOL	Professeur	<i>DIPD UY II</i>
3	DOSSA COSSY Marcel	Professeur	En poste
4	NGUETSENG Gabriel	Professeur	<i>Chef du CUTI UYI</i>
5	NOUTCHEGUEME Norbert	Professeur	En poste
6	EMVUDU WONO Yves S.	Maître de Conférences	<i>Chef Cellule MINESUP</i>
7	NKUIMI JUGNIA Célestin	Maître de Conférences	En poste
8	TCHANGANG Roger Duclos	Maître de Conférences	En poste

9	TONGA Marcel	Maître de Conférences	En poste
10	WAMON François	Maître de Conférences	<i>Chef de Département</i>
11	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	En poste
12	AYISSI Raoult Domingo	Chargé de Cours	En poste
13	BINZOULI Etienne Jean-Jacques	Chargé de Cours	En poste
14	FOMEKONG Christophe	Chargé de Cours	En poste
15	KIANPI Maurice	Chargé de Cours	En poste
16	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
17	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
18	MBANG Joseph	Chargé de Cours	En poste
19	MBIANDA Gilbert	Chargé de Cours	En poste
20	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	En poste
21	MEWOLI Boulchard	Chargé de Cours	En poste
22	NDAKBO Victor	Chargé de Cours	En poste
23	NGUIMTSA Charles	Chargé de Cours	En poste
24	NOUNDJEU Pierre	Chargé de Cours	En poste
25	TCHAPNDA NJABO Sophonie Blaise	Chargé de Cours	En poste
26	TIAYA TSAGUE N. Anne- Marie	Chargée de Cours	En poste
27	TCHOUNDJA Edgar Landry	Chargé de Cours	En poste
28	CHENDJOU Gilbert	Assistant	En poste
29	DJIADEU NGAHA Michel	Assistant	En poste
30	MBEHOU Mohamed	Assistant	En poste
31	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
32	NGUEFACK Bernard	Assistant	En poste
33	NKONLACK Socgnia Virginie	Assistante	En poste
34	NIMPA PEFOUNKEU Romain	Assistant	En poste
35	POLA DOUNDOU Emmanuel	Assistant	En poste
36	TAKAM SOH Patrice	Assistant	En poste
37	TANG AHANDA Barnabé	Assistant	<i>Chef Serv. MINPLAMAT</i>
38	TETSADJIO TCHILEPECK Mesmin Erick	Assistant	En poste

8-DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MB) (12)

1	ETOA François Xavier	Professeur	<i>Chef de Département/CT PM</i>
2	ESSIA NGANG Jean Justin	Maître de Conférences	En poste
3	NWAGA Dieudonné	Maître de Conférences	En poste
4	BODA Maurice	Chargé de Cours	En poste
5	BOYOMO ONANA	Chargé de Cours	En poste
6	ENO ANNA Arey	Chargé de Cours	En poste
7	NYEGUE Maximilienne Ascension	Chargée de Cours	En poste
8	RIWOM SARA Honorine	Chargée de Cours	En poste
9	SADO KAMDEM Sylvain	Chargé de Cours	En poste

10	BOUGNOM Blaise Pascal	Assistant	En poste
11	NJIKI BIKOI Jacky	Assistant	En poste
12	TCHIKOUA Roger	Assistant	En poste

9- DEPARTEMENT DEPHYSIQUE (PH) (39)

1	KOFANE Timoléon Crépin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	NJOMO Donatien	Professeur	En poste
3	WOAFO Paul	Professeur	En poste
4	ESSIMBI ZOGO Bernard	Professeur	En poste
5	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	En poste
6	EKOBENA FOUA Henri Paul	Maître de Conférences	<i>CD/ UN</i>
7	NOUAYOU Robert	Maître de Conférences	En poste
8	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Maître de Conférences	<i>Chef Service MINRESI</i>
9	OUMAROU BOUBA	Maître de Conférences	<i>Recteur UY II</i>
10	PEMHA Elkana	Maître de Conférences	En poste
11	TABOD Charles TABOD	Maître de Conférences	<i>DOYEN/Ubda</i>
12	TCHAWOUA Clément	Maître de Conférences	En poste
13	ZEKENG Serge Sylvain	Maître de Conférences	En poste
14	BEN-BOLIE Germain Hubert	Maître de Conférences	En poste
15	BIYA MOTTO Frederic	Chargé de Cours	<i>Dir. Gén. EDC</i>
16	BODO Bernard	Chargé de Cours	En poste
17	DJUIDJE KENMOE Germaine épse ALOYEM KAZE	Chargée de Cours	En poste
18	EDONGUE Hervais	Assistant	En poste
19	FEWO Serge Ibraïd	Chargé de Cours	En poste
20	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	En poste
21	HONA Jacques	Chargé de Cours	En poste
22	MBANE BIOUELE	Chargé de Cours	En poste
23	MBONO SAMBA Yves Ghislain U	Chargé de Cours	VD UDs
24	NANA MBENDJO Blaise	Chargé de Cours	En poste
25	NDOP Joseph	Chargé de Cours	En poste
26	OBOUNOU Marcel	Chargé de Cours	En poste
27	SAIDOU	Chargé de Cours	En poste
28	SIEWE SIEWE Martin	Chargé de Cours	En poste
29	SIMO Elie	Chargé de Cours	En poste
30	TABI Conrad Berthrand	Chargé de Cours	En poste
31	TCHOFFO Fidèle	Chargé de Cours	En poste
32	VONDOU DERBETINI Appolinaire	Chargé de Cours	En poste
33	WAKATA née BEYA Annie	Chargée de Cours	<i>Chef Serv. MINRESI</i>
34	WOULACHE Rosalie Laure	Chargée de cours	En poste
35	ABDOURAHIMI	Assistant	En poste
36	CHAMANI Roméo	Assistant	En poste

37	ENYEGUE A NYAM Françoise épouse BELINGA	Assistante	En poste
38	EYEBE FOUA Jean Sire	Assistant	En poste
39	MBINACK Clément	Assistant	En poste

10- DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE (S.T.) (42)

1	BILONG Paul	Professeur	<i>Doyen/Chef de Département</i>
2	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
3	BITOM Dieudonné Lucien	Professeur	<i>Chef Département/Doyen UN</i>
4	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Maître de Conférences	En poste
5	KAMGANG Pierre	Maître de Conférences	En poste
6	MEDJO EKO Robert	Maître de Conférences	<i>DIPD UYI</i>
7	MVONDO ONDOA Joseph	Maître de Conférences	En poste
8	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Maître de Conférences	En poste
9	NDJIGUI Paul-Désiré	Maître de Conférences	<i>Chef serv. Maintenance et matériel, UYI</i>
10	NGOS III Simon	Maître de Conférences	<i>DAAC/ UMa</i>
11	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
12	NKOUMBOU Charles	Maître de Conférences	En poste
13	TEMDJIM Robert	Maître de Conférences	En poste
14	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Chargée de Cours	<i>Chef DAASR/FS UYI</i>
15	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
16	BISSO Dieudonné	Chargé de Cours	<i>Directeur P. Barage Memvele</i>
17	EKOMANE Emile	Chargé de Cours	<i>C.S. MINIMDT</i>
18	ESSONO Jean	Chargé de Cours	<i>C.E.A. MINIMDT</i>
19	GANNO Sylvestre	Chargé de Cours	En poste
20	GHOGOMU Richard TANWI	Chargé de Cours	En poste
21	LAMILÉN BILLA Daniel	Chargé de Cours	En poste
22	LIENOU Gaston	Chargé de Cours	En poste
23	MINYEM Dieudonné-Lucien	Chargé de Cours	En poste
24	MOUAFO Lucas	Chargé de Cours	En poste
25	MOUNDI Amidou	Chargé de Cours	<i>Inspecteur MINIMDT</i>
26	NGO BIDJECK Louise Marie	Chargée de Cours	En poste
27	NGUETCHOUA Gabriel	Chargé de Cours	En poste
28	NJOM Bernard de Lattre	Chargé de Cours	En poste
29	NYECK Bruno	Chargé de Cours	<i>C.S. MINIMDT</i>
30	ONANA Vincent	Chargé de Cours	En poste
31	TCHAKOUNTE Jacqueline ép. NOUMBEM	Chargée de cours	En poste
32	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Chargé de Cours	En poste
33	YENE ATANGANA Joseph Q.	Chargé de Cours	<i>Chef Div MINFOF</i>

34	ZO'O ZAME Philémon	Chargé de Cours	<i>S.G. MINTP</i>
35	ANABA ONANA Achile Basile	Assistant	En poste
36	MBIDA YEM	Assistant	En poste
37	METANG Victor	Assistant	
38	NGO BELNOUN Rose Noël	Assistante	En poste
39	NOMO NEGUE Emmanuel	Assistant	En poste
40	TCHAPTCHET TCHATO De Presquidoux	Assistant	En poste
41	TEHMA Nathanael	Assistant	En poste
42	TEMGA Jean Pierre	Assistant	En poste

Répartition chiffrée des enseignants permanents par Département

Département	Nombre d'enseignants				
	Pr	MC	CC	ASS	Total
BC	2(0)	7(2)	17(11)	14(6)	40(19)
BPA	8(0)	7(0)	16(7)	16(5)	47(12)
BPV	1(0)	5(0)	14(3)	6(5)	26(8)
CI	3(0)	14(2)	14(3)	2(0)	33(5)
CO	11(0)	9(2)	13(6)	4(0)	37(8)
IN	1(0)	4(1)	6(0)	14(4)	25(5)
MA	5(0)	5(0)	17(1)	11(1)	38(2)
MB	1(0)	2(0)	6(3)	3(0)	12(3)
PH	5(0)	9(0)	20(3)	5(1)	39(4)
ST	3(0)	11(1)	22(3)	7(1)	42(5)
Total	40(0)	72(8)	145(40)	82(23)	339(71)

Soit un total de: **339(71)**

- Professeurs: **39(0)**
- Maîtres de Conférences: **73(8)**
- Chargés de Cours: **145(40)**
- Assistants: **82(23)**

() : Nombre de femmes

DEDICACE

A

mon fils NAWYANKA TODOU Nathan Le Prophète

REMERCIEMENTS

Bois d'œuvre, fruitier semi-domestiqué, espèces à usages multiples, niche écologique, diversité génétique, conservation *in situ*, ... Cette thèse s'achève et le document commence par les indispensables remerciements pour toutes les personnes et institutions qui m'ont accompagné et m'ont apporté leur aide et leurs conseils dans les petites choses comme dans les grandes. Même si cette thèse est d'abord un défi personnel, elle n'aurait jamais vu le jour si certaines personnes ne m'avaient pas accordé leur confiance, leur soutien et leur faveur inconditionnels.

Le promoteur de ce travail est Dr. ACHOUNDONG, Maître de Recherches, Coordonateur Sud Expert Plante, ancien Chef de l'Herbier National du Cameroun. L'aventure de cette thèse commence grâce à lui qui m'a encadré tant dans la recherche que dans la vie courante. Pr. AMOUGOU AKOA a signé mon inscription en thèse et à entièrement encadré ce travail. Il m'a suivi de bout en bout depuis mon inscription en DEA. Je lui suis éternellement reconnaissant, malgré que le destin n'ait pas voulu qu'il voie la fin de ce travail. Que son âme repose en paix. Dr. ONANA Jean-Michel, Chef de l'Herbier National du Cameroun, a lu et corrigé le manuscrit. Il a donné des suggestions instructives pour l'amélioration de ce document. Je lui dois une reconnaissance incontestable. Sous la faveur de Pr. MCKEY Doyle de l'Université de Montpellier II en France, j'ai suivi une formation en génétique de populations et en utilisation du Système d'Information Géographique au CIRAD et à l'Université de Montpellier II. L'étude de *Dacryodes buettneri* et *Dacryodes edulis* m'a été proposée par Dr. JOLY Hélène qui, en collaboration avec Dr. COPPENS Geo et la technicienne BENOIT Laure, tous au CIRAD à Montpellier, ont suivi les travaux de laboratoire au service des marqueurs moléculaires du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE). Avec leur appui, j'ai bénéficié des bourses de soutien CIRAD qui m'ont permis d'effectuer quatre visites au sein de l'équipe Bios/UMR 5175 du CIRAD à Montpellier pour des stages de recherche. J'associe à cette reconnaissance Dr. DOUMENGE Charles, Dr. ARBONNIER Michel et NANA Victor avec qui, nous avons effectué la plupart des travaux de terrain et qui ont intervenu d'une manière ou d'une autre dans la rédaction de cette thèse. Pr. BELL Joseph Martin, généticien, a accepté co-encadré cette thèse après le départ prématuré de Pr. AMOUGOU AKOA. Il a lu et corrigé le manuscrit. Ses suggestions ont été constructives. Tous, leur disponibilité pour moi a témoigné de la bienveillance dont ils ont fait preuve à mon égard. J'espère pouvoir être un bon rejeton au-delà du diplôme que j'obtiendrai pour continuer à faire carrière dans l'enseignement et la recherche.

Sans être exhaustif, j'ajoute à ces remerciements toutes les personnes et institutions qui m'ont apporté leur soutien dans la réalisation de ces travaux :

- ✓ Pr. SONKE Bonaventure, M. SENE Olivier, Dr. GONMADJE Christelle, Dr. SOUARE KONSALA, GABELOUX Marie, ROUX Émelie pour les échantillons récoltés ;
- ✓ L'Agence Nationale de la Recherche (ANR) française pour le projet IFORA qui a contribué en partie au financement pour la collecte des échantillons et au séquençage des fragments d'ADN ;
- ✓ Tout le personnel de l'Herbier National de Cameroun pour son accueil et la facilitation de détermination des échantillons récoltés ;
- ✓ Tout le personnel du service des marqueurs moléculaires du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) de Montpellier pour la convivialité et les conseils lors des travaux de laboratoire ;
- ✓ Les sociétés d'exploitation forestière (TRC et CUF) pour leurs prospecteurs qui nous ont accompagnés dans leurs UFA ;
- ✓ Ma feuë maman MADIKI Thérèse pour toute son affection et son soutien moral sans relâche. Maman, repose en paix ;
- ✓ Mes frères et sœurs ASTA Cécile, TONGOU Angèle, MADI Pierre, DAWAI Hélène, DAMBA Sébastien et TROUMBA Françoise pour le soutien infailible qu'ils n'ont jamais cessé de me donner ;
- ✓ M. KEMEUZE Victor pour l'amitié inconditionnelle qu'il partage avec moi ;
- ✓ La famille NIRAKA TODOU Jean Claude pour son accueil et son aide qu'elle m'a offerts pendant tous mes séjours à Yaoundé ;
- ✓ FANTA Julienne, merci pour m'avoir supporté pendant toute la période de la rédaction de cette thèse ;
- ✓ Mes collègues du Département de Sciences de la Vie et de la Terre de l'Ecole Normale Supérieure et du Département de Sciences Biologiques de l'Université de Maroua pour la lecture et la correction du manuscrit ;
- ✓ Ma carrière universitaire et de recherche a débuté à l'Université de Ngaoundéré. Je remercie tous les Enseignants de cette Institution pour m'avoir formé, en particulier ceux du Département des Sciences Biologiques.

Je ne peux pas citer tous ceux qui, directement ou indirectement, ont contribué à la réalisation de cette thèse. Que tous soient rassurés de ma profonde gratitude.

SOMMAIRE

LISTE PROTOCOLAIRE.....	i
DEDICACE.....	xi
REMERCIEMENTS.....	xii
SOMMAIRE.....	xiv
RESUME.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	xx
LISTE DES TABLEAUX.....	xxi
LISTE DES FIGURES.....	xxii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE.....	5
I. 1. Généralités sur le genre <i>Dacryodes</i> Vahl.....	6
I. 1. 1. Position systématique du genre <i>Dacryodes</i>	6
I. 1. 2. Description botanique et biologie des deux espèces.....	9
I. 1. 3. Caractères morphologiques distinctifs des deux espèces.....	14
I. 1. 4. Importance socioéconomique des deux espèces.....	16
I. 1. 5. Principaux disperseurs des graines des deux espèces.....	20
I. 2. Histoire et biogéographie des forêts tropicales africaines.....	21
I. 3. Nécessité de conserver les ressources phytogénétiques.....	24
I. 4. Concept de niche écologique.....	25
I. 5. Génétique des populations et conservation <i>in situ</i>	26
I. 6. Marqueurs moléculaires neutres.....	28
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES.....	29
II. 1. Matériel.....	30
II. 2. Méthodes.....	30
II. 2. 1. Collecte des coordonnées géographiques et climatiques.....	30
II. 2. 2. Analyse des données biogéographiques.....	31
II. 2. 3. Récolte du matériel végétal pour l'étude génétique.....	33
II. 2. 4. Isolement des marqueurs microsatellites.....	34
II. 2. 5. Echantillonnage des populations pour l'étude génétique.....	34
II. 2. 6. Extraction, amplification et séquençage des ADN.....	35
II. 2. 7. Calculs et analyse des paramètres de génétique de populations.....	40

II. 2. 8. Analyse de la structure génétique des espèces.....	43
CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION.....	44
III. 1. Résultats.....	45
III. 1. 1. Biogéographie de <i>Dacryodes buettneri</i>	45
III. 1. 2. Biogéographie de <i>D. edulis</i>	54
III. 1. 3. Caractéristiques des loci microsatellites isolés.....	65
III. 1. 4. Diversité génétique de <i>D. buettneri</i>	67
III. 1. 5. Diversité génétique de <i>D. edulis</i>	72
III. 1. 6. Relation génétique entre <i>D. buettneri</i> et <i>D. edulis</i>	76
III. 2. Discussion.....	79
III. 2. 1. Etude des niches écologiques et conservation <i>in situ</i>	79
III. 2. 2. Niches écologiques fondamentale et réaliés de <i>D. edulis</i>	81
III. 2. 3. Conformité de diversité génétique de <i>D. buettneri</i>	84
III. 2. 4. Diversité génétique intra-population de <i>D. edulis</i> maintenue élevée.....	86
III. 2. 5. Diversité génétique inter-population de <i>D. edulis</i> maintenue faible.....	88
III. 2. 6. Réservoirs génétiques au sein des espèces.....	89
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	91
BIBIOGRAPHIE.....	95
LISTE DES ARTICLES ISSUS DE LA THESE	111
ANNEXE.....	112

RESUME

La forêt équatoriale de l'Afrique centrale appartient à celle du bassin de Congo. Elle abrite plus de la moitié des plantes et des animaux sauvages du continent et constitue un écosystème extrêmement utile et précieux pour l'humanité pour se nourrir, se loger, se soigner, obtenir de l'énergie, etc. Malheureusement, cette richesse forestière est de plus en plus menacée par l'exploitation abusive des vastes espaces boisés avant même de l'explorer scientifiquement et d'élaborer des stratégies efficaces de conservation et d'utilisation durable. La conservation *in situ* nécessite au préalable des connaissances sur les données écologiques et génétiques en question. Deux espèces : *Dacryodes buettneri* et *Dacryodes edulis* ont été choisies pour cette étude. L'objectif général de cette étude est de contribuer à la gestion durable des deux espèces. Les objectifs spécifiques sont : décrire les distributions géographiques de *D. buettneri* et de *D. edulis* à partir des coordonnées géographiques des observations disponibles et les distributions potentielles modélisées à partir de dix neuf paramètres climatiques favorables aux espèces ; caractériser les conditions écologiques favorables de *D. buettneri* et de *D. edulis* basées sur la couverture de la végétation, sur le climat (précipitation et température) et sur l'altitude ; isoler et caractériser des loci microsatellites de *D. edulis* ; décrire les diversités génétiques intra-population et inter-population de *D. buettneri* et de *D. edulis* à l'échelle du sous-centre d'endémisme bas-guinéen et décrire la structure génétique de *D. buettneri* et de *D. edulis* et la relation génétique entre les deux espèces.

Les aires de distribution réelles basées sur les coordonnées géographiques assignées à chaque observation de *D. buettneri* et de *D. edulis* ont été établies à l'aide du logiciel du SIG (Diva-Gis). Les aires de distribution potentielle de chaque espèce ont été modélisées à partir des préférences climatiques évaluées sur 19 paramètres pluvio-thermiques extraits de programme WorldClim disponible dans Diva-Gis. La délimitation des niches écologiques a été basée sur la couverture de la végétation, les facteurs pluvio-thermiques et les altitudes. Les cartes décrivant la couverture de la végétation dans laquelle les espèces croissent naturellement ont été faites suivant la position spatiale des points de collectes à l'aide du logiciel Diva-Gis. Les graphes décrivant les exigences écologiques à partir des données de l'altitude, de pluviométrie et de température ont été faits à l'aide du logiciel de statistique descriptive à l'aide du logiciel Statistica 6. Les ADN nucléaires de 694 individus répartis dans 29 populations (dont 23 pour *D. edulis*) ont été extraits des folioles ou cambium. Cinq loci microsatellites ont été isolés de *D. edulis* et les analyses génétiques ont été basées sur le polymorphisme des microsatellites isolés.

La diversité intra- et inter-population et la structure génétique au sein des espèces ont été étudiées.

D. buettneri est une espèce des forêts humides. Elle peut être observée dans des végétations secondarisées, protégée par les agriculteurs. Le centre du Gabon offre les conditions pluvio-thermiques les plus favorables à sa croissance. L'intervalle de confiance de la précipitation va de 1500 à 2550 mm/an. Les températures moyennes annuelles optimales sont comprises entre 23,8 à 25,8 °C. L'espèce pousse depuis le niveau de la mer jusqu'à 750 m d'altitude. *D. edulis* est naturellement une espèce des forêts humides dont les massifs forestiers gabonais et du sud du Cameroun offrent des conditions pluvio-thermiques les plus favorables à sa croissance naturelle. Les précipitations annuelles optimales vont de 1600 à 2600 mm/an. Les températures moyennes annuelles optimales vont de 23,5 à 25,5° C alors que l'intervalle de confiance se situe entre 21,8 et 25,8 °C. L'espèce pousse naturellement depuis la côte jusqu'à 750 m d'altitude. Elle est domestiquée et s'est largement adaptée aux conditions écologiques diverses. Les conditions environnementales des individus des plantations représentent la niche écologique fondamentale de l'espèce alors que celles des individus sauvages représentent la niche écologique réelle ou réalisée.

L'analyse génétique des populations de *D. buettneri* a permis d'identifier les populations de Chaillu ($p = 100\%$ et $H_{att} = 0,47$), de Casterville ($P = 80\%$ et $H_{att} = 0,36$) et de Makoukou ($P = 80\%$ et $H_{att} = 0,36$) comme les plus polymorphes. Toutes les populations étudiées ont présenté des coefficients de fixation positifs, compris entre 0,15 (population de Mt Cristal) et 0,36 (population de Casterville). Quant à *D. edulis*, les moyennes des paramètres de génétique intra-population sont $A = 5,36$; $P = 90\%$ et $H_{att} = 0,47$. La moyenne de coefficient est de $F = 0,12$. Cinq populations ont présenté des coefficients significativement inférieurs à zéro. La création des plantations de safoutiers par les paysans a donc favorisé la diversification génétique de l'espèce. L'étude de la structure génétique n'a pas présenté des groupes génétiques différents au sein des espèces qui pourraient être associés à des délimitations variétales.

L'étude des niches écologiques de *D. buettneri* et *D. edulis* combinée aux analyses des paramètres de génétique des populations est une contribution cohérente pour optimiser la conservation *in situ* et l'utilisation durable de ces espèces.

Mots-clés : *Dacryodes buettneri*, *Dacryodes edulis*, distribution géographique, niches écologiques, diversité génétiques, marqueurs microsatellites, conservation *in situ*.

ABSTRACT

The rainforest of Central Africa belongs to that of the Congo basin. It is the habitat to more than half the wildlife of the continent and is an extremely useful and valuable ecosystem for humanity to feed, shelter, heal, get energy, etc. Unfortunately, this forest wealth is increasingly threatened by abusive exploitation of vast wooded areas before even explore it scientifically and develop effective strategies of conservation and sustainable use. The conservation *in situ* of species requires prior knowledge of the ecology and genetic data of these species. Two species: *Dacryodes buettneri* and *Dacryodes edulis* were chosen for this study. The overall objective of this study is to contribute at the sustainable management of both species. The specific objectives are: to describe the geographical distributions of *D. buettneri* and *D. edulis* from the geographic coordinates of available observations and potential distributions modeled with nineteen climate parameters ; to characterize the ecological conditions based on the cover of vegetation, climate (precipitation and temperature) and the altitude ; to isolate and to characterize the *D. edulis* microsatellite loci ; to describe the genetic diversity within populations and between populations of *D. buettneri* and *D. edulis* across the lower Guinea endemism (Cameroon and Gabon) and finally to describe the genetic structure of *D. buettneri* and *D. edulis* and the genetic relation between these species.

The actual distributions based on the coordinates assigned to each observation of *D. buettneri* and of *D. edulis* have been established using the GIS software (Diva-Gis). The potential distributions of each species were modeled with 19 climatic parameters. The study of the ecological niches was based on vegetation cover, 19 climatic parameters and altitudes. Graphs describing the ecological requirements from the altitude, rainfall and temperature data have been made using the descriptive statistics by Statistica 6 software. The nuclear DNA of 694 individuals across 29 populations (23 populations of *D. edulis*) was extracted from cambium and leaflets. Five microsatellite loci were isolated from *D. edulis* and genetic analyses were based on isolated microsatellite polymorphism. Intra-population and inter-population diversity and genetic structure within species were studied.

D. buettneri is a species of wet forests. It can be seen in destroyed vegetation because it is protected by farmers. The centre of Gabon offer more favorable climatic parameters conditions to its growth. The confidence interval of the precipitation ranges from 1500 to 2550 mm/year. Optimal average annual temperatures are between 23.8 to 25.8 °C. The species grows from the level of the sea up to 750 m altitude. *D. edulis* is a species of humid forests. South of Cameroon

and Gabon provide more favorable climatic parameters conditions to its natural growth naturally. The optimal annual precipitation ranges from 1600 to 2600 mm/year. Optimal average annual temperatures range from 23.5 to 25.5 °C while the confidence interval is between 21.8 and 25.8 °C. The species grows naturally from the level of sea up to 750 m altitude. It is domesticated and has widely adapted to ecological conditions. The environmental conditions of the individuals of the plantations represent the fundamental ecological niche while those of wild individuals represent the real or realized ecological niche.

Genetic analysis of populations of *D. buettneri* has identified populations of Chaillu ($P = 100\%$ and $H_{att} = 0.47$), of Casterville ($P = 80\%$ and $H_{att} = 0.36$) and of Makoukou ($P = 80\%$ and $H_{att} = 0.36$) as the most polymorphic populations. All studied populations were exhibited positive coefficients of consanguinity, ranging from 0.15 (Mt Crystal population) and 0.36 (Casterville population). Regarding *D. edulis*, the average of intra-population genetic parameters are $A = 5.36$; $P = 90\%$ and $H_{att} = 0.47$. The average of coefficient of consanguinity is $F = 0.12$. Five populations have showed coefficient of consanguinity significantly less than zero. The establishment of plantations of *D. edulis* by farmers therefore maintained genetic diversity of the species. The study of the genetic structure has not showed different genetic groups within species that could be associated with varietal demarcations.

The study of the ecological niches of *D. buettneri* and *D. edulis* combined with analyses of population genetics parameters is a coherent contribution to optimize the *in situ* conservation and the sustainable use of these species.

Keywords: *Dacryodes buettneri*, *Dacryodes edulis*, geographical distribution, ecological niches, genetic diversity, markers microsatellite, *in situ* conservation.

LISTE DES ABREVIATIONS

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ATIBT : Association technique internationale des bois tropicaux

ANR: Agence Natonale de Recherche

CARPE : Central African Regional Program for the Environment

CEFE : Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive

CENAREST : Centre National de Recherche Scientifique et Technique

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

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation

GBIF : Global Biodiversity Information Facility

GPS : Global Position System

ICRAF : International Centre for Research in Agroforestry

IFORA : Iles Forestières d'Afrique

IRAD : Institut de Recherche Agricole pour le Développement

LVC : Ligne Volcanique du Cameroun

OIBT : Organisation Internationale des Bois Tropicaux

Pb : paires de bases

PCR : Polymerase Chain Reaction

PN Lopé : Parc National de la Lopé

RF Mokoko : Reserve Forestière de Mokoko

SSR : Répétitions de Séquences Simples

STR : Séquences Répétées en Tandem

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Espèces de <i>Dacryodes</i> connues en Afrique.....	8
Tableau II. Les noms locaux de <i>Dacryodes buettneri</i>	10
Tableau III. Variation spatio-temporelle de fructification de <i>D. edulis</i> au Cameroun.....	13
Tableau IV. Quelques différences biologiques de <i>D. buettneri</i> et <i>D. edulis</i>	14
Tableau V. Place du bois de <i>D. buettneri</i> sur le marché gabonais.....	17
Tableau VI. Paramètres pluvio-thermiques utilisés pour décrire la niche climatique.....	32
Tableau VII. Valeurs pluvio-thermiques favorables à <i>D. buettneri</i>	51
Tableau VIII. Corrélations positives entre les paramètres pluvio-thermiques de <i>D. buettneri</i>	52
Tableau IX. Corrélations négatives entre les paramètres pluvio-thermiques de <i>D. buettneri</i>	53
Tableau X. Caractéristiques des populations forestières de <i>D. edulis</i> au Cameroun.....	58
Tableau XI. Valeurs pluvio-thermiques favorables à <i>D. edulis</i> des forêts naturelles.....	64
Tableau XII. Corrélations significatives entre les paramètres pluvio-thermiques de <i>D. edulis</i> ...	65
Tableau XIII. Caractérisation des six marqueurs microsatellites isolés de <i>D. edulis</i>	66
Tableau XIV. Résultats du nombre d'allèles par locus et par espèce	67
Tableau XV. Nombres d'allèles par population de <i>D. buettneri</i>	68
Tableau XVI. Fréquences alléliques dans les loci des populations de <i>D. buettneri</i>	69
Tableau XVII. Indices de diversité génétique intra-population de <i>D. buettneri</i>	70
Tableau XVIII. Matrice de flux de gènes et de distance génétique de <i>D. buettneri</i>	71
Tableau XIX. Nombres d'allèles par locus et par population de <i>D. edulis</i>	73
Tableau XX. Indices de diversité génétique intra-population de <i>D. edulis</i>	75
Tableau XXI. Distances génétiques entre paires de populations de <i>D.edulis</i>	77

LISTE DES FIGURES

Fig. 1. Différences morphologiques des fruits de <i>D. edulis</i>	12
Fig. 2. Détails des structures morphologiques sur le tronc des espèces.....	15
Fig. 3. Détails des structures morphologiques sur les feuilles des espèces	15
Fig. 4. Safous braisés en vente au carrefour Makénééné.....	19
Fig. 5. Safous emballés dans les filets pour exportation.....	19
Fig. 6. Principales phytochories de l’Afrique et de Madagascar.....	23
Fig. 7. Forêts humides du centre régional guinéo-congolais.....	24
Fig. 8. Conservation d’échantillons de folioles récoltées.....	33
Fig. 9. Distribution des populations échantillonnées pour l’étude génétique.....	36
Fig. 10. Broyeur Retsch MM301.....	37
Fig. 11. Représentation schématique du principe de PCR.....	38
Fig. 12. Distributions géographiques réelle et potentielle de <i>D. buettneri</i>	46
Fig. 13. Distribution de <i>D. buettneri</i> en fonction de la couverture de la végétation.....	47
Fig. 14. Précipitations annuelles favorables à <i>D. buettneri</i>	49
Fig. 15. Températures annuelles moyennes favorables à <i>D. buettneri</i>	50
Fig. 16. Altitudes favorables à <i>D. buettneri</i>	53
Fig. 17. Distributions géographique réelle et potentielle de <i>D. edulis</i>	54
Fig. 18. Distributions géographiques réelle et potentielle de <i>D. edulis</i> sauvage.....	56
Fig. 19. Distribution de <i>D. edulis</i> en milieux forestiers en fonction de la végétation.....	57
Fig. 20. Précipitations annuelles favorables à la croissance de <i>D. edulis</i>	59
Fig. 21. Températures moyennes annuelles favorables à la croissance de <i>D. edulis</i>	60
Fig. 22. Altitudes favorables à la croissance de <i>D. edulis</i>	60
Fig. 23. Altitudes favorables à la croissance naturelle de <i>Dacryodes edulis</i>	61
Fig. 24. Précipitations annuelles favorables à la croissance naturelle de <i>D. edulis</i>	62
Fig. 25. Températures moyennes annuelles favorables à la croissance naturelle de <i>D. edulis</i>	63
Fig. 26. Exemples d’hétérozygotie de deux individus.....	66
Fig. 27. Analyse Factorielle des Correspondances des individus de <i>D. edulis</i> et <i>D. buettneri</i>	78
Fig. 28. Histogramme de la structure génétique au sein de <i>D. edulis</i> et <i>D. buettneri</i>	79
Fig. 29. Représentation schématique des différents types de niches de <i>D. edulis</i>	82

INTRODUCTION

La forêt équatoriale de l'Afrique centrale fait partie de celle du bassin du Congo (Cameroun, Gabon, République Centrafricaine, Congo-Brazzaville et République Démocratique du Congo) qui est le deuxième bloc forestier dense humide au monde, en terme de superficie, après le bassin amazonien (Mayaux *et al.*, 1997). Elle abrite plus de la moitié des plantes et des animaux sauvages du continent (Aubé, 1996). Elle constitue un écosystème extrêmement utile et précieux pour l'humanité pour se nourrir, se loger, se soigner, obtenir de l'énergie, etc. Elle contribue également à piéger le carbone atmosphérique qui est l'un des constituants du gaz carbonique, un des gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique. Malheureusement, cette richesse forestière est de plus en plus menacée par l'exploitation abusive espaces boisés (Whitmore & Sayer, 1992) avant même de l'explorer scientifiquement et d'élaborer des stratégies efficaces de conservation et d'utilisation durable. Plusieurs espèces végétales ont été introduites avec succès dans les agrosystèmes paysans (safoutier, palmier à huile). Cette situation a poussé certains centres de recherche, à l'instar de l'ICRAF et de l'IRAD, à recenser des espèces forestières africaines sauvages candidates à la domestication à travers l'agroforesterie, au sein du *Tree Domestication Programme* (Leakey & Simons 1998 ; Tchoundjeu *et al.*, 1998). La conservation *in situ* des ressources végétales nécessite au préalable des connaissances sur les données écologiques et génétiques des espèces étudiées (Sampoux & Badeau, 2009).

Deux espèces appartenant à la famille des Burséracées, *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J. Lam et *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J.Lam, sont choisies pour cette étude. Elles se présentent comme des espèces à usages multiples. Elles sont les deux espèces du genre *Dacryodes* les plus exploitées par les populations locales pour le bois d'œuvre (*D. buettneri*, espèce non cultivée) et pour les fruits comestibles (*D. edulis*, espèce cultivée). Les travaux ont débuté dans le projet IFORA qui proposait une approche intégrative et multidisciplinaire de la dynamique de la biodiversité dans l'un des principaux « hot spots » du continent africain : les forêts de plaine et de montagne de la région camerouno-gabonaise, appelée sous-centre d'endémisme bas-guinéen. Les espèces étudiées sont des modèles biologiques intéressants pour comprendre l'histoire des forêts africaines et proposer des stratégies de conservation *in situ* des espèces africaines domestiquées ou non. Elles sont très exploitées par les populations. Elles sont gynodioïques, au mode de reproduction allogame facultatif (Kengue, 1990 ; Onana, 1998). En effet, elles peuvent se reproduire par allogamie ou par autogamie.

Le travail s'est déroulé dans un contexte marqué par des fortes pressions anthropiques sur les ressources phytogénétiques du bassin du Congo occasionnées par la déforestation et l'exploitation abusive (Achard *et al.*, 1998). D'où une diminution des individus sauvages et une modification de la structure génétique, voire une érosion génétique (Zhang *et al.*, 1996 ; Bawa, 1997). Plusieurs travaux existent sur la biologie et la morphologie de *D. edulis* (Kengue, 1990 ; Tchuengem Fohouo *et al.*, 2000 ; Kengue *et al.*, 2002 ; Onana, 1998), la multiplication végétative (Damisse *et al.*, 2001 ; Mampouya *et al.*, 1994 ; Kengue & Tchio, 1994), la composition biochimique des fruits (Silou, 1991 ; Silou & Kama Niamayoua, 1999 ; Bofung *et al.*, 2002) et l'aspect socioéconomique (Tabuna, 1999, 2000, 2002 ; Awono *et al.* 2002). Les données scientifiques sur *D. buettneri* sont par contre très mitigées et quelques unes sont disponibles dans les travaux plus ou moins généraux (Vivien & Faure, 1985 ; ATIBT, 1986 ; White & Abernethy, 1996 ; Onana, 1998 ; Louppe *et al.*, 1999 ; Wilks & Issembé, 2000). En dépit de ces résultats pertinents sur ces espèces choisies pour cette étude, il manque à ce tableau des données écologiques et génétiques qui sont importantes au développement des stratégies de conservation *in situ* et l'utilisation durable des espèces. Par ailleurs, malgré les multiples avantages que procurent *D. buettneri* et *D. edulis* aux communautés villageoises et citadines et participent au développement économique des pays hôtes, elles subissent, à l'instar des autres espèces tropicales, les effets néfastes des actions anthropiques. Cette situation commande que des mesures visant à préserver les populations soient prises et ceci est d'autant plus urgent que les espèces en question figurent parmi les espèces à usages multiples. Pour répondre aux besoins futurs, difficilement prévisibles dans un contexte de changements climatiques, socioéconomiques et anthropiques, il est indispensable de conserver des ressources les plus diversifiées possibles dans leur milieu naturel.

Le travail s'est effectué autour de deux groupes de questions de recherche.

- 1- Quelles sont les distributions géographiques réelles et potentielles de *D. buettneri* et de *D. edulis* en Afrique ? Les aires de distributions géographiques potentielles, inférées par extrapolation à partir des paramètres climatiques favorables, coïncident-elles avec les aires de distributions géographiques réelles basées uniquement sur les données GPS de collections ou documentées par les experts (botanistes, forestiers) ? Quelles sont les conditions écologiques de ces deux espèces (couverture de la végétation, préférences climatiques, préférences d'altitudes) ?
- 2- Quelle est la diversité génétique de *D. buettneri* et de *D. edulis*, évaluée au moyen de marqueurs génétiques moléculaires neutres (microsatellites) et comment se structure-t-

elle ? Existe-t-il des populations possédant des caractéristiques particulières (richesse allélique, taux de polymorphisme et d'hétérozygotes élevés) ? Existe-t-il un échange de gènes entre les deux espèces ? Existe-t-il des structurations en groupes génétiques au sein des espèces ? Existe-t-il une différenciation génétique entre les populations de *D. edulis* des plantations et celles des forêts (individus sauvages) ? L'analyse génétique permet-elle de définir des délimitations variétales possibles au sein des espèces ?

A ce titre, l'objectif général de cette étude est la conservation *in situ* et utilisation durable des ressources végétales. Spécifiquement, il s'agit de :

- décrire les distributions géographiques de *D. buettneri* et de *D. edulis* à partir des coordonnées géographiques des observations disponibles et les distributions potentielles modélisées à partir de dix neuf paramètres climatiques favorables ;
- caractériser les conditions écologiques favorables de *D. buettneri* et de *D. edulis* basées sur la couverture de la végétation, sur le climat et sur l'altitude ;
- isoler et caractériser des loci microsatellites de *D. edulis* ;
- décrire les diversités génétiques intra-population et inter-population de *D. buettneri* et de *D. edulis* à l'échelle du sous-centre d'endémisme bas-guinéen ;
- décrire la structure génétique de *D. buettneri* et de *D. edulis* et la relation génétique entre les deux espèces.

Le travail est divisé en trois chapitres. Après l'introduction, le premier chapitre est la revue de la littérature. Le second précise la méthodologie suivie pour réaliser le travail. Enfin, les résultats sont exposés et discutés au Chapitre III avant de conclure, de donner des recommandations et les perspectives. Les titres de la documentation consultée sont présentés en Bibliographie.

Problématique : le niveau de menace sur les individus naturels de *D. buettneri* et de *D. edulis* et leur importance pour les populations locales ont déterminé le choix des espèces. Malgré cette situation, les individus de l'état sauvage (importante source de variabilité) continuent à se dégrader sous l'action essentiellement anthropique. Cette étude est une contribution à la conservation *in situ* de ces espèces pour une utilisation durable.

CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE

I. 1. Généralités sur le genre *Dacryodes* Vahl.

I. 1. 1. Position systématique du genre *Dacryodes*

Le genre *Dacryodes* appartient à la famille des Burseracées qui compte 18 genres groupés en tribus et sous-tribus (Weeks *et al.*, 2005). Les espèces de cette famille sont des arbres ou des arbustes natifs des régions tropicales d’Afrique, d’Asie et d’Amérique, à tendance gynodioïque. Elles se caractérisent par des résines dont des triterpénoïdes et des huiles essentielles présentes dans le tissu végétal (Cronquist, 1981). Les feuilles sont généralement alternes, en spirale, et composées imparipennées, souvent à long pétioles, entières à dentées. Les inflorescences sont des cymes ou des racèmes, généralement en thyse (en grappe pyramidale).

La position systématique selon Cronquist (1981) est la suivante :

Règne : Végétal.

Sous-Règne : Trachéobiontes = Plantes présentant de vaisseaux (xylème et phloème) assurant la circulation de la sève.

Super-Embranchement : Spermaphytes = Trachéobiontes à graines.

Embranchement : Angiospermes = Magnoliophyta = Spermaphytes à fleurs.

Classe : Dicotylédones = Magnoliopsida = Spermaphytes à fleurs possédant deux cotylédons.

Sous-classe : Rosidées = Dicotylédones supérieures dialypétales à fleurs cycliques hétéroclamydes, (tétra-) pentamères à ovaire bitégumenté et crassinucellé.

Ordre : Sapindales = Rosidées à feuilles composées, les fleurs dissifères (ob-) diplostémones ou haplostémones, synapomorphies.

Famille : Burseraceae

Le genre *Dacryodes* Vahl. appartient à la Tribu *Canarieae* et la sous-tribu *Dacryodiinae*. Il se compose de plus de 70 espèces réparties dans trois sections : en Afrique (la section *Pachylobus*) ; en Amérique tropicale (la section *Archidacryodes*) et en Asie du Sud-Est (la section *Curtisina*) (Lam, 1932). La dernière révision du genre *Dacryodes* en Afrique date de 2008. Elle donne une clé de détermination et reconnaît 18 espèces dont une nouvelle (Onana, 2008).

Les espèces de *Dacryodes* présentent des intérêts socio-économiques pour les populations locales et des intérêts économiques pour les pays. Les fruits de la plupart des espèces ont des mésocarpes pulpeux ou juteux, comestibles, mais seul *D. edulis* est cultivé pour ses fruits pulpeux et oléagineux, commercialisés sur les marchés locaux et à l'échelle internationale. Le mésocarpe des fruits de *D. macrophylla* est juteux. Ces fruits sont comestibles et sont vendus sur les marchés locaux. Les individus de cette espèce ont été observés par endroit dans les plantations dans la Région du Centre au Cameroun. Six espèces sont exploitées pour leur bois. *D. buettneri* (nom commercial : ozigo), *D. pubescens* (nom commercial : safoukala), *D. igaganga* (nom commercial : igaganga), *D. klaineana* (nom commercial : adjouaba), *D. normandii* (nom commercial : ossabel) et *D. heterotricha* (nom commercial : mouganga) sont utilisés comme bois d'œuvre (Tableau I) et leurs bois se ressemblent (Todou & Doumenge, 2008) et sont vendus souvent ensemble. Selon les caractères des fruits, deux principaux morphotypes sont observés au sein du genre africain. Le premier regroupe des espèces qui présentent des fruits oblongs avec l'endocarpe en membrane entièrement cartilagineuse (*D. edulis*, *D. buettneri*, *D. ledermanii*, *D. letestui*, *D. osika* et *D. pubescens*). Le deuxième groupe se caractérise par des espèces présentant des fruits globuleux, quelquefois plus ou moins apiculés avec l'endocarpe dur (*D. klaineana*, *D. igaganga*, *D. normandii*, *D. heterotricha*, *D. macrophylla*, *D. trapnellii*, *D. leonardiana*, *D. ebatom*, *D. camerunensis*, *D. bampsiana*). Les fruits de deux espèces (*D. villiersiana* et *D. tessmanii*) ne sont pas encore connus.

