

UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
FACULTE DES SCIENCES



UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET DE PHYSIOLOGIE VEGETALES  
DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

**Influence de la compétition interspécifique sur la production  
fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel  
en zone forestière à pluviométrie bimodale du Cameroun**

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

Option : Botanique-Ecologie

Par

ENDELE Paul Patrick

Master es Sciences

Matricule : 05T037



Sous la direction de :

MBARGA BINDZI

Maitre de Conférences

et

Sous la supervision de :

YOUMBI Emmanuel

Professeur

Année 2023



DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES  
DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

ATTESTATION DE CORRECTIONS

\*\*\*\*\*

Nous, soussignés, Membres du Jury de la thèse de Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Végétaux option Botanique-Ecologie, de l'étudiant **ENDELE Paul Patrick**, Matricule **05T035**, soutenue publiquement le **28 juin 2023** sur le thème « **Influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière du *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) Pierre ex Heckel en zone forestière à pluviométrie bimodale du Cameroun** », attestons que les corrections ont été effectuées par le candidat, conformément aux remarques et recommandations du jury lors de la soutenance de la dite thèse de Doctorat/Ph.D.

En foi de quoi, nous lui délivrons cette attestation de corrections pour servir et valoir ce que de droit. /-

Rapporteurs


  
Pr. MBARGA BINDU Alain


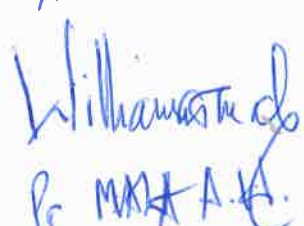
  
Pr. E. YOUNBI

Président


  
ZAPFAEK

Membres

  
Prof. R. S. PRUSO

  
Pr. AMBANG  
  
Pr. MATA A.K.

## Liste protocolaire

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

**ANNÉE ACADEMIQUE 2022/2023**  
 (Par Département et par Grade)  
**DATE D'ACTUALISATION 31 MAI 2023**

### ADMINISTRATION

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

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

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

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

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

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

N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
<b>1. DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (43)</b>			
1	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3	KANSICI Germain	Professeur	En poste
4	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
5	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6	NGUEFACK Julienne	Professeur	En poste
7	NJAYOU Frédéric Nico	Professeur	En poste
8	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
11	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	<i>Chef DAF / FS</i>
13	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Maître de Conférences	En poste
15	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	<i>VD / FS / Univ Ebwa</i>
16	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
17	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
18	LUNGA Paul KEILAH	Maître de Conférences	En poste
19	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Maître de Conférences	En poste
20	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	<i>Doyen FS / UDs</i>
21	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
22	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
23	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
24	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
25	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste

26	BEBOY EDJENGUELE Sara Nathalie	Chargé de Cours	En poste
27	DAKOLE DABOY Charles	Chargé de Cours	En poste
28	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
29	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
30	FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
31	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
32	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
34	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
35	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Chargé de Cours	En poste
36	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste
37	BAKWO BASSOGOG Christian Bernard	Assistant	En Poste
38	ELLA Fils Armand	Assistant	En Poste
39	EYENGA Eliane Flore	Assistant	En Poste
40	MADIESSE KEMGNE Eugénie Aimée	Assistant	En Poste
41	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Assistant	En Poste
42	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistant	En poste
43	WOGUIA Alice Louise	Assistant	En Poste

## **2. DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (52)**

1	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>DAARS / FS</i>
2	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	<i>Chef de Département</i>
3	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5	DZEUFJET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En Poste
6	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>CD et Vice Doyen/FMSB/UIYI</i>
7	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
8	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	En poste
9	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
10	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
11	NOLA Moïse	Professeur	En poste
12	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
13	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service / Coord.Progr. / MINSANTE</i>
14	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
15	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	<i>Vice Doyen/ Uté Ebwa</i>
16	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
17	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
18	GOUNOUE KAMKUMO Raceline épouse FOTSING	Maître de Conférences	En poste
19	JATSA BOUKENG Hermine épouse MEGAPTCHÉ	Maître de Conférences	En Poste
20	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
21	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
22	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
23	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
24	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
25	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
26	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
27	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste

28	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
29	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
31	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
32	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
33	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
34	FEUGANG YOUNSSI François	Chargé de Cours	En poste
35	FOKAM Alvine Christelle Epse KENGNE	Chargé de Cours	En poste
36	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
37	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
38	KOGA MANG DOBARA	Chargé de Cours	En poste
39	LEME BANOCK Lucie	Chargé de Cours	En poste
40	MAPON NSANGOU Indou	Chargé de Cours	En poste
41	METCHI DONFACK Mireille Flaure épse GHOUMO	Chargé de Cours	En poste
42	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
43	NGOULATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
44	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	<i>Chef Div. Uté Bamenda</i>
45	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
46	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
47	YEDE	Chargé de Cours	En poste
48	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
49	AMBADA NDZENGUE Georgia ELNA	Assistante	En poste
50	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste
51	NDENGUE Jean De Matha	Assistant	En poste
52	ZEMO GAMO Franklin	Assistant	En poste

### 3. DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (34)

1	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
3	MBOLO Marie	Professeur	En poste
4	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5	YOUNBI Emmanuel	Professeur	En poste
6	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9	MAHBOU SOMO TOUKAM Gabriel	Maître de Conférences	En poste
10	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
11	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	<i>DAAC / UDla</i>
12	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	En poste
13	NGALLE Hermine BILLE	Maître de Conférences	En poste
14	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Maître de Conférences	En poste
15	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	<i>CT / MINRESI</i>
16	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
17	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
18	ONANA JEAN MICHEL	Maître de Conférences	En poste
19	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
20	GONMADGE CHRISTELLE	Chargée de Cours	En poste
21	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste

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

#### 4. DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (28)

1	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Mission PR</i>
2	NANSEU NJIKI Charles Péguy	Professeur	En poste
3	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
4	NENWA Justin	Professeur	En poste
5	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>Doyen FS Univ. Ngaoundere</i>
6	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor / UB</i>
7	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste
8	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
9	EMADAK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
10	KAMGANG YOUNBI Georges	Maître de Conférences	En poste
11	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
12	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
13	MBEY Jean Aime	Maître de Conférences	En poste
14	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	<i>Chef de Département</i>
15	NEBAH Née NDOIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>Sénatrice / SENAT</i>
16	NJOMOU C. épouse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
17	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
18	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
19	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
20	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Maître de Conférences	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
21	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Maître de Conférences	En poste
22	KOUOTOU DAOUDA	Maître de Conférences	En poste
23	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
24	NCHIMI NONO KATIA	Chargée de Cours	En poste
25	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
26	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
27	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
28	BOYOM TATCHEMO Franck W.	Assistant	En Poste

#### 5. DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (37)

1	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	<i>Vice-Doyen / DPSAA</i>
2	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UIYI</i>
3	NGOUELA Silvere Augustin	Professeur	<i>Chef de Département UDS</i>

4	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur/ MINESUP/ Chef de Département</i>
5	WANDJI Jean	Professeur	En poste
6	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
7	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
8	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	En poste
9	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
10	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
11	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
12	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
14	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
15	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
16	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
17	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>C.E.A/ MINESUP</i>
18	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>DAAC/Uté Bertoua</i>
19	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
20	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
21	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
22	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Doyen /FS/ UYI</i>
23	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
24	ZONDEGOUNBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste
25	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
26	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
27	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
28	NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste
29	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
30	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Chargée de Cours	En poste
31	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
32	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33	TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
34	TSAMO TONTSA Armelle	Chargé de Cours	En poste
35	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
36	MUNVERA MFIFEN Aristide	Assistant	En poste
37	NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste

#### **6. DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)**

1	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef de Division MINESUP</i>
2	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Inspecteur Général / MINESUP</i>
3	NDOUNAM René	Maître de Conférences	En poste
4	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
5	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	<i>Chef de Cellule MINFOPRA</i>
6	AMINOUE HALIDOU	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
7	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
8	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
9	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
11	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
12	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
13	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
14	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	En poste

15	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
16	NZEKON NZEKO'O Armel JACQUES	Chargé de Cours	En poste
17	OLLE OLLE Daniel Claude Georges Delort	Chargé de Cours	<i>Sous-Directeur ENSET Ebolowa</i>
18	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
19	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
20	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
21	MAKEMBE. S. Oswald	Assistant	<i>Directeur CUTI</i>
22	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste

### **7. DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (33)**

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

### **8. DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)**

1	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE</i>
3	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	En poste
4	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
5	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste



6	KOUITCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Maître de Conférences	En poste
7	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
8	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
9	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
10	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
11	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
12	MEYIN A EBONG Solange	Chargé de Cours	En poste
13	MONI NDEDI Esther Del Florence	Chargé de Cours	En poste
14	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
15	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargé de Cours	En poste
16	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	<i>Chef de Service de la Scolarité</i>
17	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
18	NKOUÉ TONG Abraham	Assistant	En poste
19	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistant	En poste
20	EZO'O MENGO Fabrice Télésfor	Assistant	En poste
21	EHETH Jean Samuel	Assistant	En poste
22	MAYI Marie Paule Audrey	Assistant	En poste
23	NGOUE NAM Romial Joël	Assistant	En poste
24	NJAPNDOUNKE Bilkissou	Assistant	En poste

### 9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (43)

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

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

#### **10. DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (43)**

1	BITOM Dieudonné-Lucien	Professeur	<i>Doyen / FASA / UDs</i>
2	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
3	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	<i>Chef de Département</i>
4	NGOS III Simon	Professeur	En poste
5	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
6	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
7	ONANA Vincent Laurent	Professeur	<i>Chef de Département / Uté. Eb.</i>
8	YENE ATANGANA Joseph Q.	Professeur	<i>Chef Div. /MINTP</i>
9	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DRC</i>
10	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	En poste
11	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	<i>Chef Div./Uté Ebolowa</i>
12	Elisé SABABA	Maître de Conférences	En poste
13	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec. d'Etat/MINMIDT</i>
14	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
15	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	<i>Chef de Div. /Uté Bertoua</i>
16	MBIDA YEM	Maître de Conférences	En poste
17	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/MINIMDT</i>
18	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
19	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	<i>CEA/MINRESI</i>
20	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
21	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
22	TCHAKOUNTE Jacqueline épouse NUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef. Cell /MINRESI</i>
23	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
24	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
25	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
26	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
27	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
28	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
29	EYONG John TAKEM	Chargé de Cours	En poste
30	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle, épouse BITOM	Chargée de Cours	En poste

31	MBESSE Cécile Olive	Chargée de Cours	En poste
32	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
33	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	<i>Chef Serv./Uté Maroua</i>
34	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
35	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
36	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargée de Cours	En poste
37	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
38	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
39	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
40	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste
41	KOAH NA LEBOGO Serge Parfait	Assistant	En poste
42	NGO'O ZE ARNAUD	Assistant	En poste
43	TENE DJOUKAM Joëlle Flore, épouse KOUANKAP NONO	Assistante	En poste

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

#### NOMBRE D'ENSEIGNANTS

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

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

Professeurs	<b>69 (07)</b>
Maîtres de Conférences	<b>125 (40)</b>
Chargés de Cours	<b>125 (30)</b>
Assistants	<b>40 (12)</b>
( ) = Nombre de Femmes	<b>89</b>

## **Dédicace**

Ce travail est dédié :

A mes parents, notamment ma mère et mon feu père, à mon épouse et à mes enfants.

## Remerciements

L'aboutissement d'un travail de cette envergure, bien qu'étant le fruit d'une volonté personnelle, nécessite le dévouement, la disponibilité, la confiance et un apport fécond de nombreuses personnes. A celles-ci, témoignons aujourd'hui toute la reconnaissance et les amitiés renouvelées. L'exercice de remerciements n'étant toujours pas la chose la plus aisée, la cause étant cette peur d'oublier un nom, ou ne pas savoir par lequel commencer. Car oublier un nom pourrait être considéré comme une certaine négligence ; commencer par un nom, sous-entendrait un quelconque classement, bien qu'il n'en existe pas. En implorant donc votre indulgence, permettez que les premiers remerciements s'adressent à :

- Pr. AMBANG Zachée, Chef du Département de Biologie et Physiologie Végétales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, pour son dévouement constant et l'animation scientifique dans le Département ;

- Pr. YOUMBI Emmanuel, pour avoir supervisé ce travail, pour ses conseils et sa disponibilité ;

- Pr. MBARGA BINDZI pour avoir initié et encadré ce travail, pour ses conseils, sa rigueur scientifique, sa disponibilité et pour sa confiance ;

- Dr. ESSONO Damien Marie, Chargé de cours au Département de Microbiologie de l'Université de Yaoundé I, pour sa disponibilité et son accompagnement durant toute la période de collecte des données ;

- Dr YEPDO Djomou Zéphirin, Maître de Recherche à l'Institut National de la Cartographie pour son aide dans la réalisation de la carte du site d'étude ;

- Dr. KONO Léon, Chargé de cours au Département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I, pour son accompagnement ;

- tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I, pour la formation qu'ils nous ont apportée depuis le niveau I et leur dévouement à faire des étudiants en BOV de véritables scientifiques et chercheurs ;

- Dr. MANGA ESSOUMA François, Chargé de Recherche à l'IRAD pour son assistance, son amitié et son aide dans la réalisation de cette étude et de l'analyse statistique des données ;

- Dr. MBOUSSI Serges Bertrand, Chargé de cours à l'Institut Universitaire des Technologies de l'Université de Douala, pour la relecture et ses conseils pratiques ;

- mon épouse, Mme DJOMOU Laura Manuela, Professeur de lycée d'enseignement général (PLEG), pour tout son soutien inestimable. Qu'elle trouve en ces mots l'expression de mon amour et les excuses pour mes multiples absences ;

- mes frères BIYO'O Guy, ALLOUM Eric et mes sœurs BEBENE Mélanie, NTOLO Théorine Josée, ASSEMBE Sylvie Josiane, qui ont toujours maintenu autour de nous ce climat d'amour, d'affection, de cordialité, de confiance mutuelle que nous ont légué nos parents ;

Pour toutes ces personnes, qui ont contribué de quelque manière que ce soit à l'aboutissement de ce travail, veuillez trouver à travers ce mémoire l'expression de ma profonde considération.

## Sommaire

Liste protocolaire.....	i
Dédicace .....	x
Remerciements .....	xi
Sommaire .....	xiii
Liste des figures .....	xvi
Liste des tableaux .....	xviii
Liste des abréviations et sigles .....	xix
Liste des annexes.....	xx
Résumé.....	xxi
Abstract .....	xxiii
Introduction .....	2
Chapitre I. Généralités.....	5
I.1. Problématique .....	5
I.2. Objectifs de l'étude.....	6
I.3. Hypothèses de recherche .....	6
I.4. Intérêt de l'étude et structure du document .....	7
I.2. Revue de la littérature .....	9
I.2.1. Produits forestiers non ligneux .....	9
I.2.2. Généralités sur <i>Ricinodendron heudelotii</i> .....	11
I.2.2.1. Description botanique .....	11
I.2.2.2. Aspects écologiques et biogéographiques.....	11
I.2.2.3. Domestication et contraintes agroforestières .....	14
I.2.2.4. Implications socio-économiques.....	15
I.2.3. Diversité biologique et coexistence des espèces en forêt tropicale humide .....	16
I.2.3.1. Maintien et coexistence de la diversité floristique.....	16
I.2.3.2. Théorie de niche écologique ou théorie déterministe .....	17
I.2.3.3. Théorie neutraliste.....	18
I.2.3.4. Neutralité et ou niche écologique : une théorie pour l'écologie tropicale ? .....	19
I.2.3.5. Interactions biotiques et coexistence des espèces .....	20
I.2.3.6. Compétition interspécifique et coexistence des espèces.....	20
I.2.4. Zones agro-écologiques .....	22
I.2.4.1. Zone soudano-sahélienne.....	22
I.2.4.2. Zone des hautes savanes guinéennes .....	22
I.2.4.3. Zone des hauts plateaux .....	23
I.2.4.4. Zone forestière humide à régime pluviométrique monomodal.....	23
I.2.4.5. Zone forestière humide à régime pluviométrique bimodal .....	24
I.2.5. Cadre physique .....	24
I.2.6. Cadre biologique et socio-économique .....	25
I.2.7. Facteur humain .....	26
Chapitre II. Matériel et Méthodes .....	28
II.1. Matériel .....	28
II.1.1. Description du site d'étude.....	28
II.1.2. Matériel utilisé.....	29
II.2. Méthodes.....	30
II.2.1. Dispositif d'échantillonnage .....	30
II.2.2. Collecte des données pour la caractérisation de la compétition interspécifique ....	31
II.2.2.1. Inventaire floristique.....	31

II.2.2.2. Mesures dendrométriques .....	31
II.2.2.3. Phénologie foliaire et fruitière .....	33
II.2.2.4. Production fruitière .....	33
II.2.2.5. Evaluation de la compétition interspécifique .....	34
II.3. Analyse des données .....	34
II.3.1. Paramètres floristiques et structuraux .....	34
II.3.1.1. Paramètres structuraux.....	34
II.3.1.2. Richesse et diversité spécifiques .....	35
II.3.2. Caractérisaton de la compétition interspécifique .....	36
II.3.2.1. Analyse de la phénologie foliaire et fruitière .....	36
II.3.2.2. Analyse des indices de compétition interspécifique.....	37
II.3.3. Détermination de la production fruitière de <i>Ricinodendron heudelotii</i> .....	38
II.3.4. Evaluation de l'influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière.....	39
II.3.4.1. Analyse des variations de la production fruitière .....	39
II.3.4.2. Analyse des variables prédictives du potentiel de production.....	39
Chapitre III. Résultats et Discussion .....	42
III.1. Résultats.....	42
III.1.1. Caractéristiques floristiques et structurales.....	42
III.1.2. Caractérisation de la compétition interspécifique .....	44
III.1.2.1. Distribution des diamètres.....	44
III.1.2.2. Distribution des hauteurs.....	47
III.1.2.3. Densité et surface terrière.....	51
III.1.2.4. Stades phénologiques .....	52
III.1.2.4.1. Défeuillaison et refeuillaison chez les compétiteurs potentiels.....	52
III.1.2.4.2. Phénologie de la fructification chez <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) ..	54
III.1.2.4.3. Modalités de défeuillaison et de refeuillaison .....	57
III.1.2.5. Rapport de compétition et influence des caractéristiques dendrométriques ..	61
III.1.2.6. Détermination des indices de compétition et d'autocorrélation spatiale.....	62
III.1.2.6.1. Indices indépendants et dépendants de la distance .....	62
III.1.2.6.2. Indices d'autocorrélation spatiale .....	64
III.1.2.7. Analyse des régressions .....	65
III.1.2.7.1. Analyse des régressions en milieu forestier .....	65
III.1.2.7.2. Analyse des régressions en milieu agro-forestier .....	68
III.1.2.8. Compétition et orientation cardinale .....	70
III.1.2.8.1. Analyse des régressions dans les placettes de forêt.....	70
III.1.2.8.2. Analyse des régressions dans les placettes de milieu agro-forestier .....	72
III.1.3. Evaluation de la production fruitière de <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) .....	74
III.1.4. Influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière de <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) .....	77
III.1.4.1. Variabilité de la production fruitière en fonction de la phénophase .....	77
III.1.4.2. Régressions linéaires et corrélations entre la production fruitière et les paramètres dendrométriques.....	79
III.1.4.2.1. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée.....	79
III.1.4.2.2. Analyse de la variation de la production totale cumulée en fonction des caractéristiques dendrométriques .....	80
III.1.4.2.3. Modélisation de la production fruitière en fonction des caractéristiques dendrométriques en milieu agro-forestier.....	86



III.1.4.2.4. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée en fonction de l'orientation cardinale des compétiteurs en milieu agro-forestier .....	89
III.1.4.2.5. Modélisation de la production fruitière en fonction des caractéristiques dendrométriques en milieu forestier .....	90
III.1.4.2.6. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée en fonction de l'orientation cardinale des compétiteurs dans des forêts .....	92
III.2. Discussion.....	93
III.2.1. Caractéristiques floristiques et structurales.....	93
III.2.2. Compétition interspécifique dans les différents types d'utilisation des terres.....	94
III.2.3. Production fruitière totale cumulée.....	99
III.2.4. Production fruitière et influence de la compétition interspécifique.....	99
Chapitre IV. Conclusion, perspectives et recommandations.....	105
Bibliographie .....	109
Annexes .....	127

## Liste des figures

Fig. 1. Evolution mensuelle des précipitations et températures moyennes au cours de la période d'étude (2017 - 2019) .....	25
Fig. 2. Carte de localisation du site d'étude.....	28
Fig. 3. Matériels de terrain utilisés.....	29
Fig. 4. Dispositif de collecte des données biométriques et de production fruitière.....	30
Fig. 5. Utilisation du clinomètre pour la mesure de la hauteur des arbres.....	32
Fig. 6. Mesure des paramètres dendrométriques et des individus sous étude.....	32
Fig. 7. Comptage directe des fruits après ramassage.....	34
Fig. 8. Spectre des familles les plus représentatives selon le type d'utilisation des terres.....	42
Fig. 9. Dispersion des valeurs autour des moyennes des classes de diamètre des compétiteurs potentiels.....	45
Fig. 10. Répartition des individus par classe de diamètre des individus sous étude.....	45
Fig. 11. Répartition du diamètre moyen des individus-sujets à travers les types d'utilisation des terres.....	46
Fig. 12. Répartition du diamètre moyen des compétiteurs potentiels à travers les types d'utilisation des terres.....	46
Fig. 13. Dispersion des valeurs par classe de hauteur du nombre d'individus compétiteurs potentiels.....	48
Fig. 14. Répartition des individus par classe de hauteur.....	48
Fig. 15. Répartition des hauteurs moyennes des individus-sujets à travers les types d'utilisation des terres.....	49
Fig. 16. Répartition des hauteurs moyennes des compétiteurs potentiels à travers les types d'utilisation des terres.....	49
Fig. 17. Dispersion des valeurs autour de la moyenne des surfaces terrières à travers les types d'utilisation des terres.....	51
Fig. 18. Dispersion des valeurs autour de la moyenne des densités des individus à travers les types d'utilisation des terres.....	51
Fig. 19. Evolution mensuelle des phénophases en milieu agro-forestier (2017 – 2019). .....	53
Fig. 20. Evolution mensuelle des phénophases en milieu forestier (2017 – 2019).....	53
Fig. 21. Evolution mensuelle du nombre d'individus de <i>R. heudelotii</i> en fructification en milieu forestier (2017 – 2019).....	54
Fig. 22. Evolution mensuelle du nombre d'individus de <i>R. heudelotii</i> en fructification en milieu agro-forestier (2017 – 2019). .....	54
Fig. 23. Evolution mensuelle de la température moyenne et du nombre moyen des individus-sujets en fructification au cours de la période d'étude en milieu forestier et agro-forestier.....	55
Fig. 24. Evolution mensuelle des précipitations moyennes et du nombre moyen des individus-sujets en fructification au cours de la période d'étude en milieu forestier et agro-forestier.....	55
Fig. 25. Evolution mensuelle du pourcentage d'individus du milieu forestier en fructification repartis en classe de diamètre.....	56
Fig. 26. Evolution mensuelle du pourcentage d'individus du milieu agro-forestier en fructification repartis en classe de diamètre.....	56
Fig. 27. Répartition des individus (%) selon le stade de défeuillaison.....	57
Fig. 28. Carte factorielle des différentes placettes circulaires d'agro-forêt en composantes 1 et 2.....	57
Fig. 29. Carte factorielle des différentes placettes circulaires de forêt en composantes 1 et 2.....	58
Fig. 30. Classification hiérarchique ascendante des placettes en milieu agro-forestier.....	59
Fig. 31. Classification hiérarchique ascendante des placettes du milieu forestier.....	59

Fig. 32. Répartition des taux de défeuillaison et refeuillaison à travers des groupes de placettes du milieu agro-forestier.....	60
Fig. 33. Répartition des taux de défeuillaison et refeuillaison à travers des groupes de placettes du milieu forestier. ....	60
Fig. 34. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction de la distance compétiteur-sujet (Distj) en milieu forestier. ....	66
Fig. 35. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celui de l'individu-sujet (NnT) en milieu forestier.....	67
Fig. 36. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction de la densité (d) des individus dans les placettes en milieu forestier.....	67
Fig. 37. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction de la distance compétiteur-sujet (Distj) en milieu agro-forestier.....	68
Fig. 38. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet (NnT) en milieu agro-forestier. ....	69
Fig. 39. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction de la densité (d) des individus dans les placettes en milieu agro-forestier. ....	69
Fig. 40. Régression de la compétition horizontale (HCI) en fonction de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets en milieu forestier. ....	71
Fig. 41. Régression de la compétition verticale (VCI) en fonction de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets en milieu forestier. ....	72
Fig. 42. Régression de la compétition horizontale (HCI) en fonction de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets en milieu agro-forestier. ....	73
Fig. 43. Régression de la compétition verticale (VCI) en fonction de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets en milieu agro-forestier. ....	74
Fig. 44. Moyenne annuelle de production fruitière par pied.....	75
Fig. 45. Moyenne mensuelle de production par pied. ....	75
Fig. 46. Production moyenne annuelle par pied selon les types d'utilisation des terres.....	76
Fig. 47. Production moyenne mensuelle par pied selon les types d'utilisation des terres.....	77
Fig. 48. Production moyenne par pied en fonction du groupement des placettes en milieu agro-forestier. ....	78
Fig. 49. Production moyenne par pied en fonction du groupement des placettes en milieu agro-forestier. ....	78
Fig. 50. Influence du diamètre de l'arbre sujet sur la production totale cumulée.....	80
Fig. 51. Influence du diamètre moyen des compétiteurs sur la production totale cumulée ....	81
Fig. 52. Influence de la hauteur de l'individu-sujet sur la production totale cumulée.....	82
Fig. 53. Influence de la hauteur moyenne des compétiteurs sur la production totale cumulée	83
Fig. 54. Influence du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets sur la production totale cumulée .....	83
Fig. 55. Influence de la densité moyenne des compétiteurs sur la production totale cumulée	84
Fig. 56. Influence de la distance des compétiteurs aux individus-sujets sur la production totale cumulée .....	85
Fig. 57. Influence de la surface terrière sur la production totale cumulée .....	86

## Liste des tableaux

Tableau I. Liste des indices de compétition déterminés pour <i>Ricinodendron heudelotii</i> . .....	37
Tableau II. Caractéristiques structurales des milieux sous étude.....	43
Tableau III. Caractéristiques structurales des milieux sous étude. ....	44
Tableau IV. Répartition du diamètre moyen des différentes classes à travers les types d'utilisation des terres. ....	47
Tableau V. Répartition de la hauteur moyenne des différentes classes à travers les types d'utilisation des terres.....	50
Tableau VI. Répartition des éléments de compétition en milieu agro-forestier.....	61
Tableau VII. Répartition des éléments de compétition en milieu forestier.....	62
Tableau VIII. Description des indices de compétition indépendants et dépendants de la distance déterminée. ....	63
Tableau IX. Répartition des indices de compétition spatiale à travers les types d'utilisation des terres. ....	64
Tableau X. Proportions de variabilité et de significativité des régressions des indices de compétition locale des compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet. ....	70
Tableau XI. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée et les indices de compétition dépendants et indépendants de la distance. ....	79
Tableau XII. Performance des régressions linéaires sélectionnant les variables pertinentes de production fruitière du <i>Ricinodendron heudelotii</i> en milieu agro-forestier. ....	87
Tableau XIII. Performance des régressions multiples à trois variables pertinentes de la production fruitière de <i>Ricinodendron heudelotii</i> en milieu agro-forestier. ....	87
Tableau XIV. Performance des régressions multiples à quatre variables pertinentes de production fruitière du <i>Ricinodendron heudelotii</i> en milieu agro-forestier. ....	88
Tableau XV. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée et l'orientation cardinale des compétiteurs en milieu agro-forestier.....	89
Tableau XVI. Performance des régressions simples sélectionnant les variables pertinentes de la production fruitière de <i>Ricinodendron heudelotii</i> en milieu forestier. ....	90
Tableau XVII. Performance des régressions multiples à trois variables pertinentes de la production fruitière de <i>Ricinodendron heudelotii</i> en milieu forestier.....	90
Tableau XVIII. Performance des régressions multiples à quatre variables pertinentes de la production fruitière de <i>Ricinodendron heudelotii</i> en milieu forestier.....	91
Tableau XIX. Equations de régression des combinaisons les plus pertinentes pour la prédiction de la production fruitière dans les deux types d'utilisation des terres. ....	92
Tableau XX. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée et l'orientation cardinale des compétiteurs en milieu forestier. ....	92

## Liste des abréviations et sigles

ACP : Analyse des Correspondances Multiples

AIC : Critère d'Information d'Akaike

ANOVA : Analyse of variance

CMAF : Centre Mondial de l'Agroforesterie

CNUED : Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement

*d* : Densité moyenne de tiges

Dg : Diamètre moyen

DHP : Diamètre à Hauteur de Poitrine

DoR : Dominance relative d'une espèce

E : Equitabilité

FAO : Food and Agriculture Organization

FR : Fréquence relative

GPS : Global Positioning System

Gr : Geary ratio

HCI : Horizontal/Hegyi's Competition Index

ICRAF : International Centre for Research in Agroforestry

MC : Moran coefficient

MINTRANS : Ministère des Transports

NVT : Rapport entre le nombre d'arbres voisins ramené à l'hectare sur le nombre de voisins totaux

OIBT : Organisation Internationale des Bois Tropicaux

PFNL : Produits forestiers non ligneux

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PSE : Paiement pour services environnementaux ou écosystémiques

St : Surface terrière

STT : Surface terrière du peuplement ramenée à l'hectare

VCI : Vertical Competition Index

## Liste des annexes

Annexe 1. Liste des espèces identifiées et géoréférencées en milieu forestier .....	127
Annexe 2. Liste des espèces identifiées et géoréférencées en milieu agro-forestier.....	129
Annexe 3. Fiche de collecte des données .....	132
Annexe 4. Article publié tirée de la thèse .....	133

## Résumé

La compréhension des facteurs qui influencent la structuration des peuplements et le fonctionnement des espèces en zone forestière tropicale est au centre de la recherche en écologie et en biogéographie évolutive. L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel en milieu naturel dans la zone forestière à pluviométrie bimodale du Cameroun dans la localité de Batschenga. Pour cela, les données ont été collectées dans deux types d'utilisation des terres, notamment en milieu forestier secondarisé et dans des agro-forêts à cacaoyers à l'aide des placettes circulaires permanentes de 15 m de rayon centrées sur chacun des individus de *R. heudelotii* sous étude. Ainsi, 13 placettes circulaires ont été déterminées en milieu forestier et 17 en agro-forêts à cacaoyers. A l'intérieur de ces placettes, tous les individus adultes de  $DHP \geq 20$  cm ont été géoréférencés et les paramètres dendrométriques prélevés. La production fruitière de *R. heudelotii* a été évaluée à travers un ramassage périodique et comptage des fruits tombés aux pieds des arbres entre les mois d'août et octobre, sur trois (03) années consécutives. L'influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière a été évaluée à l'aide des corrélations réalisées tour à tour avec des paramètres dendrométriques, des indices de compétition dépendants et indépendants de la distance, les indices d'autocorrélation spatiale, les paramètres phénologiques et les données d'orientation cardinale.

Les résultats obtenus montrent que la diversité spécifique est sensiblement égale dans les deux types d'utilisation des terres et que la moyenne des compétiteurs est plus importante en forêt. La compétition est plus importante lorsque les compétiteurs les plus hauts sont situés à une distance inférieure à 10 m du sujet. Les densités de moins de 150 arbres/ha pour des arbres de hauteur supérieure minimiseraient cette compétition, par conséquent auraient une faible influence sur la production fruitière aussi bien en forêt qu'en milieu agro-forestier.

La production annuelle totale cumulée des deux types d'utilisation des terres de ces pieds durant les trois années est de 750,93 kg, soit une moyenne de  $250,31 \pm 22$  kg par an. Celle-ci ne varie pas d'une année à l'autre ( $R^2 = 0,60\%$  ;  $p\text{-value} = 0,84 > 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Par ailleurs, la production annuelle totale cumulée varie fortement et significativement ( $R^2 = 68,60\%$  ;  $p\text{-value} = 0,03 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey) d'un mois à l'autre, septembre étant le mois où elle atteint le pic le plus élevé. Cette même variation s'observe entre les types d'utilisation des terres avec une importante production dans des

agro-forêts (535,68 kg) que dans des forêts (215,25 kg) ( $R^2 = 10,40\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

Les résultats obtenus montrent que la production fruitière du *R. heudelotii* est fortement influencée par la hauteur, le statut social des individus-sujets en milieu agroforestier et la densité des peuplements en milieu forestier. Aussi, cette influence est plus importante lorsque les individus-sujets et les compétiteurs sont alignés suivant l'axe Est-Ouest, c'est-à-dire lorsque l'individu-sujet ne reçoit pas la lumière du matin suite à l'effet d'ombre induite par des compétiteurs de hauteur plus importante.

L'étude suggère au regard des résultats sus évoqués qu'on pourrait prendre 04 compétiteurs dans des parcelles circulaires de rayon 10 m orientés selon l'axe Nord-Sud pour une production fruitière optimale. Aussi, la hauteur des compétiteurs, leur densité, leur nombre et leur distance par rapport à l'individu-sujet ont été utilisés dans des combinaisons allométriques pour la prédiction du potentiel fruitier du *R. heudelotii*. Trois combinaisons ont donc été retenues à partir des faibles valeurs du critère d'information d'Aïkake (AIC) à cet effet. La prise en compte de ces paramètres pour la domestication pourrait faciliter l'amélioration du rendement de *R. heudelotii* dans la perspective de sa domestication.

Enfin, dans une perspective d'élargissement, ce travail propose des études supplémentaires sur l'importance de la lumière du matin afin de juguler son influence sur les mécanismes biologiques des arbres à l'instar de la production fruitière. Aussi, un élargissement de cette étude à d'autres paramètres biométriques et mêmes environnementaux qui influenceraient la production fruitière du *R. heudelotii* pourrait être fait.

Mots clés : Concurrence, *Ricinodendron heudelotii*, compétiteurs, forêt, production fruitière.



## Abstract

Understanding the factors that influence fruit production in tropical forests is a central question in ecology and evolutionary biogeography. The aim of the work was to study the influence of interspecific competition between tree species on the fruit production of *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel in a natural environment in a forest zone with bimodal rainfall. To achieve this, data was collected in two types of land use, particularly in forest and cocoa agro-forests. Thus, 13 samples were placed in forest and 17 samples in cocoa agroforest. Data were collected in randomly selected 15 m radius circular plots centered on each *R. heudelotii* tree. Within these plots, all individuals adult of DBH  $\geq 20$  cm were georeferenced and dendrometric parameters collected. The fruit production of *R. heudelotii* is evaluated through periodic collection and counting of the fruits that have fallen under the tree during the months of August to October for three (03) consecutive years. The influence of interspecific competition on fruit production was established from the correlations performed composed successively with dendrometric parameters, distance-dependent and distance-independent competition index, autocorrelation index, phenological and cardinal orientation parameters.

The results obtained showed that the specific diversity is approximately equal in both land use types, and the average of competitors is higher in forest. The competition is more important when the competitors of taller heights are located at a distance less than 10 m from the subject. Densities of more than 150 trees / ha for trees of taller height would minimize this competition, therefore would have little influence on fruit production.

The cumulative annual production of the two land use types from these trees over the three years is 750.93 kg, or an average of  $250.31 \pm 22$  kg per year. This did not vary from year to year ( $R^2 = 0.60\%$ ; p-value =  $0.84 > 0.05$ ; Tukey HSD test). In fact, the cumulative annual production varies strongly and significantly ( $R^2 = 68.60\%$ ; p-value =  $0.03 < 0.05$ ; Tukey's HSD test) from month to month, with September being the month with the highest peak in production. This same variation is observed between land use types with more production in agro-forests (535.68 kg) than in forests (215.25 kg) ( $R^2 = 10,40\%$  ; p-value =  $0.0001 < 0.05$  ; Tukey's HSD test).

The results obtained showed that the fruit production of *R. heudelotii* is strongly influenced by the height of the individuals and the social status of the subject individuals. Also, this influence is more important when the individual-subjects and the competitors are

located along the West-East axis, i.e. when the individual-subjects do not receive morning light due to the shadow effect induced by taller competitors.

The study suggests that 04 competitors could be placed in circular plots of 10 m radius oriented along the east-west axis for optimal fruit production. Thus, competitor height, density, number, and distance from the subject individual were used in allometric combinations for the prediction of leakage potential of *R. heudelotii*. Three combinations were therefore selected from the low values of the Aikake Information Criterion (AIC) for this purpose. Consideration of these parameters for domestication could facilitate increased yields for *R. heudelotii* valorization projects.

Finally, in a perspective of extension, this work proposes additional studies on the importance of morning light in order to judge its influence on the biological mechanisms of the trees such as fruit productivity. Also, an extension of this study by questioning to other biometric and even environmental parameters could have on the fruit production of *Ricinodendron heudelotii* (Baill.).

Keywords: Interspecific competition, *Ricinodendron heudelotii*, competitors, forest, fruit production.

# **Introdction**

## **Introduction**

Les forêts tropicales humides d’Afrique centrale s’étendent sur une superficie estimée à 200 millions d’hectares et renferment plus de la moitié de la diversité biologique de la planète (Eba’a Atyi *et al.*, 2022). Cette diversité biologique qui est l’une de ses caractéristiques se distingue aussi par une richesse spécifique avec des peuplements arborescents qui atteignent des valeurs remarquables dans certaines régions (Nshimba, 2008). Les forêts tropicales constituent une ressource pour les populations (provision de bois, des matériaux et énergie et de nombreux produits forestiers non ligneux, y compris le gibier), une source de devises grâce à l’exploitation du bois et un réservoir de biodiversité (Sieglstetter *et al.*, 2011). Cette diversité biologique offre les produits forestiers non ligneux (PFNL), reconnus pour leurs apports en denrées nutritionnelles essentielles et des produits à usages médicaux (Tonga Ketchatang *et al.*, 2017).

La protection des forêts tropicales se présente comme un impératif reconnu non seulement par la communauté scientifique internationale, mais aussi des gouvernements dans le monde entier avec la pression de la société civile nationale et internationale. Cette protection commande d’ailleurs la conservation de la biodiversité de ces forêts, devenue une préoccupation majeure depuis la conférence des nations unies sur l’environnement et le développement (CNUED) tenue à Rio de Janeiro en 1992 (Allié, 2016). Cependant, la conservation nécessite d’une part, une meilleure connaissance de la biodiversité et la compréhension des interactions ou des processus impliqués à la structuration (indissociablement à la coexistence) et au fonctionnement des espèces (Lavorel *et al.* 2015 ; Allié, 2016). D’autre part, la compréhension de la biodiversité ne pourra être suivie d’action de conservation que si les retombées économiques et monétaires sont connues (Ouédraogo *et al.*, 2014). Toute chose qui pourrait se faire à travers la définition d’une valeur instrumentale donnée aux espèces et aux espaces en fonction de l’utilité (Maitre d’Hôtel & Pelegrin, 2012). En d’autres termes, il s’agit d’attribuer des valeurs monétaires à des services écosystémiques parmi lesquels, des services d’approvisionnement qui sont largement échangés sur le marché (Brahic & Terreaux, 2009). Suivant cette logique, il est nécessaire de faire une évaluation des retombées monétaires des fonctions de production des espèces qui constituent la biodiversité dans ces forêts. Mais avant, il faut quantifier à la base, la production de ces espèces végétales, en l’occurrence celles qui présentent un intérêt socioéconomique avéré pour les populations (Ouédraogo *et al.*, 2014).

Les produits forestiers non ligneux (PFNL) constituent une part importante de la biodiversité en forêt tropicale camerounaise. Ils sont sources de nourriture, de revenus, de médecine, de matériaux de construction et constituent également des valeurs culturelles et spirituelles pour les habitants de la forêt (Ingram *et al.*, 2012). De ce fait, une partie de ces PFNL est destinée à l'autoconsommation et une autre est commercialisée sur les marchés locaux, nationaux, et internationaux (Mbaye & Badiane, 2019). En effet, plusieurs espèces d'arbres sont intéressantes pour l'alimentation humaine sur les marchés locaux et régionaux africains face aux besoins croissants qui découlent de la pression démographique (Kouyatè *et al.*, 2006). *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) est l'une de ces espèces, reconnue pour son potentiel socioéconomique et agroécologique (Akpovo *et al.*, 2022). Elle est parmi les essences les plus importantes pour les populations locales (Adeola, 1995). *R. heudelotii* fait partie des espèces forestières qui sont conservées par les agriculteurs après destruction de la forêt, au milieu desquelles sont insérées des cultures vivrières ou de rente (Laird, 1999). Cependant, elle reste sous domestiquée alors que sa survie est menacée par la disparition de la forêt secondaire dans la zone de forêt (Ngo Mpeck *et al.*, 2003).