Tableau I. Espèces de *Dacryodes* connues en Afrique

Espèces	Usages (nom commercial ou pilote)*	Biotope*	Caractères du fruit*
<i>Dacryodes bampsiana</i> Pierlot	ind.	Forêts pluviales submontagnardes	Endocarpe dur
<i>Dacryodes buettneri</i> (Engl.) H. J. Lam	Bois d'œuvre (ozigo) ; fruits comestibles ; écorces et résine pour médecine traditionnelle	Forêts sempervirentes	Endocarpe cartilagineux ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes camerunensis</i> Onana	Fruits comestibles	Forêts sempervirentes ou semi décidues	Endocarpe dur
<i>Dacryodes ebatom</i> Aubrév. & Pellegr	ind.	Forêts sempervirentes	Endocarpe dur
<i>Dacryodes edulis</i> (G. Don) H. J. Lam	Fruits comestibles (safou, atanga) ; écorce, résine, feuilles et racines pour médecine traditionnelle	Forêts sempervirentes (ind. naturels), mais jusqu'en savanes (ind. cultivés)	Endocarpe cartilagineux ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes heterotricha</i> (Pellegr.) H. J. Lam	Bois d'œuvre (mouganga, safoukala) ; fruits comestibles	Savanes ou galeries forestières	Endocarpe dur ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes igaganga</i> Aubrév. & Pellegr	Bois d'œuvre, (igaganga) fruits comestibles	Forêts sempervirentes	Endocarpe dur ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes klaineana</i> (Pierre) H. J. Lam	Bois d'œuvre (adjouaba), fruits comestibles, feuilles pour médecine traditionnelle	Forêts sempervirentes, décidues ou ripicoles	Endocarpe dur ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes ledermannii</i> (Engl.) H. J. Lam	Fruits comestibles	Forêts littorales	Endocarpe cartilagineux ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes leonardiana</i> Pierlot	ind.	Forêts sempervirentes montagnardes	Endocarpe dur
<i>Dacryodes letestui</i> (Pellegr.) H. J. Lam	Fruits comestibles	Forêts sempervirentes	Endocarpe cartilagineux ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes macrophylla</i> (Oliv.) H. J. Lam	Fruits comestibles	Forêts sempervirentes et semi décidues	Endocarpe dur ; mésocarpe juteux
<i>Dacryodes villiersiana</i> Onana	ind.	Forêts sempervirentes	ind.
<i>Dacryodes tessmannii</i> (Engl.) H. J. Lam	ind.	Forêts de basse altitude	ind.
<i>Dacryodes trapnellii</i> Onana	ind.	Forêts marécageuses	Mésocarpe pulpeux ; endocarpe dur
<i>Dacryodes normandii</i> Aubrév. & Pellegr.	Bois d'œuvre (ossabel) ; fruits comestibles	Forêts sempervirentes	Endocarpe dur ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes osika</i> (Guillaumin) H. J. Lam	ind.	Forêts sempervirentes et forêts galeries	Endocarpe cartilagineux ; mésocarpe pulpeux
<i>Dacryodes pubescens</i> (Vermoesen) H. J. Lam	Bois d'œuvre (safoukala) ; fruits comestibles ; résine combustible	Forêts sempervirentes, bord de rivière et lieux inondés	Endocarpe cartilagineux ; mésocarpe pulpeux

* Les informations sont tirées des notes d'herbiers, des observations personnelles du terrain et de la littérature (Onana, 1998, 2008 ; Vivien & Faure, 1985 ; ATIBT, 1986 ; White & Abernethy, 1996 ; Raponda-Walker & Sillans, 1961 ; Kengue, 2002 ; Loupe *et al.*, 1999 ; Wilks & Issembé, 2000 ; Normand & Mariaux, 1962 ; Brink, 2008a, 2008b, 2008c, 2008d) ; ind. = indéterminé.

I. 1. 2. Description botanique et biologie des deux espèces

I. 1. 2. 1. *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J. Lam

Espèce gynodioïque, de taille moyenne à grande atteignant 40 (–50) m de hauteur ; fût de 20 m de hauteur, atteignant 150 cm de diamètre, souvent sinueux ou muni de protubérances, à base épaissie ; écorce externe jaune d’or, s’écaillant, écorce interne rosée, exsudant lentement à la coupe une résine translucide à odeur de térébenthine ; cime fortement ramifiée, à branches emmêlées et à feuillage sombre de teinte brune vu du dessous. Feuilles alternes, composées imparipennées à 5–8 (–10) paires de folioles ; stipules absentes ; rachis de 10–30 cm de longueur, à poils brun rougeâtre ; pétioles de 8–10 (–15) mm de longueur, cannelés ; folioles opposées, oblongues-lancéolées à lancéolées, de 12–20 cm × 3–4 cm, base asymétrique, apex acuminé, face supérieure vert foncé et brillante, face inférieure à poils étoilés brun rougeâtre, pennatinervées à 10–15 paires de nervures latérales. Inflorescence : panicule axillaire ou terminale de 30 cm × 4 cm, à ramifications en cymes, à poils étoilés. Fleurs unisexuées, régulières ; pédicelle de 1–2 mm de longueur, poilu ; fleurs mâles à 3 sépales ovales de 2–2,5 mm de longueur, poilues à l’extérieur, glabres à l’intérieur, pétales 3, de 2,5–3 mm de longueur, poilus à l’extérieur, étamines 6, à filets de 1 mm de longueur, ovaire rudimentaire ; fleurs femelles similaires mais un peu plus grandes, à pétales de 3,5 mm de long, ovaire supère, ovoïde, glabre. Fruit oblong de 2–4 cm × 1–1,5 cm, bleu violacé à maturité, pulpe charnue, atteignant 3 mm d’épaisseur, vert-jaune, noyau à paroi mince et lisse. Graines à cotylédons 2-palmatisés, dont 5 segments par cotylédon, segments charnus.

Les noms locaux diffèrent selon les groupes ethniques (Tableau II). Il n’existe pas encore de données documentées sur les variabilités morphologique et génétique de *Dacryodes buettneri*. Néanmoins, l’espèce a connu de nombreux noms scientifiques : *Canarium buettneri* Engl. (1893) ; *Pachylobus buettneri* (Engl.) Engl. (1896) ; *Pachylobus fraxinifolius* Engl. (1910) ; *Pachylobus buettneri* (Engl.) Engl. var. *cinerea* A. Chev. (1917).

Tableau II. Les noms locaux de *Dacryodes buettneri*

Pays	Groupes ethniques	Noms locaux de l'espèce
Cameroun	Bulu, Fang, Ntumu	assia
Gabon	Fang	assia
Gabon	Mitsogo, Bavoungou, Bapounou, Echira	mossigou
Gabon	Bakota	nsia
Gabon	Mpongoué	ozigo
Guinée Equatoriale	Fang	ashia

Malgré son importance socio-économique pour les populations (Todou & Doumenge, 2008), peu d'études biologiques ont été menées sur *D. buettneri*. Mais quelques données peuvent être extraites des travaux plus ou moins généraux. L'espèce est gynodioïque (Hecketsweiler, 1992 ; Onana, 1998) et la pollinisation est entomophile (Onana, 1998). La floraison est variable selon les milieux. Elle se situe en mars au sud du Cameroun (Onana, 1998). Au Gabon, elle va de février à avril et de septembre à novembre dans le massif forestier de Makoukou (Nord-est Gabon). Dans le parc national de la Lope (centre du Gabon), la floraison la plus massive est observée en septembre-novembre (Bourobou Bourobou, 1994, White & Abernethy, 1996).

I. 1. 2. 2. *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam

Espèce gynodioïque, de petite à moyenne taille, jusqu'à 20 (-25) m de hauteur ; fût jusqu'à 70 (-90) cm de diamètre, droit et cylindrique, souvent faiblement cannelé et ramifié à faible hauteur; écorce gris jaunâtre à grise, souvent légèrement écailleuse et avec des lenticelles et des replis horizontaux, tranche rose brunâtre, exsudant des gouttes de résine aromatique translucide blanchâtre; cime fortement ramifiée, dense; jeunes branches avec un indument dense de poils étoilés ou dendroïdes ferrugineux. Feuilles alternes, imparipennées; stipules absentes; pétioles jusqu'à 7,5 cm de long; folioles 11-19, pétiolule jusqu'à 1 cm de longueur, limbe oblong à oblong-lancéolé ou ovale-lancéolé, jusqu'à 20 (-30) cm × 6 (-8) cm, largement cunéiforme à arrondi et asymétrique à la base, acuminé à l'apex, bord entier, glabrescent, avec 9-15 paires de nervures latérales s'anastomosant vers le bord. Inflorescence: panicule axillaire pouvant atteindre 40 cm de long, avec des ramifications cymeuses, ferrugineuse-tomentueuse, avec des fleurs souvent en groupes de 3 entourées de bractées; souvent toute l'extrémité des pousses devient florifère avec des feuilles réduites,

donnant l'impression d'une inflorescence terminale. Fleurs unisexuées ou hermaphrodites, 3-mères; pédicelle jusqu'à 5 cm de long; sépales à peu près libres à la base, longs de 3–6 mm, ferrugineux-tomenteux à l'extérieur; pétales libres, longs de 5–6 mm, incurvés à l'apex, tomenteux à l'extérieur; étamines 6, légèrement plus courtes que les pétales, plus petites et infertiles chez les fleurs femelles, filets s'élargissant vers la base; disque annulaire, légèrement lobé; ovaire supère, ovoïde, vestigial chez les fleurs mâles, 2-loculaire avec 2 ovules dans chaque loge, style très court, stigmate 2–4-lobé. Fruit ellipsoïde de 4–12 (–15) cm × 3–6 cm, évoluant en mûrissant de rosé à bleu vert, pourpre ou noir brillant, comportant 1 graine; péricarpe pulpeux, épais d'environ 5 mm; endocarpe fin et cartilagineux. Graine oblongue-ellipsoïdale, jusqu'à 5,5 cm de long ; cotylédons très épais et profondément plissés ou condupliqués, apparaissant ainsi comme palmatilobés.

Les variations que l'on observe entre les arbres et entre les fruits de *D. edulis* (fig. 1) constituent le niveau macroscopique de la diversité génétique. Les groupes apparemment homogènes présentent évidemment d'autres variations que seules les analyses chimiques et biochimiques avaient jusque là montré (Ucciani & Busson, 1963 ; Busson, 1965 ; Tchendji *et al.*, 1981 ; Umoti & Okyi, 1987 ; Soulier, 1987 ; Bezard *et al.*, 1991 ; Silou *et al.*, 1991 ; Kapseu & Tchiegang, 1994 ; Avouampo, 1996). La grande variation morphologique au sein de *D. edulis* tant au niveau des fruits, des organes végétatifs qu'au niveau de la phénologie justifie sans doute le fait que l'espèce connaisse plusieurs noms scientifiques. Il s'agit de : *Pachylobus edulis* G. Don (1832), *Canarium edule* Hook. f. (1849), *Pachylobus saphu* (Engl.) Engl. (1896), *Canarium saphu* Engl. (1893), *Pachylobus edulis* G. Don var. *preussii* Engl. (1899), *Pachylobus edulis* G. Don var. *mubafo* (Ficalho) Engl. (1899, 1931), *Canarium mubafo* Ficalho (1884), *Canarium mansfeldianum* Engl. (1910), *Pachylobus edulis* G. Don var. *sylvestris* A. Chev. (1917), *Pachylobus albiflorus* Guillaumin (1909), *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam var. *parvicarpa* Okafor (1983).

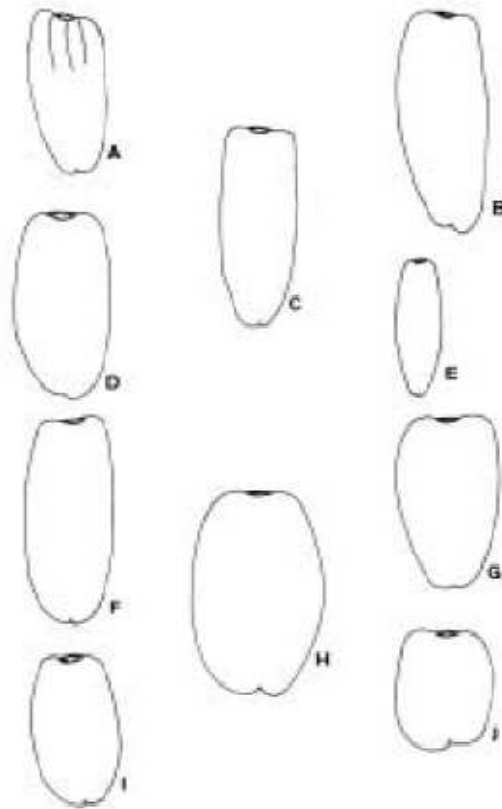


Fig. 1. Différences morphologiques des fruits de *Dacryodes edulis* (Kengue, 1990).

Okafor (1983) a distingué deux variétés basées sur la taille des fruits, la forme des arbres et l'architecture. *D. edulis* var. *parvicarpa* a des fruits coniques, petits (moins de 5 x 2,5 cm) ; les branches sont opposées ou bifurques et *D. edulis* var. *edulis* présente des branches verticillées ou subverticillées, les fruits mesurent plus de 5 x 2,5 cm. L'*herbarium* où les types de ces variétés sont conservés n'a pas été cité. Cette délimitation variétale ne convainc pas l'ensemble des scientifiques, car elle semble basée sur les caractères horticoles (Onana, 2008). En effet, les fruits des safoutiers qui croissent en milieux forestiers naturels sont plus petits que ceux qui croissent en plantations entretenues (Annexe 1) et la forme des arbres dépend de l'habitat et de la couverture de végétation.

Les noms communs sont : african pear tree, african pear, bush butter tree, bush butter, bush fruit tree, native pear, african plum (anglais) ; safoutier, prunier (français), atangatier (Gabon) dont les fruits sont appelés safous, prunes ou atanga. Au Cameroun, les noms locaux diffèrent selon les dialectes : assa (Bassa, Boulou, Ewondo) ; kiyom (Bafia) ; youom (Bamoun) ; tchou (Bangangté) ; ché (Bafang).

De nombreuses études de biologie de reproduction ont été menées sur *D. edulis*. Comme *D. buettneri*, l'espèce est gynodioïque. Les individus sont mâles, femelles, ou portant des fleurs hermaphrodites. Les arbres femelles portent exclusivement les fleurs femelles alors que les autres types d'arbres portent les fleurs mâles et les fleurs hermaphrodites dans des proportions variées. Les arbres portant au moins 95 % des fleurs mâles sont considérés comme mâles (Kengue, 1990). La pollinisation est allogame et se fait essentiellement par les insectes. Tchuenguem *et al.* (2000) estiment que l'espèce est une bonne mellifère car elle est beaucoup visitée par les abeilles pour le nectar. La floraison et la fructification sont très variables selon les situations géographiques. Elles seraient dépendantes des facteurs écologiques (Kengue *et al.*, 2002) et génétiques. Au Cameroun, la grande production de fruits va d'avril à octobre (Tableau III). Il existe de petites fructifications de contretemps se situant entre novembre et mars. Okafor (1979) a observé des fructifications de contretemps se situant entre novembre et janvier au Nigéria. Des essais de propagation végétative *in vitro* à partir des cotylédons (Youmbi, 1991), par marcottage (Kengue & Tchio, 1994 ; Mampouya *et al.*, 1994) et par greffage (Damisse *et al.*, 2001) ont été menés avec succès. *Tree Domestication Programme* de l'ICRAF s'attèle à multiplier végétativement des espèces, parmi lesquelles *D. edulis*, pour une domestication par l'agroforesterie.

Tableau III. Variation spatio-temporelle de fructification de *Dacryodes edulis* au Cameroun

Zone de production	Périodes en mois						
	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Littoral et Sud-Ouest	■	■	■				
Makenéné		■	■	■			
Yaoundé et environs			■	■	■		
Sud			■	■	■	■	■
Ouest					■	■	■

Source : Kengue (2002)

I. 1. 3. Caractères morphologiques distinctifs des deux espèces

D. buettneri et *D. edulis* sont morphologiquement proches d'après Anonyme (1957) et la taxonomie folklorique villageoise. *D. buettneri* mesure en moyenne 40 m de hauteur, mais il peut atteindre jusqu'à 50 m en forêts non perturbées et est un arbre de la canopée (White & Abernethy, 1996). Le fût atteint jusqu'à 150 cm de diamètre (Tableau IV), il est sinueux. L'écorce externe est jaune d'or et s'écaille en longues et larges lames (Fig. 2a). Les individus de *D. edulis* par contre mesurent 20-25 m de hauteur et jusqu'à 80 cm de diamètre à l'état sauvage, mais ils excèdent rarement 12 m de hauteur en plantations. Le fût est droit et cylindrique. L'écorce est grise tachetée de vert et s'écaille légèrement avec des petites et minces lenticelles, souvent les écailles sont imperceptibles (Fig. 2b).

Les folioles des deux espèces sont asymétriques à la base. Sur le terrain, *D. buettneri* se reconnaît aisément à ses folioles poilues, de couleur brun rougeâtre sur leurs faces inférieures (Fig. 3a). Les caractères remarquables de *D. edulis* sont la présence de longs poils simples le long de la nervure principale et d'une paire de petites folioles cordiformes et acuminées, très rapprochées de la base du pétiole (Fig. 3b).

Tableau IV. Quelques différences biologiques des deux espèces

Paramètres de Comparaison	Espèces	
	<i>D. buettneri</i>	<i>D. edulis</i>
Usage principal	bois d'œuvre	fruitier
Habitat	Espèce forestière non domestiquée	Espèce forestière semi-domestiquée
Hauteur	40-50 m	8-12 m (25 m en forêt)
Diamètre du fût	jusqu'à 150 cm	5-18 cm (150 cm en forêt)
Forme du fruit	Oblong	Ellipsoïde
Dimensions du fruit	2-4 cm × 1-1,5 cm	4-15 cm × 3-6 cm

Les fruits des deux espèces sont à colorations semblables, tendant vers le bleu à maturité. Les individus de *D. edulis* des milieux forestiers naturels se caractérisent par les fruits de petite taille par rapport à leurs homologues des plantations entretenues (Annexe 1). Le noyau est gros, pouvant représenter près de 70 % du poids total des fruits. La pulpe est très peu épaisse. Ils ressemblent par leur morphologie extérieure aux fruits de *Canarium schweinfurthii*. En plantations entretenues, les fruits sont très variables en couleur, en forme

et en taille. Les fruits de *D. buettneri* sont beaucoup plus petits (environ 2-4 cm x 1-1,5 cm) et allongés alors que les safous des plantations sont plus grands (environ deux fois plus grands) et de forme ellipsoïde.

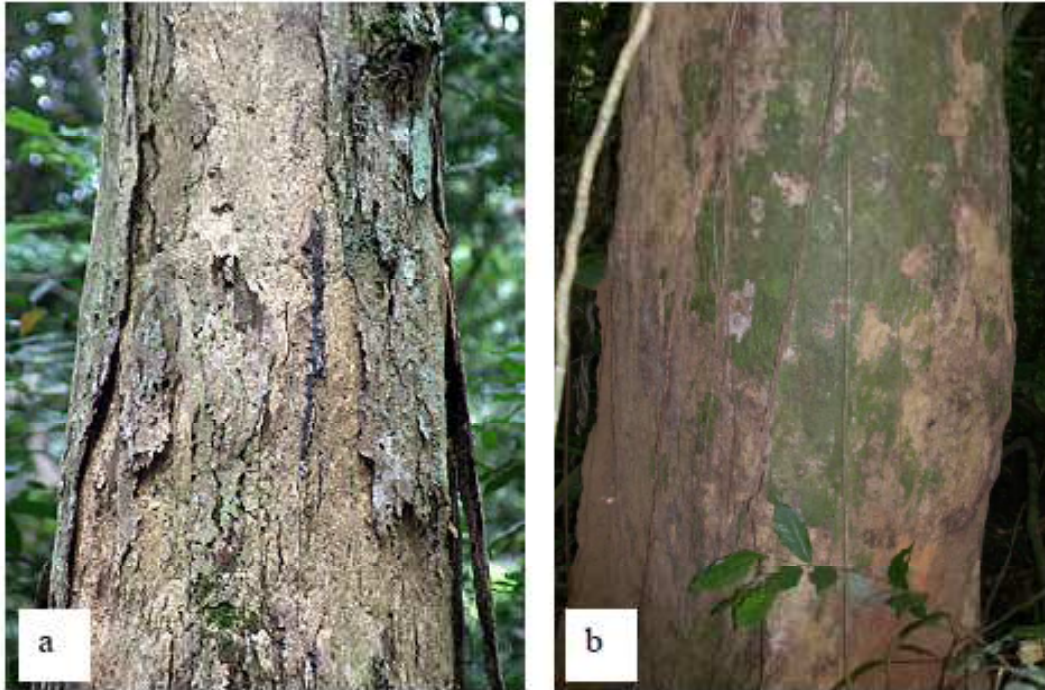


Fig. 2. Détails des structures morphologiques sur le tronc des espèces. a : *D. buettneri* (photo Loupe In Todou & Doumenge (2008)), b : *D. edulis*.

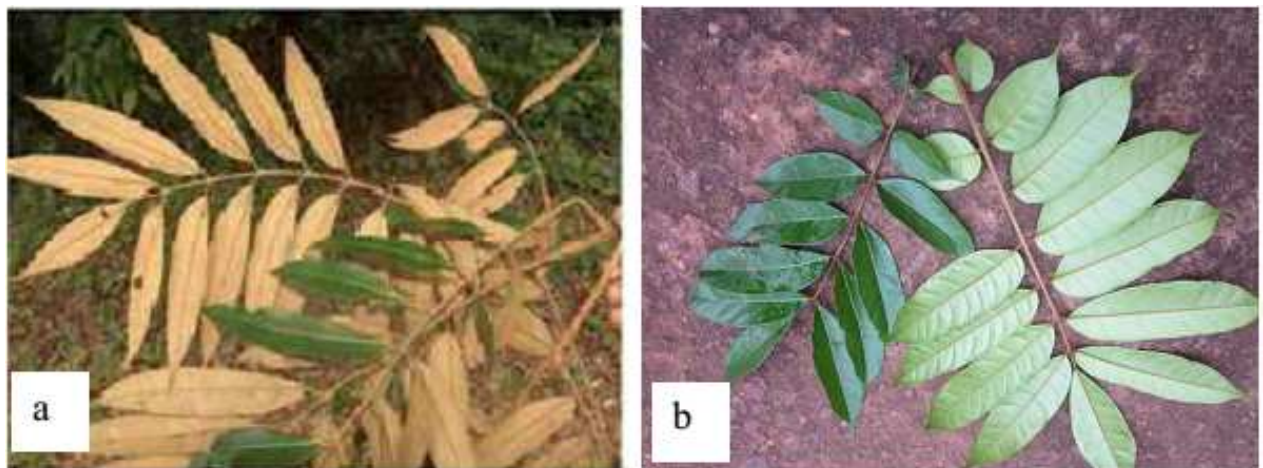


Fig. 3. Détails des structures morphologiques sur les feuilles des espèces. a : *D. buettneri* b : *D. edulis*.

I. 1. 4. Importance socioéconomique des deux espèces

I. 1. 4. 1. *Dacryodes buettneri*, une espèce à bois d'œuvre

L'usage principal de *D. buettneri* est l'exploitation de son bois. Le bois (nom commercial : ozigo, Wilks & Issembé, 2000) est important au Gabon et en Guinée équatoriale (Loupe *et al.*, 1999). Il s'emploie surtout pour le contreplaqué (pour les caisses, l'emballage ou les meubles). Il n'est plus beaucoup utilisé sous sa forme massive, mais il peut être scié en planches destinées aux menuiseries intérieures, aux meubles, aux charpentes, aux moulures, aux parquets, aux escaliers intérieurs, aux panneaux, aux châssis de véhicules, aux coques de bateau, aux caisses et aux perches. Localement, le bois est utilisé pour faire des pirogues. Il convient à la pâte à papier (ATIBT, 1986 ; White & Abernethy (1996). L'exploitation du bois reste toujours forte pour l'alimentation du marché intérieur gabonais et apparaît comme cinquième essence en production annuelle de grumes dans le secteur formel. Le bois d'ozigo est comparable celui des autres espèces de *Dacryodes* telles que l'igaganga (*Dacryodes igaganga* Aubrév. & Pellegr.), l'ossabel (*Dacryodes normandii* Aubrév. & Pellegr.) et le safukala (qui désigne à la fois *Dacryodes pubescens* (Vermoesen) H.J. Lam et *Dacryodes heterotricha* (Pellegr.) H.J. Lam). Mais, il reste le plus intéressant du genre *Dacryodes* pour l'exploitation forestière. Il est considéré comme un véritable produit de substitution de l'okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre), commercialisés, par erreur ou par ignorance, sous le même nom d'okoumé (Normand, 1948). Au Gabon, l'ozigo est compté parmi les cinq premières essences importantes en volume de grumes exploitées (Tableau V). Le prix moyen au port est d'environ 50000 Frs CFA /m³. D'après des statistiques de l'OIBT, le Gabon a exporté environ 1000 m³ d'ozigo scié en 2005 à un prix moyen de US\$ 277/m³.

Les fruits de *D. buettneri* sont mangés par les populations locales dans certains endroits mais ne font pas encore l'objet de commerce. La pulpe huileuse est consommée après avoir fait tremper le fruit dans de l'eau bouillante pendant environ une minute. Dans la Région du Sud au Cameroun, à Akonotyé, seuls les enfants les consomment crus (obs. pers.)

La médecine traditionnelle utilise la poudre de l'écorce dans le traitement des brûlures. La résine s'applique sur les abcès et fait office de désinfectant et d'astringent (Vivien & Faure, 1985 ; Raponda-Walker & Sillans, 1961). L'utilisation médicinale des produits de *D. buettneri* est très localisée, elle n'est pas connue partout dans son aire de distribution.

Il n'existe pas encore de données sur la variabilité génétique de *D. buettneri* et l'on ne connaît aucune collection de ressources génétiques. Etant donné son abondance, l'espèce ne semble pas menacée. Cependant dans certaines forêts (au Cameroun par exemple), elle est jugée menacée en raison de l'exploitation forestière et le nombre relativement peu important des individus. Selon (Onana, 2008), *D. buettneri* est coté comme VU B1b (iii) au regard des critères de conservation IUCN.

Tableau V. Place de *D. buettneri* dans le secteur bois sur le marché gabonais

Essences	Volume total (m ³)
Okoumé (<i>Aucoumea klaineana</i>)	931473
Azobé (<i>Lophira alata</i>)	37700
Okan (<i>Cylicodiscus gabunensis</i>)	20522
Movingui (<i>Distemonanthus benthamianus</i>)	18713
Ozigo (<i>Dacryodes buettneri</i>)	14903
Izombé (<i>Testulea gabonensis</i>)	9253
Bahia (<i>Hallea ledermannii</i>)	9174
Moabi (<i>Baillonella toxisperma</i>)	9144
Iroko (<i>Milicia excelsa</i>)	8564
Agba (<i>Prioria balsamifera</i>)	5440
Autres essences	66679

Source : MEFEPEN-FORAF (2008). Les valeurs du tableau indiquent les volumes totaux entrée usine.

I. 1. 4. 2. *Dacryodes edulis*, une espèce fruitière

L'usage le plus répandu de *D. edulis* est la consommation de ses fruits (appelés safous, prunes ou atanga). Le safoutier est l'un des principaux arbres fruitiers dans une grande partie de son aire de répartition (Kengue, 1990). La pulpe riche en matières grasses, en protéines, en hydrates de carbone (Silou & Kama Niamayoua, 1999 ; Bofung *et al.*, 2002) est mangée après attendrissement dans de l'eau bouillante durant 2 à 3 minutes, ou par cuisson sur des braises ou dans une poêle. Une méthode de conservation commune est d'enlever la graine du fruit, mettre à bouillir la pulpe et la sécher au soleil. Les fruits sont

vendus sur les marchés locaux crus ou braisés (Fig. 4) et font même l'objet de grandes transactions commerciales nationales et internationales (Awono *et al.* 2002). Cette activité commerciale traverse les frontières continentales jusqu'en Europe (Fig. 5), essentiellement en France, Belgique et Angleterre (Tabuna, 1999, 2000, 2002).

Toutes les espèces de *Dacryodes* étant résineuses (Guillaumin, 1910), les populations locales utilisent la résine pour diverses fins (médecine, encens, myrrhes, etc.), mais il existe peu des données écrites dans le domaine médicinal. Des décoctions de feuilles sont ingérées pour traiter des troubles du tractus digestif, les maux de dents et les maux d'oreilles. L'écorce est utilisée pour cicatriser les plaies, soigner la lèpre et d'autres problèmes de la peau, guérir la dysenterie et l'anémie (Raponda-Walker & Silans, 1961 ; Bouquet, 1969). Récemment, Jiofack *et al.* (2010) ont signalé que les feuilles ont été utilisées au Sud-Ouest du Cameroun pour guérir une morsure de serpent. Du fruit, on peut extraire une huile utilisable en cosmétique et en alimentation, mais ce n'est pas encore pratiqué commercialement.

Sur le plan environnemental, le safoutier est, parmi les espèces fruitières traditionnelles, celle qui s'associe le mieux aux cultures de rente telles que le cacaoyer et le caféier, et qui est utile comme arbre d'ombrage pour les espèces principales. La décomposition de la litière serait favorable à l'humification et la fertilisation profitables aux espèces principales.

Le bois de *D. edulis* peut être, dans une certaine mesure, comparable à l'acajou africain (*Khaya*), mais il n'est utilisé principalement que comme bois de feu. Les troncs et les branches sont utilisés comme bois de chauffe, surtout dans les zones de savane humide des hauts plateaux de l'ouest et dans les zones de savanes péri-forestières (Kengue, 2002).



Fig. 4. Safous braisés en vente à Makénéne (Cameroun).



Fig. 5. Safous emballés dans les filets pour exportation.

D. edulis est coté comme LC (Onana, 2008) au regard des critères de conservation de l'IUCN. Toutefois, il est à noter que les individus sauvages sont menacés à cause de leur rareté dans les forêts, *D. edulis* n'est pas grégaire comme *D. buettneri*. La pression démographique, l'urbanisation, et les défrichements abusifs et l'exploitation forestière perturbent et dégradent fortement les forêts naturelles. Ils ont favorisé au cours des millénaires la préservation de la diversité génétique du genre *Dacryodes* (Kengue, 2002) et diminuent même le nombre des individus sauvages.

I. 1. 5. Principaux disperseurs des graines des deux espèces

Les principaux modes de dispersion de *D. buettneri* et *D. edulis* sont la barochorie et la zoochorie. Les animaux y intervenant sont les grands oiseaux (calaos, perroquets) et les singes arboricoles. L'homme est le disperseur le plus efficace de *D. edulis* car, par des transactions culturelles, culturelles et commerciales, il a introduit les graines dans plusieurs milieux écologiques et à des distances importantes.

I. 1. 5. 1. Primates

Très souvent, les Primates ne mangent pas les fruits cueillis sur place. Ils les transportent dans les bajoues (joues pendantes qui servent à emmagasiner de la nourriture) pour être consommés loin du pied mère. Quatre primates forestiers consomment les fruits de *D. buettneri* et *D. edulis* (Pendje & Baya, 1992). L'Arctocèbe (*Arctocebus calabarensis*, Lorisidae) et le Galago de Demidoff (*Galago demidovii*, Galagidae) se nourrissent de la pulpe lorsque les fruits sont mûrs et dispersent les graines. Les Cercopithèques (*Cercopithecus cephus*, Cercopithecidae) consomment une grande variété de fruits. Ils ont une bonne vision des couleurs et semblent attirés par la couleur violacées de *D. buettneri* et de *D. edulis* de forêts (Hecketsweiler, 1992). L'Homme est le disperseur par excellence de *D. edulis*. Des plantules des safoutiers ont été observées dans les campements des chasseurs, des pisteurs des sociétés d'exploitation forestière en pleine forêt dense. De plus, les fruits et les plantules sont échangés entre les voisins, les communautés et/ou les villages facilitant la dispersion des graines. Les transactions commerciales (Awono *et al.*, 2002) permettent le transport des graines à une longue distance. Des arbres de safoutiers ont été observés à Libreville (Gabon) dont les graines ont été achetées sur les marchés locaux camerounais (obs. pers.)

I. 1. 5. 2. Oiseaux

Les calaos et les perroquets sont parmi les plus friands des fruits de *Dacryodes* (White *et al.*, 1999 ; White & Abernethy, 1996). La pulpe est mangée sur le même arbre ou encore le fruit est transporté par l'oiseau pour être mangé sur un autre arbre. La dispersion ainsi assurée se fait sur de grandes distances.

I. 1. 5. 3. Carnivores, herbivores et rongeurs

Les carnivores, les ruminants et les rongeurs sont considérés plutôt comme des prédateurs et des mauvais disperseurs. Ils se nourrissent de nombreux fruits parmi lesquels ceux *D buettneri* et *D. edulis* (Tchatat *et al.*, 1999). Les rats et les écureuils (arboricoles) détruisent les embryons des graines. Ils ne jouent pas un rôle important dans la dispersion. Des fruits de *D. edulis* ont été observés dans les terriers des rongeurs à Nkollé (Région du Sud au Cameroun) mais les graines ont été complètement détruites ou encore les fruits sont totalement pourris (obs. pers.). Les herbivores tels que les céphalophes et les éléphants mangent les fruits de *Dacryodes*, mais aucune germination n'a été observée sur les excréta de ces animaux, probablement à cause de l'endocarpe cartilagineux très digeste.

I. 2. Histoire et biogéographie des forêts tropicales africaines

Les forêts tropicales sont notablement riches en biodiversités animale et végétale (Spichiger *et al.*, 2000). Des études sur l'histoire des végétations africaines ont révélé des variations climatiques qui ont eu de sérieux impacts sur les forêts du centre régional d'endémisme guinéo-congolais (Maley, 1987, 1996 ; Dupont, 2000 ; M'voubou, 2005). Les études des graines de pollen suggèrent que pendant les périodes glaciaires passées, une bonne partie de la forêt tropicale africaine actuelle était en fait de la savane. Lors des phases arides et froides du climat, les forêts de plaine ont disparu laissant place à des végétations plus ouvertes (savanes) alors que les forêts de montagne ont migré à des altitudes plus basses par rapport à leur position altitudinale actuelle (Lezine, 2007).

Le bassin du Congo souffre de déboisement massif pour l'exploitation du bois et pour les besoins de l'agriculture et seule subsiste une petite portion de la couverture boisée originale (Achard *et al.*, 2002). Par conséquent, le déboisement s'accélère en Afrique centrale, à un taux plus rapide que dans n'importe quel autre domaine pendant les années 1980 et le début des années 1990. L'Afrique en général a eu le plus haut taux de déboisement

de tous les domaines biogéographiques pour la période allant de 1980 à 2005. Au tournant du siècle, l'Afrique de l'ouest avait quelques 500000 km² de forêts tropicales côtières. Cependant, ces forêts, principalement des formations en basses altitudes facilement accessibles par la côte, ont été considérablement réduites par l'exploitation commerciale, notamment l'exploitation des bois, et la conversion des terres pour l'agriculture. Maintenant, selon la FAO, moins de 20 % de ces forêts subsistent, dont la majeure partie est en outre dégradée. L'Afrique compte 20 centres régionaux d'endémisme (White, 1979, 1983) avec une distribution plus ou moins continue (Fig. 6). Les forêts équatoriales africaines appartiennent au centre régional d'endémisme guinéo-congolais.

Le centre régional d'endémisme guinéo-congolais est le plus grand bloc de forêts tropicales dense humide africaines. Il est réparti en trois sous-centres. Le sous-centre d'endémisme haut-guinéen est le bloc forestier de l'Afrique de l'ouest. Le sous-centre d'endémisme bas-guinéen couvre le Cameroun, la République Démocratique du Congo, la Guinée Equatoriale, le Gabon et le Nigéria. Enfin le sous-centre d'endémisme congolais qui couvre l'ensemble du bassin congolais (Fig. 7). Les trois sous-centres d'endémisme sont séparés par des structures de rupture : la trouée de savane du Dahomey entre le haut-guinéen et le bas-guinéen et la rivière Sangha entre le bas-guinéen et le congolais. La trouée du Dahomey est une barrière naturelle à la dispersion des espèces de forêt entre haut-guinéen et bas-guinéen. Entre le bas-guinéen et le congolais, les conditions climatiques du fleuve Sangha en saison sèche ne sont pas favorables au maintien de la forêt humide. La Sangha peut agir comme une barrière à l'expansion de la végétation de forêt dense (Koffi, 2010).

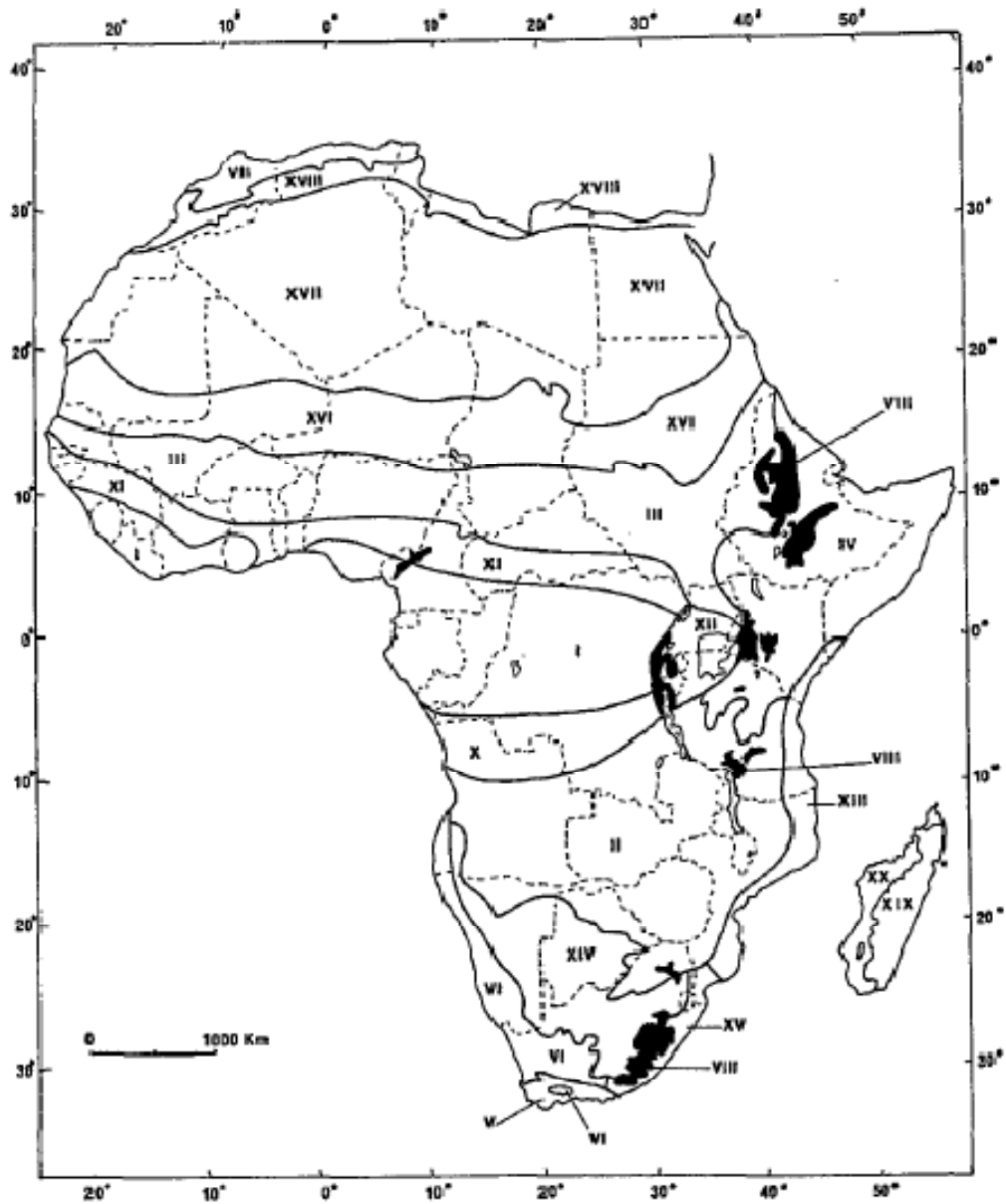


Fig. 6. Principales phytochories de l’Afrique et de Madagascar (White, 1979, 1983).

I- Centre régional d'endémisme guinéo-congolais ; II- Centre régional d'endémisme zambézien ; III- Centre régional d'endémisme soudanien ; IV- Centre régional d'endémisme de la Somalie et du pays Masaï ; V- Centre régional d'endémisme du Cap ; VI- Centre régional d'endémisme du Karoo-Namib ; VII- Centre régional d'endémisme méditerranéen ; VIII- Centre régional d'endémisme morcelé afro-montagnard, incluant IX, la région morcelée afro-alpine d'appauvrissement floristique extrême (non figurée séparément) ; X- Zone de transition régionale guinéo-congolaise/zambienne ; XI- Zone de transition régionale guinéo-congolaise/soudanienne ; XII- Mosaïque régionale du lac Victoria ; XIII- Mosaïque régionale de Zanzibar-Inhambane ; XIV- Zone de transition régionale Kalahari-High veld ; XV- Mosaïque régionale du Tonga land-Pondo land ; XVI- Zone de transition régionale du Sahel ; XVII- Zone de transition régionale du Sahara ; XVIII- Zone de transition régionale méditerranéo-saharienne ; XIX- Centre régional d'endémisme malgache oriental ; XX- Centre régional d'endémisme malgache occidental.

Au sein de chacun des sous-centres, des zones d'endémisme et les richesses d'espèces sont démontrées et elles sont considérées comme des « hot spots » de biodiversité (Robbrecht, 1996 ; Tchouto *et al.*, 2009). La plupart des forêts tropicales d'Afrique sont situées dans le bassin de Congo. Ces forêts sont menacées surtout par l'exploitation commerciale du bois et les activités de subsistance, principalement la collecte de bois utilitaire (cuisson des aliments, chauffage...) et l'agriculture.

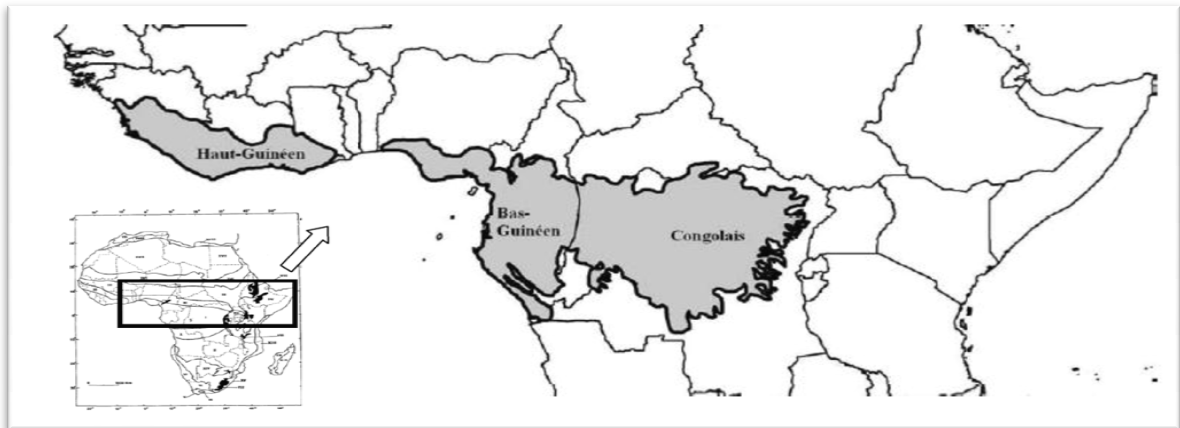


Fig. 7. Forêts humides du centre régional guinéo-congolais White (1979, 1983).

I. 3. Nécessité de conserver les ressources phylogénétiques

Les plus grandes interventions qui peuvent représenter des menaces pour les ressources forestières sont le déboisement, la dégradation des habitats, la conversion des milieux naturels en agriculture. Ces actions anthropiques peuvent conduire à l'extinction et à une perte totale des gènes ou associations de gènes, à la réduction de la variabilité génétique au sein des peuplements, et à une perte générale de la diversité intraspécifique. Les pertes génétiques dans les peuplements se font par le biais de la sélection et de changements génétiques dus au hasard et au croisement en raison de la taille réduite des peuplements.