# **Chapitre I. Généralités**

## Chapitre I. Généralités

### I.1. Problématique

Des projets visant la domestication de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) ont été développés dans le cadre des recherches en agroforesterie dans les pays du bassin du Congo. Plusieurs études ont été réalisées au Cameroun, plus particulièrement en vue de la domestication de *R. heudelotii* à grande échelle (Djeugap Fovo, 2013). Ces études ont traité des aspects liés à l'écologie (nomenclature et description) et au contexte socioéconomique (circuit de vente, rendement, genre...). Ainsi, le Centre International pour la Recherche en Agroforesterie (ICRAF) a initié des plantations pilotes dans les localités d'Epkwassong et Alen dans la région du Centre (Cameroun) en 2004 et 2008. Les études qui ont été réalisées ont principalement porté sur la germination, la régénération et la propagation de *R. heudelotii* (Kouamé N'Dri *et al.*, 2012 ; Donfagsiteli Tchinda *et al.*, 2013). D'autres études ont également porté sur les contraintes liées à cette domestication, notamment celles dues aux maladies causées par des microorganismes et aussi les moyens de lutte (Aléné *et al.*, 2005 ; Djeugap Fovo, 2013) qui en découlent. Dans cette même logique, certaines études se sont penchées sur le développement des cultivars à travers l'identification des idiotypes par l'évaluation de la diversité des traits morphologiques de *R. heudelotii* et la quantification du niveau de variabilité des fruits et des noyaux disponibles au niveau des agriculteurs (Ngo Mpeck *et al.*, 2003). Donfagsiteli Tchinda (2007) pour sa part, a étudié la variation morphologique des fruits et son impact sur la production d'amandes du *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) dans les régions de l'Ouest et du Centre au Cameroun. Plusieurs travaux ont aussi été initiés sur des aspects économiques ou socioéconomiques (Ndumbe *et al.*, 2019 ; Hounsou-Dindin *et al.*, 2022). Ils se sont particulièrement intéressés à la valeur marchande du *R. heudelotii* et aussi au marché.

Il faut dire que très peu d'études réalisées ont traité de la quantification sur pied et même de l'influence que pourrait avoir certains paramètres biométriques et/ou environnementaux sur la production fruitière du *Ricinodendron heudelotii* (Baill.). Un travail préliminaire (Mbarga Bindzi *et al.*, 2017) a mis en exergue le pic de production et les caractéristiques biométriques des fruits de cette espèce dans les principales zones agro-écologiques du Cameroun.

Le présent travail vient en complément à ces études citées plus haut. En effet, il s'intéresse à la compétition qui intervient dans les processus impliqués à la structuration et la coexistence des espèces d'arbres. Il envisage l'élaboration d'un profil sylvicole agro-forestier

adéquat pour booster la production fruitière de l'espèce étudiée. Pour s'y faire, des questions de recherche qui orientent le traitement de ce sujet sont :

- quelle est la composition floristique et structurale au voisinage des individus-sujets de *R. heudelotii* ?
- quelle est l'intensité de la compétition interspécifique des individus arborescents au voisinage des individus-sujets de *R. heudelotii* ?
- quelles sont les quantités de fruits produites par des individus-sujets de *R. heudelotii* soumis à des conditions de compétition interspécifique dans les différents types d'utilisation des terres ?
- comment les individus arborescents au voisinage des individus-sujets de *R. heudelotii* influencent-ils sa production fruitière et quels sont les paramètres dendrométriques qui en sont associés ?

## **I.2. Objectifs de l'étude**

Cette étude a pour objectif général d'étudier l'influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel en zone forestière à pluviométrie bimodale du Cameroun. Il s'agit de manière spécifique de :

- Caractériser le profil floristique et structural des individus arborescents au voisinage des individus-sujets de *R. heudelotii* ;
- caractériser la compétition interspécifique des individus arborescents au voisinage des individus-sujets de *R. heudelotii* en forêt et en agro-forêt à base de cacaoyers ;
- déterminer la production du *R. heudelotii* selon le type d'utilisation des terres ;
- analyser l'influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière en milieu naturel des individus sujets du *R. heudelotii*.

## **I.3. Hypothèses de recherche**

En considérant toutes les connaissances autour du sujet reprises dans les sections précédentes, des hypothèses de recherche qui vont être vérifiées sont ainsi formulées : la première hypothèse est faite que les individus arborescents au voisinage des individus-sujets de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) lui imposent une compétition interspécifique à travers leurs paramètres dendrométriques ; Pour la deuxième, des individus arborescents au voisinage des sujets producteurs de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) exerceraient une concurrence qui influence sa production fruitière ; Enfin, la compétition interspécifique exercée par des



individus arborescents au voisinage des individus-sujets de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) ne facilitent pas la production fruitière optimale de ces derniers.

#### **I.4. Intérêt de l'étude et structure du document**

Le présent travail présente des intérêts sur le plan scientifique, économique et social.

Sur le plan scientifique, cette étude ambitionne l'établissement d'un profil sylvicole pouvant permettre l'obtention d'une production fruitière optimale chez *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) et motiver les projets de domestication. Elle servira de base de données référentielle pour des recherches ultérieures.

Sur le plan économique, le profil sylvicole permettra de booster la production fruitière *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) qui pourra alimenter les marchés et augmenter de manière substantielle les gains des producteurs.

Sur le plan social, les producteurs étant essentiellement des paysans, des rendements élevés du *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) contribueront à l'amélioration de la qualité de vie en milieu rural du fait de l'augmentation des gains.

Le présent document comprend une introduction générale suivi de trois chapitres et une conclusion :

- l'introduction générale établit une ouverture à la problématique et définit des objectifs tout en identifiant les intérêts du travail ;
- le premier chapitre s'intéresse à la revue de la littérature. Il s'agit de faire un examen critique d'un ensemble d'ouvrages liés au sujet de recherche. Cette partie permet de situer le sujet dans le vaste champ de recherche menée relevant du domaine de l'écologie des communautés forestières ;
- le second chapitre présente le matériel utilisé ainsi la méthode choisie pour l'atteinte des objectifs assignés à ce travail. Par ailleurs, il justifie le choix du site d'étude en mettant en exergue ses caractéristiques et sa position ainsi que celle des placettes installées pour la collecte des données ;
- le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus et à la discussion. Il s'agit donc dans un premier temps de présenter de la manière détaillée les résultats obtenus et de les discuter en second. Ce chapitre permet de comprendre les résultats et le choix des paramètres qui conduisent à l'élaboration du profil sylvicole ;
- la conclusion générale met en lumière les réponses à la problématique posée et les suggestions relatives aux axes de recherche pertinents pouvant être développés en vue

d'une meilleure compréhension des mécanismes de compétition interspécifique dans la production de *R. heudelotii*.

## **I.2. Revue de la littérature**

### **I.2.1. Produits forestiers non ligneux**

Les définitions apportées aux produits forestiers non ligneux sont aussi diversifiées que de nombreuses études qui ont été menées à ce sujet. Ces définitions ont cependant évolué au fur et à mesure que la connaissance de ces produits se précisait. Ainsi, selon Chandrasekharan (1995), les PFNL désignent toute ressource biologique et tout service marchand, excepté toutes les formes de bois d'œuvre, issus de la forêt ou de tout autre écosystème ayant des fonctions similaires. Drainville (1996) pour sa part propose, une terminologie plus simple : les PFNL sont des ressources forestières non traditionnelles. Une définition aussi simpliste ne considère que des produits non ligneux des arbres ou encore des produits agroforestiers (Andel, 2006). Cette définition établit une différence selon que le PFNL provienne d'arbres d'origine spontanée (sauvage) ou des arbres domestiqués, identifiés sous le nom de produit agroforestier (Simons & Leakey, 2004). Pour Turgeon (2003), les PFNL regroupent l'ensemble des produits forestiers autres que la matière ligneuse traditionnellement utilisée dans l'industrie de la transformation pour le bois d'œuvre ou la pâte à papier. La définition la plus complète semble être celle de la FAO (2003) selon laquelle, les produits forestiers non ligneux sont des produits d'origine biologique, autres que le bois, dérivés des forêts, d'autres terres boisées et d'arbres hors forêts et destinés à l'alimentation humaine, l'alimentation animale, à la transformation agroalimentaire et à la commercialisation. De l'ensemble de ces définitions il ressort que les PFNL excluent le bois d'œuvre et le bois de feu, et que le produit, bénéfique ou service, doit provenir d'une forêt, ou d'un arbre sur des terres non forestières (Wong *et al.*, 2001). La définition de la FAO (2003) met en exergue l'usage fait des PFNL et traduit par la même occasion l'intérêt de plus en plus grandissant que l'homme leur porte.

En Afrique tropicale en général et au Cameroun en particulier, les PFNL sont nombreux et regroupent diverses ressources de la forêt : les champignons forestiers, les fruits, les graines, certaines plantes médicinales, à usage culinaire... Ces produits ont un intérêt socio-économique avéré auprès d'une importante chaîne de distribution allant des producteurs aux consommateurs et plusieurs personnes en dépendent d'ailleurs. En effet, les forêts d'Afrique centrale offrent des moyens de subsistance à 60 millions de personnes et contribuent à en nourrir 40 millions d'autres dans les centres urbains à proximité (Eba'a Atyi *et al.*, 2022). De plus, 86 millions de personnes vivent à l'intérieur ou à proximité de ces forêts tropicales comptent sur les ressources naturelles pour une partie non négligeable de leur

alimentation (Eba'a Atyi *et al.*, 2008). Les PFNL sont susceptibles de permettre une augmentation des revenus réels et des emplois pour des populations rurales et même aux personnes qui ne disposent pas de terre cultivable et/ou de revenus suffisants (Falconer, 1990). Plusieurs de ces PFNL en Afrique font l'objet d'une commercialisation internationale d'importance. C'est le cas par exemple du *Prunus africana* (F. Hook), seul remède connu contre le cancer de la prostate (Wong *et al.*, 2001)), du beurre de karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn), l'« or vert pour les femmes du sahel » (Andel, 2006), ou encore de *Jatropha curcas* L., biocarburant d'avenir (FAO, 2008).

De nombreux travaux se sont intéressés à l'importance des PFNL dans les domaines alimentaires, culturels et commerciaux (Akpovo *et al.*, 2022). Noubissie *et al.* (2008) estiment d'ailleurs que la relation entre les peuples des forêts d'Afrique Centrale (Pygmées et Bantu) et les écosystèmes forestiers est de l'ordre du mystique et fait partie intégrante de leurs cultures. En effet, les PFNL constituent une source de revenus et sont pourvoyeurs de nombreux produits entrant dans l'alimentation, la pharmacopée, la construction, l'artisanat (Moupela, 2013). Les communautés locales utilisent à des degrés divers près d'un millier d'espèces végétales et seules quelques-unes d'entre elles sont commercialisées (Lescure, 1996). A cet effet, Tabuna (2007) a identifié six PFNL d'origine végétale qui font l'objet d'une large commercialisation en Afrique Centrale : la noix de cola (*Cola nitida* Chev. et *C. acuminata* Schott), les amandes de *Irvingia gabonensis* (Aubry. Lec. ex O. Rorke), les feuilles de la liane *Gnetum africanum*, la sève du palmier *Elaeis guineensis* (Jacq.), les graines de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) et les fruits de *Dacryodes edulis* (Lam.). Une analyse qui considère le genre (homme/femme) montre que les activités liées à l'exploitation des produits forestiers non ligneux concourent à l'autonomisation financière des femmes rurales qui représentent les personnes les plus actives dans la filière de valorisation (Abanda Ngonu, 2013). Il est cependant intéressant de relever la grande influence de l'exploitation forestière dont la conséquence est la perte de la biodiversité (espèces et habitats) en général et celle qui constitue les produits forestiers non ligneux (Asseng Zé, 2008). En effet, l'exploitation et la commercialisation des PFNL telles qu'elles se déroulent en Afrique centrale demeurent pour certains comme une stratégie pour accroître leurs revenus et non une garantie de gestion durable des PFNL ou de promotion des pratiques agroforestières (Mbolo, 2006). Dans l'ensemble, les produits forestiers non ligneux pourraient participer effectivement au développement en milieu rural s'ils sont orientés à la fois dans une stratégie de gestion durable par leur domestication et leur intégration dans le cycle agricole et dans une stratégie

de revenu supplémentaire où l'exploitation répond à une demande marchande (Moupela, 2013).

## **I.2.2. Généralités sur *Ricinodendron heudelotii***

### **I.2.2.1. Description botanique**

*Ricinodendron heudelotii* (Baill.) est une espèce de la famille des Euphorbiacées appartenant à la classe des dicotylédones. Cette famille compte près de 6000 espèces réparties entre environ 220 genres. Le genre *Ricinodendron* est monotypique et est représenté par deux espèces : *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel en Afrique de l'Ouest et centrale et *Ricinodendron rautanenii* Schinz en Afrique du Sud. *R. heudelotii* compte deux sous-espèces qui se distinguent aussi bien par leur différence morphologique que par leur aire de répartition géographique : subsp. *heudelotii* retrouvée du Sénégal au Bénin, et subsp. *africanum* (Müll.Arg.) J. Léonard à partir du Nigeria vers l'Est et vers le Sud (Leonard, 1961 ; Tchoundjeu & Atangana, 2007). Seule la sous-espèce *Ricinodendron heudelotii* var *africanum* est présente au Cameroun (Donfagsiteli Tchinda, 2009). L'espèce est actuellement classée dans les unités systématiques suivantes :

Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Euphorbiales
Famille	Euphorbiacées
Genre	<i>Ricinodendron</i>
Espèce	<i>heudelotii</i>

Communément appelé « Njansang », *R. heudelotii* trouve une appellation dans les langues parlées dans des milieux où on le rencontre. En Côte d'Ivoire, par exemple, il est appelé « Akpi », « Ezoo », « Ezang » ou « Ezezang » chez les Ekang (Fang, Beti, Bulu) du Cameroun. Les populations du Sud-Ouest l'appellent « Njansanga ». Dans la région du Littoral et de l'Ouest, cette espèce est appelée « Njansang », nom communément utilisé au Cameroun, car elle représente le nom commercial attribué au principal produit de *R. heudelotii* qui est son amande (Mbosso, 2007).

### **I.2.2.2. Aspects écologiques et biogéographiques**

*Ricinodendron heudelotii* (Baill.) est une espèce fruitière endémique d'Afrique tropicale humide (Plenderleith, 1997). Elle est répandue dans les zones forestières tropicales humides d'Afrique centrale et de l'Ouest (Clark *et al.*, 2004). On la rencontre abondamment dans les zones de savanes semi-arides, les jachères, les cacaoyères et autres plantations, les forêts

sèches et les jeunes forêts secondaires du Sud forestier camerounais (Laird & Betaford, 1997). En effet, les deux sous-espèces de *R. heudelotii* sont réparties dans les aires de distribution distinctes. Ainsi, *R. heudelotii* var *heudelotii* s'étend à la Guinée-Bissau, au Ghana et en Côte d'Ivoire ; *R. heudelotii* var. *africanum* se retrouve au Cameroun, au Nigeria, en Guinée Equatoriale, en République Démocratique du Congo, en Angola, en République Centrafricaine, au Soudan, en République du Congo, en Ouganda, en Tanzanie et au Mozambique (Leonard, 1961).

Au Cameroun, l'espèce peuple les zones agroécologiques à pluviométrie monomodale et bimodale ainsi que les hautes terres de l'Ouest (Fondoun *et al.*, 1999). Dans ces zones, elle est répandue en forêt secondarisée à des altitudes variant entre 130 et 1030 m au-dessus du niveau de la mer. Des individus de cette espèce, identifiés au Sud du Cameroun à des altitudes inférieures à 130 m au-dessus du niveau de la mer n'ont jamais fructifié. Cette espèce ne pousse pas en forêt de montagne à des altitudes supérieures à 1030 m (Vivien & Faure, 1996 ; Fondoun *et al.*, 1999). Pour le développement de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.), la pluviométrie annuelle minimale requise est de l'ordre de 1000 mm, cependant, elle peut aller jusqu'à 10 000 mm/an comme à Debunsha dans la région du Sud-Ouest au Cameroun (Tchoundjeu & Atangana, 2007). Espèce de lumière à croissance rapide, elle affectionne les sols acides à texture moyenne, bien drainés et des températures annuelles moyennes de 18–32°C (Lemmens *et al.*, 2008).

*Ricinodendron heudelotii* (Baill.) est un arbre qui peut atteindre, selon les auteurs, 45 m de hauteur, parfois plus et 150 cm de diamètre (Adjanohoun & Ahyi, 1991 ; Shiembo, 1994), 50 m de hauteur et 2,7 m de diamètre (Orwa *et al.*, 2009 ; Gusua Caspa *et al.*, 2014), 20 – 20 m de hauteur et 1,20 m de diamètre (Fondoun *et al.*, 1999), 30 – 45 m de hauteur et 120 – 150 cm de diamètre (Tchoundjeu & Atangana, 2007), 40 m de hauteur et 1,20 m de diamètre (Donfagsiteli Tchinda, 2009), 25 m de hauteur et 1 m de diamètre (Kouamé N'Dri *et al.*, 2012). Sa cime, très branchue avec des branches verticillées plus ou moins horizontales est également plus ou moins sphérique. La base du tronc porte des empattements épais se prolongeant en grosses racines traçantes (Kouamé N'Dri *et al.*, 2012). Son fût est cylindrique et, selon les auteurs, rectiligne, un peu tortueux. Son écorce gris clair, d'abord lisse puis devenant rugueuse à la surface marquée de nombreuses lenticelles pustuleuses, souvent avec des bourrelets horizontaux très écailleux chez les vieux sujets (Tchoundjeu & Atangana, 2007).

Les feuilles caduques de *R. heudelotii* sont alternes, composées, digitées à longs pétioles renflés à la base (10 à 40 cm de longueur) et munis de deux glandes au sommet avec 3 à 5 folioles sessiles à subsessiles (Katende *et al.*, 1995). Elles sont de larges feuilles tri ou penta lobées, qui produisent un effet protecteur pour les cultures. Celles-ci peuvent conserver de forte quantité de nutriments après leur abscission (Oyefesobi, 1983). Elles restituent au sol une partie de la phytomasse aérienne sous forme de litière riche en éléments minéraux mobiles (ex. azote, potassium et phosphore) et immobiles (ex. calcium et magnésium) disponibles pour les végétaux de la strate inférieure et accroissent le taux de matière organique du sol (Mapongmetsem *et al.*, 1998 ; Djeugap Fovo, 2013). La défeuillaison est courte et massive et sa durée varie de 2 à 6 semaines (Mapongmetsem *et al.*, 1998).

Les fleurs sont réunies en panicules terminales densément couvertes de poils étoilés en-dessous mais glabrescentes, bractées alénées à linéaires de 3 à 7 mm de long. Elles sont unisexuées, régulières, pédicellées et petites de 4 à 5 mm de long, de couleur jaune blanche et portées par des panicules terminales. Les fleurs mâles ont 5 sépales soudés à la base, d'environ 4 mm de long, une corolle tubulaire à 5 lobes et 10-14 étamines. Les fleurs femelles ont un ovaire supère avec 5 styles, minces, globuleux, bifides et couvert de poils étoilés (Vivien & Faure, 1996). Les inflorescences mâles et femelles sont des grappes qui atteignent respectivement 40 cm et 20 cm de long. La plante est dioïque (Plenderleith, 1997 ; Donfaciteli, 2009).