Un problème central en ce qui concerne le développement durable des ressources génétiques est de trouver un équilibre entre l'utilisation et la conservation des ressources de sorte à pouvoir garantir les niveaux de développement élevés. Le concept des ressources génétiques forestières se réfère aux valeurs environnementales, sociales, économiques, culturelles et scientifiques des matériaux dont on peut hériter, contenus au sein et parmi les essences. La conservation des ressources génétiques forestières est vue comme l'ensemble des mesures et des politiques qui garantissent l'existence, l'évolution et la disponibilité

continue de ces ressources pour le futur. Les problèmes relatifs à la conservation et à l'utilisation des ressources génétiques sont particulièrement difficiles étant donné qu'il ne s'agit pas uniquement de conserver les gènes mais de maintenir les processus d'évolution (FAO, 1993). La conservation et l'utilisation avisée des ressources génétiques forestières, cependant, est une question mondiale importante pour de nombreuses organisations régionales, nationales et internationales. C'est une des tâches les plus urgentes et les plus préoccupantes pour les biologistes. C'est encore plus vrai en ce qui concerne les forêts tropicales et cela se retrouve dans la Convention sur la Diversité Biologique.

La conservation et l'utilisation des forêts tropicales sont en tête des priorités. La connaissance limitée de la disponibilité des ressources et de leur diversité constitue une sérieuse carence qui limite les activités d'institutions nationales, internationales et régionales. L'érosion génétique et la perte de diversité génétique, qui accompagnent la dégradation physique des ressources sont d'autant plus dramatiques qu'elles concernent bien souvent des espèces dont on ignore tout de la biologie et de l'organisation génétique.

En effet, l'érosion de la diversité spécifique et génétique est irréversible et constitue par conséquent une menace importante pour le développement durable et la qualité de la vie des générations futures. Vu les motivations devenues urgentes de conservation et d'utilisation durable, les partenaires de la conservation ont la responsabilité de générer des informations et de les mettre à disposition pour aider les pays à prendre des décisions avisées et à mettre en exécution des stratégies efficaces de conservation. Il existe aujourd'hui une vaste gamme de nouvelles méthodes de biotechnologie et des instruments scientifiques et techniques récents pour étudier la diversité génétique.

I. 4. Concept de niche écologique

Chaque espèce vivante ne peut accomplir son cycle biologique et sa reproduction qu'à l'intérieur d'une plage limitée de variations environnementales d'origine abiotique (facteurs physiques et chimiques) et biotique (interactions entre espèces). Ainsi chaque espèce présente vis-à-vis des facteurs écologiques des limites de tolérance entre lesquelles se situent la zone de tolérance et l'optimum écologique ou optimum de Shelford. Le concept de niche écologique correspond à l'ensemble des conditions dans lesquelles vit et se perpétue une population (Hutchinson, 1957). La niche écologique se conçoit et se modélise comme un hypervolume à n dimensions.

On conçoit aisément que les axes définissant une niche écologique sont extrêmement nombreux et qu'on ne peut pas tous les atteindre. Ainsi, on arrive à l'idée que la niche écologique concerne non seulement l'habitat d'une espèce, mais également ses relations avec les autres êtres vivants. Les nombreuses dimensions relatives à la notion de niche écologique ne sont pas faciles à manipuler. Il faudrait pour cela connaître un nombre très important de critères ce qui est la plupart du temps impossible. C'est pour cela qu'on résume parfois les niches écologiques de certaines espèces à l'aide de quelques critères de synthèse qui semblent être les plus pertinents. Pour les essences forestières, on peut considérer tous les couples température moyenne annuelle/précipitations annuelles pour lesquelles on trouve une espèce donnée. On parle alors d'une niche pluvio-thermique (Barbault, 1990) pour bien montrer que l'on ne s'intéresse pas à la totalité de la niche écologique.

La modélisation statistique de la niche écologique d'une espèce consiste à construire une fonction de paramètres environnementaux qui prédit la probabilité de présence de l'espèce. Cette fonction utilise les données de présence/absence ou d'abondance de l'espèce et des valeurs de paramètres environnementaux aux sites d'observation. La modélisation étant basée sur des observations effectives de présence de l'espèce, elle a été considérée comme décrivant sa niche réalisée (Hutchinson, 1957) et plus récemment le terme d'habitats potentiels est plus employé (Araujo et Guisan, 2006). Pour modéliser la niche écologique d'une espèce, il est nécessaire de disposer d'un jeu de données de calibration associant des données d'occurrence de l'espèce à des valeurs de paramètres environnementaux sur un certain nombre de sites d'observation. Les données d'occurrence de l'espèce peuvent être des données de présence/absence ou des données d'abondance. Les données d'occurrence de l'espèce sont souvent obtenues en pratiquant des campagnes de relevé d'espèces sur des zones d'intérêt. Dans le cas des espèces végétales, des données d'herbier sont parfois utilisées pour compléter des données de relevé (Sampoux & Badeau, 2009).

I. 5. Génétique des populations et conservation *in situ*

Les perturbations liées aux activités humaines comme la déforestation et l'exploitation abusive des ressources phylogénétiques ont pour effet de diminuer la densité des reproducteurs, de modifier leur répartition spatiale et d'influer sur la structuration de la diversité. Elles entraînent ainsi des changements quantitatifs et qualitatifs des flux de gènes à l'intérieur ou entre les populations. Ces modifications peuvent être associées à des changements de comportement des pollinisateurs ou des disséminateurs de graines. À terme,

la diminution des échanges de gènes dans les populations perturbées peut provoquer une perte de la diversité génétique en compromettant la régénération et la survie des espèces.

Un bon plan de conservation de la biodiversité devrait être soutenu par une connaissance approfondie de la capacité de dispersion et d'éventuels processus adaptatifs et neutres à travers une structuration spatio-temporelle de l'espèce ou des espèces (Watts *et al.*, 2005). Face à des menaces accrues sur la biodiversité, les mesures de conservation s'inspirent de plus en plus de la structure et la dynamique génétiques dans et entre les populations. Les menaces peuvent être d'ordre déterministe ou stochastique. Les facteurs déterministes sont essentiellement d'ordre humain à savoir la destruction des habitats, la pollution, la surexploitation et l'introduction d'espèces. Les facteurs déterministes entraînent un engrenage des problèmes impliquant des processus stochastiques liés à la fragmentation, la réduction, ou la perte de populations, entraînant la perte de diversité génétique, la réduction du potentiel adaptatif, du potentiel reproductif et de la survie des espèces (Epps *et al.* 2006). L'apport de la génétique des populations dans la conservation est de pouvoir définir de manière objective des unités de gestion et des unités évolutives significatives pour une meilleure survie des populations (Moritz, 1994) et de proposer des plans d'aménagement à court et long terme (Song *et al.* 2005, Watts *et al.* 2005). Pour ce faire, la génétique des populations fournit des estimateurs de paramètres génétiques qui peuvent donner des informations sur la taille efficace des populations, les flux de gènes ou les groupes d'individus génétiquement différenciés (Zink, 2000 ; Diniz-Filho & De Campos-Telles, 2002).

Pendant longtemps, les caractères morphologiques ont été les seuls outils disponibles pour déterminer la diversité génétique des espèces. Toutefois, ce type de marqueurs ne rend souvent pas fidèlement compte de la diversité génétique du vivant. En effet, il arrive fréquemment que les variations phénotypiques ne soient pas seulement liées à l'histoire évolutive des populations mais qu'elles soient également déterminées par des facteurs tels que l'adaptation locale. Aujourd'hui, les données utilisées pour étudier la structure génétique des populations de plantes chlorophylliennes sont essentiellement basées sur les marqueurs moléculaires (au niveau de l'ADN) et les marqueurs biochimiques (isozymes, protéines). Les marqueurs moléculaires sont des fragments d'ADN qui peuvent présenter diverses formes ou allèles (polymorphisme) dans une population. L'utilisation de l'ADN constitue un apport intéressant pour la compréhension de la biologie des espèces. Les techniques de la biologie

moléculaire comme la PCR (*polymerase chain reaction*) permettent une bonne approche de la génétique des populations.

Elle a l'avantage de permettre la séparation des taxons très proches dans un complexe d'espèces où les taxons ne sont distinguables que par des caractères morphologiques parfois très subtils. Les marqueurs moléculaires, réputés neutres (n'agissant pas sur les caractères sélectionnés), s'affranchissent de ces facteurs confondants et peuvent permettre d'accéder à l'histoire des populations.

I. 6. Marqueurs moléculaires neutres

Les marqueurs génétiques utilisés pour étudier les diversités de *D. buettneri* et *D. edulis* dans ce travail sont les microsatellites. Les microsatellites (SSR ou STR) sont des séquences d'ADN longues de quelques nucléotides (2 à 6 pb) répétées plusieurs fois en tandem. Ils sont des marqueurs moléculaires neutres et ne sont pas soumis aux sélections (Bot, 1988). Ils sont répandus sur un génome eucaryote. Les microsatellites sont des marqueurs moléculaires de choix étant donné leur abondance dans le génome, le polymorphisme élevé qu'ils révèlent, leur codominance permettant de distinguer les individus hétérozygotes de ceux homozygotes à un locus donné et leur neutralité vis-à-vis de la sélection naturelle. Les marqueurs microsatellites sont des outils tout à fait adéquats pour étudier la structure génétique des populations, les flux de gènes ou la phylogénie moléculaire. Ils permettent d'identifier les arbres d'une même population, d'effectuer des analyses de paternité et d'évaluer des distances de pollinisation. De plus, les amorces flanquantes, loci spécifiques, sont facilement transférables et utilisables d'un laboratoire à un autre. Bien que leurs fonctions dans le génome restent encore mal connues, les marqueurs microsatellites réunissent plusieurs avantages.

Les minisatellites (ou VNTR pour *variable number tandem repeat*) sont des séquences du génome répétées en tandem dont la taille du motif unitaire est comprise entre 10 à 60 nucléotides. Ils ne doivent pas être confondus avec les microsatellites dont la taille ne dépasse pas 13 nucléotides. Il est fréquent d'observer des erreurs de réplication notamment par glissement de réplication, qui sont à l'origine de variations interindividuelles quant au nombre de répétitions. Cette variabilité trouve de nombreuses applications pour l'identification de personnes par la police scientifique, pour les tests de paternité.

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II. 1. Matériel

Le matériel végétal utilisé est constitué des collections géoréférencées d'herbiers de *D. buettneri* et de *D. edulis* et des échantillons de folioles récoltées au Cameroun et au Gabon entre 2004 et 2010 pour l'analyse génétique.

Quatre sites d'internet ont été utilisés : www.gbif.org ; earth.google.com ; diva-gis.org et world-gazetteer.com.

Trois kits ont été utilisés pour extraire l'ADN, amplifier et séquencer les amorces: le Kit DNeasy 96 Plant (Qiagen, Germany 2006), le multiplexe PCR Kit (Qiagen, Germany 2006) et le QiAquick 96 PCR purification Kit (Qiagen, Germany 2006).

Quatre appareils ont été utilisés : un GPS MAP 62S, un broyeur Retsh MM 301 ; une centrifugeuse ; un thermocycleur (ependorf Mastercycler gradient) et un séquenceur 16 capillaires automatique ABI PRISM.

Cinq logiciels ont été utilisés pour le traitement et l'analyse des résultats : Diva-Gis 4.1 ; Statistica 6 ; Genemapper 3.5 ; Genetix 4.05 et Structure 2.3.3.

II. 2. Méthodes

II. 2. 1. Collecte des coordonnées géographiques et climatiques

Les coordonnées géographiques (latitude, longitude et altitude) sont obtenues à partir de trois sources différentes.

- Les coordonnées géographiques des échantillons d'herbiers conservés dans six Herbiers : Herbar National du Gabon (LBV) ; Herbar National du Cameroun (YA) ; Jardin Botanique de Limbe (SCA) ; Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (P) ; Royal Botanic Garden of Kew (K) ; Herbar de Missouri (MO) et du portail du Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org) ont été recueillies.

Les échantillons pour lesquels les coordonnées géographiques ne sont pas indiquées ou sont incomplètes, les sites internet ont été utilisés pour les déterminer. En effet, les Herbiers YA, SCA et LBV ont été visités mais les coordonnées géographiques des échantillons de P, K,

MO ont été fournies par Dr. Arbonnier Michel et Doumenge Charles, Chercheurs au CIRAD de Montpellier en France.

- Les échantillons d'herbiers cités dans la littérature (Aubréville, 1962 ; Onana, 2008) avec leurs coordonnées géographiques ont été pris en compte.
- Les coordonnées géographiques d'échantillons de feuilles récoltées pour extraire l'ADN (échantillons conservés au laboratoire du CEFÉ, Montpellier, France) lors des missions dans le cadre du projet IFORA de 2004 à 2010 menées au Cameroun et au Gabon ont été considérées. Ces échantillons de feuilles collectées (avec échantillons d'herbiers à l'appui) ont été identifiés à l'Herbier National du Cameroun et à l'aide de la révision nomenclaturale de Lam (1932) et les clés de détermination faites par Onana (1998, 2008) ainsi que les sujets de Pierlot (1997) et de Onana & Cheek (2003).

Tous les échantillons géoréférencés multiples ou déjà cités dans une des sources ont été éliminés pour éviter les duplications. Au total, les positions géographiques (latitude, longitude et altitude) de 1106 collections géoréférencées ont été compilées dont 888 pour *D. edulis* et 218 pour *D. buettneri*.

II. 2. 2. Analyse des données biogéographiques

II. 2. 2. 1. Distributions géographiques réelles et potentielles des espèces étudiées

Les aires de distribution réelles basées sur les coordonnées géographiques assignées à chaque observation de *D. buettneri* et de *D. edulis* ont été établies à l'aide du logiciel du Système d'Informations Géographiques, Diva-Gis 4.1 (Hijmans *et al.*, 2005). Les aires de distribution potentielles de chaque espèce ont été modélisées à partir des préférences climatiques évaluées sur 19 paramètres pluvio-thermiques (Tableau VI) extraits des programmes WorldClim et Domain (Busby, 1991 ; Carpenter *et al.*, 1993) disponibles dans Diva-Gis.

Les paramètres bioclimatiques proviennent des valeurs de température mensuelle et de précipitation mensuelle dans le but de générer des paramètres biologiques les plus significatifs. Ils sont souvent utilisés pour modéliser la niche écologique. Ils représentent les tendances annuelles, les saisonnalités et les extrêmes. Le trimestre compte trois mois (un quart d'année).

Tableau VI. Paramètres pluvio-thermiques utilisés pour décrire la niche climatique

Codes	Noms des parameters	Unités
BIO1	Température moyenne annuelle	°C
BIO2	Ecart moyen de températures mensuelles (max temp - min temp)	°C
BIO3	Isothermalité (BIO2/BIO7)*100	-
BIO4	Saisonnalité de la température (écart-type *100)	-
BIO5	Température maximale du mois le plus chaud	°C
BIO6	Température minimale du mois le plus frais	°C
BIO7	Ecart de température annuelle (BIO5-BIO6)	°C
BIO8	Température moyenne du trimestre le plus humide	°C
BIO9	Température moyenne du trimestre le plus sec	°C
BIO10	Température moyenne du trimestre le plus chaud	°C
BIO11	Température moyenne du trimestre le plus frais	°C
BIO12	Précipitation annuelle	mm
BIO13	Précipitation du mois le plus humide	mm
BIO14	Précipitation du mois le plus sec	mm
BIO15	Saisonnalité des précipitations (Coefficient de Variation)	-
BIO16	Précipitation du trimestre le plus humide	mm
BIO17	Précipitation du trimestre le plus sec	mm
BIO18	Précipitation du trimestre le plus chaud	mm
BIO19	Précipitation du trimestre le plus frais	mm

II. 2. 2. Niches écologiques et adaptabilité des espèces étudiées

La délimitation des niches écologiques a été basée sur la couverture de la végétation, sur les facteurs pluvio-thermiques et sur les altitudes des sites de collectes. Les cartes décrivant la couverture de la végétation dans laquelle les espèces croissent naturellement ont été faites suivant la position spatiale des points de collectes à l'aide du logiciel Diva-Gis. Les graphes décrivant les exigences écologiques à partir des données de l'altitude, de pluviométrie et de température ont été faits à l'aide du logiciel de statistique descriptive, Statistica 6 (StatSoft Inc., 2003). Des corrélations (Pearson, r) entre les paramètres de

pluviométrie et les paramètres de température ont été calculées à l'aide des nuages des observations sur des plans orthonormés.

II. 2. 3. Récolte du matériel végétal pour l'étude génétique

Le matériel végétal, des folioles de *D. buettneri* et *D. edulis*, a été récolté de 2004 à 2010 au Cameroun et au Gabon pour extraire les ADN nucléaires dont une partie a été récoltée lors des missions dans le cadre du projet IFORA (Iles Forestières Africaines). Le matériel récolté a été séché au gel de silice et conservé dans des sacs en plastique à fermeture hermétique (Fig. 8). Ces paquets sont conservés au laboratoire du Service des Marqueurs Génétiques du CEFÉ à Montpellier en France. Tout le matériel collecté (avec des échantillons d'herbiers) a été identifié à l'Herbier National du Cameroun.

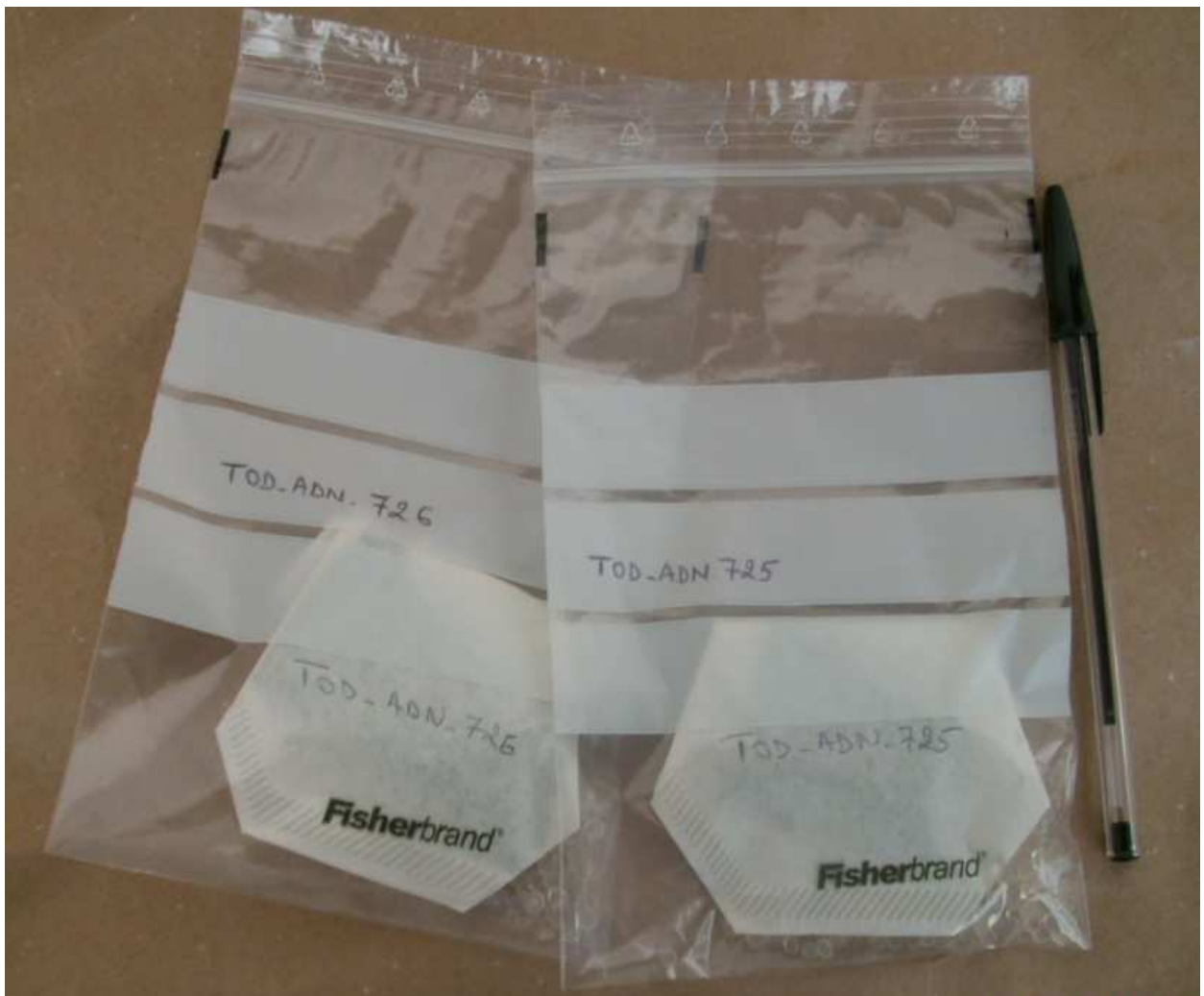


Fig. 8. Conservation d'échantillons de folioles récoltées.

II. 2. 4. Isolement des marqueurs microsatellites

Les ADN nucléaires de *D. edulis* utilisés pour développer les marqueurs microsatellites ont été extraits de 45 folioles de 45 arbres de trois sites au Cameroun à raison de quinze arbres par site : Yaoundé (11° 31' 12" N, 3° 52' 12" E; échantillons : Todou 2004_0042 à Todou 2004_0056), Soa (11° 35' 60" N, 3° 58' 48" E; échantillons : Todou 2004_0061 à Todou 2004_0075) et Akono (11° 22' 12" N, 3° 43' 12" E; échantillons : Todou 2004_0091 à Todou 2004_0105). L'isolation des loci microsatellites des séries enrichies de motifs (CT₁₀, GT₁₀, ATG₆, GAA₆) a été réalisée suivant le protocole suivi par Vignes *et al.* (2006). L'amplification des microsatellites retenus a été testée sur six autres espèces de Burséracées (*D. buettneri*, *D. klaineana*, *D. normandii*, *D. nitens*, *Aucoumea klaineana* et *Santiria trimera*).

II. 2. 5. Echantillonnage des populations pour l'étude génétique

Les arbres prospectés ont été groupés en populations selon leur rapprochement géographique. L'étude s'est basée sur un échantillonnage de 29 populations dont 18 pour *D. edulis* au Cameroun, 5 pour *D. edulis* au Gabon et 6 populations de *D. buettneri* au Gabon (Fig. 9). Les folioles de *D. buettneri* (170 au total) ont été récoltées uniquement en milieu forestier naturel. Celles de *D. edulis* du Cameroun (400 au total) ont été récoltées dans les plantations (14 populations), dans les vieilles habitations ou des endroits plus ou moins anthropisés (RF Mokoko, Rhumpi et NNO Manfé) et dans les milieux naturels forestiers non perturbés (Bibondi-F). Pour *D. edulis* au Gabon (124 au total), les folioles ont été récoltées uniquement dans les plantations. Le principal critère qui a guidé l'échantillonnage des populations a été la diversité des conditions climatiques et la complexité agroécologique. Au total 694 folioles (pour 694 arbres) ont été récoltées. Les échantillons des plantules ont été ôtées afin d'éviter au maximum de biaiser la diversité génétique des populations par la collection d'individus apparentés consanguins. Les échantillons récoltés sont conservés au laboratoire du Service des Marqueurs Génétiques du CEFÉ à Montpellier (France) et les échantillons d'herbiers sont conservés à l'Herbier National du Cameroun (YA) et au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (P).

II. 2. 6. Extraction, amplification et séquençage des ADN

II. 2. 6. 1. Extraction des ADN

Les fragments de 10 mg de folioles séchées au gel de silice ont été finement broyés avec une bille de tungstène par agitation dans un broyeur Retsch MM301 (Fig. 10). Les ADN nucléaires ont été extraits suivant le protocole de DNeasy Plant Kit (Qiagen, Hilden, Germany 2006). Des plaques de 96 microtubes ont été utilisées pour l'extraction de l'ADN de 96 individus et le kit suivi comprend cinq étapes.

II. 2. 6. 1. 1. Lyse

La lyse consiste à détruire les parois et membranes nucléaires. Dans chaque tube contenant 5 mg de broyat de folioles, 400 µl du tampon AP1 (= tampon lyse, dont sa composition est en annexe 7) et 4µl de la RNase ont été ajoutés. Ce mélange est incubé pendant 2 heures à 65 °C.

II. 2. 6. 1. 2. Précipitation des éléments indésirables

L'étape de la précipitation des éléments indésirables consiste à éliminer les protéines, les polysaccharides, les détergents. Dans cette étape, 130 µl du tampon AP2 (chloroforme iso-alcool amylique) ont été ajoutés avant d'incuber le mélange dans la glace pendant 5 minutes. Le mélange a été centrifugé pendant 5 minutes à 14000 tours/mn avant de déposer le surnageant dans un tube de 2 ml muni d'une colonne filtrante et de centrifuger pendant 2 minutes à 13000 tours/mn pour recueillir le filtrat.

II. 2. 6. 1. 3. Rétention et élimination de l'impureté

Le filtrat recueilli (environ 450 µl) a été transféré dans un tube de 2 ml auquel 675 µl du tampon AP3 (acétate de sodium + isopropanol glacé à -20° C) ont été ajoutés et le mélange a été appliqué dans un autre tube muni d'une colonne filtrante retenant l'ADN. Ce mélange a été centrifugé pendant une minute à 8000 trs/mn. Le filtrat est jeté.

II. 2. 6. 1. 4. Rinçage de l'ADN

La colonne à filtre a été placée dans un tube de 2 ml puis 500 µl du tampon AW (éthanol à 70%) ont été ajoutés. Le mélange a été centrifugé pendant une minute à 8000

trs/mn. Le filtrat a été jeté et 500 µl du tampon AW ont été ajoutés de nouveau avant de centrifuger pendant deux minutes à 14000 trs/mn.

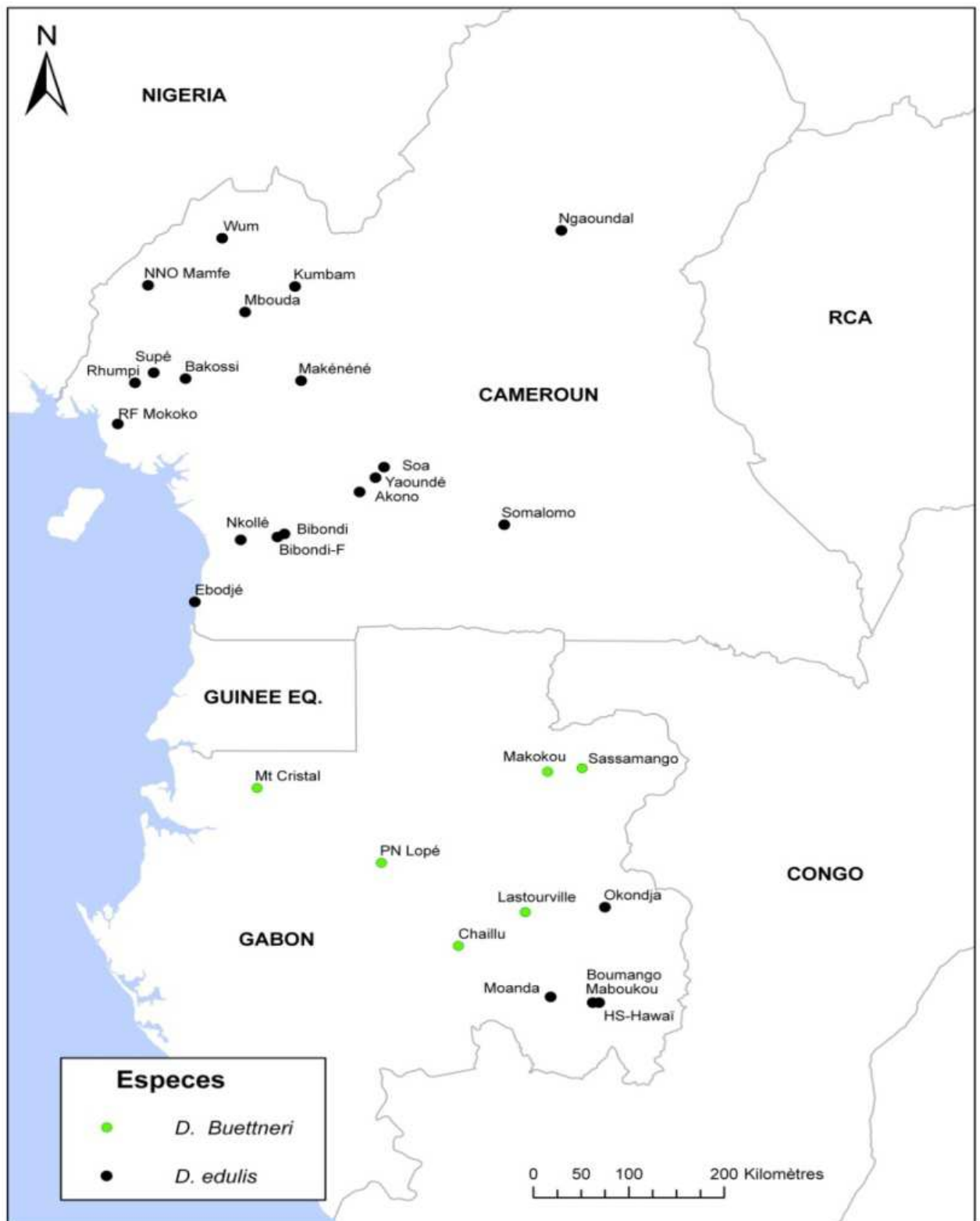


Fig. 9. Distribution des populations échantillonnées pour l'étude génétique

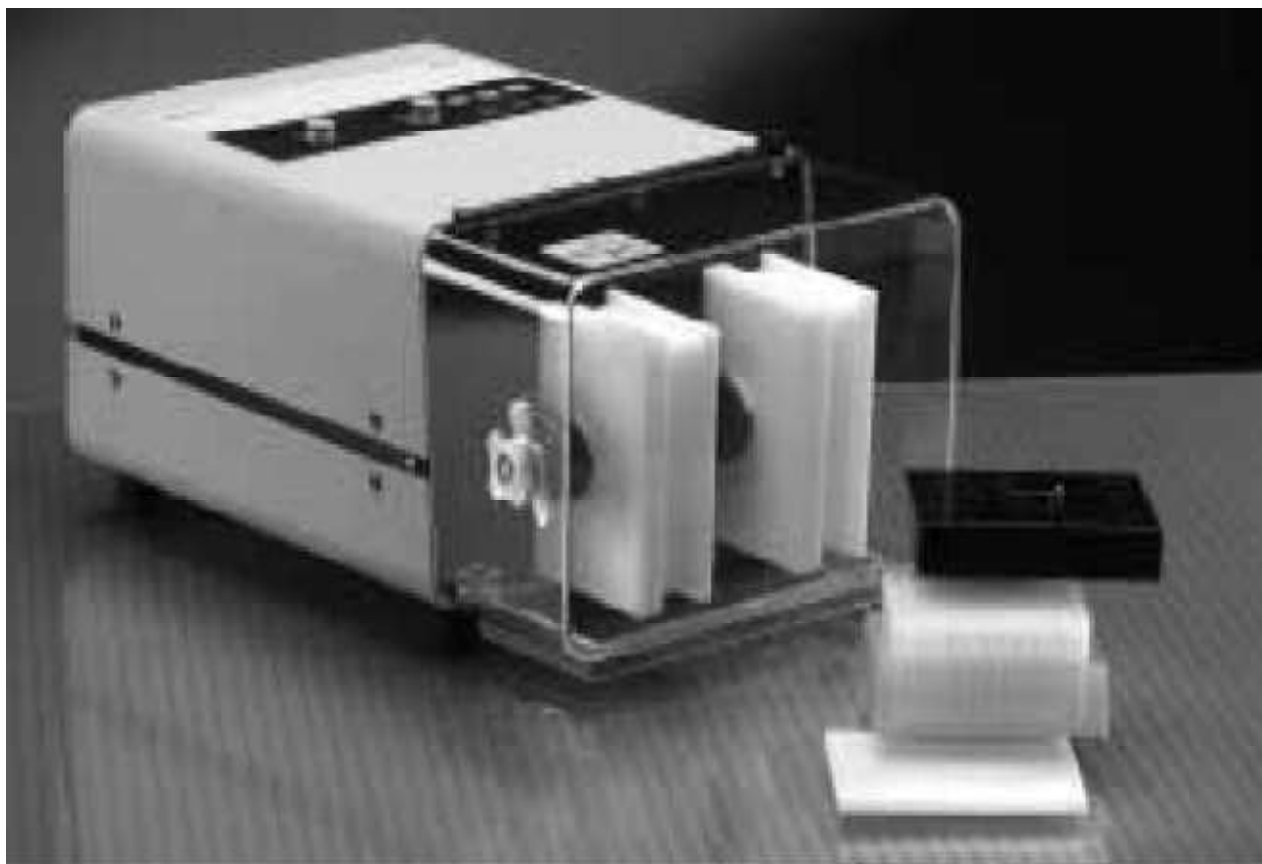


Fig. 10. Broyeur Retsch MM301.

II. 2. 6. 1. 5. Elution de l'ADN purifié

La colonne à filtre a été placée dans un tube de 2 ml et 100 μ l du tampon AE (Qiagen) ont été ajoutés. L'ensemble a été laissé à température ambiante pendant cinq minutes avant de centrifuger pendant une minute à 8000 trs/mn. L'ADN purifié se trouve dans le surnageant, le liquide clair. Il a été conservé dans un congélateur à $- 21^{\circ}$ C en attendant l'amplification par la PCR. La qualité de l'ADN extrait a été vérifiée sur un gel d'agarose (Annexe 8).

II. 2. 6. 2. Amplification d'ADN

II. 2. 6. 2. 1. Principe

La technique de la PCR (*Polymerase Chain Reaction*) est une méthode d'amplification de l'ADN, qui permet de s'affranchir du clonage de l'ADN dans un vecteur.

Il s'agit d'une réplification rapide effectuée *in vitro* grâce à des enzymes appelées ADN polymérase en présence des amorces (petits brins d'ADN complémentaires permettant d'initialiser la réaction de polymérisation). Très précise, la PCR assure en outre la production de nombreuses copies du fragment d'ADN sélectionné (Fig. 11).

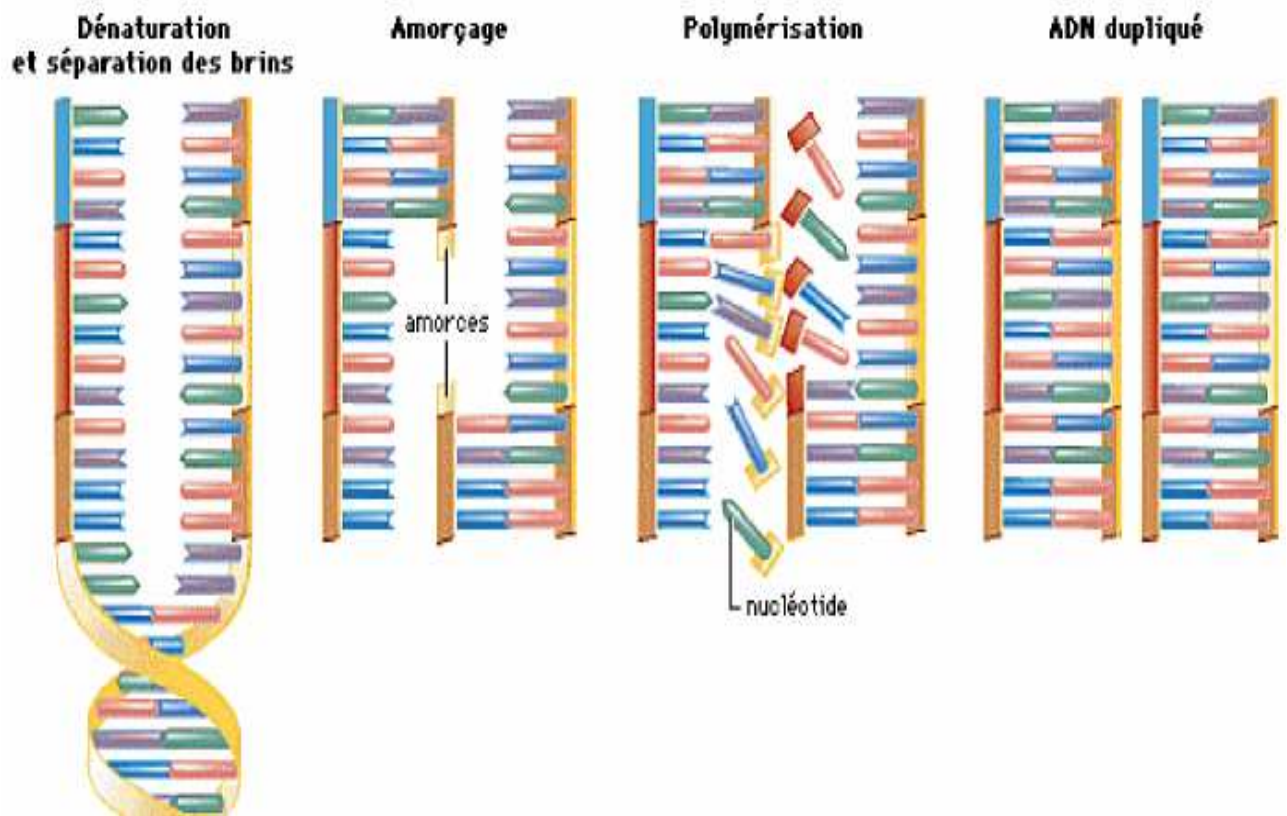


Fig. 11. Représentation schématique du principe de PCR.

II. 2. 6. 2. 2. Choix des marqueurs génétiques

Le choix des marqueurs microsatellites est basé sur le fait que leur polymorphisme ne dépend pas des organes ni de l'âge de l'individu étudié. Ils sont co-dominants et hautement polymorphes. Leur niveau de polymorphisme permet la détection des différences entre les individus mêmes génétiquement proches et de faire une analyse fine de la structure génétique des populations. Ils sont très sensibles au régime reproducteur. Ils ont l'avantage de produire un grand nombre d'allèles à faibles fréquences, spécifiques de quelques populations ou de quelques individus, ce qui contribue efficacement à l'évaluation des flux de gènes entre les individus et entre les populations (Gillet, 1999). Ils sont un outil hautement attractif pour l'analyse génétique des populations (Cipriani *et al.*, 1999 ; Wang,

Szmidt, 2001). En effet, les indices de diversité et les distances génétiques sont les plus élevés avec les analyses microsatellites (Avana *et al.*, 2004).

II. 2. 6. 2. 3. Méthodes d'amplification

II. 2. 6. 2. 3. 1. Multiplexage et amplification

Le multiplexe PCR Kit (Qiagen, Hilden, Germany 2006) a été fait en suivant le protocole fourni pour un volume de 10 μ l : 5 μ l de 2 \times Qiagen multiplexe Master Mix, 1 μ l d'amorces mix (mix d'amorces complémentaires ; 2 μ M), 1 μ l de H₂O et 2 μ l de l'ADN extrait. Les amplifications de l'ADN ont été réalisées dans le thermocycleur (Eppendorf *Mastercycler gradient*) au laboratoire de Service Commun des Marqueurs Génétiques du CEFÉ Montpellier. Les amorces étant marquées par fluorescence, un multiplexage des produits de réaction a été fait, afin d'augmenter la forte efficacité des marqueurs (Dean *et al.*, 1999). Les paires d'amorces ont été associées en deux groupes.

II. 2. 6. 2. 3. 2. Conditions de PCR

Chaque cycle de PCR s'effectue en trois phases à des températures différentes permettant de contrôler l'activité enzymatique.

La première phase consiste en la dénaturation de la double hélice d'ADN du fragment à amplifier par la chaleur (environ 94 °C). Les deux brins sont alors complètement séparés.

La deuxième phase est l'hybridation (ou amorçage). La température est abaissée à 60 °C). Cette température va déterminer la stabilité des hybrides une fois que l'appariement amorces / matrice est réalisé.

La troisième phase est celle de la polymérisation proprement dite. La température est augmentée à 72 °C. Au cours de cette phase, les brins complémentaires d'ADN sont synthétisés à partir des extrémités 3'OH libre des amorces hybridées.

A chaque nouveau cycle, l'enzyme duplique tous les brins d'ADN présents dans la solution, ce qui permet d'obtenir plusieurs de copies du fragment de départ en seulement quelques heures. A la fin de toutes les réactions, le produit PCR a été refroidi à 10 °C.

II. 2. 6. 3. Séquençage des ADN extraits

Le produit PCR a été purifié sur colonne (QiAquick 96 PCR purification kit, Qiagen, Hilden, Germany 2006). La quantité et la qualité des ADN dans le produit PCR purifié ont été évaluées sur gel d'agarose (1 %). Un microlitre du produit PCR dilué (1/100) a été ajouté à 15 µl de formamide désionisé et 0,2 µl de LIZ (marqueur de taille marqué par un fluorochrome). Le génotypage a été fait sur le séquenceur à 16 capillaires automatique ABI PRISM à l'IFR 119 de l'Université Montpellier 2, France.

II. 2. 7. Calculs et analyse des paramètres de génétique de populations

Les résultats de l'amplification d'ADN recouverts électroniquement par le séquenceur ont été traités à l'aide du logiciel GeneMapper 3.5 (Applied Biosystems, Foster City, California, USA). Ce logiciel a déterminé le nombre d'allèles et a assigné une taille (en nombre de paires de bases) à chaque allèle.

Les paramètres de génétique des populations (diversité intra-population et diversité inter-population) ont été calculés et analysés à l'aide du logiciel Genetix 4.05 (Belkhir *et al.*, 1994-2004) différemment pour les deux espèces et interprétés sur la base du polymorphisme des allèles. Ce travail a utilisé la loi de Hardy-Weinberg pour tester si une population est en équilibre panmictique.

II. 2. 7. 1. Paramètres traduisant la diversité intra-population

II. 2. 7. 1. 1. Richesse allélique

Le nombre moyen d'allèles par locus (A) est le rapport de la somme totale des allèles sur le nombre de loci étudiés. A est calculé de la manière suivante :

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{L}$$

où a_i est le nombre d'allèles au locus i et L est le nombre des loci étudiés

II. 2. 7. 1. 2. Taux de polymorphisme

Le taux de polymorphisme (P) est le nombre de loci polymorphes par rapport au nombre de loci étudiés. Dans cette étude, un locus est considéré polymorphe dans le cas où l'allèle le plus fréquent à une fréquence inférieure à 0,99. Le taux de polymorphisme d'une population est calculé de la manière suivante :

$$P = \frac{x}{m}$$

où x est le nombre de loci polymorphes et m est le nombre total de loci.

Le taux de polymorphisme moyen pour une espèce est la moyenne des taux de polymorphisme des différentes populations étudiées.

II. 2. 7. 1. 3. Hétérozygotie

L'hétérozygotie exprime la probabilité pour que deux gènes tirés au hasard dans une population soient différents. Elle est définie par H_{att} (hétérozygotie attendue), équivalent à l'hétérozygotie théorique sous l'hypothèse de Hardy-Weinberg. Dans une population en équilibre panmictique, chaque génotype a pour fréquence le produit de fréquence des allèles (p_i) qui le constituent.

L'hétérozygotie attendue au locus k est calculée de la manière suivante :

$$H_{att} = 1 - \sum_{i=1}^{a_k} p_i^2$$

où a_k est le nombre d'allèles au locus k .

L'hétérozygotie observée (H_{obs}) au locus k est calculée de la manière suivante :

$$H_{obs} = \sum_{i \neq j} p_{ij}$$

où p_{ij} est l'estimation de la fréquence du génotype ij au locus k .

Les taux d'hétérozygotie attendue (H_{att}) ou observée (H_{obs}) d'une espèce représentent la moyenne arithmétique d'hétérozygotie correspondant des différents loci étudiés.

II. 2. 7. 1. 4. Consanguinité

L'écart à la panmixie est l'indice de fixation, ou coefficient de consanguinité (F). Il traduit la mesure de l'écart à la structure de Hardy-Weinberg. Il varie entre -1 et $+1$ et permet de connaître le déficit ou l'excès en hétérozygotes dans une population. Il est calculé de la manière suivante :

$$F = 1 - \frac{H_{obs}}{H_{att}}$$

si F est négatif, il y a excès en hétérozygotes ;

si F est positif, il y a déficit en hétérozygotes ;

si F est nulle, il y a équilibre panmictique ;

si $F = 1$, alors il y a fixation absolue.

II. 2. 7. 2. Paramètres traduisant la diversité inter-population

II. 2. 7. 2. 1. Indices de fixation F-statistiques

Les indices de fixation F-statistiques permettent de mesurer l'organisation de la diversité génétique dans une grande population divisée en sous-populations (Wright, 1965 ; Weir & Cockerham, 1984). F_{is} et F_{it} mesurent la corrélation entre les gamètes d'un même individu tiré au hasard respectivement dans une sous-population et dans la population totale. Tandis que F_{is} permet de mesurer le déficit local d'hétérozygotes par rapport à la structure panmictique, F_{it} quantifie le déficit global d'hétérozygotes dans l'ensemble de la population. F_{st} représente la corrélation entre deux gamètes tirés au hasard dans deux populations distinctes et renseigne sur le niveau de différenciation de ces sous-populations. Il permet de mesurer le déficit d'hétérozygotes qui est dû aux différences des fréquences alléliques entre sous-populations, déficit connu sous le nom d'« effet Wahlund » (Wahlund, 1928).