Le fruit est une drupe globuleuse indéhiscente de couleur jaune verdâtre à maturité et vert immature de 2 à 5 cm de long et 2,5 à 4 cm de large avec un poids qui selon les auteurs est de 20 g (Vivien & Faure, 1996 ; Ambe, 1997) ; de 19 à 47 g (Ngo Mpeck *et al.*, 2003 ; Mbarga Bindzi *et al.*, 2017). Les amandes de *R. heudelotii* ont une forme et une taille relativement homogènes peu importe la région. Elles sont globuleuses, brunes rougeâtre à noires avec un diamètre longitudinal compris entre 1,14 et 1,21 cm, pouvant atteindre parfois 1,5 cm, le diamètre transversal est compris entre 0,84 et 0,92 cm (Ngo Mpeck *et al.*, 2003 ; Tchoundjeu & Atangana, 2007). Le poids de ces amandes varie d'une région à l'autre mais reste relativement homogène à l'intérieur d'une même région. Ainsi, les amandes individuelles pèsent entre 0,59 et 0,69 g au Centre, 0,71 et 0,76 g à l'Est, 0,60 et 0,73 g dans l'Ouest et le Littoral (Ngo Mpeck *et al.*, 2003).

Les racines de *R. heudelotii* se développent en profondeur, ce qui entraîne une faible concurrence avec des individus proches pour les éléments nutritifs et l'eau dans les couches superficielles du sol. Ce qui justifie l'usage de cette espèce comme haie pour qu'elle favorise

un meilleur contrôle de l'érosion (stabilité physique du sol) et évite la compétition avec les racines des plantes adjacentes localisées dans la couche supérieure, d'où un regain d'intérêt à l'endroit du Njansang pour l'agroforesterie (Djeugap Fovo, 2013). Ces racines permettent à l'espèce de réaliser d'autres formes d'association à l'instar des symbioses avec des champignons endomycorhiziens arbusculaires (Högberg, 1982).

L'espèce facilite la dynamique forestière en remplissant rapidement les trouées naturelles et les espaces anthropisés. Par ailleurs, elle crée un micro climat favorable à la fructification et la croissance des plants de cacaoyer grâce à l'ombre qu'elle offre. Ses écorces et branches constituent des habitats pour de nombreux Bryophytes et Thallophytes parmi lesquelles les lichens, les algues, les Cyanobactéries (fixateurs d'azote) et autres bactéries (Lubini, 1995). Les fleurs de *R. heudelotii* sont sollicitées par les abeilles pour la fabrication du miel (Plenderleith, 1997).

Enfin, *R. heudelotii* est un véritable indicateur biologique et à ce titre, elle peut être utilisée pour étudier les variations saisonnières du phloème secondaire des arbres poussant dans des zones instables à forte activité anthropique ou à des perturbations naturelles comme les feux de brousse (Djeugap Fovo, 2013).

### **I.2.2.3. Domestication et contraintes agroforestières**

La domestication est une approche qui consiste à apprivoiser les espèces sauvages et à les ramener dans des conditions contrôlées par l'homme (Simons & Leakey, 2004). C'est une stratégie d'aménagement forestier relatif à l'organisation et au contrôle de la mise en place, du maintien et de l'utilisation des forêts, des arbres et des ressources associées ; c'est un processus qui aboutit à une augmentation quantitative et qualitative des ressources forestières dans une zone donnée (Bonnehin, 2000).

Au Cameroun, tout comme dans d'autres pays en Afrique tropicale, la domestication de *R. heudelotii* a fait l'objet d'un certain nombre de projets. Des plantations pilotes ont été créées dans les localités d'Epkwassong et Alen dans la région du Centre, sous le contrôle de l'ICRAF depuis 2004 et 2008 respectivement et dans les localités de Melen et Bidjap (Djeugap Fovo, 2013). Cependant, la domestication de *R. heudelotii* est confrontée aux aléas biologiques et à des contraintes phytosanitaires. Sur le plan biologique, la domestication du Njansang est confrontée à la dormance tégumentaire qui entraîne la difficulté de germination de ses graines (Mapongmetsem *et al.*, 1996 ; Djeugap Fovo *et al.*, 2013). En effet, en l'absence d'un traitement préalable, le délai de 34 jours et la durée de 35 jours de la germination des semences de *R. heudelotii* sont longs. Cette forte dormance des graines peut être due à la



présence de téguments imperméables à l'eau et à l'air qui peuvent différer la germination pendant plusieurs mois ou années (Danthu *et al.*, 2003). Pour le cas spécifique de *R. heudelotii*, la forte dormance est imputable à l'endocarpe scléreux qui entoure l'amande, siège de l'embryon (Djaha & Gnahoua, 2014). Plusieurs travaux ont signalé de nombreux dégâts causés par des microorganismes, notamment des virus et de champignons, sur les plantules de *R. heudelotii* dans les pépinières (Ngo Mpeck *et al.* 2003 ; Tchoundjeu *et al.* 2006). Tchoundjeu et Atangana (2007) ont signalé la présence des Psyllidae (*Diclidophlebia xuani*) ainsi que des aphides dans les pépinières expérimentales du Centre Mondial de l'Agroforesterie (CMAF) de la station de Yaoundé-Nkolbisson et sur les sauvageons en forêt sur lesquels ils provoquent des enrroulements des feuilles et des jeunes bourgeons. Il a été reporté en RDC, les attaques des feuilles d'arbres dues aux chenilles défoliatrices *Lobobunaea phaedusa* et *Imbrasia epimethea* (Djeugap Fovo, 2013).

#### **I.2.2.4. Implications socio-économiques**

Une étude de cette ampleur ne s'aurait se justifier si et seulement l'intérêt économique est mis en exergue. En effet, dans des systèmes ultra capitalistes dans lesquels nos communautés baignent mal gré bon gré, l'intérêt économique est le principal motif de toute attention et même de toute intention. Tous les programmes de développement, de protection et de conservation ne sont mus que par cet intérêt. Les produits forestiers non ligneux ne dérogent pas à cette réalité. Ils constituent un véritable potentiel financier, notamment *R. heudelotii*, *Irvingia gabonensis* et *Gnetum* (*Gnetum* spp.), considérés comme produits phares font des chiffres d'affaires qui dépassent les 500 000 € par an (Ndoye & Chupezi, 2004). Pour ce qui est de *R. heudelotii*, les graines font l'objet d'un commerce national et international important, leur coût d'exportation fut estimé en 1995 à 10 193 800 FCFA (Ndoye *et al.*, 1997). En 1999, Perez et Ndoye ont estimé le revenu des exportations camerounaises annuelles de graines en 1996 à 778 140 000 FCFA soit 1 556 280 dollars américains. Pour sa part, Tabuna (2000) a estimé à 83 333 USD (37,5 millions de FCFA) le montant d'export du njansang vers la seule destination France. Au niveau de la sous-région, des études rapportent que le Cameroun a exporté par la voie terrestre 1306,941 tonnes de njansang vers le Nigéria (Manirakiza, 2007). En côte d'ivoire, Kouamé N'Dri *et al.* (2012) ont montré que leur prix varie en fonction de la saison et devient élevé juste avant la période de production – un tas de 16,3 grammes (45 graines) coûte 100 francs, soit 0,2 USD. Plusieurs études ont également montré que *R. heudelotii* représente une forte valeur marchande. Ngonon et Ndoye, (2004) ont estimé à 248 700 USD (environ 108 millions de FCFA) en 1998 et 464 235 USD (203

millions de FCFA) en 1999 la vente du Njansang dans le seul marché de New-Bell à Douala. Tous ces chiffres repris ici justifient l'intérêt économique à travers l'ouverture dans les marchés nationaux, régionaux et internationaux.

### **I.2.3. Diversité biologique et coexistence des espèces en forêt tropicale humide**

#### **I.2.3.1. Maintien et coexistence de la diversité floristique**

Les forêts tropicales humides abritent une importante combinaison des composantes végétales, animales, édaphiques et climatiques en perpétuelles interactions (Guillaumet & Kahn, 1979). Ce qui signe la singularité de ces forêts, c'est l'extraordinaire complexité et diversité des moyens par lesquels les plantes accomplissent leurs fonctions vitales (Lisingo, 2016). Cette extraordinaire complexité confère à la forêt tropicale l'une de ses caractéristiques majeures qui est sa très grande diversité biologique et dont la compréhension demeure un véritable challenge pour la communauté scientifique.

En effet, étant le second plus grand écosystème forestier tropical après l'Amazonie, les forêts tropicales humides d'Afrique centrale regorgent plus de la moitié de la diversité biologique de la planète terre (Orme *et al.*, 2005). A titre d'illustration, un hectare de forêt dense typique peut renfermer entre 200 et 300 espèces d'arbres, alors qu'en zone tempérée un hectare de forêt n'en contiendra que 20 à 30 (Botkin *et al.*, 1991). Ces chiffres peuvent atteindre 307 espèces d'arbres dans un hectare en forêt tropicale amazonienne (Valencia *et al.*, 1994). La connaissance de cette importante diversité biologique s'impose comme prérequis pour la gestion durable de ces forêts. En effet, il s'agit de comprendre les processus qui génèrent et maintiennent le niveau élevé de diversité biologique en forêt tropicale et qui constituent une préoccupation centrale en écologie des communautés (Hubbell, 2001 ; Condit *et al.*, 2005).

L'un des objectifs poursuivis dans la recherche en écologie des communautés est la compréhension de la coexistence d'une importante diversité des espèces qui persiste dans la nature malgré les différences de capacité concurrentielle entre les espèces. A cet effet, plusieurs théories sont évoquées pour expliquer le maintien et la coexistence de la diversité floristique des forêts tropicales ainsi que les mécanismes qui les gouvernent. Celles-ci reposent sur le principe d'exclusion compétitive de Gause (1934). Ce principe stipule que dans certaines conditions, une espèce devient dominante en excluant toutes les autres. Suivant cette logique, le non-respect de ces conditions, dû à des mécanismes particuliers (pour expliquer l'absence de l'exclusion compétitive), permettrait à un grand nombre d'espèces de coexister (Blanc *et al.*, 2003). A la suite de ce principe, plusieurs théories divergentes mais

pas forcément exclusives et variant d'un groupe d'auteurs à un autre, ont été énoncées (Madelaine-Antin, 2009). Nous nous intéressons ici et de manière brève à deux de ces théories les plus utilisées pour expliquer la coexistence de la grande biodiversité des forêts tropicales. La première repose sur la structuration spatiale et considère de ce fait les facteurs abiotiques filtrants la compétition entre les espèces, c'est la « théorie de la niche écologique ». La deuxième s'appuie sur les mécanismes limitant la dispersion et le recrutement dans l'espace en supposant l'équivalence fonctionnelle des espèces, c'est et la « théorie neutraliste » (Gillet, 2013). Ces deux théories vont servir de base conceptuelle dans laquelle s'insère ce travail.

### **I.2.3.2. Théorie de niche écologique ou théorie déterministe**

La niche écologique revêt une place centrale dans toutes les analyses des interactions en écologie des communautés. En effet, ce concept est retrouvé dans presque toutes les réflexions écologiques allant des études comportementales, morphologiques et physiologiques des individus, jusqu'aux approches évaluant le rôle des espèces dans le fonctionnement des écosystèmes (Chase & Leibold, 2003). Il convient donc de faire un bref rappel de quelques idées émises à ce sujet.

Du point de vue conceptuel, la niche décrit l'écologie d'une espèce, ce qui peut signifier son rôle dans l'écosystème, son habitat, etc... (Pocheville, 2011). Le concept de niche écologique a été proposé pour la première fois par Grinnell (1917). Pour cet auteur, la niche est la plage de variation environnementale compatible avec la présence d'une espèce. En effet, la notion de niche se rapporte à une population locale, c'est-à-dire tout à la fois génétiquement définie et inféodée à un biotope bien déterminé (Lamotte, 1979). Selon Obam Engone (2015), le concept de niche a été forgé dans le cadre d'une explication de la coexistence des espèces malgré leur tendance, par principe, à s'exclure. A cet effet, les différences de niche interviennent comme des facteurs stabilisant la coexistence (Pocheville, 2010).

Suivant cette logique, la niche écologique réfère à la fois à l'espace-temps et à la fonction d'une espèce dans un milieu déterminé. En effet, au sein de son espace-temps, l'espèce entretient des interactions avec d'autres, son milieu et même en son sein dans le temps. Chase & Leibold (2003) pensent que la structuration spatio-temporelle des espèces selon la théorie déterministe, est principalement régie par ces interactions entre elles et avec le milieu. Et pour sa part, Hutchinson (1957) a pensé la niche écologique comme un hypervolume (une enveloppe) où chaque dimension de l'espace représente une ressource

(alimentaire, en matériaux, spatiale, offre en cachette, substrats ou perchoirs, ...) ou une condition (température, précipitation, acidité, ...) de l'environnement. Aussi, cet espace multidimensionnel symbolise les limites au sein desquelles une espèce peut survivre (Lisingo wa Lisingo, 2016). Il s'agit d'une gamme dite de tolérance constituée d'un ensemble de conditions biophysiques dans laquelle l'espèce peut s'installer et se développer. Cette dernière est d'ailleurs variable selon les espèces face aux conditions abiotiques.

Du point de vue d'Elton (1927), une espèce exerce au sein d'une communauté le rôle ou la fonction qui se rapporte le plus souvent dans les relations du type « proie-prédateur » exploitée en écologie animale (Réjou-Méchain, 2009). Le rôle fonctionnel se réfère donc à la position des espèces dans les réseaux trophiques. Ce rôle est d'ailleurs ce qui permet de distinguer la niche écologique à l'habitat. En effet, selon Dajoz (1971), la niche écologique correspondrait au rôle, à la profession d'une espèce dans son milieu, tandis que l'habitat plutôt à son adresse.

Ainsi, pour réunir ces deux conceptions (espace-temps et rôle fonctionnel), la niche écologique se doit d'intégrer les relations qu'entretient une espèce avec les autres espèces présentes dans l'écosystème. Pour cela, les notions de niche fondamentale et de niche réalisée ont été initiées par Hutchinson (1957). Pour ce dernier, la niche fondamentale correspondrait à l'espace multidimensionnel représenté par l'ensemble des conditions et ressources environnementales favorables au développement d'une espèce et la niche réalisée serait l'espace réellement occupé par l'espèce, et prenant en compte des interactions biotiques (compétition et prédation par exemple) qui limitent l'accès à certaines parties de la niche fondamentale (Gimonneau, 2010).

### **I.2.3.3. Théorie neutraliste**

La théorie neutre a longtemps été connue et utilisée en génétique où elle stipulait alors que les mutations peuvent entraîner des changements qui n'exercent aucune influence sur la sélection naturelle et qui sont donc neutres vis-à-vis du sens de l'évolution (Kimura, 1989). Elle va être appliquée en écologie par Hubbell (2001) qui a mis en question la notion de niche écologique. En effet, la théorie neutraliste va supposer que les espèces sont fonctionnellement équivalentes et que leur structuration spatiale n'est fonction que de leur abondance et des mécanismes limitant leur dispersion et leur recrutement. Initialement conçue pour décrire les distributions d'abondance d'espèces sur une parcelle, son champ d'application s'est étendu aux relations aire/diversité, aux relations aire de répartition/abondance locale, à l'interprétation des motifs spatiaux (autocorrélations spatiales) et temporels (autocorrélations

dans le temps des motifs spatiaux, de la composition et de la diversité d'une communauté) (Pocheville, 2011).

Cette théorie repose plus amplement sur le principe de parcimonie, pour lequel la solution la plus simple est la meilleure pour des choses égales (Hubbell, 2005). Ainsi, les espèces d'une même communauté partagent la même autoécologie et les mêmes dynamiques démographiques (taux de naissance, de mortalité, dispersion, spéciation) (Hubbell, 2001). Selon Birnbaum (2017), la neutralité appliquée à l'écologie suppose d'une part que tous les individus interagissent entre eux indépendamment des espèces. D'autre part, elle admet que la variation d'abondance d'une communauté est toujours nulle, ce qui entraîne que la densité est constante et que le milieu est saturé.

#### **I.2.3.4. Neutralité et ou niche écologique : une théorie pour l'écologie tropicale ?**

Les écologistes, particulièrement les défenseurs de la théorie de niche écologique dite déterministe, dont Darwin (1859), Grinnell (1917) et particulièrement Hutchinson (1957), tentent d'expliquer la coexistence de la diversité biologique et la structure des communautés en postulant que chaque espèce occupe une niche pluridimensionnelle qui lui est propre. En effet, la notion des niches rassemble la totalité des relations qu'une espèce entretient avec les paramètres de son habitat et avec les autres espèces, elle serait essentielle dans la dimension des niches des espèces, contrairement à la notion de neutralité (Lamarre *et al.*, 2016). En effet, pour la neutralité, la non-équivalence écologique des espèces est mise en avant, ainsi que le rôle des interactions au sein des communautés et les processus stochastiques qui cachent des mécanismes biologiques et écologiques complexes encore non détectés (Purves & Turnbull, 2010). Sans véritablement s'opposer entre elles, ces deux théories pourraient être complémentaires (Matthews & Whittaker, 2014). En effet, la théorie de la niche écologique considère que la coexistence des espèces d'une même communauté est basée sur leurs différences, alors que la neutralité prend en compte cette différence, mais l'estime négligeable au regard des paramètres démographiques (Perry *et al.*, 2010). Or, comme le disent Condit *et al.* (2012), le mécanisme clé qui détermine la coexistence des espèces en forêt tropicale est la limitation par le recrutement. On peut admettre que la notion de niche puisse expliquer les coexistences des espèces, cependant elle serait limitée dans des écosystèmes aussi complexes et diversifiés comme c'est le cas dans des forêts tropicales humides. On est donc tenté d'admettre favorablement que les processus de neutralité justifieraient davantage la coexistence du fait de la fréquence élevée des espèces rares qui accentue d'autant le poids des événements stochastiques (Chisholm & Pacala, 2010 ; Birnbaum, 2017), la différenciation de

niche s'appliquant essentiellement à un niveau supra-spécifique et permettant d'expliquer la coexistence entre les groupes d'espèces (Blanc *et al.*, 2003).

En définitive, le choix d'une théorie qui peut être appliquée en forêt tropicale humide ne saurait se faire de la manière la plus radicale. En effet, on peut retrouver dans ces forêts une gamme de tolérance, variable selon les espèces et constituée d'un ensemble de conditions biophysiques dans laquelle celles-ci peuvent s'installer et se développer (théorie de niche écologique). Dans le même temps, l'installation de plusieurs espèces au sein d'une même communauté pourrait justifier le partage de la même autoécologie et les mêmes dynamiques démographiques (taux de naissance, de mortalité, dispersion, spéciation) (théorie neutraliste). Vu sous cet angle, le caractère complémentaire de ces deux théories pourrait mieux s'adapter à la forêt tropicale pour expliquer son immense biodiversité et la coexistence de nombreuses espèces en son sein.

#### **I.2.3.5. Interactions biotiques et coexistence des espèces**

Les interactions entre les espèces végétales peuvent être soit positives (exemple : la facilitation) (Brooker *et al.*, 2008), soit négatives (exemple la compétition) (Bais *et al.*, 2002). On distingue les interactions biotiques et abiotiques. Les interactions biotiques sont multiples et résultent de la coexistence et de la diversité des espèces dans un même espace-temps (Bertrand *et al.*, 2011). Elles peuvent s'exercer entre des organismes similaires ou différents (exemple entre deux espèces d'arbres ou entre une espèce d'arbre et une espèce de champignon...). La compétition, la prédation, le mutualisme, la facilitation et le parasitisme qui constituent ces interactions sont tout aussi importants pour expliquer leur présence dans un habitat à différentes échelles spatiales (Wisz *et al.*, 2013). Ainsi, la compétition est l'une de ces interactions pouvant être définie comme toute utilisation ou défense d'une ressource par un individu, réduisant la disponibilité de cette ressource pour les autres individus. La compétition peut s'exercer entre les individus d'une même espèce (compétition intraspécifique) ou entre individus d'espèces différentes (compétition interspécifique) (Ricklefs & Miller, 2005). Notre étude traite exclusivement de la compétition interspécifique.

#### **I.2.3.6. Compétition interspécifique et coexistence des espèces**

Selon Begon *et al.* (1996), la compétition interspécifique est une réduction de la fécondité individuelle, de la survie, ou de la croissance résultant de l'exploitation commune des ressources ou de l'interférence avec des individus d'une autre espèce. Elle joue un rôle important dans la structure des communautés écologiques, puisqu'elle détermine quelles

espèces peuvent coexister (Brown *et al.* 1996). Plusieurs études dans des domaines aussi variés, notamment en écologie et même en mathématique ont tenté de comprendre et prédire la compétition interspécifique. Plusieurs modèles mathématiques ont été proposés, et l'un des exemples les plus réussis est le système de compétition-diffusion à deux espèces de Lotka-Volterra (Wang, 2020). En effet, lorsque deux ou plusieurs espèces vivent à proximité et partagent les mêmes besoins fondamentaux, elles sont généralement en compétition pour les ressources, la nourriture, l'habitat ou le territoire (Zhu & Yinb, 2009). A partir de là, plusieurs auteurs ayant analysé ce modèle de Lotka-Volterra vont postuler que la concurrence intra spécifique doit être supérieure à la concurrence interspécifique pour deux espèces pour qu'elles puissent coexister (Vandermeer & Goldberg, 2013). Une telle assertion essentiellement mathématique, simpliste et séduisante suppose que les espèces de grande abondance se gênent plus entre elles que leurs concurrentes ne le font ; par conséquent, cette abondance doit être limitée pour coexister (György *et al.*, 2016). On peut donc dire que la coexistence stable peut se produire quand la compétition interspécifique est faible par rapport à la compétition intraspécifique (Duyck, 2005). Selon le modèle de Lotka-Volterra, la compétition interspécifique peut aboutir soit à l'élimination d'une des deux espèces, soit à un équilibre stable dans lequel les deux espèces peuvent coexister. La compétition interspécifique est le moteur de l'exclusion compétitive (principe de Gause) et de la ségrégation de niches écologiques (ségrégation trophique, spatiale, temporelle). En effet, le chevauchement des niches entre les espèces peut conduire à de fortes interactions compétitives qui peuvent aboutir à l'exclusion de l'espèce la moins compétitive avec des conséquences sur sa diffusion locale et régionale dans des conditions limitatives (Wisiz *et al.*, 2013).

Il est important d'appréhender la compétition interspécifique du fait de son influence sur certains mécanismes (germination, croissance, production...) qui conditionnent le développement de l'arbre et par conséquent du peuplement. En effet, du fait que la variation de la vitalité des arbres dépende principalement de la disponibilité des ressources (lumière, eau et nutriments), de l'entassement des voisins et des effets souvent corrélés des deux, il est important de tenir compte également de la concurrence entre voisins pour éviter la surestimation des effets abiotiques sur la vitalité des arbres (Kunstler *et al.*, 2011 ; Le Bec *et al.*, 2015).

En définitive, la compétition interspécifique peut se produire lorsque des espèces différentes qui se partagent le même espace-temps, la même autoécologie et les mêmes

dynamiques démographiques (taux de naissance, de mortalité, dispersion, spéciation) doivent accéder aux mêmes ressources (eau, sels minéraux, lumière...) pour leur survie. Ainsi, la coexistence de ces espèces réside moins dans la ségrégation des niches écologiques et l'exclusion compétitive qu'à un équilibre plus ou moins stable entre elles au sein du même espace-temps, conformément à la deuxième hypothèse du modèle de Lotka-Volterra (Vandermeer & Goldberg, 2013). De ce fait, la compréhension de la compétition interspécifique comme l'une des interactions qui influence la coexistence des espèces peut être facilitée par la complémentarité entre la théorie neutraliste et celle de la niche écologique.

#### **I.2.4. Zones agro-écologiques**

L'une des particularités du Cameroun est son incroyable diversité des conditions pédo-climatiques qui permet de subdiviser le territoire national en 5 grandes zones agro-écologiques.

##### **I.2.4.1. Zone soudano-sahélienne**

La zone soudano-sahélienne couvre les régions du Nord et de l'Extrême-Nord et s'étend entre 8°36" à 12°54" de latitude Nord, et 12°30" à 15°42" de longitude Est, soit une superficie de 10,2 millions d'hectares. Le climat est caractérisé par une pluviométrie de type monomodale de durée et d'intensité variables (de 400 à 1200 mm par an du Nord au Sud). La température moyenne est de 28°C (21 à 34°C) et la période de croissance de la végétation varie de 14 à 180 jours. La végétation est composée d'une part de steppes, rencontrées plus à l'Extrême-Nord jusqu'aux abords du lac Tchad et qui sont des formes dégradées de savanes arbustives. La flore arborescente y est clairsemée et de taille médiocre. Les savanes s'étendent plus au Nord en latitude sur de grandes superficies dans la cuvette de la Bénoué et s'avancent jusqu'à hauteur du 10<sup>ème</sup> parallèle au Sud des départements du Diamaré et du Mayo-Danay. Les espèces végétales les plus fréquentes sont : *Boswellia dalzielii* Hutch et *Commiphora pedunculata* Kotschy & Peyr. (Burseraceae), *Hexalobus monopetalus* A. Rich. (Annonaceae).

##### **I.2.4.2. Zone des hautes savanes guinéennes**

Vaste d'environ 123 000 Km<sup>2</sup>, la zone des hautes savanes guinéennes se situe entre le 4<sup>ème</sup> et le 8<sup>ème</sup> degré de latitude Nord et couvre la Région de l'Adamaoua, une partie des Régions de l'Est (Lom et Djerem et Kadéï) et du Centre (Mbam et Lékié). Elle est composée de savane sèche vers le Nord, qui évolue progressivement en savane humide vers le Sud. Cette zone sert de transition entre la zone forestière et la zone soudano-sahélienne et se caractérise par un climat de type soudanien tropical humide et un régime pluviométrique (la moyenne se situe autour de 1 500 mm) à configuration monomodale. La végétation est



constituée de savanes boisées médio soudaniennes et de savanes herbeuses. Les steppes sont de type arbustif sahélo-soudanienne à *Acacia seyal* (Fabaceae) et soudano-sahéliennes. Les terres sont ferrugineuses sur les roches acides (peu fertiles) au nord de Ngaoundéré et sur les roches basiques au sud de Ngaoundéré (plus fertiles).

#### **I.2.4.3. Zone des hauts plateaux**

La zone des hauts plateaux s'étend entre 4°54" à 6°36" de latitude Nord et 9°18" à 11°24" de longitude Est et couvre les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest sur une superficie totale de 3,1 millions d'hectares. Elle est constituée d'un ensemble de plateaux creusés de vallées profondes au-dessous desquelles s'élèvent souvent des massifs montagneux essentiellement volcaniques. Son relief diversifié s'étend du plateau Bamoun (1240 m d'altitude) au plateau Bamileké qui va jusqu'au mont Bamboutos (2 740 m) et vers les plateaux volcaniques de Bamenda (1800 m d'altitude). La végétation dominante est constituée des forêts montagnardes (entre 1800 et 3000 m d'altitude), les forêts sub-montagnardes (entre 800 et 2200 m d'altitude), les savanes d'altitude et de prairies et les savanes boisées et des forêts claires-sèches médio soudaniennes qui s'étendent dans la province du Nord-Ouest (zone frontalière avec le Nigeria). On y rencontre deux espèces caractéristiques, notamment : *Syzygium parviflorum* Chantar. & J. Parn. Kew Bull. de la famille des Myrtaceae et *Lachnopylis mannii* Hutch. & M. B. Moss. de la famille des Stilbaceae. On remarque également l'apparition de *Podocarpus milanjanus* Rendle (Podocarpaceae), une essence de conifère au Cameroun (Anonyme, 1984).

#### **I.2.4.4. Zone forestière humide à régime pluviométrique monomodal**

La zone forestière humide à régime pluviométrique monomodal occupe une superficie de 4,5 millions d'hectares et couvre les Régions du Littoral et du Sud-Ouest, ainsi que la bordure côtière de la Région du Sud entre 2°6" et 6°12" de latitude Nord, et 8°48" et 10°30" de longitude Est. Cette zone est caractérisée par un climat de type camerounais, une variante du climat équatorial, humide et chaud avec une pluviométrie de type monomodal comprise entre 2500 et 4000 mm à l'exception de la localité de Debundscha considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses du monde, avec 11 000 mm d'eau par an. La saison sèche y est assez courte (3 à 4 mois) et la période de croissance de la végétation est de 300 jours environ. La végétation est constituée de forêt montagnarde sur le massif du Manengouba et la forêt littorale qui recouvre tout le secteur littoral atlantique depuis Mundemba (dans sa partie Nord) jusqu'à Campo (au Sud). Elle pénètre cependant à plusieurs dizaines de kilomètres des

rivages camerounais et trouve ses limites orientales à Kumba et Edéa en passant par Yabassi. Les principales espèces caractéristiques de cette forêt sont constituées de : *Sacoglottis gabonensis* (bidou) de la famille des Humiriaceae, *Lophira alata* (Azobé) de la famille des *Ochnaceae*, *Cynometra kankei* (Nkokom) de la famille des Fabaceae, et *Coula edulis* de la famille des Olacaceae.

#### **I.2.4.5. Zone forestière humide à régime pluviométrique bimodal**

La zone forestière humide à régime pluviométrique bimodal couvre les Régions du Centre, de l'Est et du Sud (une superficie totale de 22,5 millions d'hectares) et s'étend entre 2°6" à 4°54"/5°48" de latitude Nord et 10°30" à 16°12" de longitude Est. Le climat chaud et humide est de type guinéen avec des températures moyennes de 25° C et une pluviométrie de 1500-2000 mm par an, répartie entre deux saisons humides bien distinctes. La végétation est composée de forêts denses semi-décidues et sempervirentes avec une période de croissance de la végétation est inférieure à 300 jours. On y rencontre :

- la forêt atlantique qui occupe les premiers reliefs en arrière de la forêt littorale jusque vers 800 m d'altitude mais on la trouve également jusqu'à 1 200 m dans l'Ouest. Cette forêt atlantique pénètre sur 100 à 150 km de profondeur mais vers le Sud elle peut aller jusqu'à 200 à 250 km (département du Nyong et Kélé). Elle est caractérisée par l'abondance des Césalpiniacées. Plus des deux tiers des Césalpiniacées de la forêt dense humide camerounaise se trouve dans cette forêt atlantique ;
- la forêt du Dja qui offre un aspect qui la rapproche des forêts congolaises voisines. Dans ce secteur, il existe un réseau hydrographique constitué par les fleuves suivant : le Dja, la Boumba et le Ngoko. La forêt du Dja peut être comparée à une forêt atlantique sans Césalpiniacées avec quelques éléments de la forêt semi décidue. Parmi les espèces arborescentes caractérisant cette forêt, il convient de signaler également le *Baillonella toxisperma* (Sapotaceae).

Le site d'étude appartient à cette zone agroécologique.

#### **I.2.5. Cadre physique**

Le site d'étude présente un relief peu accidenté et varié qui est celui de l'arrondissement de Batchenga auquel il appartient. Ce relief permet de distinguer des plaines, des collines et des vallées ainsi que des pentes comprises entre 0 et 10% traduisant une faible sensibilité à l'érosion. L'altitude moyenne est de 600 m. Ce site est arrosé par la Sanaga qui a un débit permanent avec des petites rivières à régime saisonnier, notamment Awo'o et Mbo'o. On distingue deux types de sol : les sols ferralitiques et les sols hydromorphes. Selon les

travaux de Bocquier et *al.* (1984) et de Muller (1987), ces sols sont d'un chroma à dominance rouge dans le contexte écologique des zones de transition entre forêt et savane.

Le climat équatorial de type guinéen à quatre saisons d'inégale durée avec la moyenne annuelle des précipitations de l'ordre de 1577 mm et la température moyenne annuelle est de 25°C, avec une amplitude moyenne annuelle de 2,5°C. Les données recueillies au Ministère des Transports au cours des trois années d'études (2017 à 2019) montrent que les moyennes annuelles de précipitations et de température sont respectivement de 1264,98±156,59 mm et 25,1±0,83°C. Les variations annuelles sont reprises dans les graphiques ci-dessous.

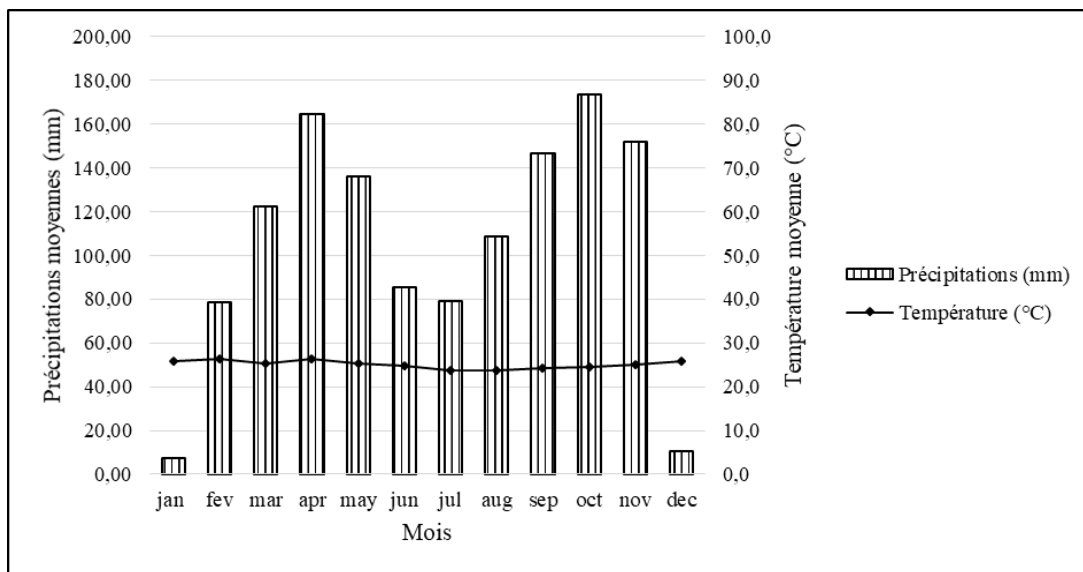


Fig. 1. Evolution mensuelle des précipitations et températures moyennes au cours de la période d'étude (2017 - 2019) (MINTRANS, 2019).

### 1.2.6. Cadre biologique et socio-économique

Selon le rapport de l'étude d'impact environnemental et social (2011) pour la mise en œuvre du projet hydroélectrique de Nachtigal, le site d'étude est localisé dans le domaine de la forêt dense humide semi-caducifoliée guinéo-congolaise. Il s'agit d'une zone de transition entre la forêt et la savane qui se subdivise en savanes péri forestières guinéo-soudaniennes et en forêts semi-caducifoliées guinéo-congolaises. On y rencontre des savanes péri-forestières guinéo-soudaniennes, des recrûs forestiers semi-caducifoliés, des forêts domestiquées de la localité d'Obala, des raphiales à *Raphia mombuttorum* et des faciès de dégradation des forêts semi caducifoliées et sempervirentes. Ces formations végétales sont riches en essences commercialisables, en Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) et en faune sauvage.

Il faut noter que cette zone forestière est fortement dégradée du fait des installations agro-industrielles et des feux de brousse, des cultures et surtout l'installation du projet de construction du barrage hydroélectrique de Nachtigal sur la Sanaga.

L'agriculture est pratiquée en priorité par la majorité de la population active. En plus, des plantations de cacaoyers qui constituent des cultures pérennes, l'essentiel de la production végétale est composé cultures telles que le manioc, l'arachide, le maïs et le bananier... On observe également des cultures fruitières (mangues, safous, avocats...) dans les cours ou derrière les cases.

La cueillette des produits forestiers non ligneux (PFNL) est une activité saisonnière et mobilise généralement les hommes, les femmes, les enfants et même des personnes âgées. Les PFNL les plus rencontrés sont : le Njansang, la mangue sauvage et le raisin d'Afrique. L'accès à certains PFNL, tels que le miel, les feuilles d'okok (*Gnetum* spp.), se fait par de petits groupes d'amis ou de parenté directe. Le ramassage des fruits sauvages, dont certains peuvent être consommés pendant le déplacement dans la forêt avec rejet des noyaux ou des graines, contribue à la dissémination des semences des espèces récoltées. Il est certain que la cueillette contribue à la dynamique forestière dans les environs des zones d'habitation.

### **I.2.7. Facteur humain**

Selon le rapport issu du plan communal de développement de Batchenga (2015), l'arrondissement est composé des populations autochtones et allogènes. Parmi les autochtones, on retrouve trois principaux clans : les Benyagda, les Batchenga et les Mvog Namnyé. Dans la zone d'étude, on retrouve seulement les Benyagda, les Batchenga ainsi que quelques allogènes qui le plus souvent constituent la main d'œuvre pour les plantations paysannes de cacao. L'étude ayant touché principalement le village de Ndji, elle a donc couvert une population estimée à 1613 habitants.

## **Chapitre II. Matériel et Méthodes**

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

### II.1. Matériel

#### II.1.1. Description du site d'étude

La présente étude a été menée dans le village Ndji de l'arrondissement de Batchenga, département de la Lékié dans la région du Centre. C'est dans cette localité que les données ont été collectées. Cette localité est parmi celles qui sont directement impactées par le projet de construction du barrage hydroélectrique de Nachtigal. Aussi, du fait des installations liées audit projet, les forêts ont été détruites avec une perte importante de la diversité biologique, notamment celle des arbres, dont *Ricinus communis* (Baill.).

Le site d'étude est situé dans une zone de transition forêt-savane (écotone) entre la forêt semi-caducifoliée guinéo-congolaise (Letouzey, 1985) et les savanes guinéo-soudaniennes (Aubreville, 1962 ; Tchawa, 2012). Celle-ci appartient à la zone agro-écologique de forêt dense humide à pluviométrie bimodale (figure 2).

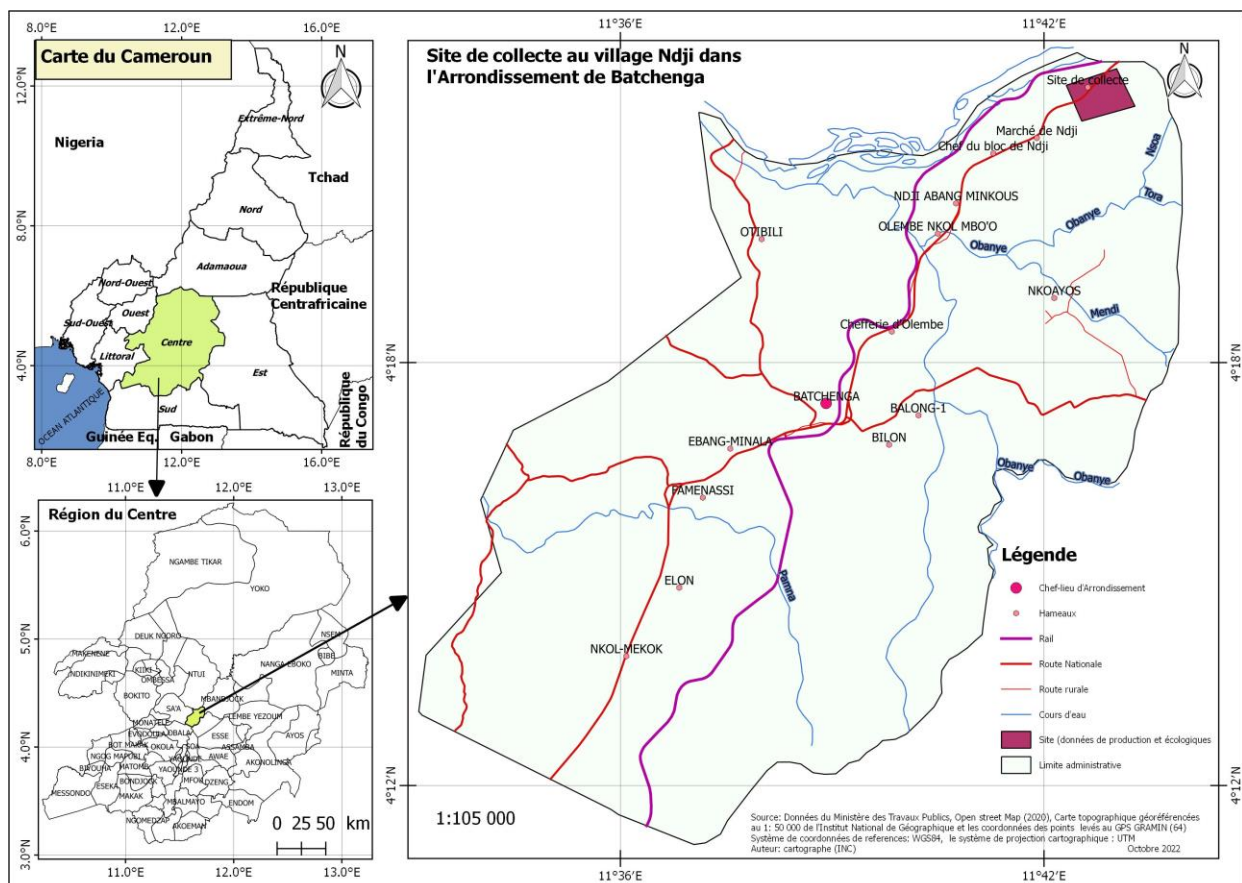


Fig. 2. Carte de localisation du site d'étude.