II. 2. 7. 2. 2. Distances génétiques

Les distances génétiques entre les paires de populations ont été calculées. Le coefficient de différenciation génétique (F_{st} entre paires de populations). Il estime le degré de ressemblance ou de dissemblance génétique de deux populations. Une matrice des indices de différenciation calculés entre paires de populations a été réalisée. La valeur de F_{st} est calculée de la manière suivante :

$$F_{ST} = 1 - \frac{(1 - F_{IT})}{(1 - F_{IS})}$$

D'après Wright (1978), si $0 < F_{ST} < 0,05$ la différenciation est faible ; si $0,05 < F_{ST} < 0,15$, la différenciation est modérée si $0,15 < F_{ST} < 0,25$, la différenciation est importante et si $F_{ST} > 0,25$, la différenciation est très importante.

II. 2. 7. 2. 3. Flux de gènes

Le flux de gènes (Nm) estime le degré d'échange de gènes entre les populations. La différenciation génétique entre populations est favorisée par la dérive et limitée par les flux géniques entre populations. Le taux de migration m est relié à la différenciation génétique F_{ST} par la relation suivante, où N représente le nombre effectif d'individus d'une population :

$$Nm = \frac{1 - F_{ST}}{4 * F_{ST}}$$

II. 2. 8. Analyse de la structure génétique des espèces

Le logiciel STRUCTURE 2.3.3 (<http://pritch.bsd.uchicago.edu/structure.html>) a été utilisé pour décrire la structure génétique et déterminer les différents groupes génétiques homogènes qu'on pourrait trouver au sein des espèces. Il faut noter que la considération initiale était basée sur l'existence de deux espèces (*D. buettneri* et *D. edulis*) et les formes sauvage et domestiquée de *D. edulis*. Pour déterminer le nombre de réservoirs géniques, le nombre minimum de groupes a été recherché en faisant varier le nombre de populations (K) de 1 à 10. Pour $K = 3$, la valeur maximale de vraisemblance a été obtenue. Ensuite les trois groupes génétiques au niveau individu ont été définis pour $K = 3$.

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

III. 1. Résultats

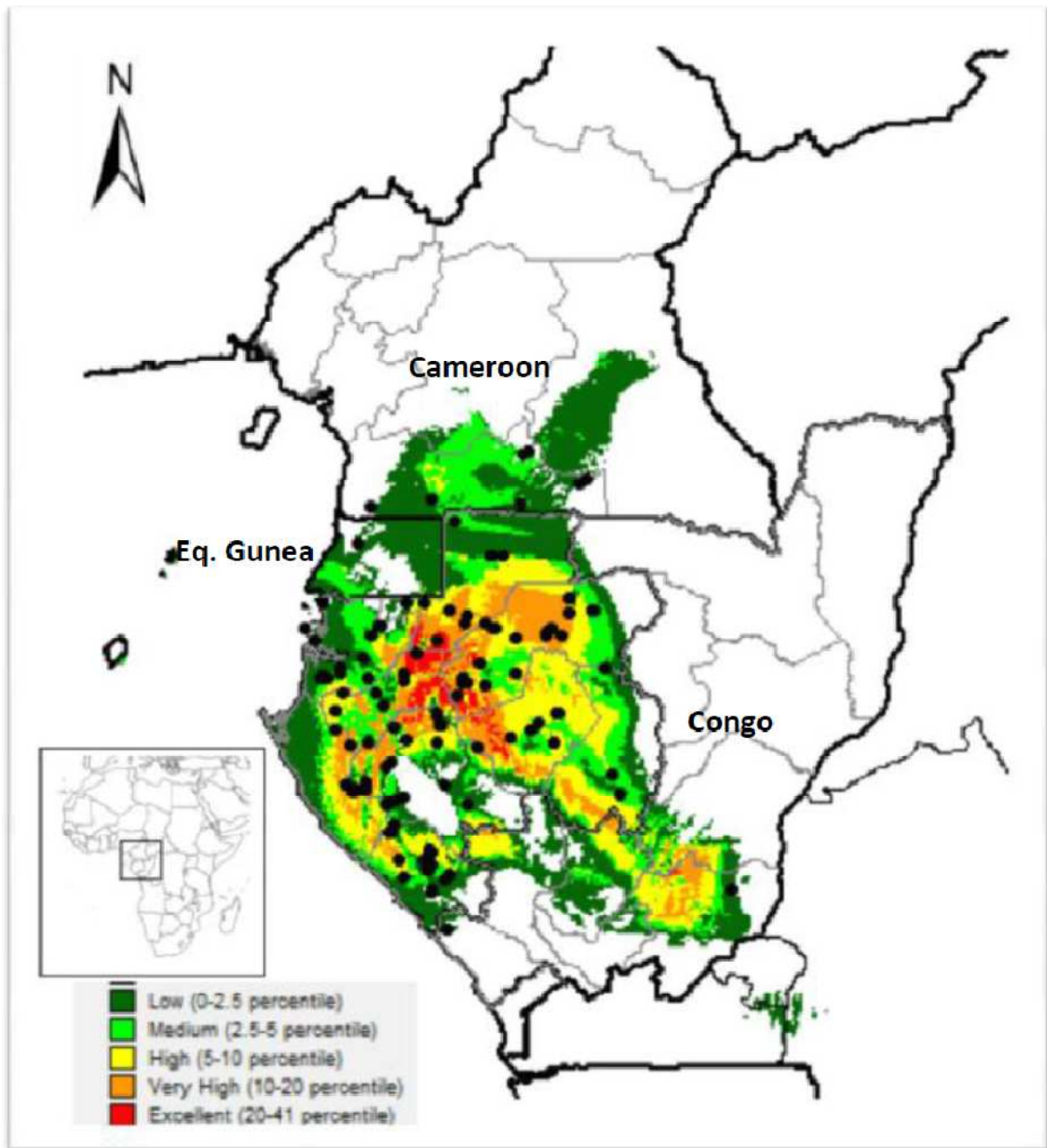
III. 1. 1. Biogéographie de *Dacryodes buettneri*

III. 1. 1. 1. Distribution géographique réelle de *Dacryodes buettneri*

La répartition de *D. buettneri* est localement dense, centrée sur le Gabon. Cette espèce est caractéristique du sous-centre endémique bas-guinéen, où elle est observée dans quatre pays (Fig. 13). Au Gabon, l'espèce est très abondante sur la côte et dans la partie centrale du pays, mais elle est moins commune dans la partie nord-est du pays. En Guinée Equatoriale, quelques peuplements sont notés dans la partie continentale, à Bata. Au Cameroun, la présence des peuplements n'est notée que dans la Région du Sud, bien qu'en nombre très faible, le long de la frontière avec le Gabon et la Guinée Equatoriale. Quelques individus ont été observés au sud de Congo. La distribution correspond à celle de l'ogoumo (*Lecomtedoxa klaineana*, Sapotacées), un bois d'œuvre exploité au Gabon en même temps que l'ozigo.

III. 1. 1. 2. Distribution géographique potentielle de *Dacryodes buettneri*

La modélisation de la distribution potentielle de *D. buettneri* en Afrique, basée sur les 19 paramètres climatiques extraits du programme WorldClim a montré que le centre du Gabon offre les meilleures conditions favorables à la croissance naturelle de l'espèce. D'après l'analyse de la distribution géographique potentielle, le centre du Gabon est la zone la plus riche en cette espèce. En combinant la figure 13 et la carte des aires protégées du Gabon, on constate que les zones les plus favorables sont les parcs nationaux de la Lopé, de Waka, de d'Irvingo et vers la côte dans les massifs forestiers de Loango et de Mokalaba Doudou. Il est aussi relativement abondant à la bordure des Monts de Cristal, des Monts de Ndjolé et dans la province de Makoukou. Au Congo (Brazzaville), des zones à conditions climatiques favorables à l'espèce sont notées au sud-est, dans le parc national de Conkouati et le sanctuaire de Lésio-Louna. Au Cameroun, très peu des individus ont été observés. On peut noter quelques individus long de la frontière avec le Gabon et la Guinée Equatoriale, depuis Campo jusqu'à Ambam et au sud de Djoum jusqu'à la frontière de la Région du Centre, ainsi qu'à l'Est autour de la boucle du fleuve Dja. Les conditions climatiques des forêts de la partie continentale de la Guinée Equatoriale sont aussi notées favorables à la croissance de *D. buettneri* (Fig. 12).



Les points représentent la répartition des collections. La distribution potentielle estimée à partir des simulations basées sur 19 paramètres climatiques des sites de collecte est représentée en couleur. La couleur rouge désigne les zones climatiques les plus favorables à la croissance naturelle de *D. buettneri*. Le vert foncé représente les zones marginales pour l'espèce.

Fig. 12. Distributions géographiques réelle et potentielle de *Dacryodes buettneri*.

III. 1. 1. 3. Ecologie de *Dacryodes buettneri*

III. 1. 1. 3. 1. Ecologie en fonction de la végétation

D. buettneri est une espèce qui croît naturellement dans des forêts tropicales sempervirentes du sous-centre d'endémisme bas guinéen (Fig. 13). Elle est plus abondante dans les forêts humides gabonaises où elle est présente dans toutes les aires protégées. Elle est aussi observée dans les grands massifs forestiers, dans des parcelles d'exploitations forestières (notamment Lastourville, la vallée de Nyanga) et même en forêts anthropisées (défrichées pour les cultures). Les peuplements du sud du Cameroun et de la Guinée Equatoriale ont été observés dans les végétations défrichées pour les cultures.

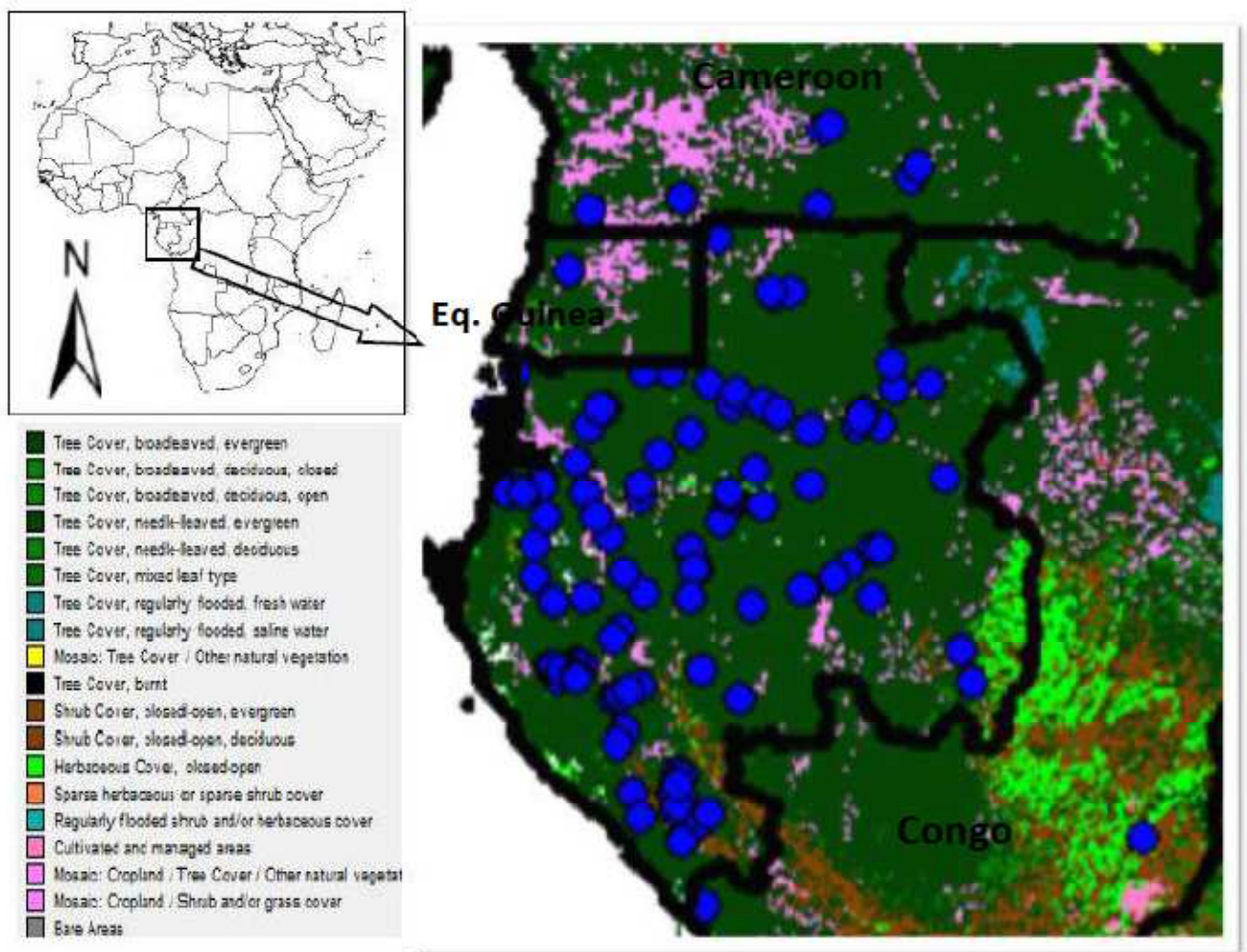


Fig. 13. Distribution de *Dacryodes buettneri* en fonction de la couverture de la végétation

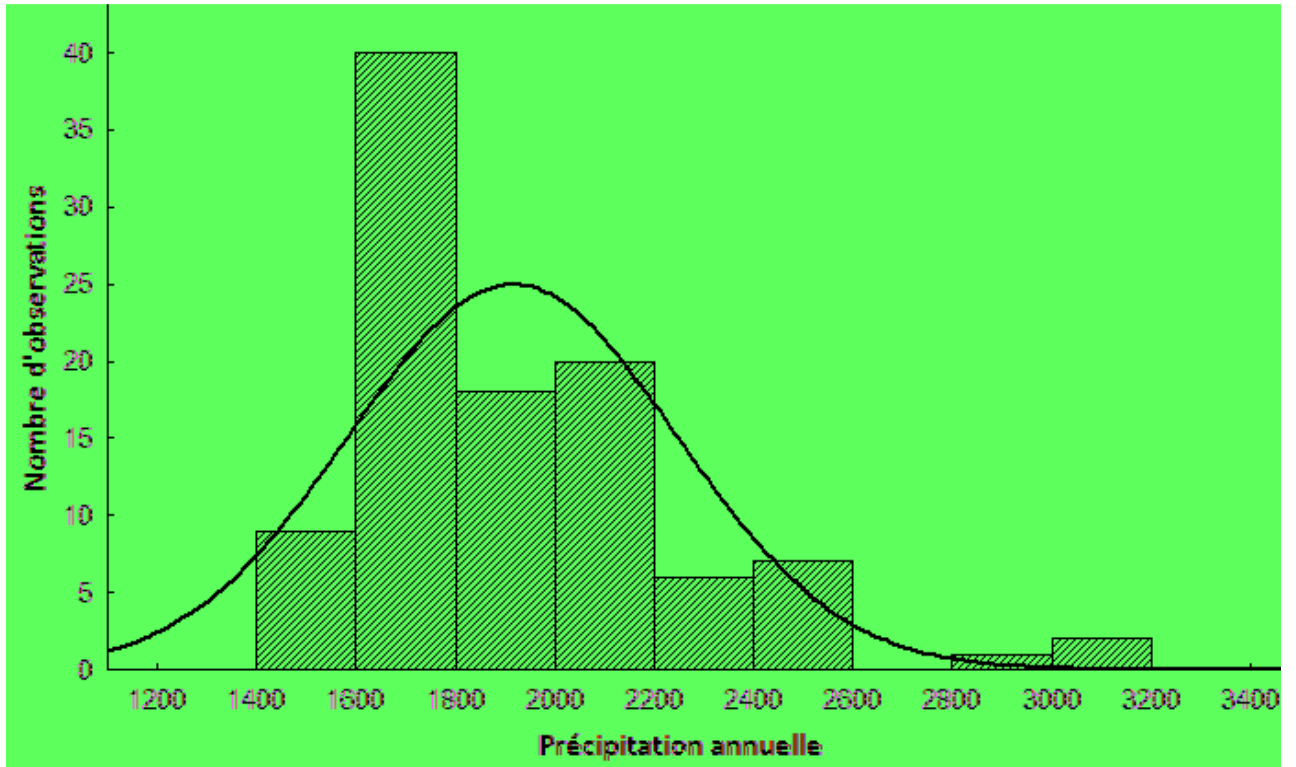
III. 1. 1. 3. 2. Ecologie en fonction des précipitations annuelles

Les précipitations annuelles optimales pour *D. buettneri* sont comprises entre 1600 et 2000 mm/an (Fig. 14). L'intervalle de confiance de précipitations annuelles va de 1500 à 2550 mm/an. Les modélisations montrent que l'espèce peut pousser sous les précipitations extrêmes allant de 1000 jusqu'à 2600 mm/an. Quelques rares individus ont été observés sous des précipitations allant jusqu'à 3200 mm/an, mais d'après la présente étude, ces individus sont considérés comme hors de la zone critique de précipitations annuelles. A partir de ces données, il ressort que *D. buettneri* est une espèce des zones pluviales dont la précipitation moyenne annuelle est de $1910,84 \pm 329$ mm/an.

III. 1. 1. 3. 3. Ecologie en fonction des températures moyennes annuelles

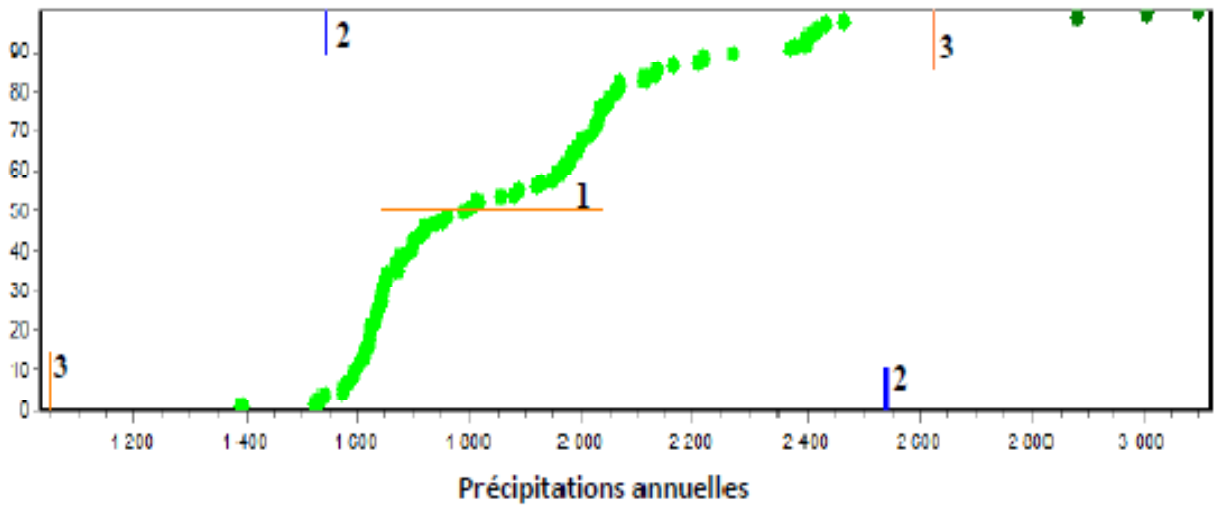
Les températures moyennes annuelles optimales sont comprises entre 23,8 et 25,8 °C. (Fig. 15). L'intervalle de confiance des températures moyennes annuelles va de 23 à 26,2 °C. Les modélisations montrent que l'espèce peut pousser sous les températures allant de 21 à 28,5 °C indiquant les limites de la zone critique. Aucun individu n'a été observé hors de la zone critique de température. Le faible écart entre la température minimale et la température maximale justifie que *D. buettneri* n'est pas sorti de son préférentum de température. La moyenne des températures moyennes annuelles favorables pour *D. buettneri* est de $24,66 \pm 1,05$ °C.

L'Analyse des Correspondances Principales (ACP) a été faite sur les 19 paramètres climatiques. En tenant compte du poids de la contribution de ces paramètres (corrélation statistiquement significative), les deux premiers facteurs principaux ont été retenus (Tableau VII) pour l'analyse des correspondances principales. Les deux facteurs ensemble contribuent à 69 % de la variance totale. Le premier, représentant 49 % de la variance observée montre une corrélation négative avec la température et une corrélation positive avec les précipitations des périodes sèches. Il distingue les individus des périodes chaudes de ceux de périodes froides. Le second facteur représente 20 % de la variance. Il montre une corrélation positive avec les écarts de température et différencie les individus sensibles aux variations mensuelles de température d'avec ceux sensibles aux variations annuelles de température. Il montre aussi une corrélation négative avec la température minimale du mois le plus froid.



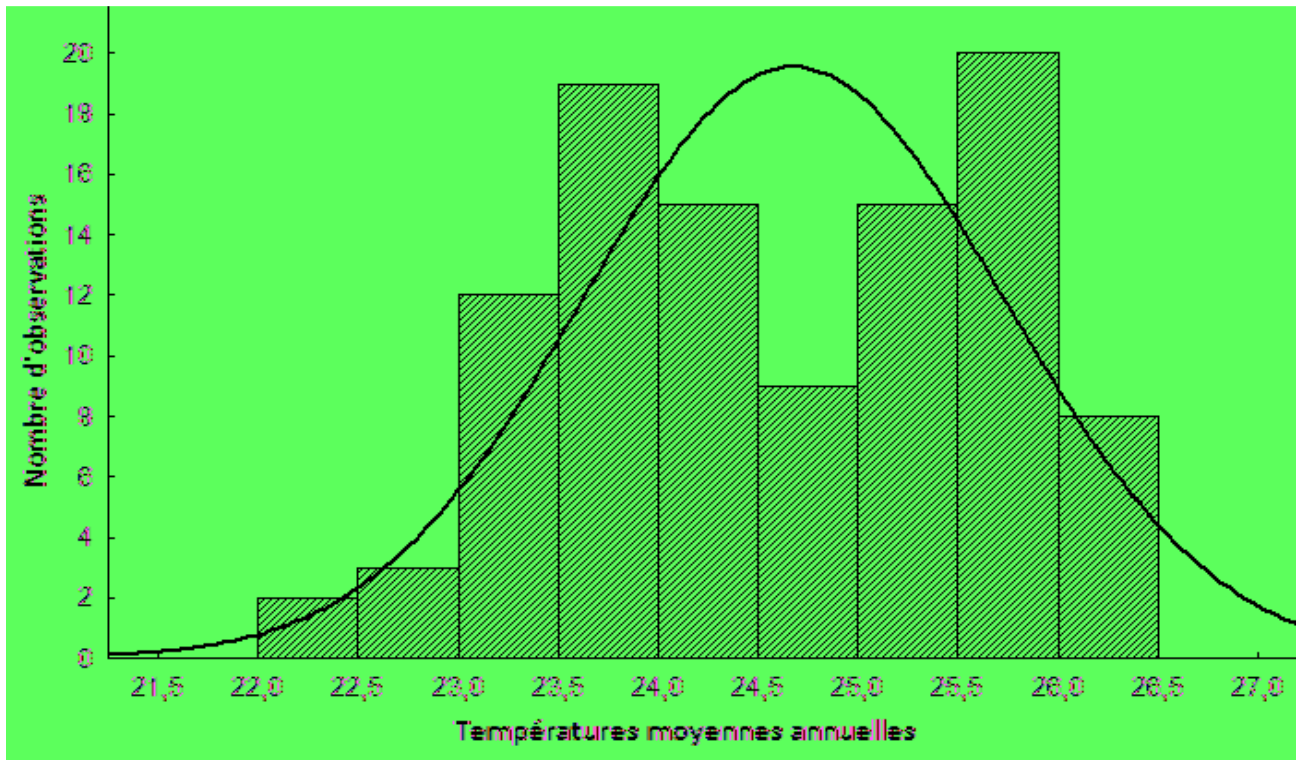
a. Nombre d'individus en fonction de précipitations annuelles

Fréquences cumulées (%)



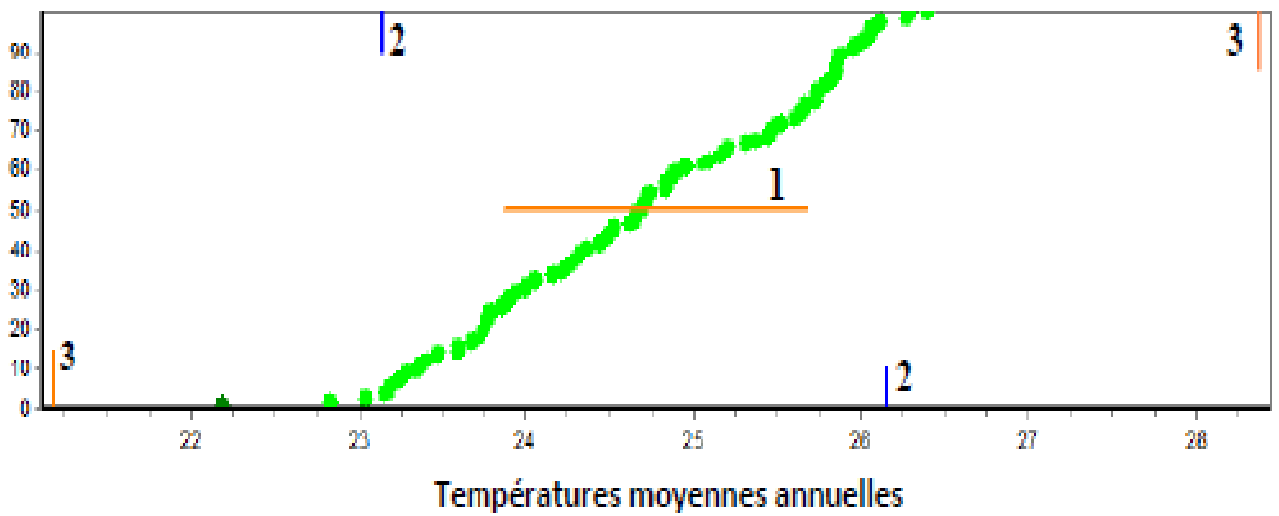
b. Optimum (1), limites d'intervalle de confiance (2) et limites de la zone critique (3) des précipitations annuelles favorables

Fig. 14. Précipitations annuelles favorables à *Dacryodes buettneri*.



a. Nombre d'individus en fonction de températures moyennes annuelles

Fréquences cumulées (%)



b. Optimum (1), limites d'intervalle de confiance (2) et limites de la zone critique (3) des températures moyennes annuelles favorables

Fig. 15. Températures annuelles moyennes favorables à *Dacryodes buettneri*.

Tableau VII. Valeurs pluvio-thermiques favorables à *Dacryodes buettneri*

Paramètres climatiques	Paramètres ACP		
	Moyennes	Facteur 1	Facteur 2
BIO1	24,66 ± 1,05	-0,91	-0,10
BIO2	9,21 ± 1,10	0,36	0,75
BIO3	73,11 ± 4,68	0,82	-0,29
BIO4	107,10 ± 22,81	-0,59	0,71
BIO5	30,91 ± 1,10	-0,75	0,42
BIO6	18,27 ± 1,33	-0,56	-0,71
BIO7	12,63 ± 1,55	-0,05	0,91
BIO8	24,91 ± 1,18	-0,93	0,06
BIO9	23,20 ± 0,95	-0,58	-0,54
BIO10	25,68 ± 1,13	-0,93	0,04
BIO11	23,10 ± 0,95	-0,76	-0,39
BIO12	1910,84 ± 328,90	-0,49	-0,62
BIO13	345,66 ± 61,91	-0,58	-0,48
BIO14	8,54 ± 12,18	0,73	-0,44
BIO15	69,51 ± 6,38	-0,78	0,45
BIO16	813,26 ± 151,6	-0,58	-0,53
BIO17	54,20 ± 53,67	0,80	-0,45
BIO18	643,18 ± 119,49	-0,73	-0,30
BIO19	72,83 ± 15,26	0,72	-0,46
Variance expérimentale	-	9,33	4,97
Pourcentage de la variance	-	0,49	0,20

Les paramètres climatiques à corrélation significative ($\geq 0,7$; $\leq -0,7$; $p < 0,05$) sont indiqués en gras

BIO1=Température moyenne annuelle ; BIO2=Ecart moyen de températures mensuelles (température maximale - température minimale) ; BIO3=Isothermalité (BIO2/BIO7) (* 100) ; BIO4=Saisonnalité de la température (standard déviation *100) ; BIO5=Température maximale du mois le plus chaud ; BIO6=Température minimale du mois le plus frais ; BIO7=Ecart de température annuelle (BIO5-BIO6) ; BIO8=Température moyenne du trimestre le plus humide ; BIO9=Température moyenne du trimestre le plus sec ; BIO10=Température moyenne du trimestre le plus chaud ; BIO11=Température moyenne du trimestre le plus frais ; BIO12=Précipitation annuelle ; BIO13=Précipitation du mois le plus humide ; BIO14=Précipitation du mois le plus sec ; BIO15=Saisonnalité des précipitations (Coefficient de Variation) ; BIO16=Précipitation du trimestre le plus humide ; BIO17=Précipitation du trimestre le plus sec ; BIO18=Précipitation du trimestre le plus chaud ; BIO19=Précipitation du trimestre le plus frais.

III. 1. 1. 3. 4. Corrélations entre les paramètres de températures et les paramètres de précipitations favorables à *Dacryodes buettneri*

La projection des positions géographiques de 218 échantillons de *D. buettneri* sur les plans orthonormés dont les paramètres de température sont en abscisses et les paramètres de précipitation sont en ordonnées a montré des corrélations statistiquement significatives entre ces paramètres ($r \geq 0,6$ ou $r \leq -0,6$ et $p < 0,05$). Sept corrélations positives ont été observées (Tableau VIII). Les périodes les plus sèches et le trimestre le plus frais sont corrélées positivement avec l'isothermalité alors que la saisonnalité de précipitations est corrélée positivement avec les périodes les plus chaudes, ainsi qu'avec la saisonnalité des températures et le trimestre le plus humide. Onze corrélations négatives entre des paramètres de température et des paramètres de précipitation ont été trouvées (Tableau IX).

Tableau VIII. Corrélations positives entre les paramètres pluvio-thermiques de *Dacryodes buettneri*

Relations	Paramètres de corrélations	
	Valeurs de r Pearson	Equations relatives
BIO14 / BIO3	0,73	BIO14 = 1,9 * BIO3 - 129,9
BIO17 / BIO3	0,78	BIO17 = 8,84 * BIO3 - 599,2
BIO19 / BIO3	0,72	BIO19 = 16,24 * BIO3 - 1114
BIO15 / BIO4	0,83	BIO15 = 0,23 * BIO4 + 44,41
BIO15 / BIO5	0,70	BIO15 = 4,03 * BIO5 - 55,11
BIO15 / BIO8	0,69	BIO15 = 3,7 * BIO8 - 22,9
BIO15 / BIO10	0,68	BIO15 = 3,85 * BIO10 - 29,41

III. 1. 1. 3. 5. Ecologie de *Dacryodes buettneri* en fonction des altitudes

Dacryodes buettneri pousse en basse altitude, à partir du niveau de la mer jusqu'à 750 m (Fig. 16). Aucun individu n'a été observé au-dessus de cette altitude. Des échantillons ont été récoltés près de la côte et sur les sols sableux à Libreville et dans les parcs nationaux de Pongara et d'Akanda au Gabon, où l'altitude est inférieure à 10 m. Les individus situés sur les milieux les plus élevés sont observés au pied des monts Koumounabouali, dans la Région de Bikourou. Les altitudes moyennes, comprises entre 250 et 420 m sont une gamme

d'altitudes optimales pour la croissance naturelle de *D. buettneri*. L'altitude moyenne est de 335 ± 192 m.

Tableau IX. Corrélations significativement négatives entre les paramètres pluvio-thermiques de *Dacryodes buettneri*

Relations	Paramètres de corrélations	
	Valeurs de r Pearson	Equations relatives
BIO17 / BIO1	- 0,62	$BIO17 = 835,1 - 31,65 * BIO1$
BIO15 / BIO3	- 0,86	$BIO15 = 155,3 - 1173 * BIO3$
BIO19 / BIO4	- 0,70	$BIO19 = 418,98 - 3,23 * BIO4$
BIO18 / BIO3	- 0,64	$BIO18 = 184,1 - 16,29 * BIO3$
BIO17 / BIO4	- 0,73	$BIO17 = 238,65 - 172 * BIO4$
BIO17 / BIO8	- 0,73	$BIO17 = 874,49 - 32,93 * BIO8$
BIO14 / BIO4	- 0,68	$BIO14 = 47,7 - 0,36 * BIO4$
BIO17 / BIO5	- 0,70	$BIO17 = 1102,6 - 33,93 * BIO5$
BIO19 / BIO8	- 0,62	$BIO19 = 1445,7 - 55,10 * BIO8$
BIO14 / BIO8	- 0,61	$BIO14 = 165,92 - 6,31 * BIO8$
BIO17 / BIO5	- 0,70	$BIO17 = 900,13 - 32,95 * BIO5$

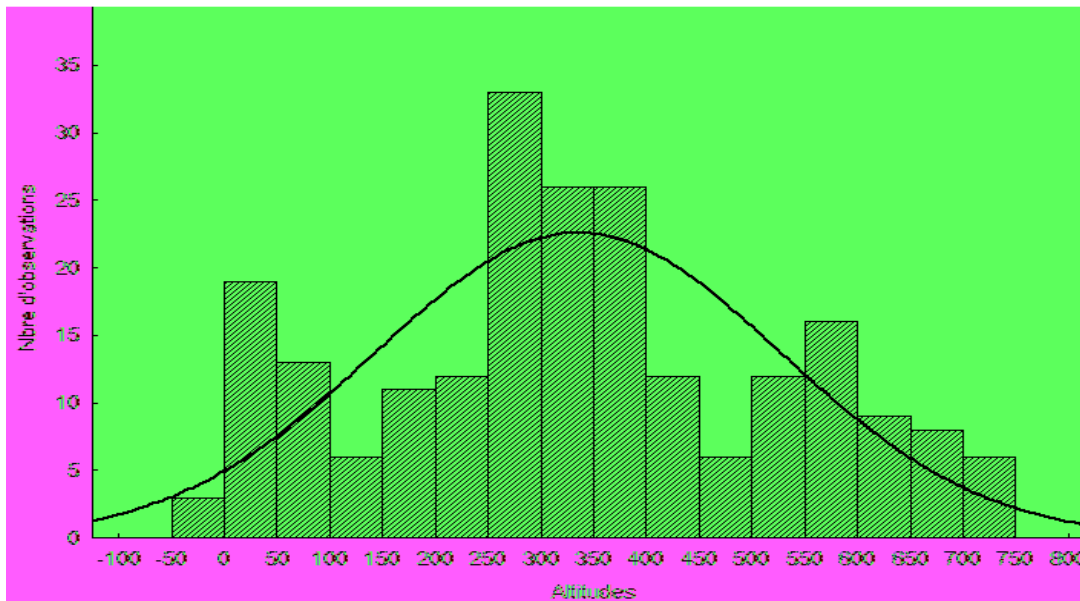
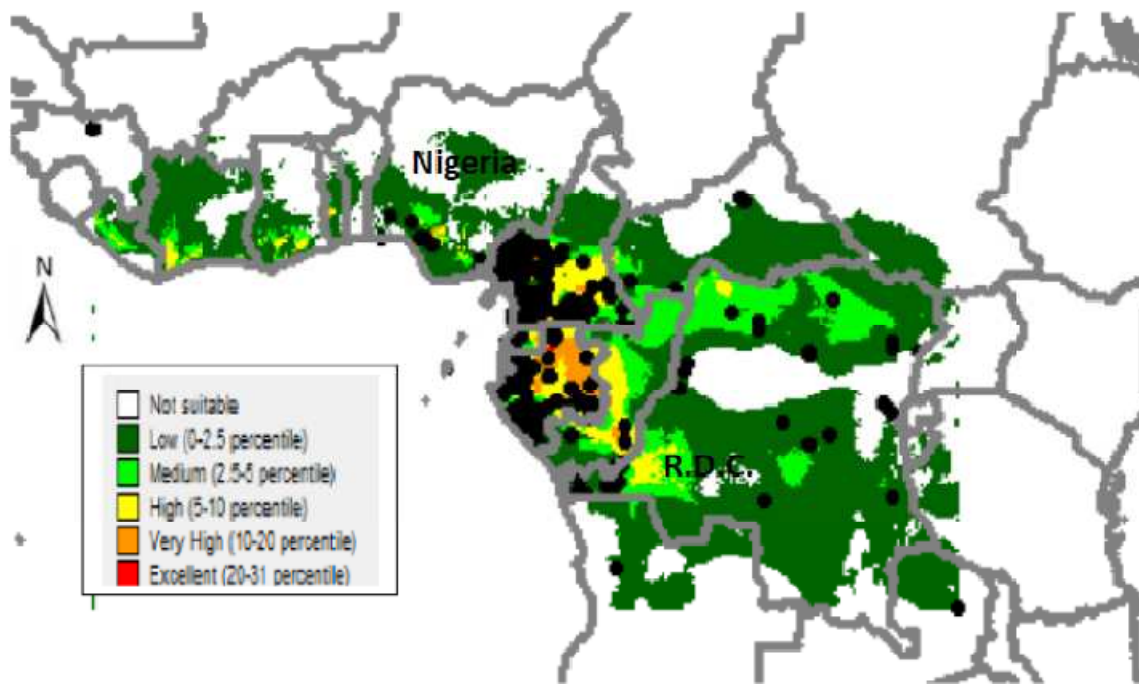


Fig. 16. Altitudes favorables à *Dacryodes buettneri*

III. 1. 2. Biogéographie de *Dacryodes edulis*

III. 1. 2. 1. Distribution géographique réelle de *Dacryodes edulis*

L'étude de la distribution réelle de *D. edulis* en Afrique combinée avec sa distribution potentielle a montré que tous les domaines forestiers intertropicaux offrent des conditions favorables à la culture de l'espèce (Fig. 17). Elle est présentement cultivée dans 18 pays d'Afrique (Angola, Benin, Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Guinée, Guinée Equatoriale, Liberia, Nigeria, Ouganda, République Centrafricaine, République Démocratique du Congo, Sao Tomé Principe, Sierra Leone, Togo, Zambie).



Les points représentent la répartition réelle des collections. La distribution potentielle estimée à partir des simulations basées sur 19 paramètres climatiques des sites de collecte est représentée en couleur. La couleur rouge désigne les zones climatiques les plus favorables à la croissance de *D. edulis*. Le vert foncé représente les zones marginales pour l'espèce.

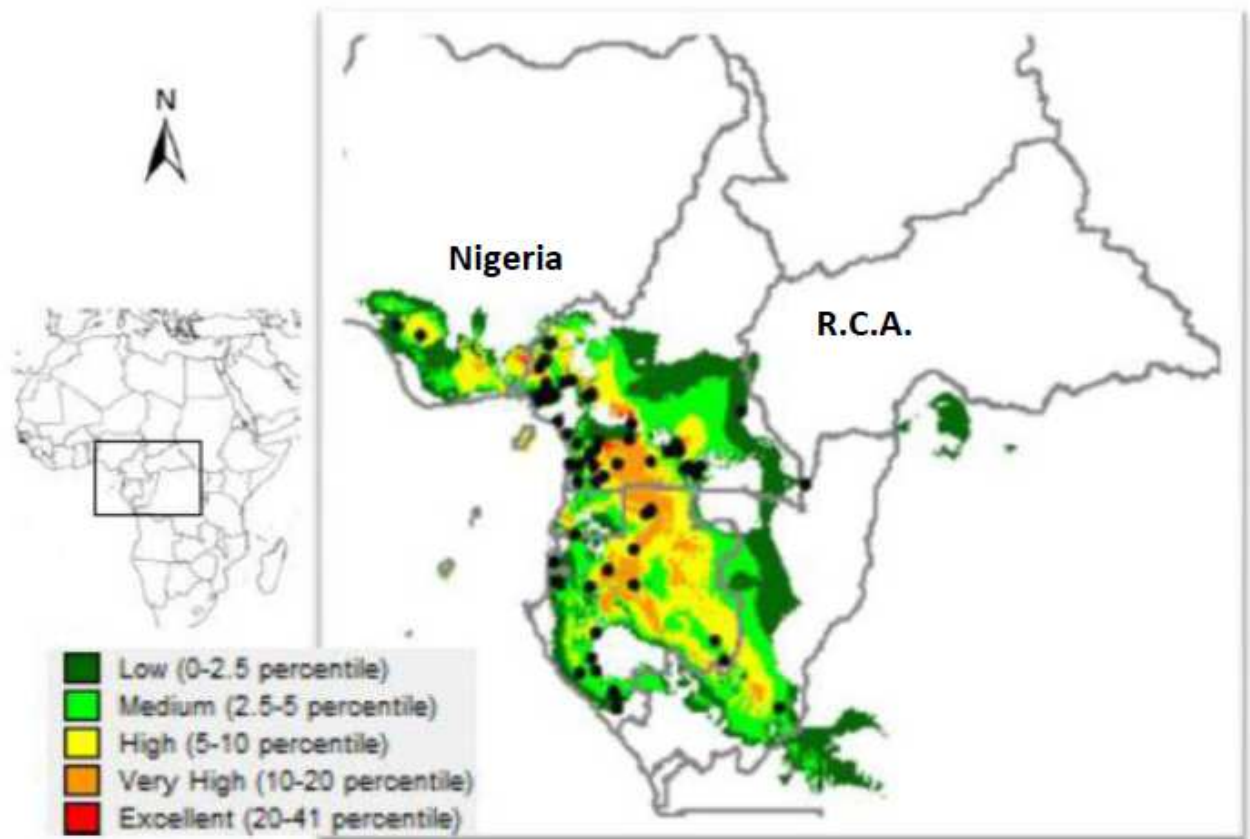
Fig. 17. Distributions géographique réelle et potentielle de *Dacryodes edulis*

III. 1. 2. 2. Distribution géographique réelle de *Dacryodes edulis* du milieu forestier naturel uniquement

La distribution naturelle de *D. edulis* (basée sur les individus récoltés seulement en milieu forestier naturel) se focalise dans le centre d'endémisme bas-guinéen (Fig. 19). Elle s'étend le long du bord de l'atlantique sur cinq pays (Nigéria, Cameroun, Gabon, Guinée Equatoriale, Congo-Brazzaville). L'espèce se trouve majoritairement partout sur la côte gabonaise, en Guinée Equatoriale et dans les massifs forestiers sud-camerounais de l'est au sud-ouest. Aucun individu sauvage n'a été signalé sur les hautes terres de l'ouest-Cameroun. Malgré la dégradation des forêts au Nigeria, quelques individus ont été signalés dans les îlots des forêts du sud du pays.

III. 1. 2. 3. Distribution géographique potentielle des individus de *Dacryodes edulis*

La modélisation de la distribution potentielle de *D. edulis* sauvage sur l'Afrique basée sur les préférences climatiques a montré que les forêts du sud-Cameroun et du Gabon offrent de meilleures conditions favorables à la croissance naturelle de l'espèce (Fig. 18). Au Gabon, les conditions écologiques favorables à la croissance naturelle ont été observées au niveau des massifs forestiers de la Lopé, de Waka, de Koulamoutou et au nord dans les forêts d'Oyem et Minkebe. Au Cameroun, les conditions favorables à la croissance spontanée de *Dacryodes edulis* ont été notées dans toute la Région du Sud bien marquées dans les forêts près de Kribi, dans les massifs de Yingui dans le Littoral, dans la forêt de Dja à l'Est et au Sud-Ouest vers la frontière avec le Nigeria.



Les points représentent la répartition réelle des collections. La distribution potentielle estimée à partir des simulations basées sur 19 paramètres climatiques des sites de collecte est représentée en couleur. La couleur rouge désigne les zones climatiques les plus favorables à la croissance naturelle de *D. edulis*. Le vert foncé représente les zones marginales pour l'espèce.

Fig. 18. Distributions géographiques réelle et potentielle de *Dacryodes edulis* sauvage.

III. 1. 2. 4. Ecologie de *Dacryodes edulis* des milieux forestiers naturels en fonction de la végétation

D. edulis croît naturellement en forêt humide sempervirente (Fig. 19). Certains prospecteurs pensent qu'il n'existe plus des safoutiers en forêt. En fait, l'espèce n'est pas naturellement grégaire comme *D. buettneri*. Elle pousse toujours isolée en forêts sempervirentes et est de la canopée forestière, ce qui rend l'identification des individus difficile. Lors de nos missions de récolte au Cameroun, onze populations forestières de *D. edulis* ont été répertoriées et caractérisées, certaines se sont développées sur des anciennes habitations ou anciennes plantations (Tableau X).