Le village Ndji est directement affecté par le projet de construction du barrage hydroélectrique sur le fleuve Nachtigal. Il y est prévu une construction d'un poste de départ de la ligne de transport à destination de Nyom II (Anonyme, 2015). Ndji est situé à environ 12

Km de la ville de Batchenga et compte 1613 habitants. C'est dans ce village que les placettes circulaires permanentes pour la collecte des données écologiques et de production ont été installées.

### II.1.2. Matériel utilisé

Le matériel utilisé pour la collecte des données est constitué de :

- un GPS (Global Positionning System) de marque GARMIN GPSMAP 64sx-GPS pour la géolocalisation des différents points d'échantillonnages ;
- un appareil photo numérique de marque Samsung ES95 pour les différentes prises photographiques ;
- une boussole et des rubans de délimitation pour l'installation des placettes circulaires ;
- une balance de marque Tristar KW-2430 pour les pesées des fruits ;
- un ruban à diamètre pour mesurer le diamètre des arbres ;
- un penta décimètre de 30 m pour mesurer la surface des placettes d'échantillonnage ;
- le clinomètre Suunto PM-5/1520 pour la mesure de la hauteur des arbres ;
- des jumelles Athlon 113004 Midas 8 x 42 pour l'observation des phénomènes phénologiques ;
- un sécateur, des papiers journaux, des planches à hercier et de l'alcool dilué à 70° pour récolter, presser, conserver et sécher les spécimens collectés pour une identification ultérieure ;
- des fiches de terrain, carnet de notes, crayons et gommes pour l'enregistrement des données acquises sur le terrain ;
- une machette pour l'ouverture des layons et des étiquettes pour l'identification des individus-sujets.



Fig. 3. Matériels de terrain utilisés.

(a) GPS de marque GARMIN GPSMAP 64sx-GPS ; (b) : appareil photo numérique de marque Samsung ES95 ; (c) et (h) : boussole ; (d) : rubans ; (e) : balance de marque Tristar KW-2430 ; (f) : Penta décimètre de 30 m ; (g) : dendromètre Suunto PM-5/1520.

## II.2. Méthodes

### II.2.1. Dispositif d'échantillonnage

Le dispositif d'échantillonnage est constitué de placettes circulaires de 15 m de rayon (Fig. 4) arbitrairement choisies entourant chacun des individus sujets de *R. heudelotii* et des espèces potentiellement compétitrices (Dan *et al.*, 2012 ; Mbonayem Liboum & Bobo, 2017). Dans chaque placette circulaire, tous les individus de *R. heudelotii* ayant atteint le diamètre minimum de fructification (40 – 50 cm) ont été géoréférencés à l'aide du GPS pour la récolte des fruits (Durieu de Madron & Daumerie, 2004). Ainsi, ces dispositifs sont placés d'une part dans des cacaoyères « milieux agro-forestiers » (17 placettes circulaires) et d'autre part en forêt secondarisée (13 placettes circulaires).

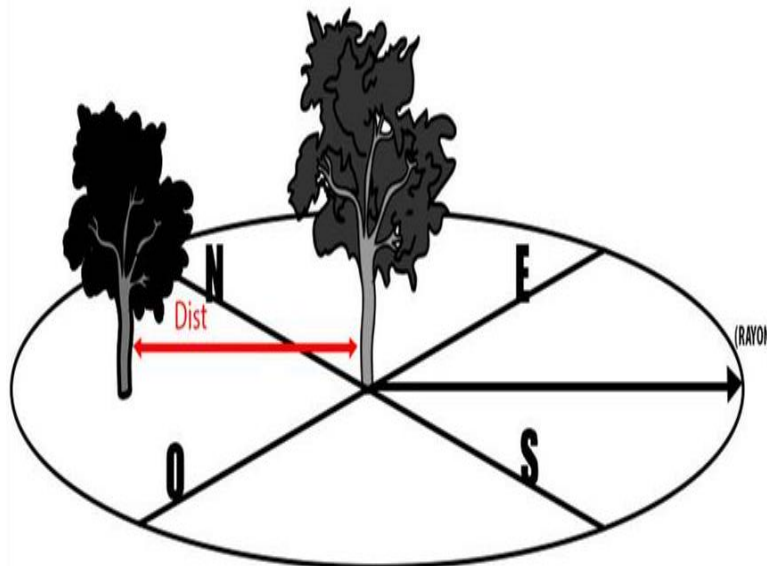


Fig. 4. Dispositif de collecte des données biométriques et de production fruitière.

Dans le cadre de ce travail, trois classes de diamètre sont définies, pour une meilleure prédiction de la production (Mbow *et al.*, 2013). La classe 1 (petits diamètres) regroupe des arbres de diamètre inférieur ou égal à 50 cm ; la classe 2 (diamètres intermédiaires) regroupe des individus dans l'intervalle de diamètre 50-100 cm ; et la classe 3 (grands diamètres) rassemble des individus d'un diamètre supérieur ou égal à 100 cm.

Les hauteurs des arbres ont été regroupées suivant le profil de stratification de référence en milieu forestier tropical proposé par Amougou Akoa (1989). L'étude ciblant exclusivement des arbres de diamètre supérieur à 20 cm, seul trois strates ont été concernées. Il s'agit de :



- strate C : 15-25 m, strate arborescente inférieure constituée par des arbres moyens ;
- strate B : 25-35 m, strate arborescente moyenne dont les cimes des grands arbres forment une canopée plus ou moins continue et dense ;
- strate A : 35 m et plus, strate arborescente supérieure constituée par de très grands arbres ou des émergents.

Aussi, le choix des arbres porte sur ceux qui ont produit régulièrement durant les trois dernières années avant le début de l'étude et repartis de manière à minimiser l'interdépendance des observations dans l'aire de récolte. C'est-à-dire que les arbres sont échantillonnés de sorte que les caractéristiques d'un arbre n'influencent pas celles d'un autre. Ainsi, la production fruitière a été évaluée à partir des individus distants d'au moins 15 m pour éviter que les fruits tombés de deux sujets différents ne soient confondus (Gulra & Zongo, 2002). Ce choix a également tenu compte de l'absence de traces d'élagage ou d'ébranchage, c'est-à-dire que les arbres sélectionnés sont exempts de traces antérieures d'exploitation humaine (écorçage, émondage non contrôlé) et de plantes parasites (Kouyate *et al.*, 2016).

## **II.2.2. Collecte des données pour la caractérisation de la compétition interspécifique**

### **II.2.2.1. Inventaire floristique**

Dans chacune des parcelles circulaires installées, les informations telles que les noms (scientifiques, vernaculaires et/ou noms commerciaux) ainsi que l'abondance de tous les arbres présents sont prises en compte. Pour des individus qui ne sont pas identifiés sur place, des échantillons d'herbier sont collectés, placés dans des presses à herbier puis conservés dans de l'alcool éthylique 70° C ; ils sont ensuite séchés à l'étuve au laboratoire une fois de retour à Yaoundé. Leur identification est faite à l'herbier national de Yaoundé par comparaison avec les spécimens disponibles et aussi à l'aide des Flores sur la base des caractères discriminants et des noms commerciaux relevés sur le terrain.

### **II.2.2.2. Mesures dendrométriques**

Le diamètre d'un arbre est la variable dendrométrique qui offre les données de base à l'étude d'une tige ou d'un peuplement forestier (Ikati Lisongi, 2011). Pour chaque arbre la circonférence est mesurée à l'aide d'un ruban à 1 m 30 au-dessus du sol et 0,30 m au-dessus des contreforts pour des individus qui en possèdent (figure 6).

La hauteur des arbres a été obtenue par mesure indirecte à l'aide d'un clinomètre de marque Suunto (Rondeux, 1982). Le clinomètre Suunto peut d'être utilisé de deux manières distinctes selon que la distance horizontale séparant l'opérateur du pied de l'arbre est directement déterminée par celui-ci (figure 5) ou que cette même distance est obtenue

indirectement par une mesure complémentaire effectuée au clinomètre. Dans le cadre de ce travail, seule la première manière d'utilisation a été prise en compte (figure 5).

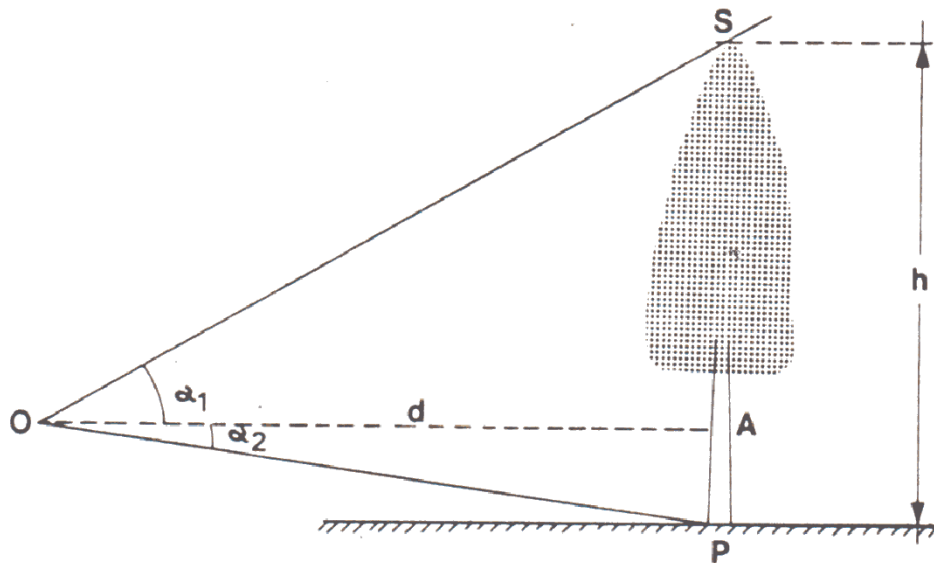


Fig. 5. Utilisation du clinomètre pour la mesure de la hauteur des arbres.

Ainsi, à partir du point O (position de l'opérateur), le sommet (S), le pied (P) et le point A représente le diamètre à 1,3 m du sol de l'arbre à mesurer ont été successivement visés. Ce qui permet d'obtenir la hauteur à partir du rapport ci-dessous (Rondeux, 1982) :

$$h = SP = SA + AP = d(\operatorname{tg}\alpha_1 + \operatorname{tg}\alpha_2)$$



Fig. 6. Mesure des paramètres dendrométriques et des individus sous étude.

(a) = mesure de la hauteur et (b) = de la circonférence

### II.2.2.3. Phénologie foliaire et fruitière

Les observations phénologiques ont été effectuées au rythme de passage de 15 jours (soit deux fois par mois) par la même équipe et la présence des phénophases (défeuillaison, fructification, refeuillaison) notée sur une fiche pré codée. Ces phénophases ont été observées lorsque l'individu perd ses feuilles (défeuillaison), lorsqu'il en renouvelle (refeuillaison) et lorsqu'il portait des fruits. Il faut dire que la fructification a été observée chez des individus-sujets de *R. heudelotii*. Dans chaque placette circulaire permanente, les individus de *R. heudelotii* ont été numérotés et regroupés en classe de diamètre. Les informations collectées ont concerné : l'absence ou la présence des feuilles, les variations de l'intensité des fruits (immatures et matures). La collecte de ces paramètres a pris en compte le diamètre et le statut social des arbres. Lors de chaque passage, des observations sont faites à l'aide des jumelles et pour chaque individu, le nombre d'individus qui développent la phénophase est noté et l'état phénologique (feuilles, fruits) quantifié en s'inspirant de la démarche proposée par Mbarga Bindzi *et al.* (2005) : « + » = très peu à peu abondants, « ++ » = moyennement abondants, « +++ » = très abondants.

La récolte des fruits a eu lieu durant les mois d'août à octobre durant trois (03) années consécutives. En fin de ramassage journalier, la production de chaque pied est placée dans un récipient étiqueté indiquant la date, le lieu de récolte, le numéro de l'arbre pour enregistrement dans un registre commis à cet effet. La quantité de graine obtenue est pesée à l'aide d'une balance à précision de 100 kg.

### II.2.2.4. Production fruitière

La production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) est évaluée à travers un ramassage périodique et comptage des fruits tombés sous l'arbre. Cette méthode a été utilisée par Shackleton *et al.*, (2003) sur *Sclerocarya birrea* ainsi que Lamien *et al.*, (2007) sur *Vitellaria paradoxa* (Kouyaté *et al.*, 2016).

Dans le cadre de ce travail, le ramassage des fruits est fait sur une base périodique de 15 jours durant trois (03) années consécutives. Pour cela, le sol sous l'arbre-sujet est débarrassé préalablement des feuilles mortes, des branches et de la végétation herbeuse pour faciliter le repérage, le ramassage des fruits et avoir le moins d'impuretés possible. Ainsi, les fruits tombés au sol sous chaque semencier (fruits intacts sur le semencier, fruits consommés en partie et/ou en minéralisation) ont été comptés sur une base périodique de 15 jours successifs pour déterminer la production totale par arbre (figure 7).



Fig. 7. Comptage directe des fruits après ramassage.

#### **II.2.2.5. Evaluation de la compétition interspécifique**

Afin d'évaluer le niveau d'influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière du *R. heudelotii*, des corrélations ont été effectuées avec plusieurs variables. Ces variables étaient composées tour à tour des paramètres dendrométriques, des indices de compétition dépendants et indépendants de la distance, les indices d'autocorrélation, les paramètres phénologiques et d'orientation cardinale.

### **II.3. Analyse des données**

#### **II.3.1. Paramètres floristiques et structuraux**

##### **II.3.1.1. Paramètres structuraux**

- Structures diamétriques

Les structures diamétriques désignent généralement les distributions de grosseurs de toutes les espèces réunies (Structure totale) et de chaque population à l'intérieur d'une forêt (Structure spécifique) d'après Rollet (1974) (Fournier et Sasson, 1983). Elles constituent une caractéristique fondamentale de la forêt qui donne une indication sur l'état équilibré d'un peuplement (Nshimba, 2008 ; Yalanga, 2012).

- Densité moyenne de tiges ( $d$ )

La densité moyenne des tiges ( $d$ ) est le rapport entre le nombre de tiges ( $n$ ) et la surface (ha) de chaque parcelle étudiée ( $s$ ). Elle s'obtient à partir de la formule :  $d = \frac{n}{s}$

- Diamètre moyen des tiges ( $Dg$ ) (Dossou *et al.*, 2012).

$$Dg = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

où :  $d_i$  = diamètre d'une tige et  $n$  le nombre total de tiges. Ce diamètre

est obtenu à partir de la circonférence de chaque individus, mesurée préalablement avec un mètre ruban et en la divisant par  $\pi$  (Nshimba, 2008).

- Surface terrière

La surface terrière ( $St$ ) renseigne sur la surface occupée par les sections des fûts des individus. Elle s'exprime en  $m^2$  par hectare. Elle a été calculée pour chaque individu en considérant la formule  $St = \frac{\pi \times D^2}{4}$ , où  $D$  est le diamètre moyen de l'arbre. Ces valeurs ont été extrapolées à l'hectare en utilisant le facteur d'expansion ( $FE$ ) =  $\frac{10000}{Se}$  avec  $Se$  = surface échantillonnée en  $m^2$  (Brown & Pearson, 2005).

- Abondance des taxons

L'abondance de taxons renseigne sur le nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille sans tenir compte de la taille (Endele, 2012). Elle permet de calculer la densité relative des taxons et s'exprime en pourcentage. Elle s'exprime de la manière suivante :

Densité relative d'une espèce ( $DeR$ ) = nombre d'individus d'une espèce x 100/nombre d'individus dans l'échantillon.

- Fréquence relative

La fréquence relative est la dispersion des individus sur le terrain. C'est le nombre de placettes circulaires dans lesquels l'espèce apparaît (Endele, 2012). Elle est encore appelée occurrence de l'espèce. Elle est formulée comme suit :

Fréquence relative ( $FR$ ) = occurrence de l'espèce x 100/somme des occurrences de toutes les espèces.

### II.3.1.2. Richesse et diversité spécifiques

Les différents indices de diversité actuellement utilisés permettent d'étudier la structure des peuplements en faisant référence ou non à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement, en un seul chiffre, une évaluation de la biodiversité du peuplement. Toutefois, leur caractère synthétique peut s'avérer être un handicap dans la mesure où il masque une grande partie de l'information (Grall & Hily, 2003). Pour chaque indice, le calcul a été fait en utilisant le package « Biodiversity R » intégré au logiciel R (Kindt & Coe, 2005). Les indices utilisés sont :

L'indice de diversité de Shannon et Weaver semble être le plus indiqué pour obtenir la diversité des espèces de peuplements en considérant leur nombre et leur abondance relative (N'Guessan *et al.*, 2018) :  $\bar{H} = -\sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$

Dans la relation ci-dessus,  $n_i$  représente l'effectif de l'espèce de rang  $i$  et  $N$  représente l'effectif total des individus de la communauté considérée.  $\bar{H}$  s'exprime en bits (binary digit). L'indice de diversité de Shannon et Weaver pallie la difficulté de comparer les distributions en classes de diamètre de différents peuplements, on peut le calculer pour plusieurs peuplements et comparer les résultats (Ngo Bieng, 2007). Cet indice est maximal quand les espèces ont des abondances relatives identiques dans les communautés, et il est minimal quand une seule espèce domine toute la communauté. Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou d'autres sites d'échantillonnages (Grall & Hily, 2003).

Le coefficient de ségrégation  $S$  de Pielou décrit le degré de mélange de 2 espèces A et B dans une forêt (Uwalaka *et al.*, 2022). Comme l'indice d'agrégation de Clark et Evans, il est basé sur la distance par rapport au plus proche voisin. Il est défini par :  $S = 1 - \frac{N(b+c)}{m.s+nr}$  où  $m$  et  $n$  représentent respectivement le nombre d'arbres appartenant aux espèces A et B ;  $r$  et  $s$  respectivement le nombre de fois qu'un arbre d'espèce A et B est le plus proche voisin d'un arbre de référence donné (Pommerening, 2002). Une valeur de  $S = 1$  de cet indice signifie que le plus proche voisin d'un arbre de référence est toujours un arbre de la même espèce ; et une valeur de  $S = -1$  signifie que les plus proches voisins sont toujours d'espèces différentes. L'indépendance correspond à un indice  $S = 0$  (Ngo Bieng, 2007).

### **II.3.2. Caractérisation de la compétition interspécifique**

#### **II.3.2.1. Analyse de la phénologie foliaire et fruitière**

La phénologie foliaire (défeuillaison et refeuillaison) et de la fructification ont été analysées pour l'ensemble de la communauté (tous les arbres suivis) et séparément d'un type d'utilisation des terres à un autre. Les différents stades phénologiques ont été établis et leurs caractéristiques ont été présentées sur la base des caractères quantitatifs (nombre d'individus). L'analyse de variance (ANOVA) a permis de vérifier la variabilité de ces caractères quantitatifs d'un type d'utilisation des terres à un autre à l'aide du logiciel XLSTAT Version 2014.5.03. Les valeurs moyennes obtenues par phénophase ont été comparées 2 à 2 à l'aide du test HSD de Tukey.

### II.3.2.2. Analyse des indices de compétition interspécifique

Pour évaluer la compétition interspécifique, les indices de compétition appliqués en forêt dense tropicale humide ont été utilisés (Gourlet-Fleury, 1998 ; Moravie *et al.*, 1999 ; Mbonayem Liboum & Bobo, 2017). A cet effet, deux classes d'indices distinctes ont été utilisées. Il s'agit des indices qui sont dépendants de la distance et ceux qui en sont indépendants.

En effet, les indices de compétition indépendants de la distance expriment la densité locale et le statut social des individus sujets : la densité locale du peuplement (STT : surface terrière du peuplement ramenée à l'hectare, NVT : rapport entre le nombre d'arbres voisins ramenés à l'hectare sur le nombre de voisins totaux) et le statut social du peuplement (STD : rapport entre la surface terrière à l'hectare des arbres du peuplement de diamètre supérieur à l'arbre considéré/surface terrière cumulée à l'hectare des arbres voisins imposants ; NVD : rapport entre le nombre à l'hectare des arbres du peuplement de diamètre supérieur à l'arbre considéré/nombre d'arbres voisins imposants). Pour ce qui est des indices dépendants de la distance, le calcul fait intervenir la distance entre arbres et nécessite de disposer de ces données, ou au moins d'une cartographie des individus (Gourlet-Fleury, 1998).