Au Gabon, *D. edulis* sauvage se trouve partout surtout sur la demi-moitié ouest du pays vers l’océan, le long de la côte. Il est présent dans plusieurs massifs forestiers notamment la concession Rougier dans la Région de Franceville, le massif forestier du Sud-Estuaire, Parc National des Monts Doudou. En Guinée Equatoriale, peu d’échantillons ont été récoltés dans la partie continentale sur la frontière avec le Gabon. Au Nigeria, quelques échantillons ont été récoltés au sud du pays, sous un couvert végétal dégradé par l’agriculture et l’installation des habitations.

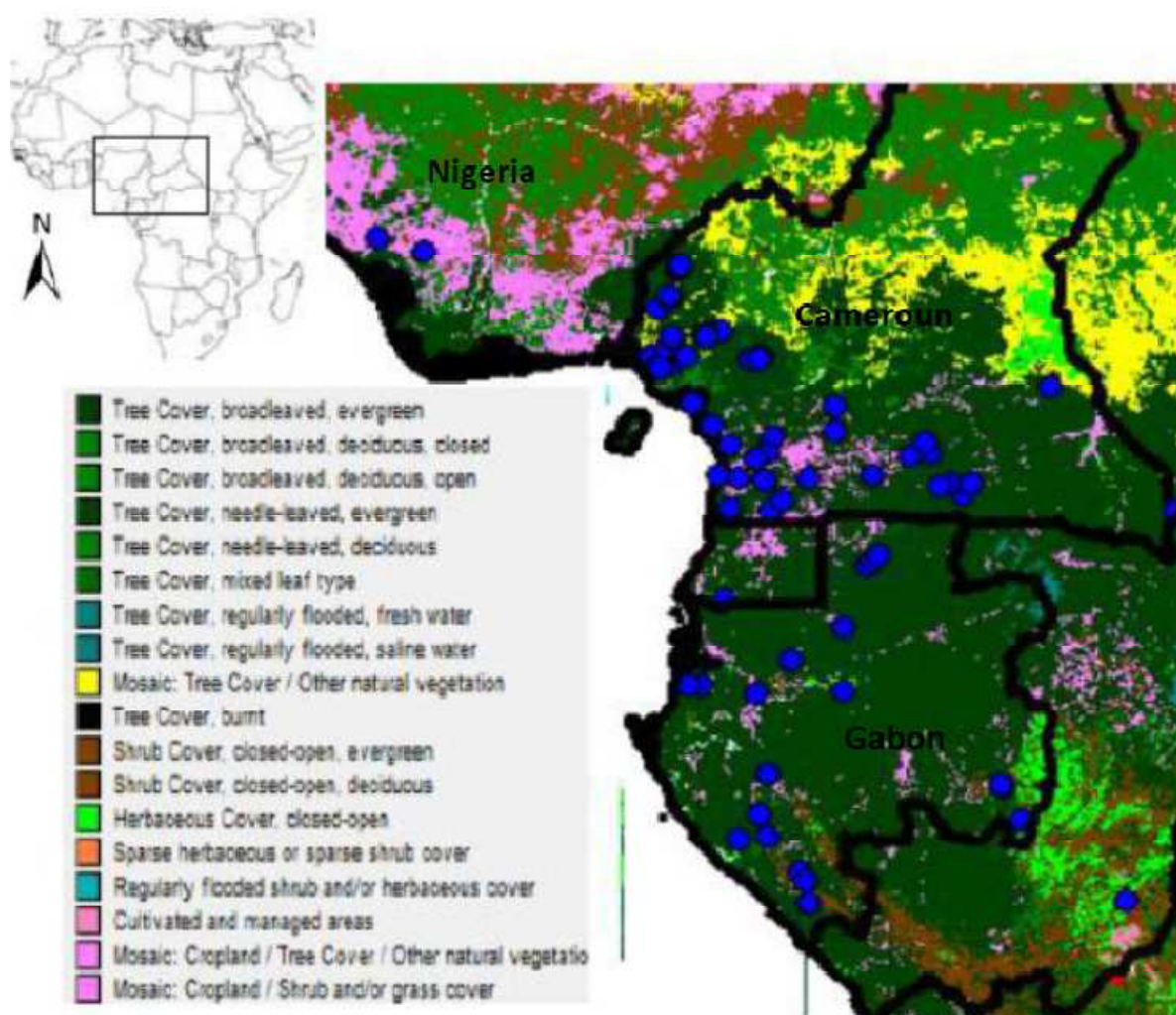


Fig. 19. Distribution géographique réelle de *Dacryodes edulis* en milieux forestiers en fonction de la végétation

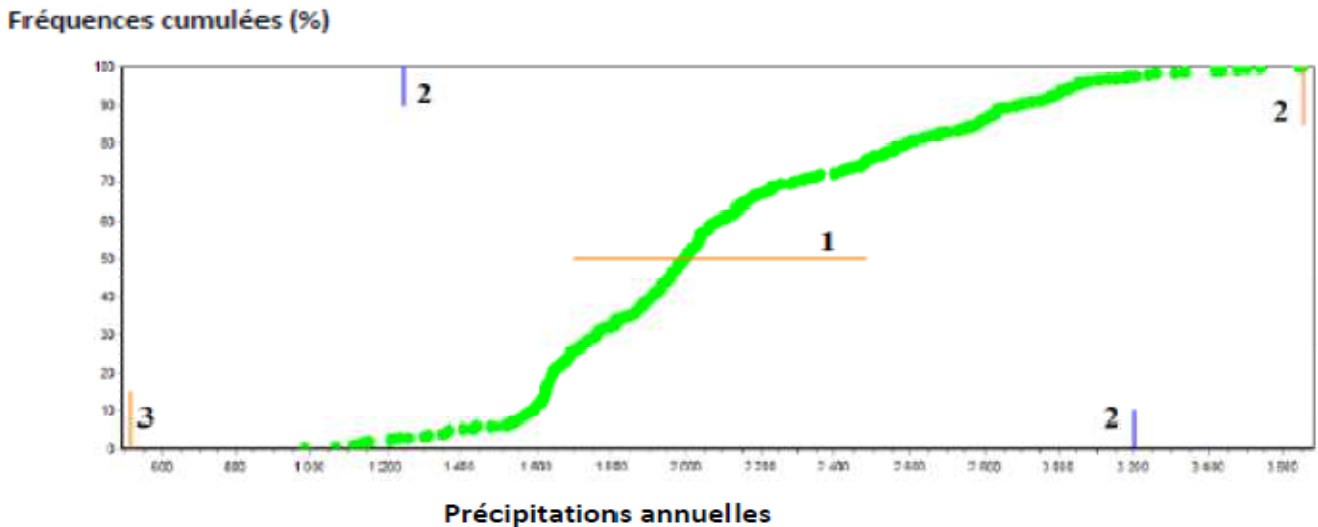
Tableau X. Caractéristiques des populations forestières de *Dacryodes edulis* au Cameroun.

Région administrative	Localité	Végétation	Alt. (m)	BIOCLIM		GPS	
				Précipitations annuelles (mm)	T° C annuelles moyennes (° C)	Lat.	Long.
Sud	*Bipindi (massif de Ngovayang)	Forêt verte peu dégradée	253	2280	24,2	3,11	10,43
	*Kribi (massifs des UFA 09-026, CUF)	Forêts vertes normalement non dégradées	95	2503	26,6	2,84	10,17
	*Kribi (09-028, EFFA)		52	2623	26,1	3,33	10,07
Centre	*Eséka (massif de l'UFA, TRC)	Forêt verte normalement non dégradée	331	2170	25,7	3,46	10,66
Littoral	*Yingui (massif de Yabassi)	Forêt verte normalement non dégradée	466	2467	23,8	4,55	10,47
Est	Reserve du Dja	Forêt verte normalement non dégradée	640	1622	23,6	3,34	12,75
Sud-Ouest	Réserve forestière de Mokoko	Forêt verte dégradée par des défrichements et installation des plantations	284	3057	23,9	4,43	9,09
	Crêtes des monts Rhumpi	Forêt verte dégradée par des défrichements et installation des plantations	628	2635	19,8	4,85	9,25
	NNO Mamfe (massif de l'UFA, TRC)	Forêt verte développée sur des vieilles habitations (traces humaines visibles)	172	2591	26,5	5,87	9,35
	Sud Mamfe (massif de l'UFA, TRC)	Forêt verte développée sur des vieilles habitations (traces humaines visibles)	327	2814	25,7	5,48	9,24
	*Massif Bakossi	Forêt verte normalement non dégradée	-	2798	22,9	4,90	9,72

* = massifs forestiers regroupant des individus de *D. edulis* effectivement sauvages ; Alt. = altitude ; T° C = température en degré Celsius ; Lat. = latitude ; Long. = longitude ; GPS = Global Positioning System)

III. 1. 2. 5. Ecologie de *Dacryodes edulis* en fonction de précipitations annuelles

Les hauteurs de précipitations annuelles optimales pour *D. edulis* sous toutes ses formes (des plantations ou des forêts) sont comprises entre 1600 et 2600 mm/an (Fig. 20). Bien que des individus aient été répertoriés sous des précipitations allant de 1000 jusqu'à 3600 mm/an indiquant les intervalles de tolérance, l'intervalle de confiance de précipitations annuelles favorables va de 1200 à 3200 mm/an.



Optimum (1), limites d'intervalle de confiance (2) et limites de la zone critique (3) des précipitations annuelles favorables.

Fig. 20. Précipitations annuelles favorables à la croissance de *D. edulis*.

III. 1. 2. 6. Ecologie de *Dacryodes edulis* en fonction des températures moyennes annuelles

Les échantillons étudiés ont été collectés sous une gamme de températures moyennes annuelles large, allant de 17,5 ° C à 27 ° C (Fig. 22). Cependant les températures moyennes annuelles optimales pour l'espèce vont de 22,8 à 25,2° C avec un intervalle de confiance de températures moyennes annuelles qui va de 19,3 à 26,5 ° C. Les individus ont été collectés sous des températures moyennes annuelles inférieures à 19,3 ° C mais d'après l'approche utilisée ici, ils sont considérés comme se trouvant hors de la limite inférieure de l'intervalle de tolérance (Fig. 21).

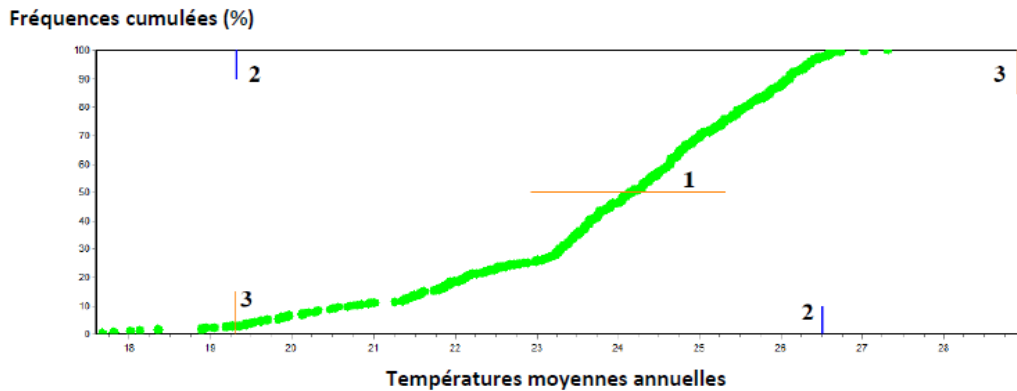


Fig. 21. Températures moyennes annuelles favorables à la croissance de *D. edulis*.
 1 : optimum ; 2 : limites d'intervalle de confiance ; 3 : limites de la zone critique

III. 1. 2. 7. Ecologie de *Dacryodes edulis* en fonction de l'altitude

On note une relation entre l'altitude et les points d'observations de *D. edulis* de plantation et des forêts naturelles (Fig. 22). Cette espèce a une large plasticité d'adaptation altitudinale, de 0 à 1800 m d'altitude. Toutefois, il est plus fréquent de rencontrer *D. edulis* entre le niveau de la mer et 750 m d'altitude. Aucun individu n'a été observé au dessus de 1800 m d'altitude, probablement à cause de la température qui devient faible au fur et à mesure qu'on monte en altitude. En effet, lors de nos prospections au Cameroun, aucun individu de *D. edulis* n'a été observé sur le Mont Cameroun (au Sud-Ouest) et Mont Oku (au Nord-Ouest) au-dessus de 2000 m où les températures sont inférieures à 19 °C.

% d'observations

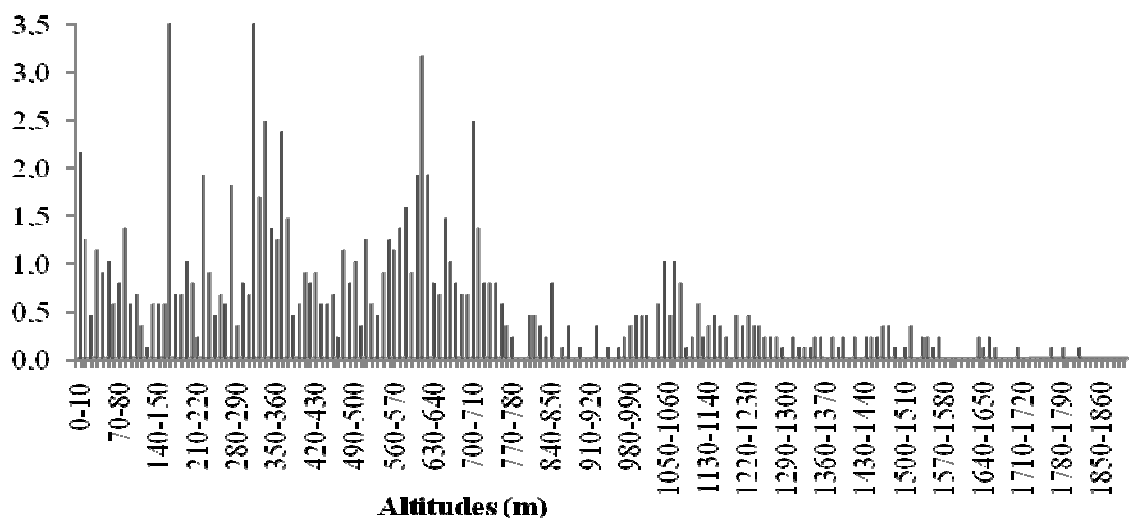


Fig. 22. Altitudes favorables à la croissance de *Dacryodes edulis*.

En extrayant uniquement les individus sauvages, l'analyse de la relation entre l'altitude et les pourcentages d'observations montre que la croissance naturelle de *D. edulis* est limitée aux basses terres, depuis le niveau de mer jusqu'à 900 m d'altitude (Fig. 23). La moyenne est de 341 ± 200 m d'altitude. Tous les individus de hautes altitudes (plus de 900 m d'altitudes) observés sur la figure 25 sont considérés comme individus des plantations. *D. edulis* est susceptible d'être planté à diverses altitudes, jusqu'à 1800 m.

Nombre d'observations

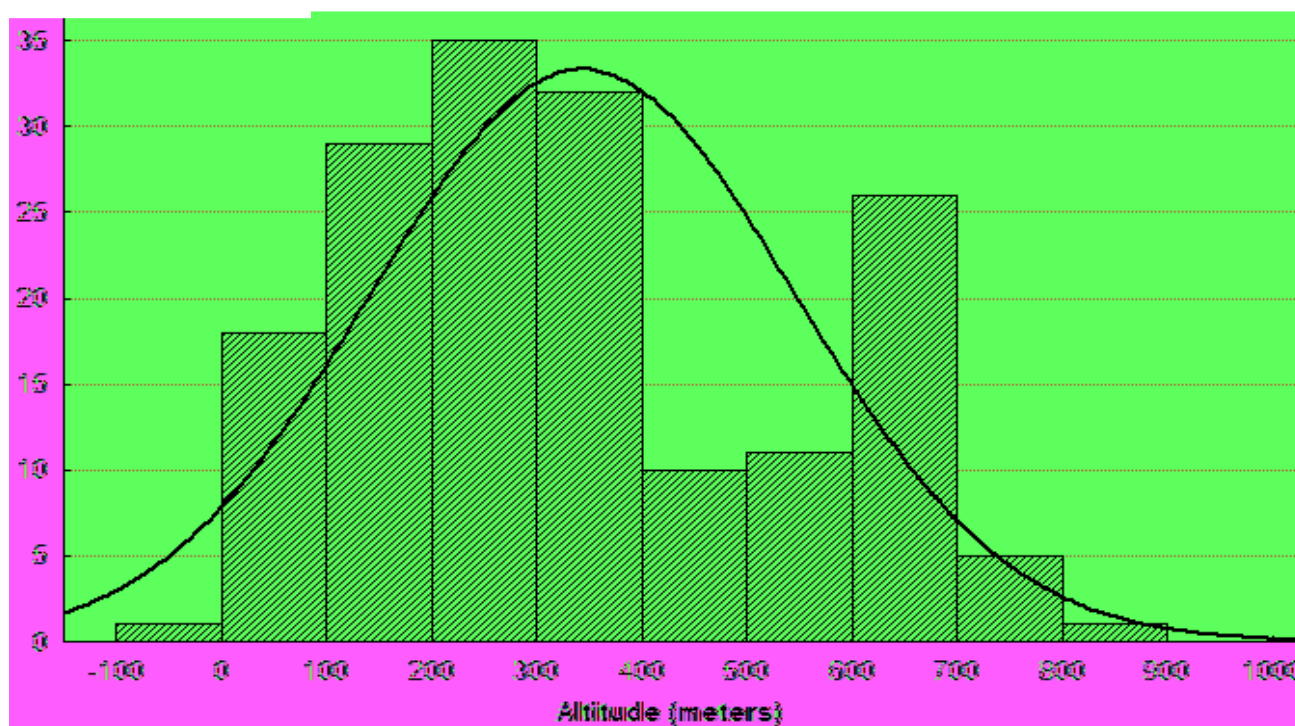


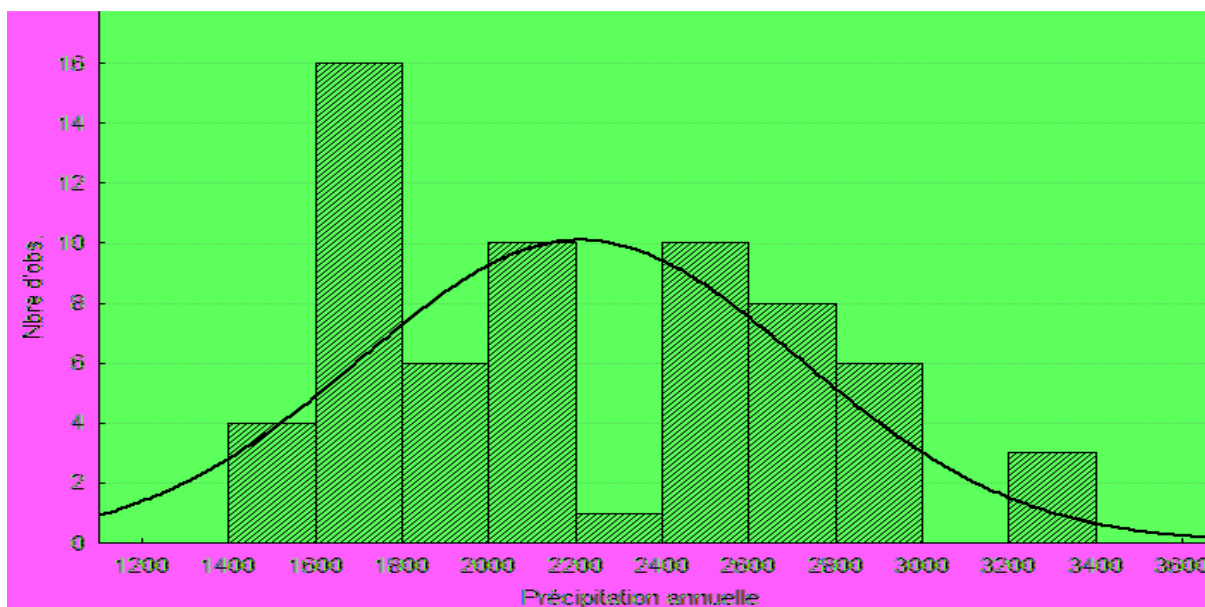
Fig. 23. Altitudes favorables à la croissance naturelle de *Dacryodes edulis*.

III. 1. 2. 8. Préférences pluvio-thermiques de *Dacryodes edulis* des milieux forestiers naturels

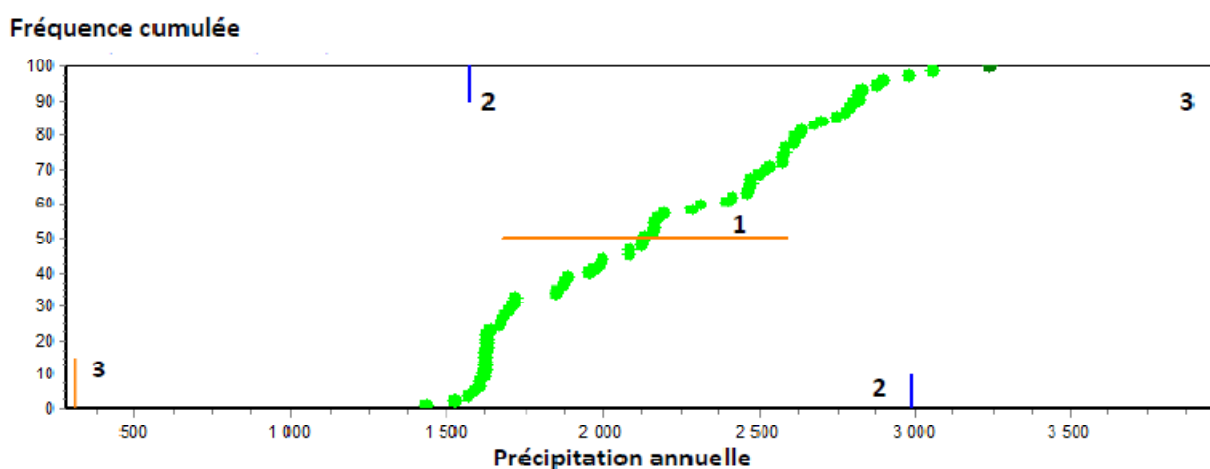
III. 1. 2. 8. 1. Ecologie en fonction des précipitations annuelles

La moyenne des précipitations annuelles favorables à la croissance naturelle de *D. edulis* est de $2205,26 \pm 505,5$ mm/an. L'intervalle de confiance de précipitations annuelles pour la croissance naturelle de *D. edulis* n'est pas grand. Il va de 1500 à 3000 mm/an. Il est très proche de la gamme de précipitations annuelles optimales qui va de 1600 à 2600 mm/an (Fig. 24). Le cas observé pour les individus de plantations dont l'intervalle de confiance de

précipitations est large, se situant entre 1200 et 3200 mm/an, est dû à l'intervention de l'Homme qui a planté les safoutiers même hors de son intervalle de confiance de précipitations annuelles, hors de son *preferentum* naturel de précipitations annuelles.



a. Nombre d'individus en fonction de précipitations annuelles.



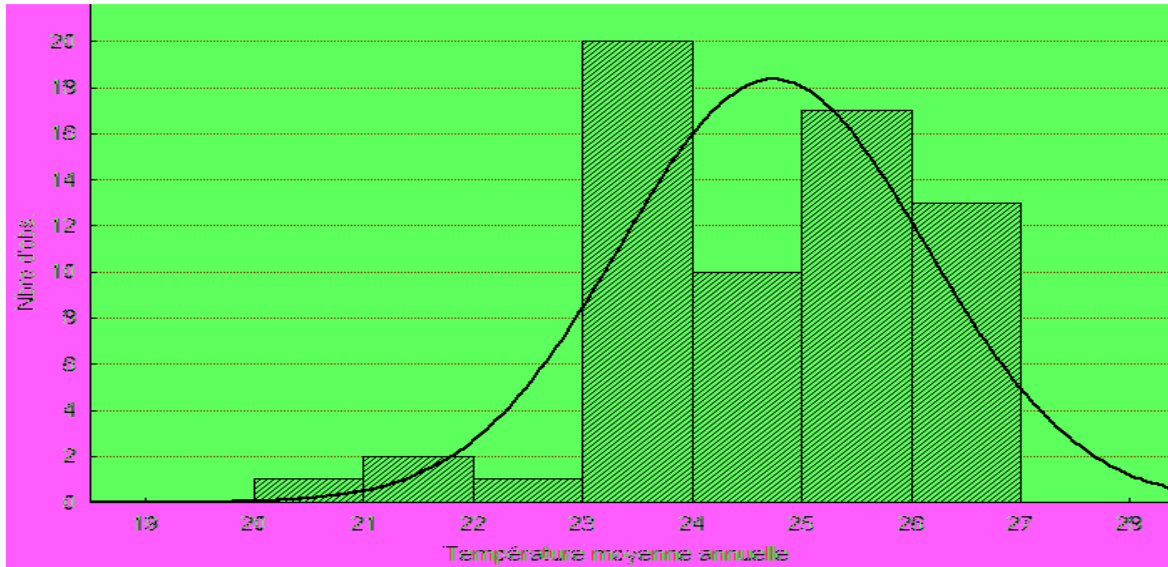
b. Optimum (1), limites d'intervalle de confiance (2) et limites de la zone critique (3) des précipitations annuelles favorables

Fig. 24. Précipitations annuelles favorables à la croissance naturelle de *Dacryodes edulis*.

III. 1. 2. 8. 2. Ecologie en fonction des températures moyennes annuelles

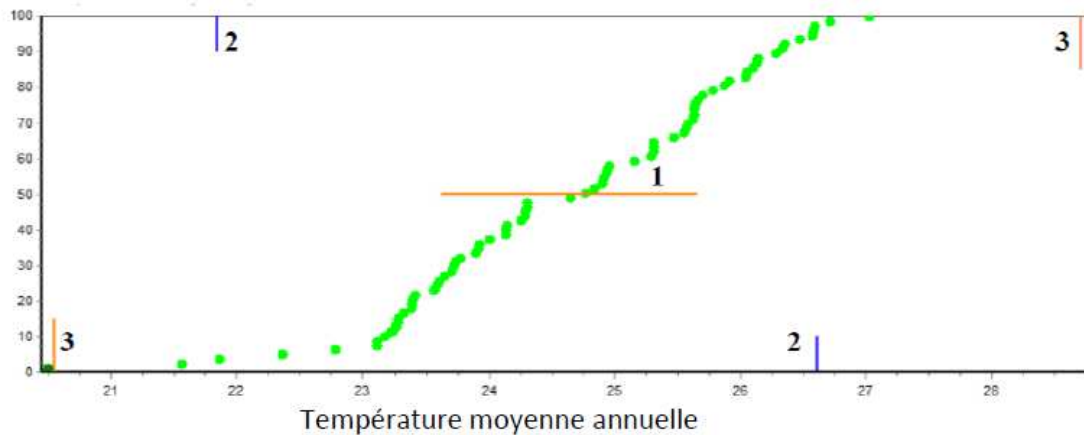
L'intervalle de confiance de températures moyennes annuelles pour la croissance naturelle de *D. edulis* va de 21,8 à 25,8 °C, alors que les températures moyennes annuelles optimales vont de 23,5 à 25,5 °C (Fig. 25). La moyenne des températures moyennes

annuelles est de $24,7 \pm 1,4$ °C. Comme pour les précipitations annuelles, les intervalles de températures favorables à la croissance naturelle des individus de *D. edulis* sont plus petits que ceux des individus observés en plantations.



a. Nombre d'individus en fonction de températures moyennes annuelles

Fréquences cumulées (%)



b. Optimum (1), limites d'intervalle de confiance (2) et limites de la zone critique (3) des précipitations annuelles favorables

Fig. 25. Températures moyennes annuelles favorables à la croissance naturelle de *Dacryodes edulis*.

L'Analyse de Correspondances Principales a été faite sur les paramètres climatiques. En considérant seulement le poids de la contribution de ces paramètres climatiques (corrélation statistiquement significative), les deux premiers composants principaux ont été retenus (Tableau XI). Les deux facteurs ensemble comptent 68 % de variance totale. Le premier représentant 39 % de la variance observée montre une corrélation positive avec la

température. Il distingue les individus des périodes chaudes de ceux de périodes froides. Le second facteur représente 29 % de la variance. Il montre une corrélation positive avec les précipitations des périodes sèches et des corrélations négatives avec la saisonnalité de la température et l'écart de température annuelle.

Tableau XI. Valeurs pluvio-thermiques favorables à *Dacryodes edulis* des forêts naturelles

Paramètres BIOCLIM	Paramètres ACP		
	Moyennes	Facteur 1	Facteur 2
BIO1	24,70 ± 1,39	0,91	-0,28
BIO2	8,76 ± 1,13	-0,60	-0,41
BIO3	75,32 ± 4,55	-0,50	0,63
BIO4	92,27 ± 21,74	0,30	-0,71
BIO5	30,81 ± 1,44	0,72	-0,47
BIO6	19,17 ± 1,76	0,91	0,24
BIO7	11,64 ± 1,54	-0,36	-0,72
BIO8	24,23 ± 1,45	0,67	-0,56
BIO9	24,50 ± 1,71	0,88	0,26
BIO10	25,67 ± 1,48	0,90	-0,34
BIO11	23,44 ± 1,33	0,88	-0,09
BIO12	2205,26 ± 505,44	0,64	0,46
BIO13	377,15 ± 79,33	0,67	0,34
BIO14	25,72 ± 19,38	0,02	0,85
BIO15	65,43 ± 8,02	0,28	-0,65
BIO16	952,10 ± 254,61	0,65	0,38
BIO17	113,84 ± 71,19	-0,01	0,88
BIO18	516,03 ± 146,55	-0,11	-0,43
BIO19	585,67 ± 46,68	0,44	0,61
Variance expérimentale		7,46	5,51
Pourcentage de la variance		0,39	0,29

Les paramètres climatiques à corrélation significative (> 0,7 ; < -0,7 ; p < 0,05) sont indiqués en gras.

III. 1. 2. 8. 3. Corrélations entre les paramètres de températures et les paramètres de précipitations

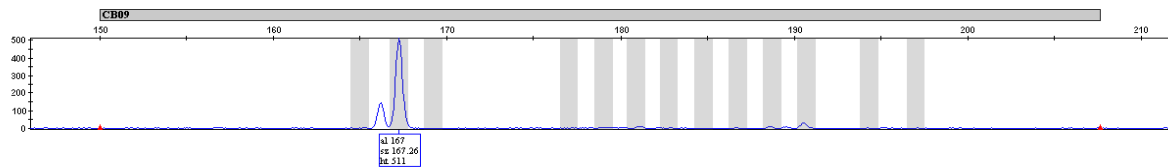
La projection des positions géographiques de 64 échantillons de *D. edulis* des milieux forestiers naturels sur les plans orthonormés dont les paramètres de température sont en abscisses et les paramètres de précipitation sont en ordonnées a montré des corrélations statistiquement significatives entre ces paramètres ($r \geq 0,6$ ou $r \leq -0,6$ et $p < 0,05$). Une seule corrélation positive a été observée, la saisonnalité de précipitation avec la saisonnalité de température, $r = 0,73$ (Tableau XII). Cinq corrélations négatives ont été trouvées. Les périodes les plus sèches sont négativement corrélées avec les écarts de température aussi avec la saisonnalité de température. La précipitation du mois le plus humide est négativement corrélée avec l'écart moyen de températures mensuelles et la saisonnalité de précipitation avec l'isothermalité.

Tableau XII. Corrélations significatives entre les paramètres pluvio-thermiques de *Dacryodes edulis* des forêts

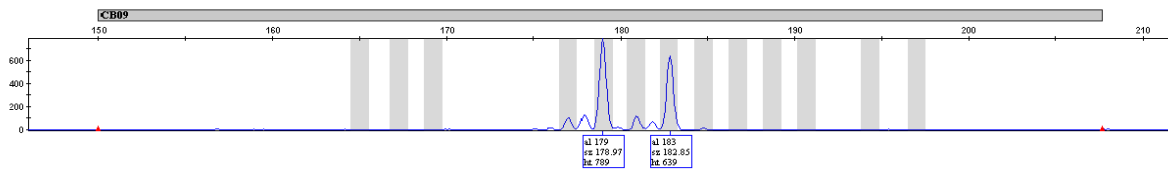
Relations	Paramètres de corrélations	
	Valeurs de r Pearson	Equations relatives
BIO15 / BIO4	0,73	BIO15 = 40,34 + 0,27 * BIO4
BIO13 / BIO2	- 0,64	BIO13 = 770 – 44,89 * BIO2
BIO15 / BIO3	- 0,72	BIO15 = 160,87 – 1,267 * BIO3
BIO17 / BIO4	- 0,61	BIO17 = 299,80 – 2,015 * BIO4
BIO14 / BIO7	- 0,60	BIO14 = 110,58 – 7,291 * BIO7
BIO17 / BIO7	- 0,60	BIO17 = 418,18 – 26,15 * BIO7

III. 1. 3. Caractéristiques des loci microsatellites isolés

Le logiciel GeneMapper a déterminé le nombre d'allèles par locus et a assigné une taille à chaque allèle, en nombre de paires de bases (Fig. 26). Les caractéristiques des six marqueurs microsatellites extraits de *D. edulis* varient entre eux. Ils sont tous polymorphes. La plus petite taille d'un allèle (125 pb) est observée au locus CE09 et la plus grande taille (375 pb) est observée au locus CC01 (Tableau XIII).



a. individu homozygote au locus CB09 (un allèle de taille = 167 pb)



b. individu hétérozygote au locus CB09 (deux allèles de taille = 179 pb et 183 pb)

Fig. 26. Exemples d'hétérozygotie de deux individus

Tableau XIII. Caractérisation des six marqueurs microsatellites isolés de *Dacryodes edulis*

Noms des marqueurs	Caractéristiques		
	Taille de bases	Motifs de bases	Séquences des amorces (5'>3')
CB09	163 – 200	(GA) 10	F: CAGTGGTAAAGGTAGGATGG R: GGTTTGTGTTGGTTGTTTTTC
LD06	152 – 175	(GA) 10	F: CATGTGCATCTTTTGATCTC R: TAGAGGGGAAAGGTAGAAGG
CG11	170 – 185	(CT) 8	F: CACACGATCAAGAAAGACC R: CCCGTAATGACTCTCTAATTG
LB12	205 – 230	(GA) 14	F: AGACCACAAGAACCTTTGC R: GGCCACTTAATTTGATTTTG
CE09	125 – 168	(GA) 16	F: GTAGCTGGGAGGAGATCAGG R: ACAGGCCCCAAAAGCAC
CC01	325 – 375	(CT) 9	F: ATGTTTCGAGGTAGTTCTTGC R: AGAAGATGTGGAAAATGGTG

Tous ces marqueurs ont été amplifiés avec succès pour *D. buettneri*, *D. edulis* et *D. normandii*. Cependant des résultats sur les autres espèces apparaissent médiocres. Deux loci seulement (CE09 et CC01) ont pu être amplifiées sur *D. nitens*, une espèce récoltée dans la forêt guyanaise et aucun locus n'a pu être amplifié sur *Aucoumea klaineana* (Tableau XIV). Aucun écart par déséquilibre de liaison significatif n'a été trouvé en considérant chaque paire de loci dans chaque population. Tous les loci peuvent être considérés comme fournissant des informations sur la structure de la population.

Tableau XIV. Résultats du nombre d'allèles par locus et par espèce

Espèces	NA						
	N	CB09	LD06	CG11	LB12	CE09	CC01*
<i>Dacryodes edulis</i> ,	45	9	5	3	7	15	4
<i>Dacryodes buettneri</i>	8	5	3	3	3	4	1
<i>Dacryodes klaineana</i>	3	-	-	-	-	4	2
<i>Dacryodes normandii</i>	4	5	5	2	2	4	1
<i>Dacryodes nitens</i>	4	-	-	-	-	4	1
<i>Aucoumea klaineana</i>	6	-	-	-	-	-	-
<i>Santiria trimera</i>	16	3	-	2	-	8	1

N: nombre de individus testés ; NA: nombre d'allèles ; * le locus CC01 n'est pas inclus dans la suite de l'analyse

Les loci isolés sont codés et publiés sous les numéros de série suivants : CB09, banque de gène N° EU29987 ; LD06, banque de gène N° EU29988 ; GC11, banque de gènes N° EU29989 ; LB12, banques de gène N° EU29990 ; CE09, banque de gènes N° EU29991 ; CC01, banque de gènes N° EU29992.

III. 1. 4. Diversité génétique de *Dacryodes buettneri*

III. 1. 4. 1. Diversité génétique intra-population de *Dacryodes buettneri*

Les paramètres de génétique de populations traduisant la diversité génétique intra-population sont la richesse allélique, les taux de polymorphisme, l'hétérozygotie et la consanguinité.

III. 1. 4. 1. 1. Nombre moyen d'allèles par population

Le nombre total d'allèles est de 43 allèles pour les 5 loci dans les 6 populations. Les loci étudiés sont en général riches en allèles. Le locus CE09 est le plus riche avec 17 allèles dans toutes les populations suivi du locus CB09 avec 10 allèles, alors que CG11 est le moins riche avec 4 allèles seulement dans les 6 populations (Tableau XV). Le nombre moyen d'allèles varie de $3 \pm 1,41$ dans la population de Makoukou à $6,8 \pm 3,63$ dans la population de Chaillu.

III. 1. 4. 1. 2. Fréquence allélique

Le calcul des fréquences alléliques a montré que plusieurs loci ont une fréquence allélique égale à 0. Deux loci ont des allèles fixés dans deux populations, dont la fréquence allélique est égale à 1. L'allèle 181 de GC11 est fixé dans la population de Lastourville. La fréquence de cet allèle varie entre 0,875 et 1 dans toutes les populations. L'allèle 154 de LD06 est fixé dans les populations de Mt Cristal et de PN Lopé. Les tailles d'allèles (nombres de paires de bases) sont variables selon les loci. Les allèles les plus fréquents sont presque les mêmes dans toutes les populations (Tableau XVI).

Tableau XV. Nombres d'allèles par population de *Dacryodes buettneri*

Populations	Loci					
	CB09	CE09	CG11	LB12	LD06	A
Chaillu	9	12	3	5	5	6,8±3,63
Lastourville	6	5	1	2	3	3,4±2,07
Makoukou	5	4	2	2	2	3,0±1,41
Sassamango	9	9	2	2	2	4,8±3,83
Mt Cristal	9	5	2	2	1	3,8±3,27
PN Lopé	9	9	2	3	1	4,8±3,89
Nombre total des alleles	10	17	4	5	7	

A = nombre moyen d'allèles par population

III. 1. 4. 1. 3. Pourcentage de polymorphisme

Toutes les populations ont un taux de polymorphisme significatif (Tableau XVII). Il est important et varie de 60 % pour la population de Sassamango et de PN Lopé à 100 % pour la population de Chaillu. Les autres populations ont un pourcentage de 80 %. Le polymorphisme moyen est de 76 %.

III. 1. 4. 1. 4. Hétérozygotie

Le taux d'hétérozygotie observée (H_{obs}) varie de 0,21 pour la population de Sassamango à 0,34 pour la population de Chaillu. Le taux moyen de l'hétérozygotie observée est de $0,26 \pm 0,04$. Quant aux taux d'hétérozygotie attendue (H_{att}), ils sont compris entre 0,27 pour la population de Sassamango et 0,47 pour la population de Chaillu, avec une moyenne de $0,35 \pm 0,06$ (Tableau XVII).

Tableau XVI. Fréquences alléliques dans les loci des populations de *Dacryodes buettneri*.

Loci	sites	Chaillu	Lastourville	Makokou	Sassamango	Mt Cristal	PN Lope
	Allèles						
CB09	167	0,129	0,296	0,058	0,036	0,140	0,113
	169	0	0	0,039	0,018	0,040	0,081
	176	0,014	0,023	0	0,214	0,020	0,048
	177	0,129	0,136	0,519	0,482	0,260	0,274
	179	0,029	0	0	0	0	0,065
	181	0,114	0	0	0,018	0,100	0,210
	185	0,214	0,341	0,154	0,054	0,280	0,097
	187	0,286	0,159	0,231	0,107	0,100	0,097
	189	0,071	0	0	0,018	0,020	0,016
	192	0,014	0,046	0	0,054	0,040	0
CE09	126	0,042	0	0	0	0	0
	127	0,014	0,022	0	0,036	0,020	0,161
	128	0,125	0,044	0,222	0,036	0,080	0,113
	130	0,653	0,891	0,648	0,732	0,840	0,645
	132	0	0	0	0,018	0	0
	134	0	0	0	0,018	0	0,032
	135	0	0,022	0	0,018	0	0
	137	0,014	0	0	0	0	0
	138	0,014	0	0	0	0	0
	141	0,014	0	0,111	0,018	0	0,048
	143	0,028	0	0	0	0	0
	145	0,014	0	0	0	0	0
	150	0,014	0	0	0	0,040	0
	155	0,028	0	0	0	0	0
	156	0	0	0	0,018	0	0
158	0,042	0	0	0	0	0	
159	0	0,022	0,019	0,107	0,020	0	
CG11	175	0	0	0,056	0	0	0
	180	0,111	0	0	0,036	0,100	0,048
	181	0,875	1	0,944	0,964	0,900	0,952
	183	0,014	0	0	0	0	0
LB12	210	0,014	0	0	0	0	0
	219	0,819	0,727	0,982	0,929	0,800	0,855
	220	0,139	0,273	0,019	0,071	0,200	0,145
	221	0,014	0	0	0	0	0
	230	0,014	0	0	0	0	0
LD06	146	0	0,044	0	0	0	0
	154	0,700	0,674	0,556	0,982	1	1
	155	0,257	0,283	0,444	0	0	0
	156	0	0	0	0,018	0	0
	159	0,014	0	0	0	0	0
	160	0,014	0	0	0	0	0
	164	0,014	0	0	0	0	0

III. 1. 4. 1. 5. Ecart à la panmixie

L'écart à la panmixie (F) ou le coefficient de fixation, est la mesure de l'écart entre la proportion d'individus trouvés à l'état hétérozygotes (H_{obs}) et le taux d'hétérozygotie attendue (H_{att}). Les valeurs de F sont significativement différentes de zéro ($p < 0,05$). Toutes les six populations présentent des coefficients de fixation positifs plus ou moins élevés, compris entre 0,15 (population de Mt Cristal) et 0,36 (population de Casterville) avec une moyenne de $0,25 \pm 0,08$, traduisant ainsi un déficit en hétérozygotes assez important. La population de Chaillu est particulièrement la plus diversifiée (nombre moyen d'allèles par locus $A = 6,8$; pourcentage de polymorphisme $P = 100\%$ et le taux d'hétérozygotie $H_{att} = 0,47$) suivie des populations de Casterville et de Makoukou (Tableau XVII). La population de Sassamango est la moins diversifiée ($P = 60\%$ et $H_{att} = 0,27$).

Tableau XVII. Indices de diversité génétique intra-population et coefficient de consanguinité de *Dacryodes buettneri*

Populations	Indices de diversité				
	N	P	H_{att}	H_{obs}	F
Chaillu	36	1	0,47	0,34	0,27
Lastourville	23	0,8	0,36	0,23	0,36
Makoukou	27	0,8	0,36	0,25	0,30
Sassamango	28	0,6	0,27	0,21	0,22
Mt Cristal	25	0,8	0,32	0,27	0,15
PN Lopé	31	0,6	0,34	0,28	0,17
Mean (\pm écart type)	$28 \pm 4,63$	$0,76 \pm 0,15$	$0,35 \pm 0,06$	$0,26 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,08$

N : effectif des populations ; P = pourcentage de polymorphisme ; H_{obs} = hétérozygotie observée ; H_{att} = hétérozygotie attendue ; F = coefficient de consanguinité.

III. 1. 4. 2. Diversité génétique inter-population de *Dacryodes buettneri*

Les paramètres de génétique de populations traduisant la diversité inter-population sont les F-statistiques, les distances génétiques et le flux de gène.

III. 1. 4. 2. 1. F-statistiques

La variabilité génétique des populations prises individuellement, $Fis = 0,38$, est sensiblement égale à la variabilité génétique de la population totale, $Fit = 0,40$. Ces variabilités génétiques intra-populations et inter-populations suggèrent que les déficits en hétérozygotes sont sensiblement les mêmes au niveau des populations prises isolément que dans la population totale. La différenciation génétique moyenne entre les populations est

globalement modérée ($F_{st} = 0,08$), indiquant que la grande part de la diversité génétique de *D. buettneri* est d'origine intra-population, 8 % seulement de diversité génétique sont d'origine inter-population alors que jusqu'à 92 % de diversité génétique sont d'origine intra-population. Le flux de gènes est de $Nm = 2,87$.