Tableau I. Liste des indices de compétition déterminés pour *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) (Liboum et Bobo, 2017).

Variables et description	Formule de calcul
NVT : nombre d'arbres du peuplement ramenés à l'hectare/nombre d'arbres voisins totaux (ha <sup>-1</sup> )	$NVT = \sum k$
NVD : nombre à l'hectare des arbres du peuplement de diamètre supérieur à l'arbre considéré /nombre d'arbres voisins imposant (ha <sup>-1</sup> )	$NVD = \sum_{k=1}^{k=n_g} k_g$
STT : surface terrière du peuplement ramenés à l'hectare/ Surface Terrière cumulée à l'hectare de la totalité des arbres voisins (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	$STT = \sum_{k=1}^{k=NVT} \frac{\pi}{4} * dhp_k^2$
STD : surface terrière à l'hectare des arbres du peuplement de diamètre supérieur à l'arbre considéré/surface terrière cumulée à l'hectare des arbres voisins imposant (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	$STD = \sum_{k=1}^{k=NVD} \frac{\pi}{4} * dhp_k^2$
SST/dist. : surface terrière du peuplement pondérée par la distance avec l'arbre considéré (m/ha)	$\frac{SST}{dist} = \sum_{k=1}^{k=NVT} \frac{ST_k}{dist_k}$

$SSTr/dist.$  : surface terrière relative du peuplement pondérée par la distance avec l'arbre considéré (m/ha)

$$\frac{SSTr}{dist} = \sum_{k=1}^{k=NVT} \frac{ST_k}{dist_k * ST}$$

$SDhp/dist.$  : diamètre cumulé des arbres du peuplement pondéré par la distance avec l'arbre considéré (m<sup>-1</sup>)

$$\frac{SDhp}{dist} = \sum_{k=1}^{k=NVT} \frac{1}{dist_k} * \frac{DHP_k}{DHP}$$

Au-delà des indices de compétition ci-dessus, deux indices d'autocorrélations spatiales ont été utilisés. Le coefficient de Moran (MC) est la moyenne des produits des valeurs normalisées des couples de points pondérés par le poids spatial (Souris & Demoraes, 2019). Cet indice se calcule à partir de la formule suivante (Moran, 1950) :

$$MC = \frac{N}{P} \frac{\sum_{i \neq j} C_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Où  $N$  est le nombre d'observations,  $\bar{x}$  est la moyenne des valeurs  $x_i$  et  $C_{ij}$  le poids spatial du couple de point ( $P_i, P_j$ ) et  $P$  est la somme des points spatiaux ( $P = \sum_{i,j} C_{ij}$ ).

L'indice de Geary (Gr) est la moyenne des carrés des différences des valeurs normalisées des couples de points (Souris & Demoraes, 2019). Il s'obtient à partir suivante (Geary, 1954) :

$$Gr = \frac{1}{S} \sum_{i,j} C_{ij} \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\rho} - \frac{x_j - \bar{x}}{\rho} \right)^2$$

Où  $\bar{x}$  est la moyenne des valeurs  $x_i$  de l'ensemble des objets,  $\sigma$  l'écart-type des  $x_i$ ,  $C_{ij}$  le poids spatial du couple de point ( $P_i, P_j$ ), et  $S$  la somme des poids spatiaux ( $S = \sum_{i,j} w_{ij}$ ).

Ces deux indices qui sont dépendants de la distance, permettent d'estimer l'autocorrélation locale et sont connus sous le nom d'indice d'association spatiale locale (Anselin, 1995). En outre, ils rapportent l'importance de la compétition au niveau local.

### II.3.3. Détermination de la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii*

La production fruitière totale (Pt) a été estimée en additionnant la production moyenne par pied (Pi) obtenue après ramassage périodique des fruits des individus-sujets (Pt). Ainsi,  $Pt = (\sum p_i)/N$ , où  $p_i$  est la quantité de fruits récoltés sur un individu-sujet  $i$  après une période de 15 jours et  $N$  est le nombre total d'individus-sujets pour lesquels les fruits ont été récoltés.



## **II.3.4. Evaluation de l'influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière**

### **II.3.4.1. Analyse des variations de la production fruitière**

La variation de la production fruitière en fonction des paramètres dendrométriques (variables mesurées) et des indices de compétition (variables calculées) a été évaluée par des analyses statistiques simples et multivariées à partir du logiciel XLSTAT Version 2014.5.03. Les corrélations à travers des régressions de la production avec les variables qualitatives de statut social et la densité locale des arbres compétiteurs, ont été déterminées par des analyses de variance (ANOVA) à un et plusieurs facteurs, et ont permis d'expliquer ainsi leur effet sur la production fruitière. Une analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% a été faite pour vérifier l'hétérogénéité des variances. En cas de test significatif ( $P < 0,05$ ), la différence de variable est établie par le Test HSD de Tukey.

Les corrélations entre les variables quantitatives décrivant les paramètres dendrométriques ou la compétition interspécifique (indices de compétition), des analyses par des régressions simples et multiples ont permis d'apprécier la relation linéaire pouvant exister entre elles et le niveau de variabilité qu'elles exercent sur les arbres sujets et la production fruitière. La performance de ces variations de la production totale a été appréciée à travers les courbes de régression et les coefficients de détermination ( $R^2$ ) ainsi que de corrélation ( $r$ ) obtenus de ces régressions.

### **II.3.4.2. Analyse des variables prédictives du potentiel de production**

Les variables prédictives du potentiel de production fruitière ont été déterminées à partir de la méthode des moindres carrés par des analyses en régression simple et multiple. Cette méthode consiste à procéder à une recherche exhaustive, par itération, de combinaisons statistiquement possibles (variance résiduelle et Critère d'Information d'Akaike (AIC) ou AIC minimisé) de variables explicatives (indices et paramètres dendrométriques des arbres déterminés) (Mbonayem Liboum & Bobo, 2017). Les régressions simples et multiples avec chacune des variables explicatives déterminées ont été réalisées par itérations de façon à minimiser l'écart-type résiduel entre les valeurs de production observées et celles estimées. Le niveau de significativité a été apprécié par le p-value et précisé par les coefficients de détermination ( $R^2$ ). Les variables présentes dans les deux premières combinaisons ayant fourni les plus bas AIC ont été retenues comme potentiellement utilisables dans des modèles prédictifs de la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.). Ces variables ont permis de dresser des modèles allométriques multiples entre la production fruitière et les

paramètres dendrométriques (nombre de compétiteurs, diamètre à la base, hauteur de l'arbre compétiteur, hauteur de l'arbre sujet, distance entre les plus proches voisins...).

## **Chapitre III. Résultats et discussion**

## Chapitre III. Résultats et Discussion

### III.1. Résultats

#### III.1.1. Caractéristiques floristiques et structurales

Les inventaires effectués dans différents types d'utilisation des terres (milieux agroforestiers et forestiers) ont permis d'identifier 48 espèces appartenant à 40 genres et réparties entre 24 familles. On peut noter dans l'ensemble que six familles sont mieux représentées avec des fréquences de plus de 5 %. Il s'agit suivant un ordre croissant, des *Myristicaceae* (5,5 %), des Apocynaceae et des Meliaceae (6,15 %), des Euphorbiaceae (11,73 %), des Sterculiaceae (13,93 %) et des Moraceae (20,17 %). De même, les genres représentés à plus de 5% sont : *Pycnanthus* et *Sterculia* (5,59 %), *Milicia* (6,15 %), *Ricinodendron* (9,50 %), *Pterygota* (10,06 %) et *Ficus* (13,97 %). Enfin, six espèces sont mieux représentées : *Ficus exasperata* (5,03 %), *Pycnanthus angolensis* (5,59 %), *Milicia excelsa* (6,15 %), *Ficus thonningii* (6,70 %), *Ricinodendron heudelotii* (9,50 %) et *Pterygota macrocarpa* (10,06 %).

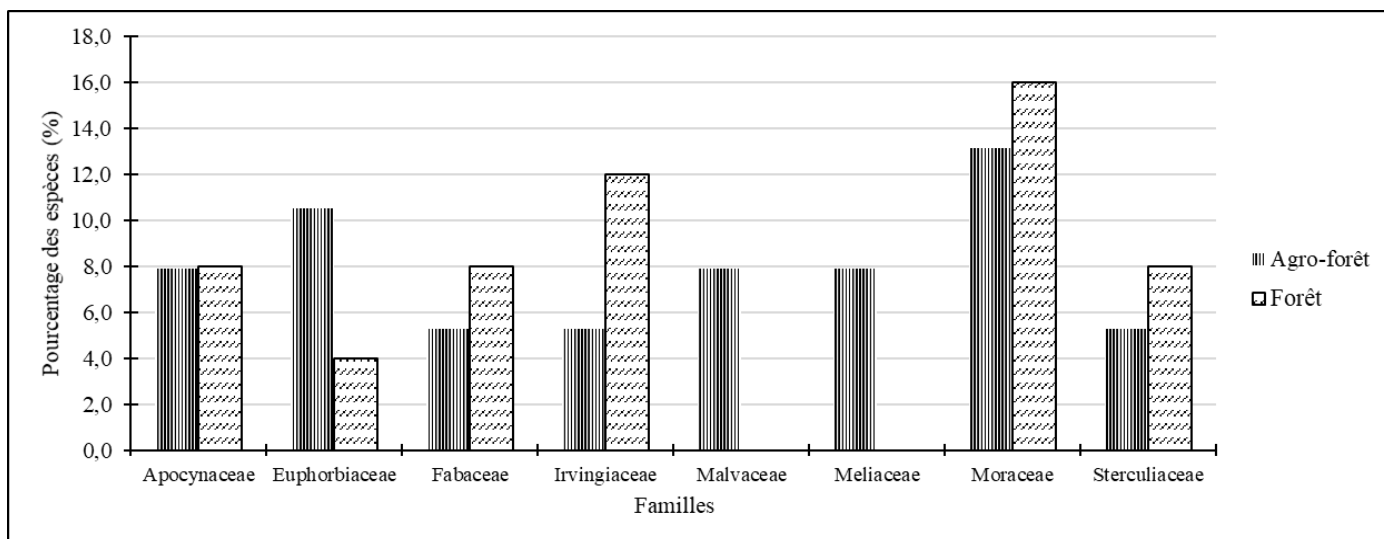


Fig. 8. Spectre des familles les plus représentatives selon le type d'utilisation des terres.

De manière globale, le nombre d'espèces varie d'un type d'utilisation des terres à un autre. Ainsi, 37 espèces ont été identifiées dans les agro-forêts à cacaoyer appartenant à 30 genres regroupés dans 20 familles. Six (06) familles sont plus représentées dans les milieux agro-frestiers, notamment : les Apocynaceae (7,89 %), les Malvaceae (7,89 %), les Meliaceae (7,89 %), les Sterculiaceae (11,32 %), les Euphorbiaceae (10,53 %) et les Moraceae (13,16 %). On y retrouve surtout les genres *Pycnanthus* (5,66 %), *Milicia* (6,60 %), *Trichilia* (7,55 %), *Ricinodendron* (9,43 %), *Pterygota* (10,38 %) et *Ficus* (12,26 %). Les espèces les plus fréquentes sont *Pycnanthus angolensis* (5,66 %), *Milicia excelsa* et *Ficus thonningii* (6,60 %), *Ricinodendron heudelotii* (9,43 %) et *Pterygota macrocarpa* (10,38 %).

En forêt, on observe 17 familles, 23 genres et 25 espèces. Les familles les mieux représentées sont : les Apocynaceae, les Fabaceae et les Sterculiaceae avec une fréquence relative de 8,00 %, les Irvingiaceae avec une fréquence relative de 12 % et les Moraceae (16 %). Les genres *Pycnanthus* et *Milicia* (5,48 %), *Albizia* (6,85 %), *Sterculia* (8,22 %), *Pterygota* et *Ricinodendron* (9,59 %), *Ficus* (16,44 %) sont les plus fréquents dans ce type d'utilisation des terres. Enfin, pour ce qui est des espèces, on rencontre surtout *Milicia excelsa* et *Pycnanthus angolensis* (5,48 %), *Albizia zygia*, *Ficus exasperata* et *Ficus thonningii* (6,85 %), *Sterculia rhinopetala* (8,22 %), *Pterygota macrocarpa* et *Ricinodendron heudelotii* (9,59 %).

Les caractéristiques floristiques et dendrométriques sont présentées dans le tableau II ci-dessous selon les deux types d'utilisation des terres retenus dans le cadre de cette étude. Une comparaison de la composition floristique des différents types d'utilisation des terres a été réalisée. Il en ressort un coefficient de similitude de Sorensen ( $k = 45\%$ ) qui traduit une très faible ressemblance des communautés d'un type d'utilisation des terres à l'autre. La valeur obtenue de l'indice de diversité spécifique ( $\bar{H}$ ) est relativement faible aussi bien en forêt qu'en milieu agro-forestier avec respectivement 1,23 bits et 1,38 bits. Il en est de même de celles de l'équitabilité (E). En effet, ces valeurs reflètent un déséquilibre dans la répartition des individus des différentes espèces constitutives et donc une stabilité relativement faible des communautés aussi bien en forêt qu'en agro-forêt à cacaoyer.

Tableau II. Caractéristiques structurelles des milieux sous étude.

Type de milieu	$\bar{H}$	E	Nbre de placettes	Nbre d'espèces	Nbre d'individus
Agro-forêt	1,38	0,26	17	37	121
Forêt	1,23	0,26	13	17	88

Dans l'ensemble, les agro-forêts comptent 121 individus répartis entre 37 espèces avec une moyenne de  $5,18 \pm 2,63$  individus dont une moyenne de  $4,18 \pm 2,63$  potentiels compétiteurs par placette circulaire permanente. Dans ce type d'utilisation des terres, le diamètre des individus varie de 0,18 m à 2,70 m, avec un diamètre moyen de  $0,78 \pm 0,37$  m et un coefficient de Gini de 0,10 révélant ainsi un faible degré d'inégalité entre les valeurs de diamètre des différents individus. Concernant la hauteur des individus qui varie de 8 m à 40 m avec moyenne de  $29,13 \pm 4,80$  m, le coefficient de Gini est de 0,62, traduisant ainsi un degré considérable des inégalités entre les valeurs.

Tableau III. Caractéristiques structurales des milieux sous étude.

Paramètre	Nbre moyen compétiteurs	Diamètre moyen (m)	Hauteur moyenne (m)	Densité moyenne (Arbre/ha)	Surface terrière moyenne (m <sup>2</sup> )
Agro-forêt	4,18±2,63 <sup>a</sup>	0,76±0,48	29,13±4,80	73,23±37,17	20,01±10,81
		CG=0,10	CG=0,62	CG=0,57	CG=0,25
		Min=0,36	Min=8	Min=28,29	Min=8,24
		Max=5,4	Max=40	Max=155,61	Max=44,29
Forêt	8,31±4,23 <sup>b</sup>	0,78±0,37	34,23±8,19	131,68±59,85	10,80±5,73
		CG=0,30	CG=0,20	CG=0,64	CG=0,19
		Min=0,38	Min=8	Min=70,74	Min=6,21
		Max=3,94	Max=40	Max=282,94	Max=23,98

CG : Coefficient de Gini ; Min : minimum ; Max : maximum.

La densité moyenne des individus est de  $73,23 \pm 37,17$  arbres/ha et, elle varie de 28,29 arbres/ha à 155,61 arbres/ha avec un coefficient de Gini de 0,57, ce qui traduit un degré d'inégalité considérable entre les valeurs des différentes des densités. Ce tableau présente une surface moyenne de  $20,01 \pm 10,81$  m<sup>2</sup> dans les agro-forêts avec un minimum de 8,24 m<sup>2</sup> et un maximum de 44,29 m<sup>2</sup>. La répartition des valeurs de la surface terrière montre un faible degré d'inégalité avec un coefficient de Gini de 0,25.

Dans les forêts, 88 individus appartenant à 17 espèces ont été identifiés, avec une moyenne de  $8,31 \pm 4,23$  individus par placette et un nombre moyen de compétiteurs de  $8,31 \pm 4,23$  individus. Le diamètre moyen des individus est de  $1,48 \pm 0,46$  m, avec des valeurs qui varient de 0,38 m à 3,94 m et un coefficient de Gini de 0,30 qui traduit un degré considérable d'inégalité entre ces valeurs. La hauteur des individus varie de 8 m à 40 m, avec une hauteur moyenne de  $34,23 \pm 8,19$  m et un coefficient de Gini de 0,20 qui révèle un faible degré d'inégalité entre les différentes valeurs. Les densités varient entre 70,74 arbres/ha et 282,94 arbres/ha, avec une valeur moyenne de  $131,68 \pm 59,85$  arbres/ha. Le coefficient de Gini de 0,64 signifie un degré d'inégalité considérable entre les valeurs des différentes densités. On observe enfin des surfaces terrières qui varient de 6,21 m<sup>2</sup>/ha à 23,98 m<sup>2</sup>/ha avec une moyenne de  $10,80 \pm 5,73$  m<sup>2</sup>/ha. Le coefficient de Gini est de 0,19 traduisant un faible degré d'inégalité entre les valeurs des surfaces terrières en forêt.

### III.1.2. Caractérisation de la compétition interspécifique

#### III.1.2.1. Distribution des diamètres

Dans l'ensemble, 209 individus de diamètre (DHP) supérieur 20 cm (0,2 m) ont été identifiés comme compétiteurs potentiels et regroupés en trois classes de diamètre grâce à la fonction discrétisation du logiciel XLSTAT Version 2014.5.03 (18 – 79), (80 – 160), (161 – 270). Le diamètre moyen des arbres dans les deux types d'utilisation des terres est de  $153 \pm$

87 cm. Ces diamètres varient d'une classe à une autre avec une proportion de variabilité  $R^2=80,8\%$  ( $p=0,0001<0,05$ ). On observe une faible dispersion des valeurs dans les deux premières classes (18 – 79), (80 – 160), par rapport à la troisième classe de diamètre (161 – 270).

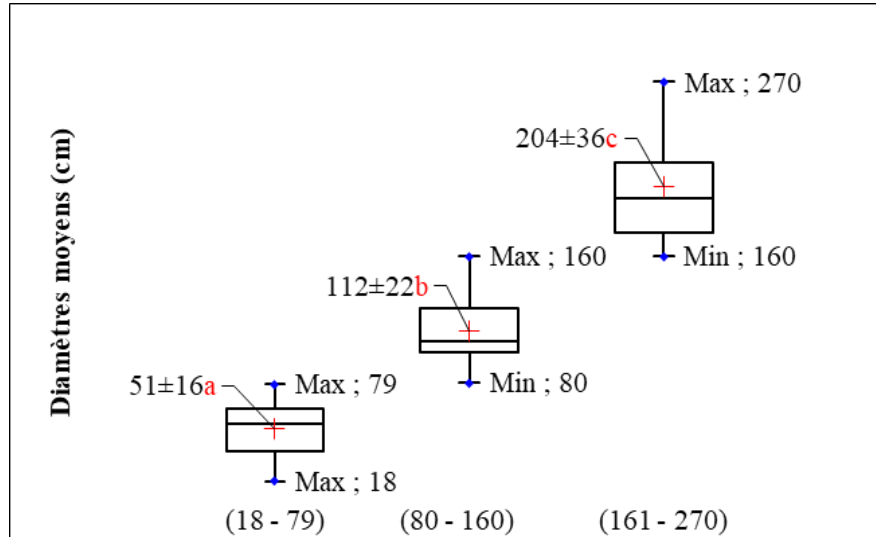


Fig. 9. Dispersion des valeurs autour des moyennes des classes de diamètre des compétiteurs potentiels.

Les effectifs sont de 135 arbres pour la classe (18 – 79), 65 arbres pour la classe (80 – 160) et 9 arbres pour la classe (161 – 270). Selon les différents types d'utilisation des terres, 86 individus (arbres) ont été identifiés en forêt (figure 10a). La répartition de ces individus selon les différentes classes de diamètres décrit une courbe en J renversé, avec des effectifs qui décroissent lorsque le diamètre augmente. Le milieu agro-forestier compte 121 individus (figure 10b). Ces derniers sont inégalement distribués de la classe de diamètre le moins important (18 – 79) à celle de diamètre le plus important (161 – 270) décrivant ainsi une courbe en forme de J inversé.