III. 1. 4. 2. 2. Distances et flux de gènes génétiques entre populations

La matrice des distances génétiques par paires de populations (F_{st} par paires de populations) sont faibles à modérées. Elles vont de 0,02 entre Mt Cristal et PN Lopé et Sassamango et PN Lopé à 0,10 entre Makokou et Mt Cristal, entre Lastourville et Sassamango et entre Makokou et PN Lopé (Tableau XVIII). La valeur la plus grande du flux de gènes par paires de populations est observée entre PN Lopé et Mt Cristal ($Nm = 14,30$) et la valeur la plus petite est notée entre Mt Cristal et Makokou ($Nm = 1,5$). Ces valeurs sont grandes. La moyenne du flux de gènes au sein de l'espèce est de $Nm = 2,87$ (Tableau XVIII), ce qui montre qu'en moyenne près de trois migrants passent d'une accession à une autre au cours d'une génération.

Tableau XVIII. Matrice de flux de gènes, Nm (au dessus de la diagonale) et de distance génétique, F_{st} par paire de populations

Populations	Populations					
	Chaillu	Lastourville	Makokou	Sassamango	Mt Cristal	PN Lopé
Chaillu	-	10,47	4,57	2,60	5,78	4,92
Lastourville	0,03	-	2,17	1,56	4,62	2,24
Makokou	0,05	0,08*	-	1,81	1,50	1,68
Sassamango	0,06*	0,10*	0,08*	-	4,94	6,83
Monts de Cristal	0,04	0,04	0,10*	0,03	-	14,30
PN Lopé	0,04	0,08*	0,10*	0,02	0,02	-

* valeurs modérées de différenciation génétique entre les populations

III. 1. 5. Diversité génétique de *Dacryodes edulis*

III. 1. 5. 1. Diversité génétique intra-population de *Dacryodes edulis*

III. 1. 5. 1. 2. Nombre moyen d'allèles par population

Le nombre total d'allèles est de 104 allèles pour les 5 loci dans les 23 populations. Les loci étudiés sont en général riches en allèles. Le locus LD12 est le plus riche avec 33 allèles pour toutes les populations suivi du locus CE09 avec 27 allèles, alors que CG11 est le moins riche avec 9 allèles pour les 29 populations (Tableau XIX).

Le nombre moyen d'allèles dans les loci par population est semblable dans presque toutes les populations. Mais la population de Bibondi-F a seulement $2,4 \pm 1,34$ allèles en moyenne alors que les populations de Mbouda et de RF Mokoko en ont jusqu'à 6,8 allèles en moyenne (Tableau XIX).

La comparaison des données des allèles des populations a permis de distinguer globalement deux groupes de populations selon la distribution des loci les plus riches en allèles.

Groupe 1 : les populations du Cameroun. Elles se caractérisent par une plus grande richesse allélique au locus CE09. En effet, le nombre moyen d'allèles pour ce locus est supérieur à 11 au Cameroun alors que les autres loci présentent des valeurs nettement inférieures à 6 (5,72 pour CB09 ; 2,16 pour CG11 ; 3,39 pour LB12 et 3,72 pour LD09).

Groupe 2 : les populations du Gabon. Elles se caractérisent par une plus grande richesse allélique au locus LD06. En effet, le nombre moyen d'allèles pour ce locus est de 12,8 au Gabon alors que les valeurs des autres loci sont nettement inférieures à 6 (5,4 pour CB06 ; 4 pour CE09 ; 3 pour CG11 et 4,8 pour LB12). Les trois autres loci n'ont pas montré de différence particulière selon les populations.

III. 1. 5. 1. 2. Fréquence allélique

Le calcul des fréquences alléliques montre que plusieurs loci ont une fréquence allélique égale à 0. Trois loci ont des allèles fixés dans 6 populations, dont la fréquence allélique est égale à 1. L'allèle 181 de GC11 est fixé dans les populations de Bibondi-F, de Bibondi, d'Ebodjé et de Makénééné. Parmi les 23 populations, la fréquence la plus petite de

cet allèle est de 0,80. L'allèle 210 de LB12 est fixé dans la population de Mamfé et l'allèle 160 de LD06 est fixé dans la population de Bibondi-F. Toutes ces populations sont au Cameroun. Les allèles les plus fréquents sont presque les mêmes dans toute les populations (Annexe 9).

Tableau XIX. Nombres d'allèles par locus et par population de *Dacryodes edulis*

Populations	Loci					Moyenne
	CB09	CE09	CG11	LB12	LD09	
Soa_Cameroun	6	11	3	1	3	4,8 ± 3,89
Akono_Cameroun	7	13	2	4	4	6 ± 4,3
Supé_Cameroun	7	11	2	3	2	5 ± 3,93
Ebodjé_Cameroun	5	10	1	4	2	4,4 ± 3,5
Nkollé_Cameroun	6	10	3	3	3	5 ± 3,08
Mbouda_Cameroun	10	13	3	5	3	6,8 ± 4,49
Makénéne_Cameroun	9	12	1	4	4	6 ± 4,41
Yaoundé_Cameroun	3	3	2	4	11	4,6 ± 3,64
Somalomo_Cameroun	4	11	2	4	2	4,6 ± 3,71
Ngaoundal_Cameroun	5	10	2	3	5	5 ± 3,08
Kumbam_Cameroun	3	10	2	4	3	4,4 ± 3,2
Wum_Cameroun	4	9	2	2	2	3,8 ± 3,03
Bakossi_Cameroun	5	13	2	4	5	5,8 ± 4,2
Bibondi_Cameroun	5	14	1	4	2	5,2 ± 5,16
Bibondi-F_Cameroun	3	4	1	3	1	2,4 ± 1,34
Rhumpi_Cameroun	8	14	4	6	5	7,4 ± 3,97
Mokoko_Cameroun	8	17	3	2	4	6,8 ± 6,14
Mamfe_Cameroun	5	14	3	1	7	6 ± 5
Boumango_Gabon	5	3	3	6	14	6,2 ± 4,54
Moanda_Gabon	6	6	2	6	9	5,8 ± 2,48
HS-Hawaï_Gabon	5	4	2	3	13	5,4 ± 4,39
Okondja_Gabon	6	3	5	6	13	6,6 ± 3,78
Maboukou_Gabon	5	4	3	3	15	6 ± 5,09
Total	16	27	9	19	33	

III. 1. 5. 1. 3. Pourcentage de polymorphisme

Toutes les populations ont un taux de polymorphisme supérieur ou égal à 60 %. Il est important et varie de 60 % pour la population Bibondi-F à 100 % pour toutes les populations de Gabon et sept populations du Cameroun (Akono, Supe, Nkollé, Mbouda, Rhumpi, Ngaoundal et Somalomo). Les autres populations ont un pourcentage de 80 %. Le polymorphisme moyen est de 90 % (Tableau XX).

III. 1. 5. 1. 4. Hétérozygotie

Le taux d'hétérozygotie observée (H_{obs}) varie de 0,31 pour les populations d'Ebodjé et de Wum à 0,57 pour la population de Mbouda. Le taux moyen de l'hétérozygotie observée est de $0,41 \pm 0,05$. Quant aux taux d'hétérozygotie attendue (H_{att}), ils sont compris entre 0,39 pour la population d'Ebodjé à 0,56 pour la population de Rhumpi avec une moyenne de $0,47 \pm 0,05$ (Tableau XX).

III. 1. 5. 1. 5. Ecart à la panmixie

L'écart à la panmixie (F) ou coefficient de fixation, est la mesure de l'écart entre la proportion d'individus trouvés à l'état hétérozygotes (H_{obs}) et le taux d'hétérozygotie attendue (H_{att}). La moyenne $F = 0,12$ (Tableau XX), représente la moitié du coefficient de consanguinité de celui de *D. buettneri* (résultats dans cette thèse). Quatre populations (Supe, Mbouda, Makenene et Yaoundé) présentent des coefficients significativement inférieurs à zéro. Une seule population (Nkollé) paraît panmictique (F statistiquement égale 0). Toutes les autres populations (18 populations sur 23 étudiées) ont un coefficient de fixation plus ou moins élevé compris entre 0,04 (population Bakossi) et 0,34 (population Okondja), traduisant ainsi un déficit en hétérozygotes assez important.

III. 1. 5. 2. Diversité génétique inter-population de *Dacryodes edulis*

III. 1. 5. 2. 1. F-statistiques

La variabilité génétique moyenne intra-population, $F_{is} = 0,22$, est moins élevée que la variabilité inter-population, $F_{it} = 0,25$. Cette variabilité génétique intra-population moins élevée que la variabilité inter-population suggère qu'un déficit en hétérozygotes est moins important au niveau des populations prises isolément que dans la population totale. La différenciation génétique moyenne entre les populations est globalement faible ($F_{st} = 0,03$) indiquant que la grande partie de la diversité génétique de *D. edulis* est d'origine intra-populations, 3 % seulement de diversité sont d'origine inter-population alors que jusqu'à 97% est d'origine intra-population. La valeur du flux de gène pour l'espèce estimée ($Nm = 6$) représente une valeur relativement importante, traduisant un niveau d'échange de gènes significatif entre les populations. Six migrants passent d'une population à l'autre au cours d'une génération.

Tableau XX. Indices de diversité génétique intra-population et coefficient de consanguinité estimés pour *Dacryodes edulis*

Populations	Paramètres				
	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>H_{att}</i>	<i>H_{obs}</i>	<i>F</i>
Soa	24	0,8	0,44	0,41	0,07
Akono	23	1	0,53	0,45	0,15
Supé	30	1	0,44	0,48	-0,09
Ebodjé	20	0,8	0,39	0,31	0,20
Nkollé	30	1	0,48	0,49	-0,02*
Mbouda	29	1	0,54	0,57	-0,05
Makenene	29	0,8	0,47	0,49	-0,04
Yaoundé	19	0,8	0,46	0,52	-0,13
Somalomo	16	1	0,47	0,44	0,06
Ngaoundal	13	1	0,50	0,43	0,14
Kumbam	24	0,8	0,40	0,33	0,17
Wum	19	0,8	0,40	0,31	0,22
Bakossi	27	0,8	0,45	0,43	0,04
Bibondi	25	0,8	0,43	0,32	0,25
Bibondi-F	4	0,6	0,36	0,32	0,11
Rhumpi	23	1	0,56	0,39	0,30
RF Mokoko	19	0,8	0,49	0,40	0,18
Boumango	24	1	0,49	0,43	0,12
Moanda	23	1	0,46	0,33	0,28
HS Hawaï	25	1	0,48	0,37	0,23
Okondja	26	1	0,52	0,34	0,34
Maboukou	26	1	0,51	0,46	0,10
Moyenne (\pm écart type)	23 \pm 6,1	0,9 \pm 0,12	0,47 \pm 0,05	0,41 \pm 0,07	0,12 \pm 0,13

* population dont le coefficient de consanguinité est statistiquement et significativement égale à zéro ($p < 0,05$). *N*: effectif des populations; *A* = nombre moyen d'allèles par locus; *P* = pourcentage de polymorphisme; *H_{obs}* = hétérozygotie observée; *H_{att}* = hétérozygotie attendue; *F* = coefficient de consanguinité

III. 1. 5. 2. 2. Distances génétiques entre les populations et flux de gènes

La matrice des distances génétiques (F_{st} entre paires de populations) indique que les distances génétiques sont faibles à modérées entre les populations de *D. edulis* du Cameroun et entre les populations du Gabon. Toutefois, cette distance est très importantes entre les populations du Cameroun et les populations du Gabon, allant jusqu'à 0,73 (Tableau XXI). Les valeurs les plus faibles sont observées entre les populations du Gabon, à cause probablement du rapprochement géographique des populations. Ainsi, les valeurs les plus observées entre les populations du Cameroun sont en relation avec les distances géographiques. Les faibles différenciations génétiques observées entre certaines populations sont dues probablement à cause des échanges des semences entre les planteurs.

III. 1. 6. Relation génétique entre *Dacryodes buettneri* et *Dacryodes edulis*

III. 1. 6. 1. Distance génétique et flux de gènes entre les espèces

La relation génétique ici correspond à une caractérisation de la distribution de la variabilité génétique à l'échelle de deux espèces. Le flux de gènes entre *D. buettneri* et *D. edulis* est de $Nm = 0,44$ indiquant qu'il faut près de deux générations pour qu'un migrant passe d'une espèce à une autre. Cette valeur n'est pas négligeable pour deux espèces différentes. La distance génétique moyenne entre les deux espèces est très importante, $F_{st} = 0,74$.

III. 1. 6. 2. Analyse Factorielle de Correspondance sur les individus

Afin d'apprécier la relation génétique entre les espèces, toutes les populations de la même espèce ont été regroupées en une grande population. Deux populations seulement ont été constituées alors, une population de *D. buettneri* et une population de *D. edulis*. Les données sont entrées dans le logiciel Genetix. L'Analyse Factorielle de Correspondances, AFC (Fig. 27) basée sur le centre de gravité des populations a ressorti trois groupements de populations (groupe I = groupe de *D. edulis* du Cameroun ; groupe II = groupe de *D. edulis* du Gabon et groupe III = groupe de *D. buettneri*). Aucun autre groupe d'individus n'a été détecté. Les individus de *D. edulis* semblent plus dispersés sur le plan que ceux de *D. buettneri*.

Tableau XXI. Distances génétiques (Fst par paire de populations) entre paires de populations de *Dacryodes edulis*

Populations de <i>D. edulis</i>	Populations de <i>D. edulis</i>																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19*	20*	21*	22*	23*
1		0,08	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,21	0,04	0,04	0,06	0,04	0,01	0,05	0,45	0,05	0,04	0,05	0,22	0,18	0,22	0,24	0,22
2			0,04	0,09	0,06	0,05	0,05	0,29	0,06	0,07	0,04	0,04	0,06	0,04	0,26	0,06	0,05	0,06	0,29	0,29	0,31	0,35	0,30
3				0,07	0,05	0,04	0,03	0,24	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,31	0,05	0,03	0,04	0,25	0,22	0,25	0,27	0,24
4					0,06	0,05	0,04	0,24	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,34	0,05	0,04	0,04	0,26	0,21	0,25	0,27	0,27
5						0,03	0,04	0,23	0,06	0,07	0,04	0,03	0,05	0,03	0,30	0,03	0,03	0,05	0,25	0,24	0,23	0,28	0,25
6							0,02	0,26	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,30	0,03	0,03	0,05	0,27	0,24	0,27	0,31	0,27
7								0,22	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,27	0,02	0,02	0,04	0,25	0,22	0,25	0,28	0,24
8									0,23	0,23	0,23	0,22	0,18	0,24	0,67	0,23	0,20	0,20	0,14	0,11	0,14	0,13	0,13
9										0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,35	0,05	0,03	0,04	0,24	0,21	0,24	0,27	0,26
10											0,06	0,04	0,03	0,05	0,34	0,04	0,04	0,05	0,25	0,21	0,25	0,28	0,26
11												0,02	0,04	0,03	0,29	0,04	0,03	0,03	0,27	0,24	0,25	0,29	0,27
12													0,02	0,02	0,33	0,03	0,02	0,03	0,22	0,19	0,22	0,25	0,24
13														0,04	0,41	0,04	0,03	0,04	0,20	0,17	0,19	0,22	0,20
14															0,27	0,04	0,03	0,05	0,26	0,23	0,26	0,28	0,26
15																0,33	0,30	0,34	0,69	0,67	0,70	0,73	0,66
16																	0,02	0,03	0,24	0,22	0,23	0,28	0,25
17																		0,02	0,22	0,20	0,21	0,25	0,22
18																			0,20	0,18	0,20	0,22	0,21
19*																				0,03	0,02	0,03	0,02
20*																					0,03	0,02	0,03
21*																						0,04	0,02
22*																							0,03

(* = populations de Gabon ; 1=Soa, 2=Akono, 3=Supe, 4=Ebodjé, 5= Nkollé, 6=Mbouda, 7=Makenene, 8= Yaounde, 9=Somalomo, 10=Ngounda, 11=Kumbam, 12=Wum, 13=Bakossi, 14=Bibondi, 15=Bibondi-F, 16=Rumpi, 17=Mokoko, 18=Mamfé, 19=Boumango, 20= Moanda, 21=Hawaï, 22=Okondja, 23=Maboukou)

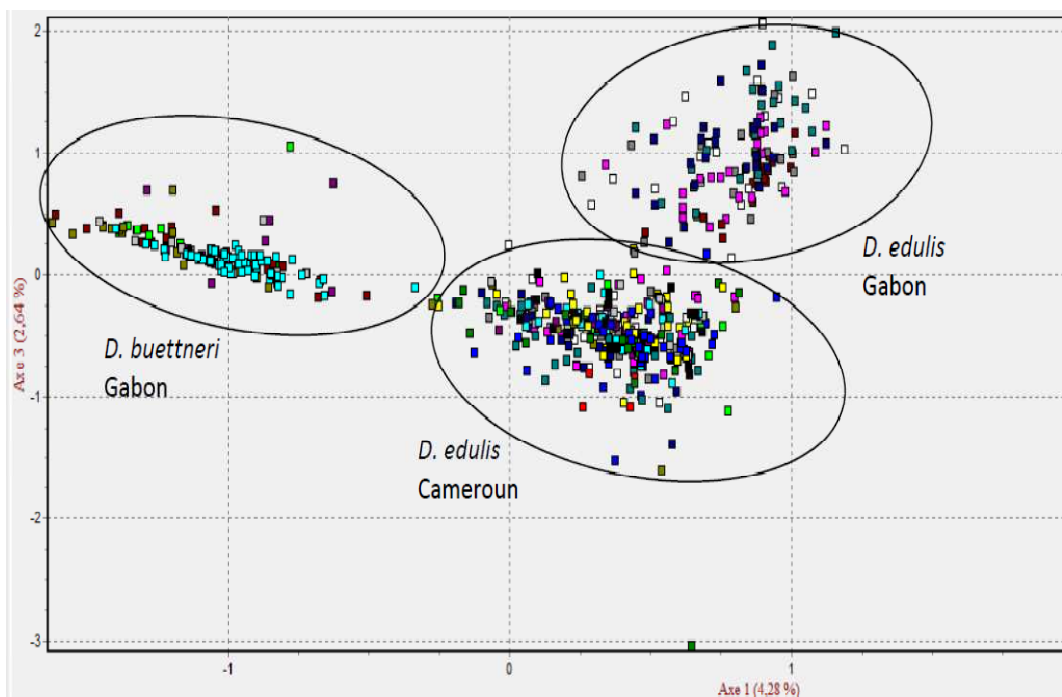


Fig. 27. Analyse Factorielle des Correspondances des individus de *D. edulis* et *D. buettneri*.

III. 1. 6. 2. Réservoirs géniques au sein de *Dacryodes buettneri* et *Dacryodes edulis*

Les données de tous les individus de toutes les populations de *D. edulis* et *D. buettneri* ont été entrées dans un fichier, considérés comme appartenant à une même population. Les collectes d'échantillons de *D. edulis* ont été réalisées à partir de la connaissance des différences morphologiques des individus cultivés en plantations et des individus des milieux naturels forestiers, avec des variations morphologiques notables entre les individus. Le caractère le plus remarquable étant les dimensions des fruits. Les deux formes suivant les caractères décrits par Okafor (1983) ont été considérées.

L'analyse de la structure génétique par une méthode bayésienne de clustering (Evanno *et al.* 2005) sous le logiciel Structure n'a pas montré de subdivisions au sein de *D. edulis* suivant les caractères morphologiques. Aucune distinction génétique n'a été décelée au sein de cette espèce. Deux réservoirs géniques bien structurés ont été définis, un réservoir constitué des individus du Cameroun et un réservoir constitué des individus du Gabon. Il n'y a pas de subdivisions en groupes génétiques au sein de *D. buettneri* (Fig. 28). Il existe quelques individus qui partagent des proportions d'affinité aux différents réservoirs géniques, suggérant un flux de gènes entre les populations, même entre les deux espèces différentes.

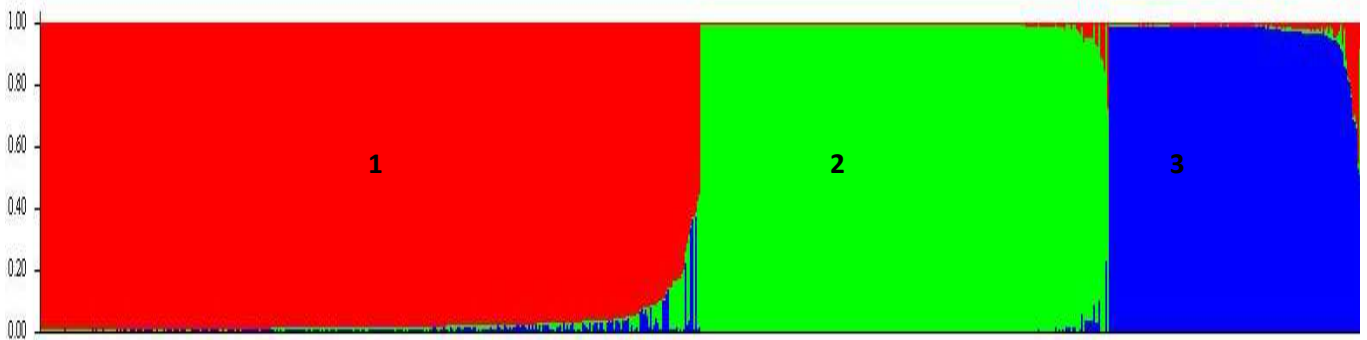


Fig. 28. Histogramme de la structure génétique au sein de *Dacryodes edulis* et *Dacryodes buettneri*

Les plages de couleurs sont constituées de rectangles verticaux et chaque rectangle représente un individu. Chaque couleur représente un groupe génétique. En abscisse : 1- groupe génétique *D. edulis* récolté au Cameroun (400 individus) ; 2- groupe génétique *D. edulis* récolté au Gabon (124 individus) et 3- groupe génétique *D. buettneri* récolté au Gabon (90 individus). En ordonnée, la proportion d'affinité à un réservoir génétique c'est-à-dire la proportion de chaque réservoir génétique dans un individu.

III. 2. Discussion

III. 2. 1. Etude des niches écologiques et conservation *in situ*

La description de la niche écologique d'une espèce est une contribution à la conservation et la valorisation de la ressource génétique (Sampoux & Badeau, 2009). Une espèce végétale ne peut effectivement accomplir son cycle de vie qu'à l'intérieur d'une gamme limitée de variations environnementales d'origine abiotique et biotique. Selon la définition de Grinnell (1917, 1924), la niche écologique désigne la gamme de variations environnementales compatibles avec la présence d'une espèce.

La modélisation de la niche écologique d'une espèce consiste à définir les paramètres environnementaux des sites étudiés qui prévoient la probabilité de trouver des individus de cette espèce. Cette modélisation statistique est basée sur des observations effectives de présence des individus de l'espèce combinées aux facteurs abiotiques des sites des observations. Elle est considérée comme décrivant sa niche réalisée. En fait, l'approche utilisée pour cette étude définit les facteurs environnementaux qui sont attendus favorables à la présence de l'espèce. Les termes « d'habitats potentiels » (Araujo & Guisan, 2006), de distributions géographiques potentielles et niche écologique naturelle sont utilisés parce que

cette modélisation statistique fait l'hypothèse que les espèces étudiées sont en équilibre avec leurs environnements.

La distribution géographique potentielle de *D. buettneri* a montré que quelques aires protégées du Gabon offrent heureusement de bonnes conditions environnementales à la croissance des individus. Ce résultat appuie les travaux de Tutin *et al.* (1994) qui signalaient déjà l'existence de groupes de plusieurs pieds dans le parc national de la Lopé. Etant donné que *D. buettneri* n'est pas cultivé par les populations (Bourobou Bourobou, 1994), la distribution modélisée à partir des paramètres climatiques coïncide presque avec celle de la distribution réelle. L'intervalle de confiance trouvé (1500 à 2550 mm/an) est comparable à celui trouvé par CIRAD (2003) qui va de 2000 à 3000 mm/an. L'espèce semble menacée au Cameroun et au Congo (Onana, 2008) où les conditions environnementales sont favorables à la croissance naturelle, mais est confrontée à l'exploitation forestière et l'agriculture qui détruisent son habitat naturel. La prédiction de la distribution a montré des expansions à l'est du Cameroun et sud du Congo vers l'intérieur du pays, même si peu ou pas d'échantillons ont été récoltés dans ces endroits. Des prospections scientifiques dans ces zones indiquées favorables à la croissance naturelle de l'espèce sont à encourager afin d'y apprécier l'abondance des peuplements si on veut conserver *in situ* les populations de *D. buettneri* et utiliser durablement cette ressource. Selon Onana (2008), l'espèce est menacée au sud et est du Cameroun à cause des nombres d'individus dans les peuplements relativement petit et l'exploitation forestière, bien des conditions écologiques paraissent favorables son développement.

Le domaine écologique de *D. buettneri* est très proche de celui de l'okoumé, *Aucoumea klaineana* Pierre. Elle y constitue la deuxième espèce la plus caractéristique de la strate forestière supérieure après cette dernière. Cependant, contrairement à *D. buettneri*, Van Valkenburg (2008) a signalé que l'okoumé a été planté hors de sa distribution naturelle pour l'exploitation du bois au Cameroun et en Côte d'Ivoire ou pour des expérimentations au Congo, en République Démocratique de Congo, au Ghana et à Madagascar. Au sud du Cameroun, en Guinée Equatoriale et par endroits au Gabon, il est très fréquent de trouver *D. buettneri* en forêts secondarisées en association avec *Musanga cecropioides* R.Br. ou *Xylopia aethiopica* (Dunal) A.Rich. ou encore dans les plantations et derrière les habitations. Bourobou Bourobou (1994) a observé des individus dans des forêts dégradées au Gabon. Ainsi, il conclut que les agriculteurs, lors des défrichements pour les plantations, ont toujours protégé les individus de *D. buettneri* existants.

Dacryodes buettneri est une espèce grégaire et croît en peuplements d'individus (Louis & Fontès, 1996 ; Onana, 1998). Il est fréquent d'en trouver jusqu'à 11,6 arbres par hectare (Tutin *et al.*, 1994). Les valeurs des altitudes de *D. buettneri* (optimum situant entre 250 et 420 m d'altitudes et la moyenne de 335 ± 192 m d'altitude) sont comparables à certaines espèces du genre *Dacryodes* comme *D. igaganga* (Vivien et Faure, 1988) et *D. edulis* croissant spontanément en forêts.

Segura *et al.* (2003) ont utilisé une approche de niche écologique, mais sous le logiciel FloraMap, pour planifier les activités de conservation *in situ* de six espèces de *Passiflora* dans les Andes. De même, Jarvis *et al.* (2005) ont pu identifier six nouvelles populations de *Capsicum flexuosum* au Paraguay en utilisant la même approche.

Le Système d'Information Géographique (SIG) est un outil intéressant pour étudier les distributions géographiques et les niches écologiques des espèces végétales. L'étude des distributions géographiques et des niches écologiques permet une meilleure compréhension du potentiel des ressources phytogénétiques dans des zones sous-prospectées et négligées. Elle permet d'identifier des zones climatiquement favorables au développement de l'espèce, même si peu ou pas de collections ont été faites dans certaines zones. Elle contribue à une amélioration des stratégies de conservation *in situ* et l'utilisation durable des ressources génétiques. Les résultats obtenus de la distribution potentielle, des températures moyennes annuelles favorables, des hauteurs des précipitations annuelles favorables et des altitudes favorables pourront soutenir les efforts des gouvernements et des ONGs à conserver et à utiliser durablement les populations de *D. buettneri* et *D. edulis* en Afrique centrale.

III. 2. 2. Niches écologiques fondamentale et réalisée de *Dacryodes edulis*

L'hypothèse admise dans l'approche de modélisation de la niche écologique à partir des paramètres climatiques peut être discutable pour les espèces invasives introduites. Pour les espèces semi-domestiquées, il faut délicatement distinguer les individus domestiqués des individus poussant dans le milieu naturel. C'est le cas de *D. edulis* qui présente une grande plasticité écologique (Kengue, 2002). En effet, l'espèce est largement répartie, même hors de son aire de distribution naturelle et est plantée sous des conditions écologiques diverses. L'intervention humaine sur la distribution géographique de *D. edulis* a modifié l'écologie initiale de l'espèce. C'est pour cette raison qu'il faut distinguer la niche écologique réelle ou

réalisée représentant les conditions écologiques des individus sauvages poussant naturellement dans les forêts et la niche écologique fondamentale représentant les conditions écologiques des individus domestiqués se trouvant dans les plantations. La niche écologique réalisée est incluse dans la niche écologique fondamentale (Fig. 29). En effet, la niche écologique fondamentale correspond à l'ensemble des paramètres environnementaux qui autorisent la présence de l'espèce en l'absence de compétition ou de prédation causées par d'autres espèces, et la niche écologique réalisée correspond à la partie de la niche écologique fondamentale dans laquelle l'espèce est naturellement présente (Hutchinson, 1957).

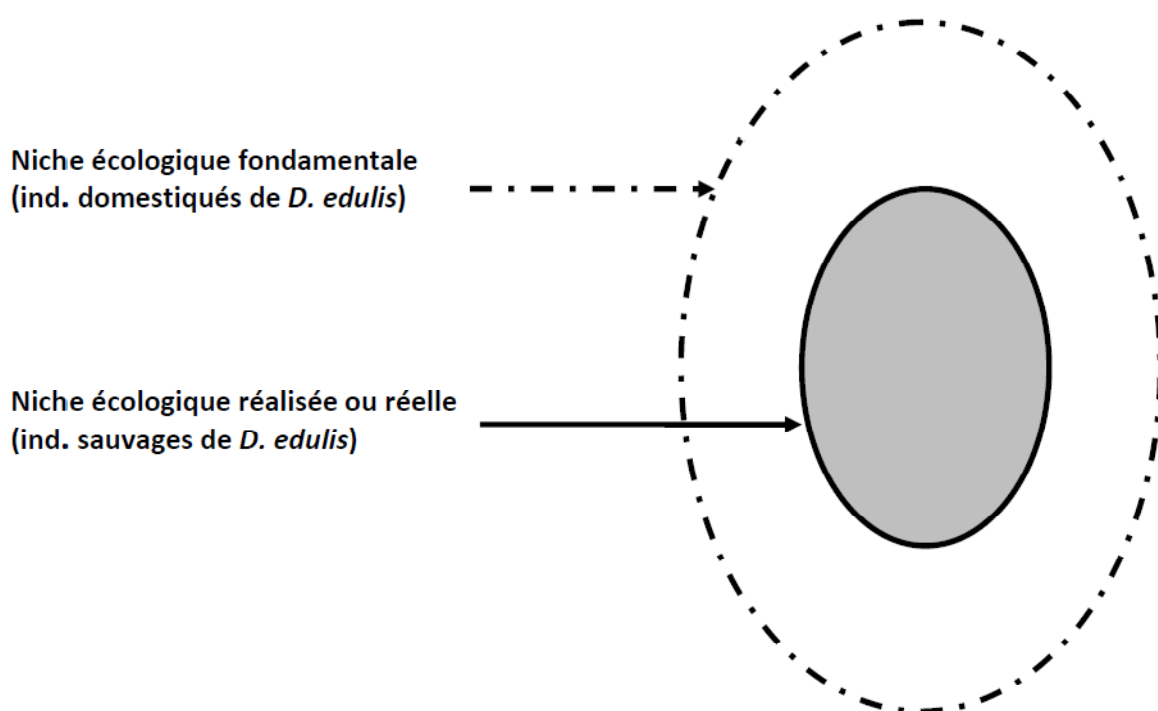


Fig. 29. Représentation schématique des différents types de niches écologiques de *Dacryodes edulis*

L'expansion naturelle de *D. edulis* coïncide avec le sous-centre d'endémisme bas-guinéen. Sa régénération naturelle serait liée aux refuges forestiers définis par Maley (1987, 1995, 1996). En effet, la dynamique des forêts tropicales, les changements climatiques lors des glaciations du Quaternaire marqués par la baisse des températures ainsi que la variation géographique et la diminution de la pluviosité auraient provoqué des modifications de l'extension des forêts qui se seraient alors réfugiées dans les zones restées favorables à leur développement. Les forêts se seraient alors concentrées sous forme d'archipel avec une distribution fragmentée des populations d'espèces forestières. Au Cameroun, des individus de

D. edulis des forêts naturelles ont été observés en sympatrie avec d'autres espèces du genre comme *D. buettneri*, *D. klaineana* et *D. macrophylla* dans des massifs forestiers non perturbés. Ces populations forestières se trouvent dans les régions océaniques directement soumises à la mousson, avec des vents dominants de sud-ouest et dans les régions du Centre, du Sud et de l'Est du Cameroun à régimes climatiques équatoriaux ou tropicaux de transition, conformément au découpage d'Olivry (2006) basé sur des stations régionales homogènes. Toutes les onze populations des forêts identifiées au Cameroun se trouvent bien dans ces régions océaniques. L'optimum de la température annuelle de *D. edulis* sauvage va de 23,5 à 25,5 °C. Ce résultat est comparable aux travaux d'Isseri (1998) qui a trouvé que les températures moyennes annuelles, allant de 23 à 25 °C, sont favorables au bon développement et à la bonne fructification de l'espèce. Les hauteurs de précipitation annuelle optimale allant de 1600 à 2600 mm/an sont légèrement supérieures à celles obtenues par Isseri & Temple (2000). Mais ces auteurs n'ont pas tenu compte des individus sauvages.

La distribution potentielle de *D. edulis* est comparable à celle de *D. klaineana* qui est répandue dans les régions forestières (Brink, 2008), depuis la Sierra Leone jusqu'au Gabon, le long de l'Atlantique. Cependant, à cause de la domestication, *D. edulis* est localement commun en plantations et a diffusé hors de sa niche écologique originelle. Au Cameroun, il est planté sous des précipitations diverses, depuis les zones de fortes précipitations comme les régions côtières de Douala et de Limbé où la précipitation annuelle peut atteindre 4000 mm/an jusqu'aux zones de transition où les précipitations sont moins abondantes avoisinant 1400 mm/an (Kengue, 2002).

La domestication a fait acquérir à *D. edulis* une plasticité écologique (large diffusion, même hors de sa niche écologique originelle). Cependant, cette acquisition n'est pas sans conséquence puisqu'elle influence sur le développement des individus. Selon Isseri & Temple (2000), les faibles températures annuelles des hautes terres de l'ouest au Cameroun, environ 20 °C, expliquent la croissance très lente et l'entrée en production tardive des jeunes safoutiers. Il est possible que les précipitations trop abondantes favorisent le développement végétatif au détriment de la fructification qui devient peu abondante et irrégulière (Kengue, 2002). Il est fréquent de trouver les individus domestiqués jusqu'à 1800 m d'altitude, sur les hautes terres de l'ouest camerounais.

Dacryodes edulis est une espèce indigène des forêts humides sempervirentes de l'Afrique équatoriale mais n'est pas grégaire comme *D. buettneri*. Dans le cas où plusieurs safoutiers se trouvent sur une petite surface, des traces humaines montrant l'existence ancienne des habitations (présence des vestiges des maisons, présence des tessons de marmites, présence des pieds de palmiers, des pieds des manguiers ou des goyaviers...) ont été observées. C'est le cas, au Cameroun, des individus observés sur l'axe routier Kumba – Mamfe, à partir du village situé au pied du viaduc (Bassin de Ndian) cités par Kengue (2002) comme une population naturellement sauvage. En réalité, il s'agit d'un groupement qui s'est développé sur des vieilles habitations. Il est facile de trouver des individus qui portent des fruits plus petits, semblables aux individus des forêts naturelles. En effet, la taille du fruit tend à être plus réduite sur les individus domestiques âgés des broussailles, et ceux croissant sur un sol stérile dégradé, comme l'a observé Onana (2008) dans la région de Sa'a (80 km N de Yaoundé, Cameroun) où le sol est connu pour être très pauvre par les agriculteurs.

III. 2. 3. Conformité de diversité génétique de *Dacryodes buettneri*

Les résultats de génétique intra-population obtenus sont comparables aux moyennes estimées pour les espèces tropicales (Loveless, 1992) et à ceux de Born *et al.* (2006) pour la caractérisation des loci microsatellites d'*Aucoumea klaineana* dont les moyennes sont de $A = 5,8$; $H_{att} = 0,46$. *D. buettneri* a montré une diversité génétique élevée comparée à la plupart des espèces tropicales soudaniennes qui ont été étudiées au moyen de l'électrophorèse enzymatique (*Acacia senegal*, $H_{att} = 0,175$, Chevalier *et al.* (1994) ; *Vitellaria paradoxa*, $H_{att} = 0,214$, Lovett & Haq (2000)). Cependant, les valeurs des hétérozygoties sont inférieures à celles générées par Ahenda (1999) qui a trouvé une hétérozygotie attendue de 0,97 chez *Vitex fischeri* et *V. keniensis* et un nombre moyen d'allèles de 5,1. Cette grande diversité peut se justifier par le fait que les fruits de ces espèces sont comestibles et sont vendus sur les marchés locaux. Ces pratiques participent au brassage des gènes augmentant le taux d'hétérozygotes dans les populations. *V. fischeri* et *V. keniensis* sont plantés comme essences d'ombrage pour des cultures telles le caféier et l'igname, et peut être maintenu dans les champs de maïs ou de manioc (Ahenda, 1990).

La moyenne de coefficient de consanguinité, $F = 0,25$, est proche du coefficient de consanguinité de *Parkia biglobosa*, $F = 0,24$ (Sibidou Sina, 2006). Elle est en adéquation avec la consanguinité observée au sein des espèces forestières en général. En effet, *D. buettneri* est

une espèce gynodioïque (Hecketsweiler, 1992) mais il existe des individus qui portent à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles, et des individus qui portent des fleurs hermaphrodites. Cette situation combinée avec la répartition naturelle des individus favorisent l'autogamie qui entraîne un déficit important en hétérozygotes, tout comme les espèces forestières tropicales.

Trois populations étudiées (les massifs forestiers du mont Cristal, les massifs forestiers de Parc National de la Lopé et les massifs forestiers du mont Chaillu) font partie du paysage du programme CARPE qui constitue un vaste réseau régional devant servir de base pour la mise en œuvre de priorités de conservation. Les données de diversité génétique combinées à celles de la distribution potentielle de l'espèce constituent une raison d'identifier encore plus de massifs forestiers susceptibles de conservation des populations de *D. buettneri*.

Quant à la diversité inter-population, les distances génétiques, dont la moyenne est $F_{st} = 0,08$, sont considérées comme faibles à modérées sur l'échelle de Wright (1978). Ces résultats sont conformes à ceux des autres espèces forestières tropicales. La moyenne des distances génétiques est supérieure à celle de *Vitellaria paradoxa*, une espèce de la zone soudano-sahélienne, pour laquelle les valeurs de F_{st} sont de 0,0124 ; 0,026 et 0,047 (Lovett & Haq 2000 ; Cardi *et al.* 2005 ; Sanou *et al.* 2005) et de *Cecropia obtusifolia* avec $F_{st} = 0,029$ (Alvarez-Buylla & Garay 1994). Cependant, *D. buettneri* présente une distance moyenne comparable à la valeur moyenne de 0,119 estimée pour les espèces tropicales par Loveless (1992) et à celle rapportée pour *Faidherbia albida*, une espèce ligneuse soudano-sahélienne, avec $F_{st} = 0,123$ (Joly *et al.* 1992). Certaines espèces présentent une différenciation génétique nettement supérieure (*Elaeis guineensis*, $F_{st} = 0,301$, Hayati *et al.* (2004) ; *Acacia auriculiformis*, $G_{st} = 0,270$, Wicknesmari & Norwati (1993)).

La diversité génétique de *D. buettneri* est en relation avec son régime de reproduction et son mode de dispersion des graines. Il semble que d'une année à l'autre tous les arbres matures ne prennent pas part à la reproduction (Hecketsweiler, 1992 ; Bourobou Bourobou, 1994) ainsi, une participation inégale des adultes favoriserait certains génotypes. De plus, l'allogamie positive peut être envisagée, c'est-à-dire que les arbres fleurissant tôt dans la saison sont préférentiellement pollinisés par d'autres arbres précoces et il en est de même pour les individus plus tardifs. L'autofécondation pourrait accroître le déficit en hétérozygotes mais ce mode de reproduction semble tout de même exceptionnel pour de nombreuses espèces des forêts tropicales et les résultats obtenus vont dans ce sens. De plus, 8 % seulement de la

diversité génétique sont d'origine inter-population. De telles constatations, fréquentes chez de nombreuses espèces forestières pérennes de milieu tropical (Garcia *et al.*, 2011), s'expliquent par un faible taux d'allogamie au sein des populations. En effet, *D. buettneri* est une espèce grégaire en forêts, le système de reproduction est allogame et les graines sont dispersées au sein des populations. Le constat est donc que ces espèces sont plus différenciées à l'intérieur de leurs populations qu'entre les populations (Hamrick *et al.*, 1992).

La dissémination des graines joue également un rôle important dans le déficit en hétérozygotes. En effet, bien que *D. buettneri* soit barochore, les fruits sont mangés et disséminés par les singes arboricoles et les grands oiseaux frugivores (White & Abernethy, 1996 ; White *et al.*, 1999 ; Hecketsweiler, 1992). Le rôle des animaux sauvages (singes, écureuils et oiseaux) dans la dissémination des graines de *D. buettneri* pourrait être important d'autant plus qu'elle est une espèce des zones forestières dont les fruits sont mangés par ces animaux. Ainsi, Hamrick *et al.* (1993) et Hamrick & Godt, (1989) estiment que les espèces végétales dont les fruits sont mangés par les animaux sont génétiquement très variables au sein des populations, mais peu entre populations parce que les graines sont dispersées au sein des populations.

III. 2. 4. Diversité génétique intra-population de *Dacryodes edulis* maintenue élevée

Les données de la diversité génétique intra-population générées pour *D. edulis* ($A = 5,35$; $P = 90\%$; $H_{att} = 0,47$) sont nettement supérieures à celles générées pour *D. buettneri* ($A = 4,43$; $P = 76\%$; $H_{att} = 0,35$). Ahenda (1999) a trouvé une hétérozygotie attendue de $H_{att} = 0,97$ chez *Vitex fischeri* et *Vitex keniensis* et un nombre moyen d'allèles de $A = 5,1$. Toutefois, les paramètres de diversité génétique intra-population de *D. edulis* sont nettement supérieurs aux moyennes estimées pour les espèces tropicales sauvages qui sont en général $P = 60,9\%$ et $H_{att} = 0,21$ (Loveless, 1992). *D. edulis* a montré en fait une diversité génétique élevée comparée à la plupart des espèces tropicales qui ont été étudiées au moyen de l'électrophorèse enzymatique (*Acacia senegal*, $H_{att} = 0,175$, Chevalier *et al.* (1994) ; *Vitellaria paradoxa*, $H_{att} = 0,214$, Lovett & Haq (2000)).

L'étendue de l'aire de répartition est considérée comme une prédiction de la diversité intra-population, les grandes étendues continues facilitant le maintien d'un niveau de diversité élevée chez les plantes (Mitton, 1983). *D. edulis* occupe, actuellement, une aire géographique

large et continue, intégrant presque toutes les zones forestières tropicales de l'Afrique. Par ailleurs, le système de reproduction essentiellement allogame avec une pollinisation entomophile (Kengue *et al.*, 2002) pourrait favoriser un échange de gènes entre individus d'une population et expliquer un niveau de diversité génétique élevée chez *D. edulis*. En effet, les espèces allogames pollinisées par les animaux présentent un niveau de diversité plus élevé que les autres (Hamrick *et al.*, 1992).

Le concept biologique de l'espèce se définit par des groupes de populations naturelles génétiquement isolées d'autres groupes similaires et dont les individus sont effectivement ou potentiellement capables de se reproduire entre eux pour engendrer une descendance viable et féconde dans les conditions naturelles (Mayr, 1942). En plantations, les individus de *D. edulis* résultent d'apports génétiques hétérogènes et de sélections dans les milieux écologiques différents et dans les circonstances ethnologiques différentes (usages locaux, goûts, systèmes de production). La création d'une plantation de safoutiers au moyen des semences provenant d'endroits différents est une explication à la grande diversité génétique et l'excès en hétérozygotes dans les populations par rapport à l'équilibre panmictique. La densité relativement importante des arbres en champs (Kengue, 2003) combinée à une floraison synchronisée des arbres et le pouvoir pollinisant des insectes (Kengue *et al.*, 2002) favoriseraient un brassage des gènes au sein des populations. Ceci constituerait des conditions favorables au maintien d'un niveau élevé de la diversité génétique, réduisant le taux d'homozygotes et augmentant le pourcentage de polymorphisme et le taux d'hétérozygotes. Les safoutiers sont utilisés en champs comme ombrage aux caféiers et cacaoyers. Toutefois, des vergers purs de safoutiers ont été observés au Cameroun. Il est normal que *D. edulis*, une espèce forestière africaine cultivée en plantations, présente un indice de fixation ($F = 0,12$) équivalent à la moitié de celui de *D. buettneri* ($F = 0,25$), une espèce sœur, mais exploitée à l'état sauvage. En effet, les espèces ligneuses cultivées montrent un polymorphisme et un taux d'hétérozygotes plus élevés que les espèces non cultivées (Loveless, 1992). La création des plantations de safoutiers par les paysans favorise donc la diversification génétique de l'espèce assurant ainsi sa pérennité.

Dacryodes edulis peut se multiplier artificiellement par clonage (Kengue *et al.*, 1998 ; Mialoundama *et al.*, 2002). C'est ainsi que des pépinières ont été créées dans plusieurs villages et les populations locales ont été initiées aux techniques de multiplication végétative (marcottage, bouturage et greffage) par l'ICRAF au Cameroun. Ce mode de propagation

permet d'obtenir plusieurs descendants à partir d'un seul et même individu et augmenter la production pour les qualités appréciées par les consommateurs. Les descendants sont non seulement génétiquement identiques entre eux, mais aussi identiques à la plante-mère. La multiplication végétative assure donc la stabilité des caractères dans la descendance (Luna Tara, 2009). Mais elle affaiblit le potentiel génétique de l'espèce. La trop forte propagation de certains génotypes au détriment d'autres peut aussi réduire la biodiversité (Luna Tara, 2009). Comme les individus obtenus sont identiques à l'individu de départ, ils vont réagir de la même façon à certaines modifications de leur milieu de vie (variation de température, baisse de la nourriture, apparition d'une maladie). En cas de maladie, par exemple, la quasi-totalité des individus disparaîtront.

III. 2. 5. Diversité génétique inter-population de *Dacryodes edulis* maintenue faible

Les distances génétiques, dont la moyenne est $F_{st} = 0,03$, sont considérées comme faibles selon l'échelle de Wright (1978). Elles sont inférieures à celles de *D. buettneri* dont la moyenne est $F_{st} = 0,08$, considérée comme modérée et à celles de *Santiria trimera* dont la moyenne est $F_{st} = 0,702$, considérée comme très importante (Koffi Kouamé, 2010). Elles sont aussi inférieures à la valeur moyenne de 0,119 estimée pour les espèces tropicales (Loveless, 1992). Les résultats de distances génétiques générés pour *D. edulis* sont conformes à celles observées chez quelques espèces de savane tropicale. On retiendra particulièrement *Vitellaria paradoxa*, une espèce de savane, pour laquelle les valeurs de F_{st} sont de 0,0124 ; 0,026 et 0,047 (Lovett & Haq 2000 ; Cardi *et al.* 2005 ; Sanou *et al.* 2005), *Cecropia obtusifolia* avec $F_{st} = 0,029$ (Alvarez-Buylla & Garay 1994). Cependant, elles sont inférieures à celles rapportées pour *Faidherbia albida*, une espèce ligneuse soudano-sahélienne, avec $F_{st} = 0,123$ (Joly *et al.*, 1992).

La valeur moyenne de flux de gènes pour l'espèce estimée à $Nm = 6$, représente une valeur relativement importante, traduisant un niveau d'échange de gènes significatif entre les populations au cours des générations. Cette valeur moyenne est largement supérieure à celle de *Parkia biglobosa* qui est de $Nm = 1,61$ (Sibidou Sina, 2006) et celle de *D. buettneri* qui est de 2,88. Les valeurs qui traduisent les distances génétiques entre les populations de *D. edulis* sont inférieures à celle de *D. buettneri* alors que le contraire a été observé pour les valeurs qui traduisent la diversité génétique des espèces.

La faible différenciation génétique au sein de *D. edulis* serait due aux actions anthropiques. En effet, quelques populations échantillonnées sont espacées de faibles distances géographiques et la répartition des safoutiers de plantations est presque continue sur toute sa zone de répartition. Il a été démontré que plus les populations sont géographiquement éloignées entre elles, plus elles auront tendance à être génétiquement différenciées, conséquence d'une baisse du flux de gènes (Loveless, 1992). Ce qui justifie les plus grandes valeurs de distances génétiques entre les populations du Cameroun et celles du Gabon. L'Homme a contribué à rapprocher génétiquement les individus de *D. edulis* par le processus de domestication étendant son aire de répartition. Par ailleurs, la création d'un champ de safoutiers se fonde sur des plantules ou des fruits venant de plusieurs régions (Bella-Manga, 2000) rapprochant génétiquement les populations entre elles.

La deuxième explication pourrait être le mode de dispersion des graines. L'Homme est le disperseur par excellence de *D. edulis*. Des plantules des safoutiers ont été observées dans les campements des chasseurs et des pisteurs des sociétés d'exploitation forestière en pleines forêts denses. De plus, les fruits et les plantules sont échangés entre les voisins, les communautés et/ou les villages voisins facilitant la dispersion des graines. Les transactions commerciales permettent le transport des fruits, des graines, à une longue distance, d'autant plus que certains agriculteurs sélectionnent les fruits de bonne qualité sur les marchés pour créer leurs plantations. La valeur moyenne de flux de gènes élevée ($Nm = 6$) justifie les faibles différenciations entre les populations.

III. 2. 6. Réservoirs génétiques au sein des espèces

Il semble que les individus de *D. edulis* se croisent parfaitement s'ils sont géographiquement proches, même avec les individus des milieux forestiers naturels. En effet, elle est une espèce gynodioïque (Hecketsweiler, 1992 ; Kengue, 1990, 1995). L'analyse de l'AFC a ressorti trois groupements de populations (groupe I = groupe de *D. edulis* du Cameroun ; groupe II = groupe de *D. edulis* du Gabon et groupe III = groupe de *D. buettneri* au Gabon). Aucun autre groupe génique d'individus n'a été détecté. Ces groupes sont isolés par la distance géographique (entre Cameroun et Gabon) et par la barrière taxonomique (entre l'espèce *D. buettneri* et l'espèce *D. edulis*). L'analyse de l'histogramme de la structure génétique par une méthode bayésienne de clustering fait ressortir clairement les trois groupes de populations révélés par l'Analyse Factorielle de Correspondances et par l'analyse de la

richesse allélique des loci par population. Trois réservoirs géniques bien structurés ont été définis : *D. edulis* du Cameroun, *D. edulis* du Gabon et *D. buettneri*.

Toutes les approches utilisées ont montré l'appartenance des deux espèces à des groupes génétiques différents, mais avec un flux de gènes non négligeable. Cette analyse ne donne pas des délimitations tranchées justifiant une séparation variétale au sein de *D. edulis* comme estimait Okafor (1982). Cette espèce est domestiquée et plantée dans le golfe de Guinée, dans son aire de répartition jusqu'en dehors de son aire originelle. La pression de sélection et les méthodes culturales sont encore artisanales pour influencer et créer des groupes génétiques de culture isolés. De surcroît, il existe dans cette aire des individus sauvages constituant une importante source de variabilité. Le flux génétique permanent entre les différentes composantes (individus sauvages, individus des vieilles plantations et individus des plantations entretenues) permet de maintenir la variation génétique, mais aussi de limiter la création de barrières génétiques entre elles. Or Okafor (1982) avait trouvé deux variétés au sein de l'espèce, délimitation basée sur les dimensions des fruits et l'architecture de l'arbre. L'analyse de la structure génétique a montré que ces caractères ne se reflètent pas au niveau génétique. Cette analyse justifie l'assertion d'Onana (2008) qui estime que la clé utilisée pour distinguer une nouvelle variété au sein de *D. edulis* serait basée sur les caractères horticulturaux.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Conclusion

Les résultats générés concernant les distributions, les préférences écologiques et la diversité génétiques de *Dacryodes buettneri* et *Dacryodes edulis* sont un complément aux connaissances scientifiques précédentes de la biologie des espèces. Ils ont un intérêt scientifique en ce sens que les approches utilisées pourront être appliquées sur d'autres espèces forestières afin de générer des connaissances sur les niches écologiques et sur la diversité génétique. Ils ont aussi un intérêt pratique car leur application pourra contribuer à optimiser la conservation *in situ* et l'utilisation durable de *D. buettneri* et de *D. edulis*. L'état actuel de la dégradation des espaces forestiers, notamment par l'exploitation forestière et l'agriculture et l'installation des habitations, pose de manière cruciale le besoin de développer pour ces différentes espèces des stratégies appropriées de conservation.

Le niveau de menace et l'importance des ces espèces pour les populations locales ont déterminé la priorité du choix de ces espèces à conserver. Quant à la taille des populations et leurs distributions spatiales, elles sont grandement dictées par des paramètres écologiques et anthropiques dont la connaissance constitue un préalable pour l'élaboration des stratégies de conservation *in situ* durable et ciblée. C'est en analysant simultanément les distributions potentielles et les niches écologiques qu'il a été possible d'identifier des sites à forte densité d'individus naturels et leurs exigences écologiques. Les paramètres génétiques ont ressorti le rôle des activités agricoles paysannes sur la diversification génétique de *D. edulis* et l'identification des populations de *D. buettneri* les plus génétiquement diversifiées.

La modélisation des niches écologiques prédit plutôt des combinaisons de facteurs environnementaux qui sont attendues favorables à la présence de l'espèce constituant ainsi les habitats potentiels. Il faut de plus souligner que cette modélisation empirique fait l'hypothèse que les espèces étudiées sont en équilibre avec leur environnement, c'est-à-dire qu'elles ne sont plus dans une phase de colonisation de leur domaine environnemental potentiel. L'étude de la distribution de *D. buettneri* a montré que l'espèce est confinée aux forêts du sous-centre d'endémisme bas guinéen. Les zones à fortes densités potentielles des individus sont situées au centre du Gabon (heureusement dans certaines aires protégées), au Sud et à l'Est du Cameroun, au sud-est du Congo Brazzaville et dans la partie continentale de la Guinée Equatoriale. Les altitudes convenables à l'espèce sont situées entre 0 et 750 m. Les conditions écologiques varient peu entre les individus. *D. edulis* à l'état sauvage a été identifié au Cameroun, au

Gabon, au Nigeria et au Congo alors qu'à l'état cultivé, il traverse les frontières de son aire originale et se trouve dans 18 pays (Cameroun, Gabon, Guinée Equatoriale, République Centrafricaine, Congo, Nigeria, Guinée, Sao Tomé Principe, République Démocratique du Congo, Zambie, Côte d'Ivoire, Ouganda, Angola, Benin, Ghana, Liberia, Sierra Leone, Togo). De larges gammes de paramètres écologiques ont été observées (précipitations annuelles, températures moyennes annuelles, altitudes), montrant sa plasticité écologique sous culture. L'expansion de la distribution géographique de *D. edulis* due à l'intervention humaine associée aux conditions écologiques différentes de celle des individus naturels des forêts représente la niche écologique fondamentale de l'espèce. La distribution des individus naturels des forêts associée leurs conditions écologiques représentent la niche écologique réalisée ou réelle.

La diversité génétique de *D. buettneri* est similaire à celles des autres espèces forestières africaines non domestiquées. Les populations de Chaillu, Casterville et Makoukou ont été particulières de par leurs polymorphismes ($P \geq 80 \%$) et leurs hétérozygoties ($H_{att} > 0,35$) supérieures aux autres populations. L'analyse des paramètres de génétique des populations a montré un niveau de diversité élevé de *D. edulis* par rapport à *D. buettneri* et les autres espèces tropicales forestières sauvages et un indice de fixation moyen plus faible, voire négatif représentant un léger excès en hétérozygotes. Les actions humaines et le mode de reproduction allogame ont maintenu un niveau de diversité génétique élevé en brassant les gènes provenant de populations diverses.

Les méthodes traditionnelles de gestion peuvent s'avérer ainsi déterminantes dans certains cas pour le maintien de la diversité génétique notamment des espèces agroforestières. La création des plantations de safoutiers par les paysans favorise donc la diversification génétique de l'espèce assurant ainsi sa pérennité. L'étude de la structure génétique n'a pas présenté des groupes génétiques différents au sein des espèces qui pourraient être associés à des délimitations variétales. La distance géographique est le seul facteur qui limite le flux de gènes entre les populations. *D. edulis* est morphologiquement très variable. L'hypothèse d'existence des variétés au sein de l'espèce n'a donc pas été vérifiée génétiquement. Les individus des forêts naturelles et des plantations sont phénotypiquement distinguables mais ils s'échangent parfaitement leurs gènes et forment un seul groupe génétique. La caractérisation des niches écologiques de *D. buettneri* et *D. edulis* combinée aux analyses des paramètres de génétique des populations est une contribution cohérente pour optimiser la conservation *in situ* et l'utilisation durable de ces espèces.

Recommandations

Quatre recommandations sont reformulées :

- prospector les zones représentant de potentiels habitats de *D. buettneri* et/ de *D. edulis* afin d'apprécier la richesse des peuplements ;
- élaborer des stratégies de conservation *in situ* des zones à forte densité des individus de *D. buettneri* et/ou de *D. edulis* sauvage ;
- créer des plantations de *D. buettneri* particulièrement par des individus issus des populations génétiquement diversifiées
- éviter de créer des plantations de *D. edulis* composées exclusivement des clones.

Perspectives

A la fin de ce travail, six sujets en découlent en guise de perspectives :

- identifier et caractériser le syndrome de dispersion des graines de *D. buettneri* et de *D. edulis* ;
- décrire les conditions pédologiques favorables à la croissance de *D. buettneri* ;
- étudier la biologie de développement de *D. buettneri* dans le but de l'intégrer dans les systèmes agroforestiers ;
- caractériser le processus de domestication de *D. edulis* (centre de domestication, mouvement des graines) ;
- sélectionner et améliorer les morphotypes de *D. edulis* à partir des croisements des individus à caractères agronomiques appréciables ;
- définir les grandes structures phylogéographiques de *D. buettneri* et de *D. edulis* notamment entre différents domaines phytogéographiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Achard, F., Eva H., Glinni A., Mayaux P., Richards T. & Stibig H. J. (1998). *Identification of Deforestation Hot Spot Areas in the Humid Tropics*, TREES. Publication Series B, Research Report No. 4, EUR 18079 EN, European Commission, Luxembourg.
- Achard F., Stibig H. J., Eva H. & Mayaux P. (2002). Tropical forest cover monitoring in the humid tropics – TREES project. *Tropical Ecology*, **43** (1): 9-20.
- Ahenda O. J. (1999). Taxonomy and genetic structure of Meru Oak populations, *Vitex keniensis* Turrill and *Vitex fisheri* Gürke en East Africa. Ph.D Thesis Wageningen, 119 p.
- Alvarez-Buylla ER & Garay AA (1994). Population genetic structure of *Cecropia obtusifolia*, a tropical pioneer tree species. *Evolution*, **48**: 437-453.
- Anonyme (1957). Ozigo, fiche botanique et forestière, document interne, Centre technique forestier tropical (CTFT), Nogent-sur-Marne, France.
- Araujo M. & Guisan A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* **33**, 1677-1688.
- ATIBT (1986). Atlas des bois tropicaux. T. 1 – Afrique. ATIBT, Paris, 208 p.
- 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.
- Aubreville A. (1962). *Irvingiaceae, Simaroubaceae, Burseraceae*. In Aubréville (ed.) Flore du Gabon 3, Laboratoire de phanérogamie, Paris, 101 p.
- Avana M.-L., Tchoundjeu Z., Bell J. M., Vaillant A. & Chevallier M.-H. (2004). Diversité génétique du *Prunus africana* (Hook. f.) Kalkman au Cameroun. *Bois et forêts des tropiques*, **4** : (282) : 41-49.
- Avouampo E. (1996) Contribution à l'étude de la valorisation alimentaire du safou: Transport, stockage, procédés de séchage des pulpes et d'extraction d'huile rapport de fin d'études, 16 p.

- Awono A., Ndoye O., Schreckenber K., Tabuna H., Isseri F. & Temple L. (2002). Production and marketing of Safou (*Dacryodes edulis*) in Cameroon and internationally: market development issues. *Forests, Trees and Livelihoods*, **12** (1/2): 125-147.
- Barbault R. (1990). *Ecologie générale, Structure et fonctionnement de la biosphère*, Paris, Masson, 2^{de} édition, 269 p.
- Bawa K. S. (1997). Conservation *in situ* des forêts tropicales. Document central du Bulletin de l'IPGRI FORGEN.
- Bella-Manga (2000). Domestication des espèces sauvages et problèmes phytosanitaires. In Kengue J., Kapseu C. & Kayem G. J. (eds). Actes de 3^e Séminaire international sur la valorisation du Safoutier et autres produits oléagineux non-conventionnels. Yaoundé, Cameroun, 37-39.
- Belkhir K., Borsa P., Chikhi L., Raufaste N. & Bonhomme F. (2004). GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- Bezard J., Silou Th., Kiakouama S. & Sempore, G. (1991) Variation de la fraction glycéridique de l'huile de safou avec l'état de maturité du fruit. *Revue Francaise des Corps gras*, **38** (21): 7-8.
- Born C., Vignes H., Wickings E. J., Hossaert-McKey M. & Chevallier M. H. (2006). Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci from *Aucoumea klaineana* Pierre (Burseraceae), a tropical tree endemic to the Congo Basin. *Molecular Ecology*, **6**: 1054-1056.
- Bouquet A. (1969). Féticheurs et médecines traditionnelles du Congo (Brazzaville). Mémoires ORSTOM N° 36. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mère, Paris, France, 282 p.
- Bourobou H. (1994). Biologie et domestication de quelques arbres fruitiers de la forêt du Gabon. Th. Doct., Univ. Montpellier II, France : VIII + 340 p.

- Brink M. (2008a). *Dacryodes igaganga* Aubrév. & Pellegr. In: *Plant Resources of Tropical Africa (PROTA) : Timbers 7* (1). Louppe D., Oteng-Amoako A. A. Brink M. (eds), PROTA Fondation, Wageningen, Netherlands / Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands / CTA, Wageningen, Netherlands, 207-208.
- Brink M. (2008b). *Dacryodes klaineana* (Pierre) H. J. Lam. In: *Plant Resources of Tropical Africa (PROTA) : Timbers 7* (1). Louppe D., Oteng-Amoako A. A. Brink M. (eds), PROTA Fondation, Wageningen, Netherlands / Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands / CTA, Wageningen, Netherlands, 209-210.
- Brink M. (2008c). *Dacryodes normandii* Aubrév. & Pellegr. In: *Plant Resources of Tropical Africa (PROTA) : Timbers 7* (1). Louppe D., Oteng-Amoako A. A. Brink M. (eds), PROTA Fondation, Wageningen, Netherlands / Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands / CTA, Wageningen, Netherlands, 210-211.
- Brink M. (2008d). *Dacryodes pubescens* (Vermoesen) H. J. Lam. In: *Plant Resources of Tropical Africa (PROTA) : Timbers 7* (1). Louppe D., Oteng-Amoako A. A. Brink M. (eds), PROTA Fondation, Wageningen, Netherlands / Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands / CTA, Wageningen, Netherlands, 211-212.
- Brodie W. A., Labarta-Chavari R. A. & Weber J. C. (1997). Tree germplasm management and use on-farmin the Peruvian Amazon: a case study from the Ucayali Region, Peru. *Research Report, Overseas*. Development Institute, London, United Kingdom and International Centre for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya.
- Busby J. R. (1991). BIOCLIM - a bioclimate prediction system. In: Marguels C. R. & Austin M. P. (eds.) *Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis*. CSIRO, Melbourne, Australia, 4-68.
- Busson F. (1965). *Les plantes alimentaires de l'Ouest Africain*. Etudes botaniques, biologiques et chimiques. Edition Leconte, Marseille, 569 p.
- Cardi C., Vaillant A., Sanou H., Kelly B. & Bouvet J. M. (2005). Characterization of microsatellite markers in the shea tree (*Vitellaria paradoxa* C. F Gaertn) in Mali. *Molecular Ecology Notes*, **5**: 524-526.

- Carpenter G., Gillison A. N. & Winter J. (1993). DOMAIN : a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation*, **2**: 667-680.
- Cavazzi Da Monteccljcolgo. A. (1690). *Istorica Descrittione de tre regni Congo, Matamba e Angola situati nell' Etiopia Inferiore occidentale e delle missionni apostoliche*, Milan.
- Chevallier M. H., Brizard J. P., Diallo I. & Leblanc J.M. (1994). Genetic diversity in the *Acacia* complex. *Bois et Forêts des Tropiques*, **240**: 5-12.
- Chevalier A. (1916). Les végétations utiles de l'Afrique Tropicale Française. La forêt et les bois du Gabon. Challamel. Paris, 108-122.
- Christy P., Jaffré R., Ntougou O. & Wilks C. (2003). La forêt et la filière bois au Gabon. Projet Aménagement Forestier et Environnement, Libreville, Gabon, 389 p.
- Cipriani G., Lot G., Huang W. G., Marrazzo M. T., Peterlunger E. & Testolin R. (1999). AC/GT and AG/CT microsatellite repeats in peach [*Prunus persica* (L) Batsch]: isolation, characterization and cross-species amplification in *Prunus*. *Theoretical Applied Genetics*, **99**: 65-72.
- CIRAD Forestry Department. (2003). Ozigo. [Internet] Tropix 5.0. <http://tropix.cirad.fr/afr/ozigo.pdf>. Accessed March 2011.
- Cronquist A. (1981). An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Dean R. E., Dahlberg J. A., Hopkins M.S., Mitchell S. E. & Kresovich S. (1999). Genetic redundancy and diversity among 'Orange' accessions in the U.S. national sorghum collection as assessed with Simple Sequence Repeat (SSR) markers. *Crop Sci.* **39**:1215-1221.
- Diniz-Filho J. A. F. & De Campos-Telles M. P. (2002). Spatial Autocorrelation Analysis and the Identification of Operational Units for Conservation in Continuous Populations. *Conservation Biology*, **16** (4) : 924-935

- Dupont L.M., Jahns S., Marret F. & Ning S. (2000). Vegetation change in equatorial West Africa: time-slices for the last 150 ka. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **155** : 95-122.
- Epps C. W., Palsboll P. J., Wehausen J. D., Roderick G. K. & Mccullough D. R. (2006). Elevation and connectivity define genetic refugia for mountain sheep as climate warms. *Molecular Ecology*, **15** : 4295-4302.
- Evanno G., Regnaut S., & Goudet J. (2005). Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE : a simulation study. *Mol. Ecol.*, **14** : 2611–2620.
- Garcia F., Noyer L., Risterucci A.-M. & Chevallier M.-H. (2004). Genotyping of mature trees of *Entandrophragma cylindricum* with microsatellites. *J. Hered.*, **95**: 454–457.
- Gillet E. (1999). Which DNA marker for which purpose? Final compendium of the Research Project development, optimization and validation of molecular tools for assessment of biodiversity in forest trees in the European Union DGXII Biotechnology FW IV Research Programme Molecular tools for Biodiversity. <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/y/1999/whichmarker/index.htm>.
- Guillaumin A. (1910). Les produits utiles des Burséraceae: bois, myrrhes, encens, elemis et leurs applications industrielles et pharmaceutiques. A. Challamel (ed.) Paris, 25-67.
- Grinnell J. (1917). Field tests of theories concerning distributional control. *The American Naturalist* **51**: 115-128.
- Grinnell J. (1924). Geography of evolution. *Ecology* **5**: 225-229.
- Hamrick J. L. & Godt M. J. W. (1989). Allozyme diversity in plant species. In: Brown AH, Clegg MT, Kahler AL, & Weir BS (eds.) Population genetics, breeding and genetic resources, Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA, 43– 63.
- Hamrick J. L., Godt M. J. & Sherman-Brolles S. L. (1992). Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. *New Forests*, **6**: 95-124.

- Hamrick J. L., Murawski D. A. & Nason J. D. (1993). The influence of seed dispersal mechanisms on the genetic structure of tropical tree populations. *Vegetatio* **107/108**: 281-297.
- Hayati A., Wickneswari R., Nazura I. & Rajanaidu N. (2004). Genetic diversity of oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) germplasm collections from Africa: implications for improvement of genetic resources. *Theory of Applied Genetics*, **108**: 274-284.
- Hecketsweiler P. (1992). Phénologie et saisonnalité en forêt gabonaise. L'exemple de quelques espèces ligneuses. Thèse doctorat, Université Montpellier 2, France, 1-266.
- Hijmans R. J., Schreuder M., De la Cruz M. & Rajas E. (2001). Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: DIVA-GIS. *Plant Genetic Resources. Newsletter*, **27**: 15-19.
- Hijmans R. J., Guarino L., Bussink C., Mathur P., De la Cruz M. Barrentes I. & Rajas E. (2005). DIVA-GIS. A geographic information system for the analysis of species distribution data. Manual, version 5.2.
- Hutchinson G. E. (1957). Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology **22**: 145–159.
- Isseri F. & Temple L. (2000). Quantification de la production et analyse du marché du safou au Cameroun. In Kengue J., Kapseu C. & Kayem G. J. (eds). 3è séminaire international sur le safoutier et autres oléagineux non conventionnels. Yaoundé, Cameroun. Presses Universitaires d'Afriques. 418-429.
- IUCN (2001). IUCN Red List Categories and Criteria. Version 3.1. Gland, Switzerland.
- Jiofack T., Fokumana C., Guedje N., Kemeuze V. & Fongzossie E. (2010). Ethnobotanical uses of medicinal plants of two ethnoecological regions of Cameroon. *J. Med. Sci.*, **2**: 60-79.
- Joly H. I., Zeh-Nlo M., Danthu P. & Aygalent C. (1992). Population genetics of an African Acacia: *Acacia albida*. I. Genetic diversity of populations from West Africa. *Australian Journal of Botany*, **40**: 59-73.

- Kapseu, C. & Tchiegang, C. (1994) Contribution à l'étude de la composition de l'huile de 2 types de safou. *In* J. Kengue et J. Nya Ngatchou (éds.) Actes du Colloque régional sur la valorisation du safoutier 4-6 octobre à Douala, 104-114.
- Kengue J. (1990). Le safoutier (*Dacryodes edulis*) (G. Don) H. J. Lam. Premières données sur la morphologie et la biologie d'une Burseraceae fruitière et oléifère d'origine africaine. Thèse de 3^e Cycle, Univ. Yaoundé, Cameroun, 154 p.
- Kengue J. (1995). Le safoutier (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam). *Le Flamboyant*, **33**: 4-7 pp.
- Kengue J. (2002). Safou (*Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam), International centre for underutilised crops, Southampton, UK, 147 p.
- Kengue J. & Tchio F. (1994). Essais de bouturage et de marcottage du safoutier (*Dacryodes edulis*). *In* Kengue & Nya Ngatchou J. (eds) Le safoutier (*Dacryodes edulis*) Proceedings of Regional Seminar on the Importance of safoutier, Douala, Cameroun, 80-98.
- Kengue J., Tchio F. & Ducelier D. (1998). Marcottage aérien: une technique de la multiplication végétative du safoutier. Pp 123 – 135. in Kapseu C. and Kayem G.J. (eds). Proceedings of 2nd international workshop on African pear improvement and other new sources of vegetable oils. ENSAI, Presses Universitaires de Yaoundé.
- Kengue J., Tchuengem Fohouo, F. N. & Adewusi, H. G. (2002). Towards the improvement of the African plum (*Dacryodes edulis*): Population variation and reproductive biology. *Forest, trees and livelihoods*, **12** (1-2): 74-84.
- Koffi K. G., (2010). Etude de la variabilité génétique et de la phylogéographie de *Santiria trimera* (Burseraceae) - implications pour une conservation durable des forêts humides d'Afrique. PhD. Thesis. Université Libre de Bruxelles, Belgique, 114 p.
- Lam H. J. (1932). Beiträge zur morphologie der Burseraceae. Insbesondere der Canarieae. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, **42**: 202 p.

- Leahey R. R. B. & Simons A. J. (1998). The domestication and commercialization of indigenous trees in agroforestry for the alleviation of poverty. *Agroforestry System*, **38**: 165-176.
- Lezine A-M. (2007). Postglacial Pollen Records of Africa. *In* Encyclopaedia of Quaternary Sciences, Scott A Elias ed., *Elsevier*, **4**: 2682-2698.
- Louis A. M. & Fontès J. (1996). Richesse floristique et biodiversité des forêts du Gabon. Exemple de la forêt littorale. *In* : Guillaumet, J.-L., Belin, M. & Puig, H. (eds.), *Phytogéographie tropicale. Réalités et perspectives*. Orstom, Paris, 182-191.
- Loupe D., Deleporte P., Vigneron P. & Béhaghel I. (1999). Projet OIBT PD 10/95 REV. 2 (F). Evaluation des essences indigènes de bois d'œuvre en vue du développement des plantations forestières au Gabon. Rapport final Assistance technique du CIRAD-Forêt, Libreville – Montpellier, 201 p.
- Loveless M. D. (1992). Isozymes variation in tropical trees: patterns of genetic organization. *New Forests*, **6**: 67-94.
- Lovett P. & Haq N. (2000). Diversity of Sheanut tree (*Vitellaria paradoxa* C. F Gaertn) in Ghana. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **47**: 293-304.
- Maley J. (1987). Afrique. Fragmentation de la Forêt Dense Humide ouest-africaine et extension d'une végétation montagnarde à basse altitude au Quaternaire récent : implications paléoclimatiques et biogéographiques *Géodynamique* **2** (2) : 127-160.
- Maley J. (1995). Variation à long terme des écosystèmes forestiers du sud Cameroun et du Gabon au cours des derniers millénaires. *In* Séminaire FORAFRI de Libreville - Session 2: connaissance de l'écosystème, Libreville.
- Maley J. (1996). Le cadre paléoenvironnemental des refuges forestiers africains: quelques données et hypothèses. *In* L. J. G. Van der Maesen, XM van den Burgt, J. M. Van Medenbach de Rooy (eds.). *The biodiversity of African Plants*, 519-535.

- Mayaux P., Bartholomé E., Fritz S. & Belward A. (2004). A new land-cover map of Africa for the year 2000. *Journal of Biogeography*, **6**(31): 861–877.
- Mayaux P., Janodet E., Blair-Myers C. & Legeay-Janvier P. (1997). *Vegetation Map of Central Africa at 1:5,000,000*. TREES Series D: Thematic output No 1, EUR 17322 EN.
- Mayr E. (1942). Systematics and the origin of species. *Columbia Univ. Press*, New York.
- Mbofung, C.M.F., Silou T. & Mouragadja (2002). Characterization of safou and evaluation of its potentials as an ingredient in nutritious biscuits. *Forest, Trees Livelihoods*, **12**: 105-117.
- Mialoundama F., Avana M.-L., Youmbi E., Mampouya P. C. Tchoundjeu Z. Mbeuyo M., Galamo G. R., Bell J. M., Kogpuep F., Tsobeng A. C. & Abéga J. (2002). Vegetative propagation of *D. edulis* (G. Don) H.J. Lam by marcots, cuttings and micropropagations. *Forest, Trees and Livelihood*, **12**(1/2): 85 – 96.
- Mitton J. B. (1983). Conifers. In Tanksley S. D. & Orton J. T. (eds) *Isozymes in Plant Genetics and Breeding Part B*. Elsevier, 443-472.
- Moritz C. (1994). Defining Evolutionarily-Significant-Units for Conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, **9** : 373-375.
- M'voubou M. (2005). Les paléoenvironnements sédimentaires fini-holocènes de trois lacs du Gabon (Kamalété, Nguène et Maridor. Etudes sédimentologique et biogéochimique. PhD thesis, Université de Perpignan, Perpignan.
- Normand D. (1948). Note sur les bois de *Dacryodes* et de *Santiria* africains. *Bois et Forêts des Tropiques*, **8**: 399-402.
- Normand D. & Martiaux A. (1962). Peut-on distinguer les bois d'ozigo, des safoukala ; igaganga et autres *Dacryodes* ? *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, **85** : 33-40.
- Okafor, J. C. (1979). Edible indigenous woody plants in the rural economy of the Nigeria of the Nigerian forest ecosystem. Pp 24-65 in Okali D. U. U. (ed). *The Nigerian*

Rainforest Ecosystem. *Proceedings of MAB Workshop on the Nigerian Rainforest Ecosystem*, University of Ibadan, Nigeria.

Okafor, J. C. (1983). Variety delimitation in *Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam (Burseraceae). *Int. Trees Crop J.*, **2**: 255 – 265.

Olivry J. C. (2006). Fleuves et rivières du Cameroun. Collection Monographies Hydrologiques d'ORSTOM n° 9. MESRES-ORSTOM, Paris, France.

Onana J-M. (1998). *Les Burséracées du Cameroun : taxonomie, biométrie foliaire et biologie*. Thèse de Doctorat de 3e cycle. Univ. Yaoundé, Cameroun, 267 p.

Onana, J., -M. (2008). A synoptic revision of *Dacryodes* (Burseraceae) in Africa, with a new species from Central Africa. *Kew Bull.*, **63**: 385–400.

Onana J., M. & Cheek, M. (2003). A new species of *Dacryodes* (Burseraceae) from Zambia. *Kew Bull.* **58**: 219 – 224.

Pendje G. & Baya M., (1992). La réserve de biosphère de Luki (Mayombe, Zaïre) : Patrimoine floristique et faunique en péril. Unesco, Paris.

Pierlot R. (1996). Deux nouvelles espèces de *Dacryodes* (Burseracées) du Zaïre. *Bull. Jard. Bot. Natl. Belg.*, **65**: 359 – 367.

Pritchard J. K., Xiaoquan W. & Falush D. (2010). *Documentation for STRUCTURE software :Version 2.3*. Available from <http://pritch.bsd.uchicago.edu/>

Raponda-Walkers A. & Sillans R. (1961). Les plantes utiles du Gabon : essai d'inventaire et de concordance des noms vernaculaires et scientifiques des plantes spontanées et introduites, description des espèces, propriétés, utilisations économiques, ethographiques et artistiques, Paul Chévalier, éd., Paris (France), 109-115.

Robbrecht E. (1996). Geography of African Rubiaceae with reference to glacial rain forest refuges: 564-581, *in* Van der Maesen L. J. G., Van der Burgt X. M., Van Medenbach De Rooy J. M. (eds), *The Biodiversity of African Plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Sampou J.P. & Badeau V. (2009). Modélisation de la niche écologique des fétuques à feuilles fines : quels apports pour la conservation et la valorisation des ressources génétiques ? *Innovations Agronomiques*, **7**: 79-91
- Sanou H., Lovett P. & Bouvet J. M. (2005). Comparison of quantitative and molecular variation in agroforestry populations of the shea tree (*Vitellaria paradoxa* C. F Gaertn) in Mali. *Molecular Ecology*, **14**: 2601-2610.
- Sibidou Sina (2006). *Reproduction et Diversité Génétique chez Parkia biglobosa (Jacq.) G. Don*. PhD. thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. 102 p.
- Silou T. (1991). Détermination de la teneur en huile de la pulpe de safou (*Dacryodes edulis*) par refractométrie. *Fruit* **46**(1) : 93 -100.
- Silou T. (1996). Le safoutier (*Dacryodes edulis*) : un arbre mal connu. *Fruits*, **51** (1) :47-60.
- Silou, T., Kiakouama S., Bezard J. & Sempore G. (1991) Notes sur la composition en acides gras et en triglycérides de l'huile de safou en relation avec la solidification partielle de cette huile. *Fruits*, **46** (3) : 271.
- Silou T. & Kama-Niamayoua (1999). Contribution à la caractérisation des safous d'Afrique Centrale (*Dacryodes edulis*). *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, **6**: 439-443.
- Song Z.P., Li B., Chen J. K. & Lu B. R. (2005). Genetic diversity and conservation of common wild rice (*Oryza rufipogon*) in China. *Plant Species Biology*, **20** : 83-92.
- Soulier, B. (1987) Contribution à l'étude des huiles de la pulpe et de la graine de safou D.E.A. Université de Toulouse, France, 80 p.
- Spichiger R. -E., Savolainen V. V. & Figeat M. (2000). Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Switzerland. Première édition.
- Spichiger R. -E., Savolainen V. V., Figeat M. & Jeanmod D. (2002). Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des

régions tempérées et tropicales. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Switzerland. Deuxième édition, 413 p.

StatSoft Inc. (2003) *STATISTICA (data analysis software system), version 6.1*. StatSoft, Inc., Tulsa, OK.

Tabuna H. (1999) Le marché des produits forestiers non-ligneux de l'Afrique Centrale en France et en Belgique: produits, acteurs, circuits de distribution, débouchés actuels, Occasional paper N° 19, CIFOR, 32 p.

Tabuna H., (2000). Les produits forestiers non ligneux alimentaires de l'Afrique Centrale sur les marchés français et belge. PhD. Thesis, Museum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Tara Luna (2009). 9: Vegetative propagation. Pp 153-175. In: Dumroese, R. Kasten, Luna Tara and Landis Thomas D. (eds). Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries - Volume 1: Nursery management. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Tchatat M., Ndoye Ousseynou & Nasi R. (1999). Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre (PFAB) : place dans l'aménagement durable des forêts denses humides d'Afrique Centrale. Série FORAFRI, Document 18, 95 p.

Tchendji C., Severin M. et Wathelet J.P. (1981) Composition de la graisse de *Dacryodes edulis*. *Revue Francais des Corps Gras*, **28** (3): 123-125.

Tchoundjeu Z., Duguma B., Fondoum J. M. & Kengue J. (1998). Strategy for domestication of indigenous fruit trees of West Africa: cas of *Irvingia gabonensis* in southern Cameroon. *Cameroon Journal of Biology and Biochemistry Sciences*, **4**: 21-28.

Tchouto M. G. P., De Wilde J. J. F. E., De Boer W. F., Van der Maesen L. J. G. & Cleef A. M. (2009). Bio-indicator species and Central African rain forest refuges in the Campo-Ma'an area, Cameroon. *Systematics and Biodiversity*, **7** : 21-31.

Tchuenguem Fohouo F.-N., Messi J. & Pauly A. (2001). Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, **56** : 179–188.

- Tolun A. A., Velioglu E., Cengel B.N. & Kaya Z. (2000). Genetic structure of Black Pine (*Pinus nigra* ARNOLD subspecies *pallasiana*) populations sampled from the Bolkar Mountains. *Sylvae Genetica*, **49**: 113-119.
- Troupin G., (1950). Les Burseracées du Congo Belge et du Ruanda-Urindi. *Bull. Soc. Bot. Royale de Belgique*, **83**: 111 – 126.
- Tutin C. E. G, White L. J. T., Williamson E. A., Fernandez M. & McPherson G. (1994). List of plant species identified in the Northern part of the Lopé Reserve, Gabon. *Tropics*, **3**: 249-276.
- Ucciani, E. & Busson F. (1963) Contribution à l'étude des corps gras de *Pachylobus edulis* Don. *Oléagineux*, **18**(4): 253-255.
- Umoti, U. & Okyi, A. (1987) Characteristics and composition of the pulp oil and cake of the African pear (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam). *Journal of Food Science and Agriculture*, **38**: 67-72.
- Van Valkenburg J. L. C. H. (2008). *Aucoumea klaineana* Pierre In: *Plant Resources of Tropical Africa (PROTA) : Timbers 7* (1). Louppe D., Oteng-Amoako A. A. Brink M. (eds), PROTA Fondation, Wageningen, Netherlands / Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands / CTA, Wageningen, Netherlands, 94 - 96.
- Verheij E. W. M. (2002). *Dacryodes edulis* (G.Don) H.J.Lam. In : Oyen, L. P. A. & Lemmens, R. H. M. J. (Eds). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas.
- Vignes H., Hossaert-Mckey M., Beaune D., Fevre D., Anstett M.-C., Borges R. M., Kjellberg F. & Chevallier M. H. (2006). Development and characterization of microsatellite markers for a monoecious *Ficus* species, *Ficus insipida*, and crossspecies amplification among different sections of *Ficus*. *Molecular Ecology*, **6**: 792–795.
- Vivien J. & Faure J.- J. (1985). Arbres des forêts denses d'Afrique centrale. Ministère des Relations Extérieures, Coopération et Développement & Agence de coopération culturelle et technique, Paris, 565 p.

- Wahlund S. (1928). The combination of populations and the appearance of correlation examined from the standpoint of the study of heredity. *Hereditas* **11**: 65-106.
- Wang X. & Szmidt A. (2001). Molecular markers in population genetics of forest trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, **16**: 199-220.
- Watts P. C., Kemp S. J., Saccheri I. J. & Thompson D. J. (2005). Conservation implications of genetic variation between spatially and temporally distinct colonies of the endangered damselfly *Coenagrion mercuriale*. *Ecological Entomology* **30** : 541-547.
- Weeks A., Daly D. C. & Simpson B. B. (2005). The phylogenetic history and biogeography of the frankincense and myrrh family (Burseraceae) based on nuclear and chloroplast sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **35**: 85-101.
- Weir B. S. & Cockerham C. C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* **38**: 1358-1370.
- Wickneswari R. & Norwati M. (1993). Genetic diversity of natural populations of *Acacia auriculiformis*. *Australian Journal of Botany*, **41**: 65-77.
- White L. & Abernethy K. (1996). Guide de la végétation de la Réserve de la Lopé, Gabon. Projet Ecofac, Libreville, Gabon, 224 p.
- Wilks C. & Issembé Y. (2000). Guide pratique d'identification: les arbres de la Guinée Equatoriale. Région continentale. Projet CUREF, Bata, Guinée Equatoriale : 546 p.
- White L., McPherson G. & Abernethy K. (1999). *Dacryodes buettneri*. *Flowering Plants of Africa*, **56** : 70-73.
- White F. (1979). The Guineo-Congolian region and its relationships to other phytochoria. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique / Bulletin van de National Plantentuin van België* **49** : 11-55.

- White F. (1983). The vegetation of Africa, a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. *Natural Resources Research*, **20**: 1-356.
- Whitmore T.C. & Sayer J.A. 1992. Déboisement tropical et extinction d'essences. Londres/New York: Chapman & Hall. 153 p.
- Wright S. (1965). Evolution and the genetics populations, vol. 4. Variability within and among natural populations. University of Chicago Press, Chicago.
- Wright S. (1978). The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution*, **19**: 395-420.
- Youmbi E. (1991). Etude histologique, cytochimique de la graine ; culture in vitro et micropropagation du safoutier (*Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam. PhD thesis , Université de Paris 7.
- Zink R. M., Barrowclough G. F., Atwood J. L. & Blackwell-Rago R. C. (2000). Genetics, taxonomy, and conservation of the threatened California Gnatcatcher. *Conservation Biology*, **14** : 1394-1405.

LISTE DES ARTICLES ISSUS DE LA THESE

1. **Todou G.** & Doumenge C. (2008) *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J. Lam. Pp. 203-207 in : Louppe D., Oteng-Amoako A.A. & Brink M. (eds.). PROTA, Plant Resources of Tropical Africa 7(1). Timbers 1. PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands / Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands / CTA, Wageningen, Netherlands.
2. Benoit L., Born C., Vignes H., Chevallier M.-H., **Todou G.**, Debain C., & Joly H. I. (2011). Polymorphic microsatellite loci from *Dacryodes edulis* (Burseraceae), a Central Africa rainforest and fruit - tree species. *American Journal of Botany* e74–e75.
3. **Todou G.**, Coppens G. E., Joly H. I., Amougou Akoa, Onana J.-M. & Achoundong (2013). Climatic niche of *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam (Burseraceae), a semi-domesticated fruit tree native to Central Africa. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 5(9): 231-240.
4. **Todou G.**, Benoit L., Achoundong, Amougou Akoa, Coppens G. E., Joly H. I., Roux E. & Onana J.-M. (2013). Genetic diversity of *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J.Lam (Burseraceae), a timber tree in Central Africa. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* 107(2): 163-177.
5. **Todou G.**, Benoit L., Coppens G. E., Joly H. I., Onana J.-M., Achoundong & Amougou Akoa (2013). Comparaison des diversités génétiques de *Dacryodes edulis* (G.Don) H.J. Lam et de *Dacryodes buettneri* (Engel.) H.J. Lam (Burséracées), deux espèces forestières utiles en Afrique centrale. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(3): 1243-1254.
6. **Todou G.**, Onana J.-M., Achoundong, Amougou Akoa, Coppens G. E. & Joly H. I. (2014). The ecological niche of *Dacryodes buettneri* (Engl.) H.J. Lam (Burseraceae), a timber tree in Central Africa. *Journal of Tropical Forest Science* 26 (3): 420–427

ANNEXES

Annexe 1. Dissemblances morphologiques entre *D. edulis* des forêts naturelles et *D. edulis* des plantations entretenues



Fruits et feuilles de *D.edulis* du milieu forestier naturel



Fruits et feuilles de *D.edulis* des plantations entretenues

Annexe 2. Individus de *D. buettneri* utilisés pour l'étude biogéographique

Sources	Collecteurs	pays	Latitude	Longitude	Altitude (m)
CEFE	G. Todou	Cameroon	2,48425	11,15880	600
CEFE	M. Heuertz	Gabon	-2,84562	10,66917	228
CEFE	JR	Gabon	-1,17436	11,81919	512
CEFE	JR	Gabon	-1,17150	11,81106	618
MO	Chris Wilks	Gabon	-1,10000	10,23330	153
MO	D.W. Thomas & C.M. Wilks	Gabon	-1,06667	10,80000	250
CEFE	JR	Gabon	-1,04175	12,29950	371
CEFE	JR	Gabon	-1,03269	12,28622	379
CEFE	JR	Gabon	-0,68803	12,92956	376
MO	Gordon McPherson	Gabon	-0,41667	11,50000	200
MO	Lee White	Gabon	-0,25000	11,66670	200
CEFE	JR	Gabon	-0,22002	11,57993	272
CEFE	JR	Gabon	-0,21879	11,60340	292
CEFE	JR	Gabon	-0,21820	11,57990	351
CEFE	JR	Gabon	-0,21805	11,57959	269
CEFE	JR	Gabon	-0,21780	11,60366	285
CEFE	C. Born	Gabon	-0,21739	11,58088	269
CEFE	JR	Gabon	-0,21706	11,58107	269
CEFE	JR	Gabon	-0,21701	11,60391	284
CEFE	JR	Gabon	-0,21682	11,60445	309
CEFE	C. Born	Gabon	-0,21677	11,58175	270
CEFE	C. Born	Gabon	-0,21670	11,58168	269
CEFE	JR	Gabon	-0,21664	11,58222	370
CEFE	C. Born	Gabon	-0,21661	11,58232	270
CEFE	JR	Gabon	-0,21655	11,60348	288
CEFE	JR	Gabon	-0,21647	11,60436	285
CEFE	JR	Gabon	-0,21647	11,60436	285
CEFE	JR	Gabon	-0,21618	11,58232	306
CEFE	C. Born	Gabon	-0,21589	11,58276	270
CEFE	JR	Gabon	-0,21555	11,58311	318
CEFE	JR	Gabon	-0,21550	11,60417	262
CEFE	JR	Gabon	-0,21526	11,58273	269
CEFE	C. Born	Gabon	-0,21506	11,60850	295
CEFE	JR	Gabon	-0,21047	11,60314	280
CEFE	M. Heuertz	Gabon	-0,20523	11,60480	279
CEFE	M. Heuertz	Gabon	-0,20142	11,57600	238
MO	Gordon McPherson	Gabon	-0,20000	11,60000	300
CEFE	JR	Gabon	-0,17276	11,57548	253
CEFE	JR	Gabon	-0,17237	11,57529	254
CEFE	JR	Gabon	-0,17182	11,57451	254
CEFE	JR	Gabon	-0,17178	11,57332	255
CEFE	JR	Gabon	-0,17140	11,57404	255
CEFE	JR	Gabon	-0,17119	11,57405	255
CEFE	JR	Gabon	-0,17086	11,57330	255
CEFE	JR	Gabon	-0,17053	11,57415	255
CEFE	JR	Gabon	-0,16966	11,57258	256
CEFE	JR	Gabon	-0,02406	13,63764	595
MO	Gordon McPherson	Gabon	0,00000	9,83333	37
MO	J. Dibata	Gabon	0,21667	10,93330	375
MO	Chris Wilks	Gabon	0,41667	12,36670	518
CEFE	M. Heuertz	Gabon	0,44763	13,01570	567

CEFE	JR	Gabon	0,45239	10,27889	463
CEFE	JR	Gabon	0,46392	10,27867	463
CEFE	O. Hardy	Gabon	0,50780	12,79560	510
CEFE	JR	Gabon	0,61447	10,40228	586
MO	SIMAB	Gabon	0,62000	10,41000	400
CEFE	JR	Gabon	0,62081	10,40744	591
CEFE	JR	Gabon	0,78511	13,14089	566
CEFE	M. Heuertz	Gabon	0,81985	13,48020	499
CEFE	JR	Gabon	0,82200	13,46628	565
MNHN / YA	Letouzey 11859	Cameroon	2,70000	13,28333	561
Kew / YA	Letouzey 4553 et 4553 bis	Cameroon	3,13000	12,47000	681
MNHN / YA	Mezili 42	Cameroon	2,42000	12,43333	632
MNHN / YA	Mikio 78	Cameroon	2,38472	10,26806	328
YA	Onana 394, 395 à 398	Cameroon	2,48330	11,16667	611
MNHN / Fl. Gabon	Aubréville 77	Gabon	-0,18000	10,75000	145
Kew / MNHN / Onana	Breteler & Bruijn 722	Gabon	-0,28300	11,91700	350
Kew / MNHN	coll. Breteler	Gabon	0,93000	11,05000	500
MNHN / Onana	Breteler & Bruijn 466	Gabon	0,82000	11,42000	530
MNHN / YA	Breteler & Jongkind 10487	Gabon	-0,08000	10,75000	149
MNHN / YA	Breteler & Jongkind 10811	Gabon	-0,67000	13,00000	307
Kew / MNHN / Onana	Breteler & Lemmens 10488	Gabon	-1,75000	11,35000	500
MNHN / Fl. Gabon	Fleury 26688	Gabon	0,13000	10,15000	182
MNHN	Hladik 1682	Gabon	0,57000	12,87000	558
MNHN	???	Gabon	1,00000	13,11000	700
MNHN	???	Gabon	-0,17000	10,25000	10
MNHN	???	Gabon	0,05000	11,83000	307
MNHN	???	Gabon	0,45000	12,80000	500
MNHN	???	Gabon	0,53000	12,82000	566
Fl. Gabon / Onana	Klaine 99, 314, 676, 1450	Gabon	0,38000	9,45000	3
Kew / Fl. Gabon / Onana	Le Testu 1155, 1199	Gabon	-2,85000	11,03000	332
MNHN / Fl. Gabon	Le Testu 1615, 1616, 28928	Gabon	-2,02000	11,68000	536
Fl. Gabon	Le Testu 7450	Gabon	-1,10000	12,92000	532
Onana	Le Testu 9212	Gabon	-0,20000	11,60000	268
Onana	Leeuwenberg 13558	Gabon	0,95000	10,78000	708
MNHN	???	Gabon	0,00000	9,83000	10
MNHN	???	Gabon	-0,42000	11,50000	200
MNHN	Louis 5787	Gabon	-0,82000	12,70000	351
Kew / MO / Onana	Mc Pherson 13815	Gabon	-0,20000	11,60000	300
Fl. Gabon	S.R.F.G. 1700, 1771, 1778 à 1780	Gabon	-0,88000	10,60000	240
MNHN / YA / Onana	Vander Maesen, Louis 5787	Gabon	-0,93000	12,58000	240
YA	Van Nek 141	Gabon	-1,83000	10,00000	91
MNHN / YA / Onana	Wieringa & Haegens 2691	Gabon	-0,57800	10,46300	81
MNHN	???	Gabon	0,63000	11,63000	450
MNHN	???	Equatorial Guinea	1,83000	10,10000	362
	Dyana Ndiade Bourobou	Gabon	-1,5812	13,7580	425
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,84235	11,26165	414
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,85055	11,26395	372
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,86693	11,25656	384
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,85321	11,28391	448

CEFE	Dauby G	Gabon	-0,69405	11,22356	680
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,68282	11,22354	584
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,85594	11,25632	427
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,85077	11,26619	370
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,0768	12,34981	335
CEFE	Nguema D.	Gabon	-1,10619	11,2284	670
CEFE		Gabon	0,6187	10,376	562
CEFE	Gilles Dauby	Gabon	0,40003	11,22466	450
CEFE	Gilles Dauby	Gabon	0,40386	11,2163	400
CEFE	Gilles Dauby	Gabon	-1,81441	10,18322	138
CEFE	Gilles Dauby	Gabon	-1,80043	10,16746	133
CEFE	Gilles Dauby	Gabon	-1,80824	10,17269	150
CEFE	Gilles Dauby	Gabon	-1,81944	10,17241	80
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,39111	9,87711	32
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,39367	9,87452	32
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,10252	9,84343	33
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,09817	9,84311	33
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,08669	9,84376	34
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,15821	9,65009	20
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,13198	9,58788	16
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,14449	9,52216	11
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,81813	11,08947	352
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,79005	11,12629	355
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,68671	11,12251	314
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,71748	11,13425	329
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,28104	11,14692	318
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,27983	11,1435	317
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,27165	11,14869	319
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,27857	11,14122	316
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,28639	11,13566	314
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,28886	11,13273	313
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,29151	11,13595	313
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,28113	11,14266	316
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,98748	11,09045	334
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,90496	11,1636	364
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,90692	11,15864	363
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,97888	11,09829	337
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,11127	11,32823	365
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,03886	11,39779	373
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,03844	11,3931	373
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,04114	11,39304	372
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,31514	10,59238	211
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,42313	10,5387	209
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,42463	10,53666	208
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,42614	10,53213	207
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,42241	10,542	210
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,41264	10,54886	212
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,08078	10,73476	188
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,09219	10,74281	188
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,40667	10,58254	722
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,40743	10,57052	723
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,40248	10,56637	721
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,41059	10,57392	720
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,80228	11,10433	353

CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,15821	9,65009	20
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-3,28983	11,1403	315
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,40366	10,56684	722
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,38644	10,34689	80
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,15027	9,96428	63
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,14887	9,96545	63
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,63593	9,76175	20
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,93841	9,75656	39
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-0,93032	9,77685	38
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,70299	10,18236	174
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,70645	10,18364	173
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,7097	10,18327	170
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,74534	10,20811	168
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,72972	9,92007	74
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,72381	9,93782	79
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,76629	10,02327	100
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-2,01257	10,48339	235
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,99307	10,52764	290
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,99072	10,57756	307
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,91449	10,74156	347
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,96135	10,63508	323
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,47662	10,47668	610
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	-1,47455	10,48165	616
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	0,57894	9,33537	-1
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	0,57384	9,33449	-1
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	0,57028	9,33402	-1
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	0,93983	9,57709	6
CEFE	Ch. Doumenge	Gabon	0,92816	9,56637	2
CEFE	Dauby G	Gabon	0,40386	11,22531	400
CEFE	Dauby G	Gabon	0,40386	11,22531	450
CEFE	Dauby G	Gabon	-1,7294	10,1984	100
CEFE	Dauby G	Gabon	-1,8	10,1659	42
CEFE	Dauby G	Gabon	-1,8082	10,1727	150
CEFE	Dauby G	Gabon	-1,8194	10,1724	80
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,84235	11,26165	414
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,85055	11,26395	372
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,86693	11,25656	384
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,85321	11,28391	448
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,69405	11,22356	680
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,68282	11,22354	584
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,85594	11,25632	427
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,85077	11,26619	370
CEFE	Dauby G	Gabon	-0,0768	12,34981	335
CEFE	Nguema D.	Gabon	-1,10619	11,2284	670
CEFE		Congo	-3,87277647	11,36165961	98
CEFE		Congo	-3,87320856	11,35781332	97
CEFE	M. Heuertz	Gabon	-1,8648	13,87699	419
CEFE	M. Heuertz	Gabon	-1,86842	13,87766	419
CEFE	M. Heuertz	Gabon	-0,17165	11,57447	254
CEFE	E. Kami & H. Chevillotte	Congo	-3,2709	15,471	614
CEFE	R. Mboma	Gabon	0,57598	12,075	539
CEFE	R. Mboma	Gabon	0,57343	12,04478	530
CEFE	R. Mboma	Gabon	0,55972	12,05802	529
CEFE	R. Mboma	Gabon	0,65667	11,92992	538

CEFE	R. Mboma	Gabon	1,64568	11,9887	598
CEFE	R. Mboma	Gabon	0,57598	12,075	539
CEFE	R. Mboma	Gabon	1,6426	12,03739	601
CEFE	R. Mboma	Gabon	1,6521	12,15868	607
CEFE	R. Mboma	Gabon	2,13583	11,48204	608
CEFE	R. Mboma	Gabon	0,75071	11,64575	543
CEFE	R. Mboma	Gabon	1,64504	11,98938	598
CEFE		Cameroon	3,174017	12,528383	682
CEFE		Cameroon	3,1664	12,535733	682
CEFE		Cameroon	2,780333	13,3692	553

Annexe 3. Individus sauvages de *D. edulis* utilisés pour l'étude biogéographique

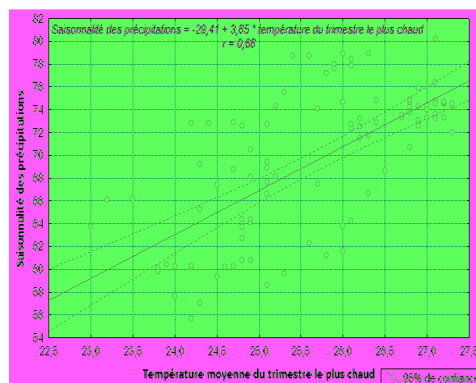
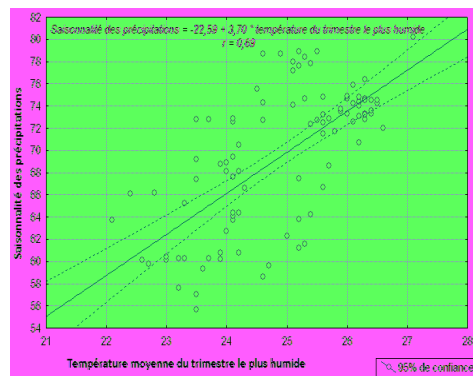
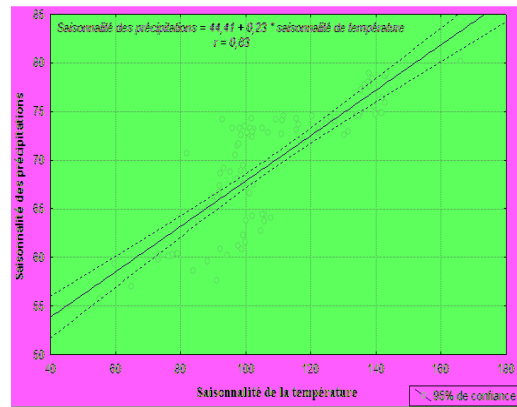
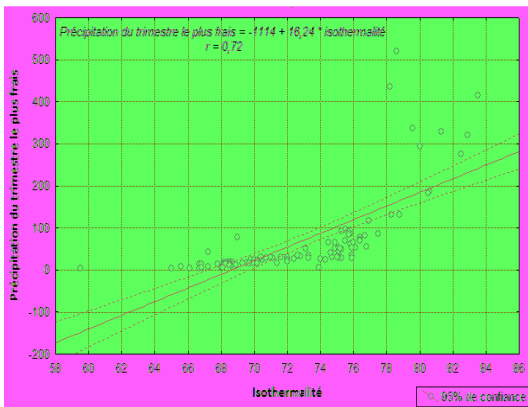
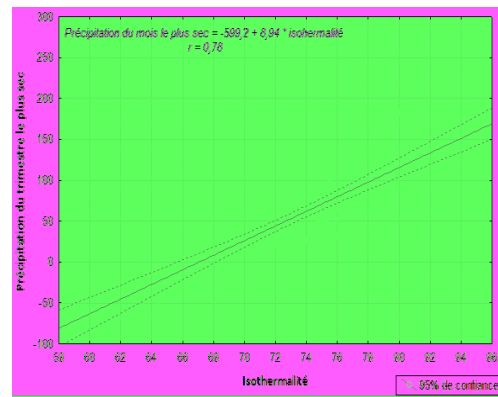
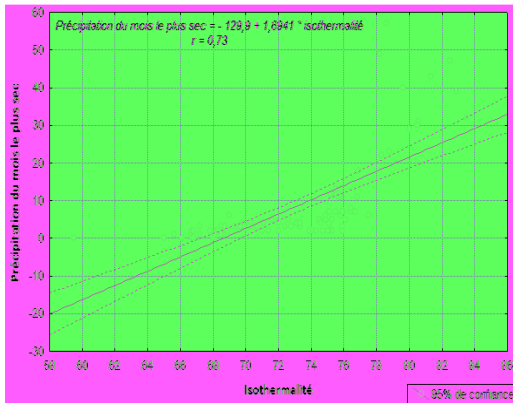
Institution code	Collector name	Country	Latitude	Longitude	Altitude (m)
MO	Gentry A. et al,	Cameroon	2,36667	16,15000	390
CEFE		Cameroon	2,38554	10,62321	527
CEFE	G. Todou	Cameroon	2,39342	10,05890	116
CEFE	kayol	Cameroon	2,60205	13,26555	638
CEFE		Cameroon	2,80054	10,53035	449
MO	Mark K. Fogiel	Cameroon	3,20000	12,83000	670
CEFE	G. Todou	Cameroon	4,57000	10,33000	206
MO	C. Doumenge	Cameroon	4,60000	9,00000	9
MO / YA	Nemba J. et al.	Cameroon	4,60000	9,45000	4
MO	J. Nemba & D.W. Thomas	Cameroon	4,61667	9,43333	170
CEFE	G. Todou	Cameroon	4,91667	9,70000	865
MO	Thomas D. W. et al.	Cameroon	5,28333	9,08333	200
MO	Gordon McPherson	E. Guinea	1,08333	10,00000	350
MO	Adam F. et al,	Gabon	-2,10000	14,05000	440
CEFE	MHC	Gabon	-0,20523	11,60480	279
MO	Chris Wilks	Gabon	0,21667	10,91670	372
Fl. Gabon	Fleury 33557	Gabon	0,38000	9,45000	3
FWTA	Mann 741	Cameroon	3,92028	9,55694	-5
FWTA	Preuss 362	Cameroon	4,47861	9,26250	90
FWTA	Maitland 382	Nigeria	6,42389	3,41694	6
YA	Nemba - Thomas 468	Cameroon	4,62000	9,43000	223
YA	Onana 432, 433	Cameroon	3,52000	11,50000	695
YA	Leeuwenberg 8167	Cameroon	4,95000	9,93333	737
YA	Tchoungui s.n.	Cameroon	3,86667	11,51667	591
Kew / MNHN / Fl. Gabon (3)	Le Testu 1172, 1617	Gabon	-2,85000	11,03000	332
Kew / MNHN / YA	Bos 3254	Cameroon	2,89000	9,91000	18
Kew / MNHN / MO / Onana	Thomas 827, 5707	Cameroon	4,65000	9,40000	291
Kew / MNHN / Onana	Zenker 120, 2152, 2703	Cameroon	3,08000	10,42000	281
Kew / MNHN / Onana	Brenan 9104	Nigeria	6,33333	5,25000	49
Kew / Onana	Adebusuyi FHI 44003	Cameroon	4,62000	9,45000	211
Kew / Onana	Binuyo & Daramola	Cameroon	4,71667	9,18333	468
Kew / Onana	Daramola 323	Nigeria	6,10000	5,88000	119
MNHN / YA / Onana	Leeuwenberg 8167	Cameroon	4,97000	9,93000	770

MNHN	???	Cameroon	4,17000	14,47000	620
CEFE	G. Todou	Cameroon	3,2468	10,596	385
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,85395	9,25514	625
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,85466	9,25443	626
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,85466	9,25443	626
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,85717	9,25381	629
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,85918	9,2534	630
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,86106	9,2535	628
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,86397	9,25321	624
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,86724	9,25219	618
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,86724	9,25219	618
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,86802	9,25233	617
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43439	9,10066	284
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43474	9,10006	282
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43168	9,09495	278
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43257	9,09116	269
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43154	9,08864	266
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43377	9,09984	284
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43203	9,09318	274
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43109	9,09658	283
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43201	9,09939	287
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,43529	9,10199	285
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,85205	9,33525	169
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,87155	9,35086	170
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,87277	9,35359	170
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,88224	9,37298	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,88676	9,37657	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,88676	9,37657	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,89158	9,37775	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,90465	9,37822	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,90489	9,36695	171
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,91968	9,38211	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,92626	9,37907	171
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,92692	9,38338	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,92354	9,39376	173
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,91821	9,3959	173
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,91837	9,39709	173
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,9171	9,40379	174
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,9067	9,37641	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,90578	9,37636	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,91498	9,37755	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,91682	9,37963	172
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,90525	9,37294	171
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,91063	9,37271	171
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,91076	9,37249	171
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,91625	9,3941	173

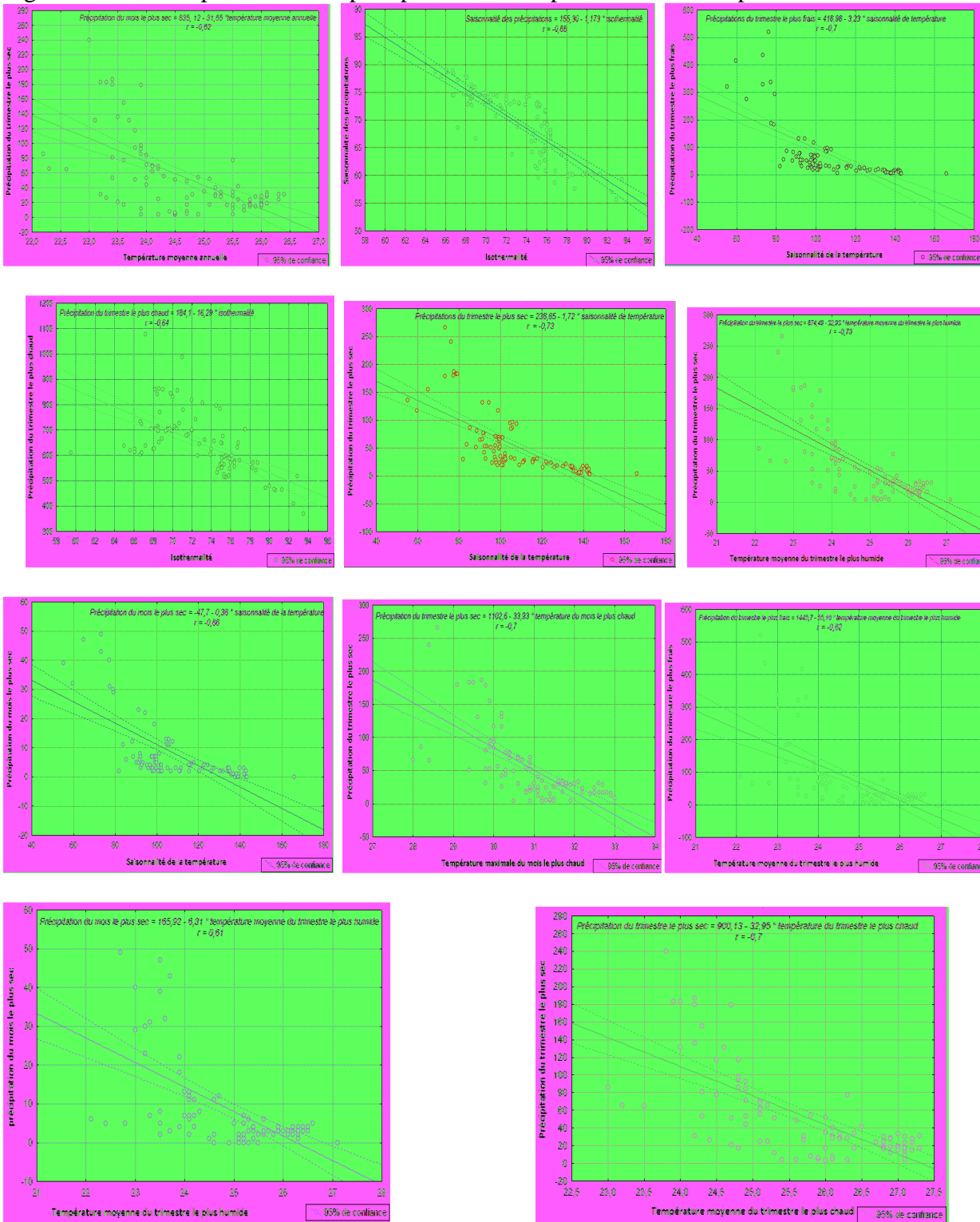
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,45523	9,22042	307
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,46695	9,24251	335
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,48724	9,27309	372
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,48821	9,24073	327
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,48821	9,24073	327
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,48821	9,24073	327
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,48976	9,23992	325
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	5,48821	9,24073	327
CEFE	Dyana Ndiade Bourobou	Gabon	-1,6044	13,7980	461
CEFE	Dyana Ndiade Bourobou	Gabon	-1,6043	13,7950	460
CEFE	Dyana Ndiade Bourobou	Gabon	-1,5807	13,7890	454
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,23723	10,58171	370
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,60133	10,49363	286
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,55798	10,47229	505
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,33781	10,07439	52
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	2,84541	10,17631	95
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	2,84166	10,18223	96
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,46096	10,66003	327
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,46229	10,66220	329
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,46218	10,66394	331
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,46173	10,66312	330
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,23564	10,58304	373
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,23789	10,58097	368
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,23019	10,58293	376
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,22872	10,58210	376
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,22685	10,58071	375
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,22510	10,58091	376
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,11246	10,43054	253
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,11636	10,42772	243
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,11636	10,42772	243
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,11938	10,42627	236
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,11818	10,42432	235
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,59820	10,49971	442
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,59696	10,49288	314
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,59675	10,49106	306
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,61199	10,44930	271
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,55798	10,47229	505
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,56039	10,46996	614
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,56021	10,46707	709
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,55584	10,47857	466
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,55531	10,47964	521
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	4,55571	10,48298	648
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,62337	9,80896	27
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	2,84593	10,17685	96
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	2,84132	10,18097	96
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	2,83939	10,18184	96

CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	2,83679	10,17852	95
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,46224	10,66313	330
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,46218	10,66394	331
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,46153	10,66778	336
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,22436	10,58108	377
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,11938	10,42627	236
CEFE	C. Doumenge & G. Todou	Cameroon	3,11938	10,42627	236
CEFE	G. Todou	Cameroon	3,11937	10,42672	237
CEFE	G. Todou	Cameroon	3,11937	10,42672	237
CEFE	G. Todou	Cameroon	3,11937	10,42672	237
CEFE	G. Todou	Cameroon	3,11664	10,42734	242
CEFE	G. Todou	Cameroon	3,11406	10,42916	248
CEFE	G. Todou	Cameroon	3,11039	10,43194	258
CEFE	G. Todou	Cameroon	3,10603	10,43231	264
CEFE	C. Doumenge	Gabon	-0,15821	9,65009	20
CEFE	C. Doumenge	Gabon	-0,14598	9,52188	11
CEFE	C. Doumenge	Gabon	-3,28417	11,13739	315
CEFE	C. Doumenge	Gabon	-1,40667	10,58254	722
CEFE	C. Doumenge	Gabon	-2,97888	11,09829	335
CEFE	C. Doumenge	Gabon	-2,31514	10,59238	211
CEFE	C. Doumenge	Gabon	-0,25161	10,41806	92
CEFE	C. Doumenge	Gabon	-2,00445	10,45704	216
CEFE	C. Gonmadje	Cameroon	3,11833	10,42436	235
CEFE	O. Hardy	Gabon	-2,38445	10,17282	105
CEFE	Myriam Heuertz	Cameroon	2,89364	12,02778	726
CEFE	Myriam Heuertz	Cameroon	2,75935	13,08524	595
CEFE	Myriam Heuertz	Cameroon	2,78274	13,08319	597
CEFE	Myriam Heuertz	Cameroon	2,846	11,1364	671
CEFE	Myriam Heuertz	Cameroon	2,52367	10,79542	628
CEFE	Kasso Dainou	Cameroon	2,77746	13,09059	595
CEFE	Kasso Dainou	Cameroon	2,80054	10,53035	429
CEFE	E. Kami & H. Chevillotte	Congo	-3,2707	15,473	429
CEFE	R. Mboma	Gabon	0,7099	11,62518	531
CEFE	R. Mboma	Gabon	1,57537	11,93364	600
CEFE	R. Mboma	Gabon	1,6426	12,03739	601
CEFE	R. Mboma	Gabon	1,71807	12,0867	602
CEFE	C. Doumenge	Cameroon	3,356917	12,727033	632
CEFE	C. Doumenge	Cameroon	3,346567	12,754667	640
CEFE	C. Doumenge	Cameroon	3,173767	12,528383	667
CEFE	C. Doumenge	Cameroon	3,162933	12,544517	635
CEFE	C. Doumenge	Cameroon	3,160933	12,549233	635
CEFE	C. Doumenge	Cameroon	2,715567	12,940533	616
CEFE	C. Doumenge	Cameroon	2,774533	13,3629	553

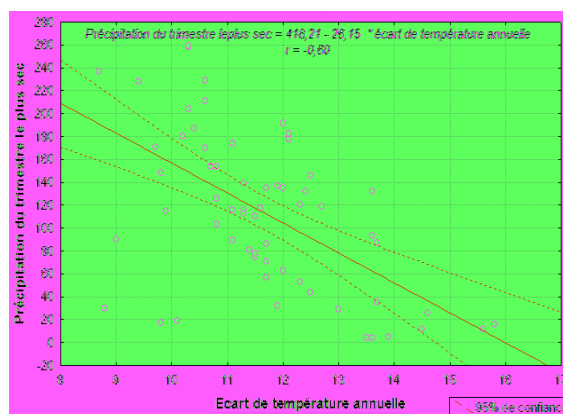
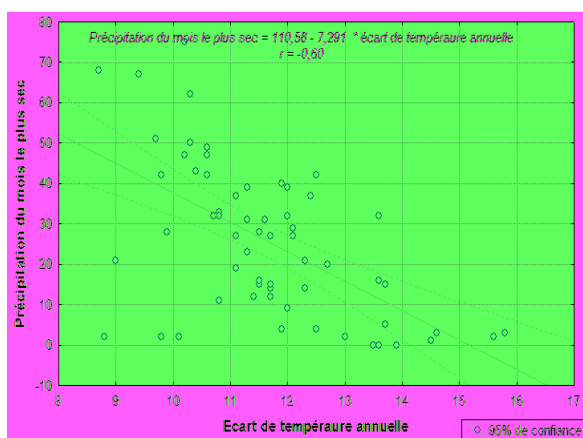
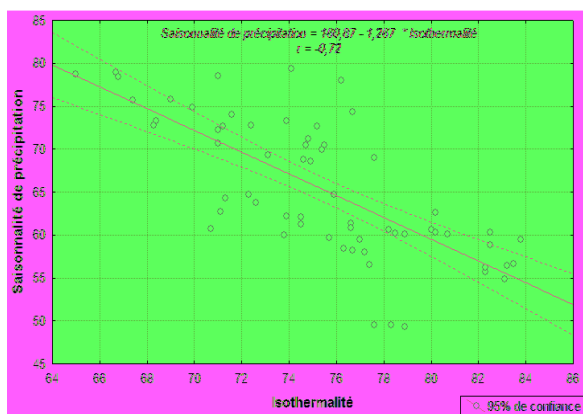
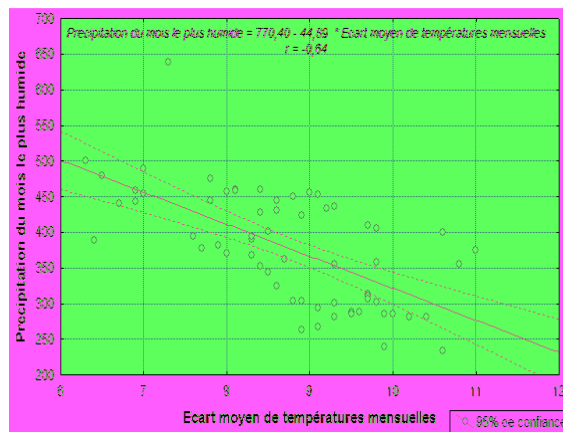
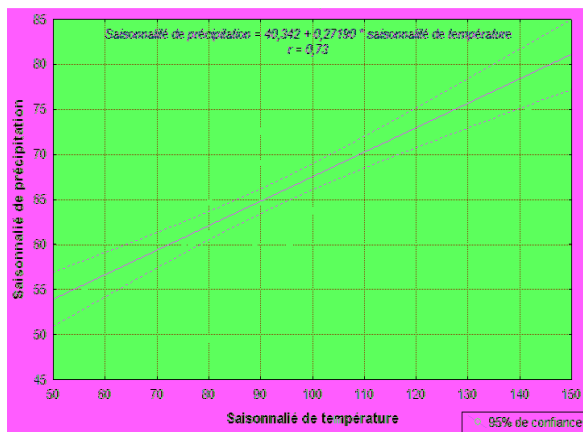
Annexe 4. Nuages des observations de *D. buettneri* montrant les corrélations statistiquement positives entre des paramètres de précipitation et des paramètres de température.



Annexe 5. Nuages des observations de *D. buettneri* montrant les corrélations statistiquement négatives entre des paramètres de précipitation et des paramètres de température.



Annexe 6. Nuages des observations de *D. edulis* de milieux forestiers naturels montrant les corrélations statistiquement significatives entre des paramètres de précipitation et des paramètres de température.



Annexe 7. Composition du tampon de lyse (1 plaque = 50 ml)

5 ml Tris (1 M ; pH 8)

28 ml NaCl (2,5M)

2 ml EDTA (0,5 M; pH 8)

1 g CTAB (2 %)

0,5 g sulfite de sodium (1 %)

50 ml H₂O osmosée

Annexe 8. Dosage qualitatif de l'ADN sur gel d'Agarose

La migration sur gel permet de vérifier la présence de l'ADN extrait et sa quantité estimée en référence à des marqueurs de tailles.

1- Préparation du gel d'agarose

La composition chimique du gel d'Agarose est 200 ml de tampon TBE + 2g d'Agarose (1%) + 8 µl de solution BET (intercalant de l'ADN)

- Chauffage au four micro ondes jusqu'à liquéfaction
- Moulage dans un support adapté à l'aide de peignes

NB : TBE = 1 volume de Tris HCl 1M pH 8 + 1/5 volume de EDTA 0,5M pH 8 + 100 volume de H₂O

2- Dépôt de l'ADN sur gel d'Agarose

- 3 µl d'ADN
- 2 µl de solution de charge (Bleu de Bromophénol)

3- Dépôt d'un marqueur de taille témoin :

5 µl de marqueur de taille (Smart Ladder)

4- Migration de l'ADN à 110V pendant 30 min puis visualisation sur écran

Annexe 9. Fréquences alléliques des populations de *D. edulis*

Locus	Allèles	Soa	Akono	Supé	Ebodjé	Nkollé	Mbouda	Maké néné	Yaoundé	Somo lamo	Ngaou ndal	Kum bam	Wum	Bakossi	Bibondi	Bibon di-F	Rhumpi	Mokoko	Manfe	Bouma ngo	Mou anda	Hawai	Okondja	Mabou kou	
CB09	167	0,021	0	0,035	0	0	0,074	0,054	0	0	0	0,065	0	0	0	0,167	0,044	0	0,065	0	0,065	0,060	0,039	0,135	
	169	0,021	0	0,017	0,025	0,083	0,037	0	0	0	0	0	0	0	0	0,667	0	0,026	0	0	0	0	0	0	
	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0	0	0	
	177	0	0	0	0,025	0	0,019	0,018	0	0	0,077	0	0	0	0	0	0,130	0,079	0	0	0	0	0	0	
	179	0,500	0,348	0,397	0,750	0,400	0,352	0,411	0,553	0,667	0,539	0,630	0,658	0,556	0,521	0,167	0,435	0,500	0,587	0,542	0,696	0,580	0,635	0,442	
	181	0	0,239	0	0	0	0,019	0	0	0,033	0	0	0,079	0	0,042	0	0,044	0,026	0,065	0,208	0	0,020	0	0,077	
	182	0,021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	183	0,208	0,196	0,207	0,075	0,367	0,130	0,196	0,395	0,233	0,192	0,304	0,211	0,278	0,188	0	0,217	0,211	0,174	0,208	0,109	0,320	0,154	0,231	
	185	0	0,022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	0	0	0	0,021	0	0	0	0	0
	187	0	0,044	0,052	0	0,050	0,056	0,089	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0,044	0	0	0	0	0,022	0	0,019	0
	189	0,229	0,087	0,276	0,125	0,067	0,093	0,071	0,053	0,067	0,154	0	0,053	0,111	0,229	0	0,044	0,105	0,109	0,021	0,087	0,020	0,135	0,115	
	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	
	191	0	0,065	0	0	0,033	0,148	0,071	0	0	0,039	0	0	0,037	0	0	0,044	0,026	0	0	0	0	0	0	0
	193	0	0	0,017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026	0	0	0	0	0	0	0
	195	0	0	0	0	0	0,074	0,071	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
198	0	0	0	0	0	0	0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CE09	128	0,152	0,087	0,089	0,175	0,033	0,019	0,069	0	0,067	0,039	0,125	0	0,077	0,020	0	0	0,059	0,120	0	0	0	0	0	
	130	0,217	0,087	0,036	0,225	0,317	0,212	0,172	0	0,100	0,192	0,104	0,184	0,154	0,280	0	0,167	0,059	0,020	0	0	0	0	0	
	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0	0	0	0	0	
	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0	0	0	0	0	
	135	0	0,022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0	0	0,029	0	0	0	0	0	0	
	137	0,022	0	0	0,025	0	0,019	0	0	0	0	0	0	0,039	0	0	0,024	0,029	0,040	0	0	0	0	0	0
	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,029	0	0	0	0	0	0	
	139	0	0	0,018	0	0	0	0	0	0	0,039	0,083	0	0,077	0	0	0,119	0,029	0,080	0	0	0	0	0	0
	141	0,022	0,130	0,125	0,100	0,067	0,096	0,207	0	0,133	0,346	0,104	0,105	0,096	0,100	0,500	0,119	0,177	0,160	0	0	0	0	0	
142	0	0,022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,024	0	0	0	0	0	0	0		

	143	0,217	0,413	0,393	0,075	0,200	0,173	0,155	0	0,267	0,192	0,396	0,342	0,231	0,280	0,250	0,095	0,177	0,180	0	0	0	0	0
	145	0,087	0,022	0,036	0,025	0,017	0,077	0,052	0	0,100	0,039	0	0,079	0,058	0,020	0	0,095	0,059	0,020	0	0	0	0	0
	148	0,022	0,044	0,071	0,075	0,033	0,096	0,121	0	0,033	0	0,021	0,079	0	0,020	0,125	0,048	0,088	0,020	0	0	0	0	0
	150	0,022	0,087	0,018	0,025	0	0,039	0,069	0	0,033	0,039	0	0,053	0,058	0,040	0	0,071	0,029	0,060	0	0	0	0	0
	152	0,065	0,022	0	0	0	0	0,035	0	0,100	0	0,021	0	0,039	0,020	0,125	0	0,029	0	0	0	0	0	0
	154	0,130	0,022	0,143	0	0,150	0,058	0,035	0,316	0,067	0,039	0	0,105	0,115	0,080	0	0,048	0,088	0,140	0,500	0,523	0,429	0,540	0,460
	156	0,044	0	0,054	0,225	0,083	0,058	0,017	0	0,033	0,039	0,104	0,026	0,019	0,060	0	0,048	0,029	0,100	0	0	0	0	0
	158	0	0	0,018	0	0	0,096	0,052	0	0	0	0,021	0,026	0	0	0	0,095	0,029	0,020	0	0	0	0	0
	159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,479	0,364	0,524	0,420	0,480
	160	0	0,022	0	0	0	0	0,017	0,474	0	0	0	0	0	0,020	0	0	0,029	0	0	0,046	0	0	0,040
	162	0	0,022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0	0,029	0	0	0	0	0	0
	163	0	0	0	0	0,050	0,039	0	0	0,067	0	0	0	0	0,020	0	0,024	0	0	0	0	0	0	0
	166	0	0	0	0,050	0,050	0,019	0	0	0	0,039	0,021	0	0	0,020	0	0,024	0	0	0	0	0	0	0
	168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0	0	0
	173	0	0	0	0	0	0	0	0,211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,023	0,024	0,040	0,020
	175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,024	0	0
CG11	173	0,063	0	0	0	0	0	0	0,026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019
	176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,039	0
	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,053	0	0	0	0	0	0
	179	0,021	0,109	0,033	0	0,133	0,093	0	0	0,071	0,077	0,021	0,053	0	0	0	0,109	0,079	0,077	0,083	0,065	0,160	0,058	0,077
	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,039	0
	181	0,917	0,891	0,967	1	0,850	0,889	1	0,974	0,929	0,923	0,979	0,947	0,982	1	1	0,804	0,868	0,808	0,896	0,935	0,840	0,827	0,904
	183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	0	0,039	0
	184	0	0	0	0	0,017	0,019	0	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0,044	0	0,115	0	0	0	0	0
	186	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,044	0	0	0	0	0	0	0
	208	0	0	0	0	0	0	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	209	0	0	0,039	0	0	0,037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026	0	0	0	0	0,026	0	0

LB12	210	1	0,773	0,942	0,895	0,933	0,833	0,914	0,895	0,767	0,808	0,913	0,974	0,923	0,860	0,500	0,868	0,971	1	0,854	0,870	0,895	0,813	0,854	
	211	0	0	0	0	0	0	0	0,026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	212	0	0,046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	214	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,250	0	0	0	0	0	0	0	0	
	215	0	0	0	0	0,033	0,074	0	0	0	0	0	0,026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	216	0	0	0	0,026	0	0,037	0	0,053	0,133	0,077	0	0	0,019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,042	0	0	0,083	0	
	218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0,026	0	0	0	0	0	0	0	0
	219	0	0	0	0	0	0	0	0	0,067	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	0	0	0	0
	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0,033	0	0,044	0	0,039	0	0	0,026	0	0	0,021	0,022	0	0	0	0
	221	0	0	0	0,026	0	0	0	0	0	0	0,022	0	0	0,020	0	0	0	0	0,042	0,022	0,079	0,021	0,125	
	222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026	0	0	0	0	0	0,042	0,021	
	223	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	
	224	0	0,136	0,019	0,053	0,033	0,019	0,035	0,026	0	0,115	0,022	0	0	0,100	0,250	0,026	0	0	0,021	0,044	0	0	0	0
	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0	0,021	0	
	226	0	0,046	0	0	0	0	0,017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0	0	0,029	0	0	0,022	0	0	0	0	
LD06	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	0	0	0	
	125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	0	0	0	
	129	0	0	0	0	0	0	0	0,056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,063	0,087	0,063	0,077	0,115	
	131	0	0	0	0	0	0	0	0,139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,167	0,087	0,063	0,212	0,154	
	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,083	0	0	0	0	
	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	0,021	0,039	0,019	
	137	0	0	0	0	0	0	0	0,056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,042	0,039	0	
	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	0,077	
	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	
	141	0	0	0	0	0	0	0	0,194	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,130	0,063	0,173	0,058	
143	0	0	0	0	0	0	0	0,222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,250	0,261	0,292	0,212	0,269	
144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

145	0	0	0	0	0	0	0	0,083	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,063	0,130	0,042	0,096	0,058	
146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0	0	0	0	
149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	
150	0	0	0	0	0	0	0	0,056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,044	0	0,019	0,019	
151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,042	0	0	0	0,039	
152	0	0	0	0	0	0	0	0,028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	
154	0,609	0,370	0,483	0,450	0,362	0,482	0,411	0,083	0,533	0,539	0,348	0,444	0,539	0,354	0	0,391	0,382	0,346	0,125	0,196	0,125	0,058	0,096
156	0	0	0	0	0	0	0	0,028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,042	0,044	0,146	0	0,019	
157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0,019	
158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,063	0,022	0,021	0,019	0,019	
160	0,326	0,565	0,517	0,550	0,603	0,500	0,536	0	0,467	0,346	0,630	0,556	0,327	0,646	1	0,500	0,529	0,500	0,021	0	0,042	0	0,019
162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0	0,039	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0	0	0
166	0	0	0	0	0	0	0	0,056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	0	0	0	0,019	0	0	0	0	0
168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,063	0	0
171	0	0,044	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	0,065	0,022	0	0	0,035	0	0,036	0	0	0	0,022	0	0,096	0	0	0,065	0,059	0,077	0	0	0	0	0
175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
177	0	0	0	0	0	0	0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,029	0,019	0	0	0	0	0
179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0	0,019	0	0	0	0	0

Annexe 10. Distribution géographique du nombre d'allèles par locus, de l'hétérozygotie et du polymorphisme sur l'aire étudiée