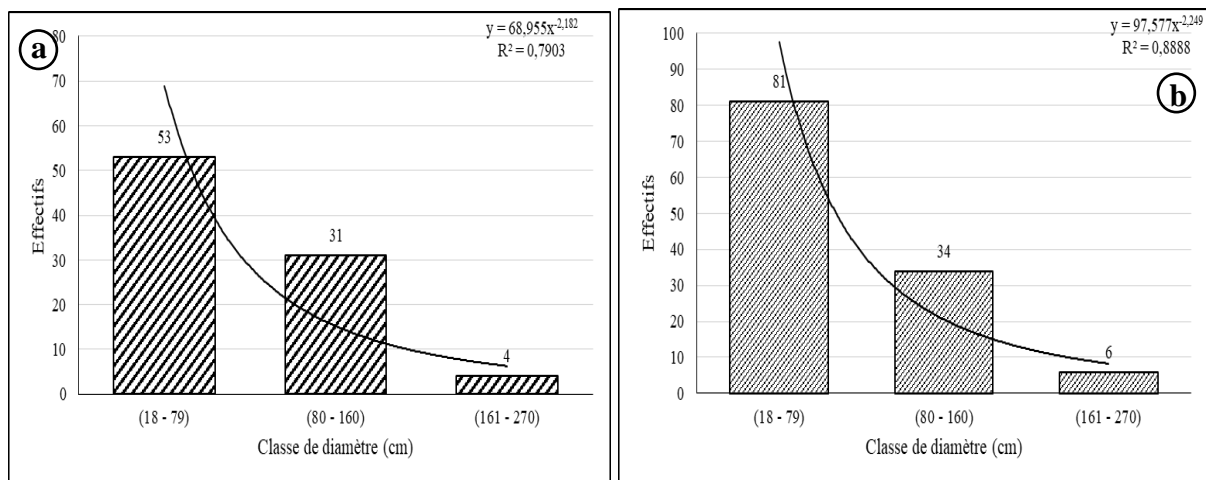


Fig. 10. Répartition des individus par classe de diamètre des individus sous étude.

(a) = Milieu forestier et (b) = Milieu agro-forestier

Le diamètre moyen des arbres sujets dans les agro-forêts est de  $149 \pm 34$  cm et de  $60 \pm 38$  cm en forêt. Ce diamètre moyen varie de manière significative ( $R^2 = 89,31\%$  ;  $p=0,001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey) avec une dispersion des valeurs plus importante en forêt que dans les agro-forêts comme le montre la figure ci-dessous.

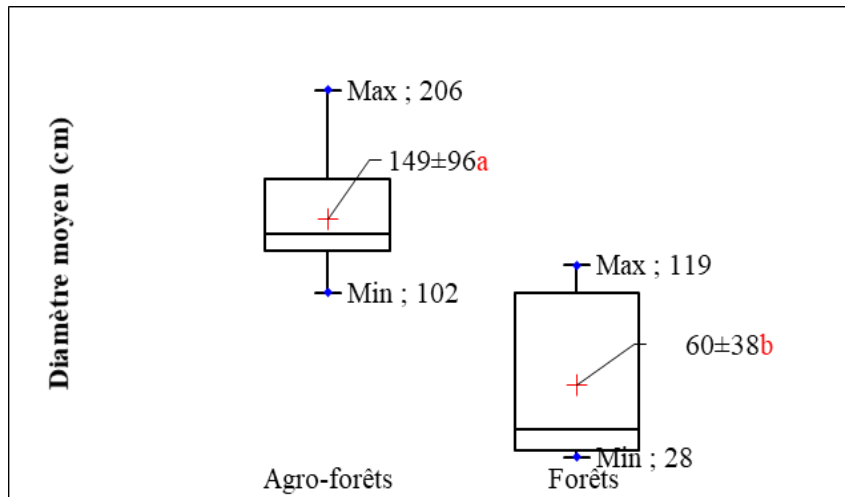


Fig. 11. Répartition du diamètre moyen des individus-sujets à travers les types d'utilisation des terres.

Le diamètre moyen chez les compétiteurs potentiels est de  $76 \pm 48$  m dans l'agro-forêt et de  $78 \pm 37$  m dans la forêt. On observe donc ainsi une variabilité non significative du diamètre moyen d'un type d'utilisation des terres à un autre ( $R^2 = 0,03\%$  ;  $p = 0,81 > 0,05$  ; Test HSD de Tukey) et une dispersion similaire des valeurs autour de ces moyennes (figure 12).

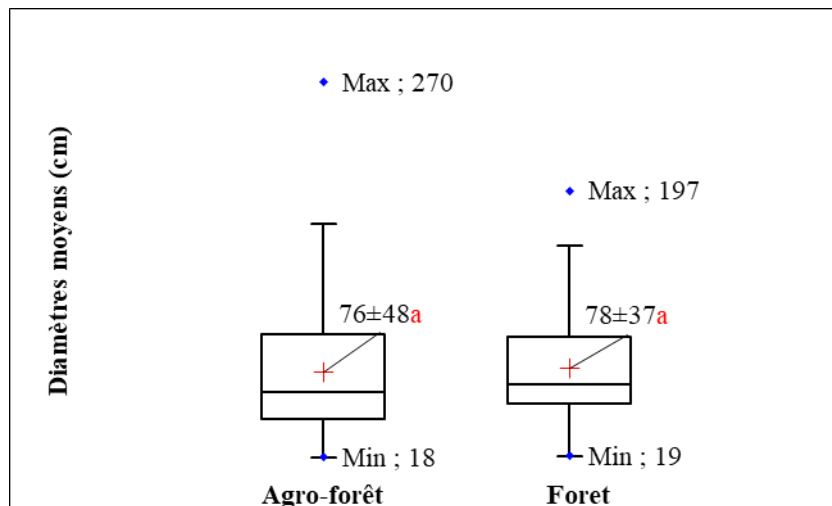


Fig. 12. Répartition du diamètre moyen des compétiteurs potentiels à travers les types d'utilisation des terres.



Le diamètre moyen varie de manière significative d'une classe de diamètre à une autre, avec un coefficient de variabilité de 76,18 % en forêt et 84,54 % dans les agro-forêts. Une variation significative qui n'est pas observée au sein d'une même classe entre les différents types d'utilisation des terres (tableau IV). Aussi, une observation du sens de la dispersion des valeurs (diamètre des compétiteurs potentiels) d'une classe à une autre, selon les différents types d'utilisation des terres montre que dans la forêt, le centre de la première classe est inférieur à son diamètre moyen, ce qui traduit une faible variation des valeurs des individus dont le diamètre est supérieur au diamètre moyen dans cette classe. Dans les deux dernières classes, les centres sont supérieurs aux diamètres moyens respectifs. On observe donc une importante variation des valeurs des individus dont le diamètre est supérieur à leur diamètre moyen respectif.

Tableau IV. Répartition du diamètre moyen des différentes classes à travers les types d'utilisation des terres.

Type d'utilisation des terres	Paramètre	(18 – 79)	(80 – 160)	(161 – 270)	IS	p-value	Proportion de variabilité R <sup>2</sup> (%)
Forêt	Effectif	52	31	3	13	0,70>0,05	14,6
	Diamètre moyen	54±30 <sup>a</sup> (>)	110±23 <sup>a</sup> (<)	175±19 <sup>a</sup> (<)	78±37 <sup>a</sup>		
Agro-forêt	Effectif	83	34	6	17		
	Diamètre moyen	49±17 <sup>a</sup> (>)	115±20 <sup>a</sup> (<)	219± 34 <sup>a</sup> (>)	76±48 <sup>a</sup>		

IS : Individu sujet ; (< ; >) : Sens de variabilité des valeurs des différents individus par rapport au centre de la classe.

En milieu agro-forestier, les centres des classes (18 – 79) et (161 - 270) sont inférieurs à leurs diamètres moyens respectifs (49 ± 17 et 219 ± 34). On a donc une faible variation des valeurs des individus dont le diamètre est supérieur au diamètre moyen dans ces classes. Pour ce qui est de la classe (80 - 160), le centre est supérieur au diamètre moyen, ce qui traduit des faibles variations des valeurs inférieures au diamètre moyen dans cette classe. Dans l'ensemble, la dispersion des valeurs autour du diamètre moyen n'est pas uniforme aussi bien en milieu forestier que dans l'agro-forêt.

### III.1.2.2. Distribution des hauteurs

Trois classes de hauteur ont été définies dans lesquelles sont regroupées les 209 individus de diamètre (DHP) supérieur 20 cm identifiés comme potentiels compétiteurs. La fonction discrétisation du logiciel XLSTAT Version 2014.5.03 a servi à cet effet. Les classes définies sont : (08 – 18 m), (19 – 29 m), (30 – 40 m). Dans l'ensemble, la hauteur moyenne des arbres dans les deux types d'utilisation des terres est de 25,41 ± 9,36 m. Le nombre moyen d'individus varie d'une classe de hauteur à l'autre (R<sup>2</sup> = 83,34 % ; p=0,0001<0,05). La

figure 13 montre que la dispersion des valeurs est plus importante dans la première classe de hauteurs (08 – 18 m), par rapport aux deux autres.

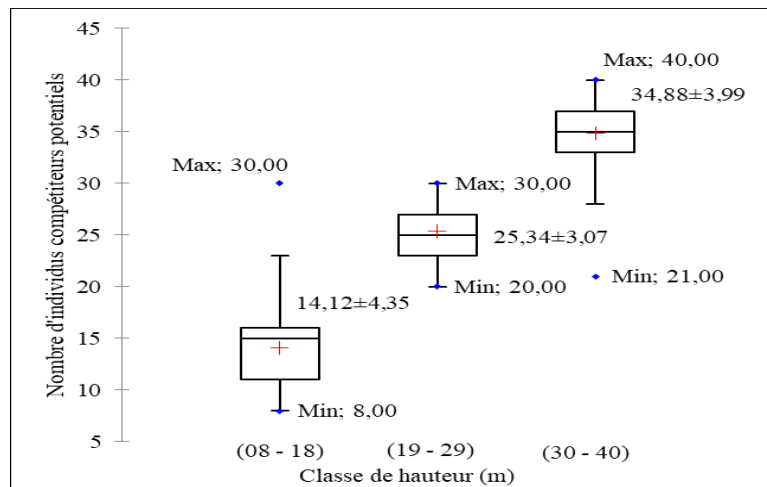


Fig. 13. Dispersion des valeurs par classe de hauteur du nombre d'individus compétiteurs potentiels.

La répartition des effectifs varie d'une classe à une autre et décrit des courbes opposées en forêt (a) et en agro-forêt (b). En forêt, la structure verticale décrit une courbe en forme de J. En effet, on observe une réduction du nombre d'individus de la première classe de hauteur (08 – 18 m) à la deuxième (19 – 29 m), puis, une augmentation du nombre d'individus appartenant à la classe (30 – 40 m). Dans les agro-forêts, le nombre d'individus passe de 40 dans la classe de hauteur (08 – 18 m) à 46 dans la classe (19 – 29 m), puis à 35 (30 – 40 m) décrivant ainsi une courbe en forme de cloche. Ces deux figures (a et b) montrent que l'effectif des grands arbres (30 – 40 m) est plus important en forêt qu'en milieu agro-forestier.

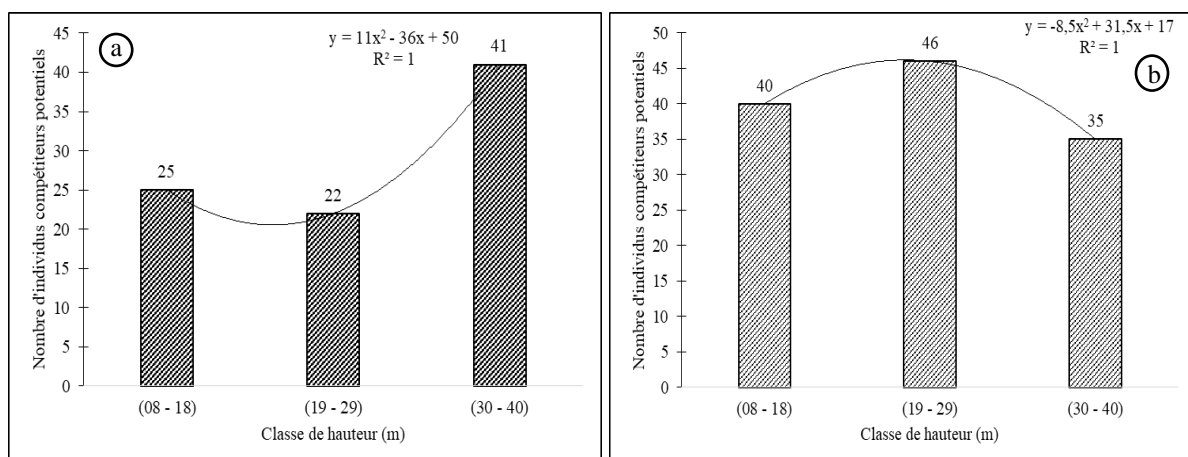


Fig. 14. Répartition des individus par classe de hauteur.

NB : (a) = Milieu forestier et (b) = Milieu agro-forestier.

La hauteur moyenne chez des individus-sujets varie de manière significative bien que peu précise, d'un type d'utilisation des terres à l'autre ( $R^2 = 14,04\%$  ;  $p = 0,041 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Elle est de  $29,13 \pm 4,80$  m dans des agro-forêts et de  $34,23 \pm 8,19$  m dans les forêts. On peut voir une dispersion importante des valeurs autour de la hauteur moyenne en forêt par rapport à ce qu'on observe dans l'agro-forêt. Aussi, des individus-sujets de hauteur plus importante se retrouvent en forêt par rapport à l'agro-forêt.

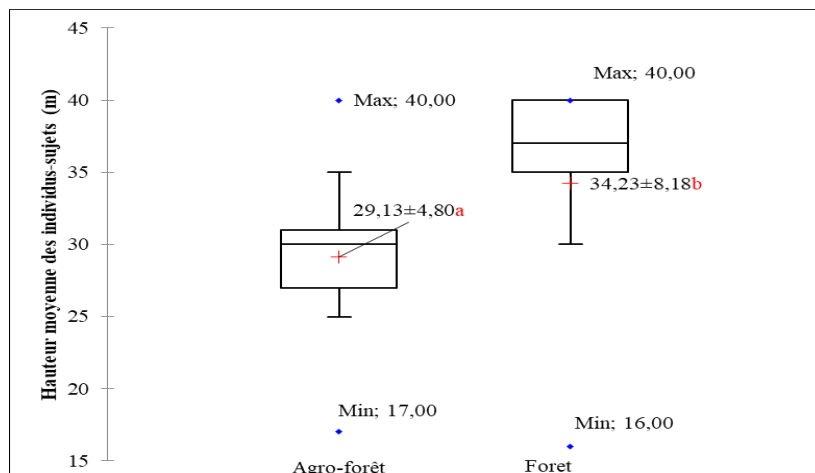


Fig. 15. Répartition des hauteurs moyennes des individus-sujets à travers les types d'utilisation des terres.

Chez les compétiteurs potentiels, la hauteur moyenne des individus varie significativement mais de manière imprécise d'un type d'utilisation des terres à un autre ( $R^2 = 1,96\%$  ;  $p = 0,04 < 0,05$ ; Test HSD de Tukey). La hauteur minimum est de 8 m et la hauteur maximale est de 40 m aussi bien en forêt qu'en agro-forêt. Chez ces compétiteurs potentiels, des individus de plus grande hauteur se retrouvent en forêt avec cependant des valeurs plus dispersées autour de la moyenne ( $26,98 \pm 10,03$  m) par rapport au milieu agro-forestier où la hauteur moyenne est de  $24,32 \pm 8,78$  m (figure 16).

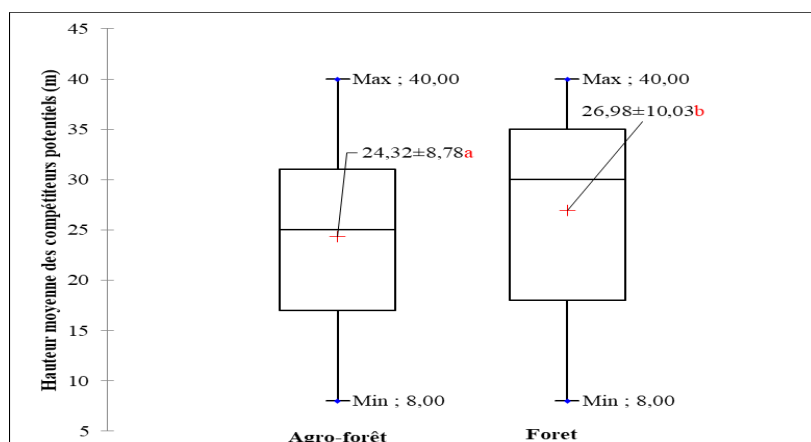


Fig. 16. Répartition des hauteurs moyennes des compétiteurs potentiels à travers les types d'utilisation des terres.

Le tableau V présente la répartition des effectifs des individus tout en ressortant les hauteurs moyennes de ces classes dans chaque type d'utilisation des terres. Il en ressort que 46,51 % des individus (soit un nombre de 41 individus) se retrouvent dans la classe des plus grandes hauteurs (30 – 40 m) pour une hauteur moyenne de  $35,95 \pm 2,73$  m en forêt. Dans le même type d'utilisation des terres, la classe (19 – 29 m) regroupe 24,41 % (soit un nombre de 22 individus) des individus avec une hauteur moyenne de  $25,86 \pm 3,00$  m.

Dans le milieu agro-forestier, 46 individus ont une hauteur moyenne de  $25,1 \pm 3,11$  m et appartiennent à la classe de hauteur (19 – 29 m) soit 36,58 % de l'effectif total des individus identifiés dans ce type d'utilisation des terres. Dans le même contexte, 35 individus dont la hauteur moyenne est de  $33,74 \pm 4,77$  m, se retrouvent dans la classe (30 – 40 m) et représentent 30,89 % de l'effectif total. Il ressort également de ce tableau qu'environ 67,47 % des individus appartenant à deux classes ((19 – 29 m), (30 – 40 m)) auraient une hauteur supérieure à celle de l'individu sujet.

Tableau V. Répartition de la hauteur moyenne des différentes classes à travers les types d'utilisation des terres

Type d'utilisation des terres	Paramètres	(08 - 18)	(19 - 29)	(30 - 40)	IS	p-value	Proportion de variabilité R <sup>2</sup> (%)
Forêt	Effectifs	25	22	41	13	0,0001<0,05	90,59%
	Hauteur moyenne	$13,56 \pm 3,73^a$ (<)	$25,86 \pm 3,00^a$ (<)	$35,95 \pm 2,73^a$ (<)	$26,98 \pm 10,03^a$		
Agro-forêt	Effectifs	40	46	35	17		
	Hauteur moyenne	$14,48 \pm 4,71^a$ (<)	$25,10 \pm 3,11^a$ (<)	$33,74 \pm 4,77^b$ (>)	$24,32 \pm 8,78^b$		

IS : Individu sujet ; (< ; >) : Sens de variabilité des valeurs des différents individus par rapport au centre de la classe.

Des hauteurs moyennes ont été comparées aux centres des classes respectives afin d'apprécier le sens de variabilité des valeurs au sein des classes de hauteurs des individus.

En forêt, la hauteur moyenne ( $13,56 \pm 3,73$  m) est supérieure au centre (13 m) de sa classe (08 – 18 m). Ce qui traduit une forte variabilité des valeurs des hauteurs au-dessus de la hauteur moyenne. Dans la classe (19 – 29 m), la hauteur moyenne ( $25,86 \pm 3,00$  m) est supérieure au centre de la classe (24 m). Des valeurs de hauteurs sont plus variables au-dessus de la hauteur moyenne dans cette classe. Dans la troisième classe (30 – 40 m), la variabilité des valeurs des individus est forte au-dessus de la hauteur moyenne. En effet, dans cette classe, la hauteur moyenne ( $35,95 \pm 2,73$  m) est supérieure au centre (35 m) de sa classe (30 – 40 m).

Dans des milieux agro-forestiers, les hauteurs moyennes ( $14,48 \pm 4,71$  m ; 08 – 18 m) et ( $25,10 \pm 3,11$  m ; 19 – 29 m) sont respectivement supérieures aux centres de leurs classes.

Ce qui traduit une forte variabilité des valeurs au-dessus de la hauteur moyenne au sein de cette classe. On peut observer dans l'ensemble que la distribution des valeurs des hauteurs autour des moyennes n'est pas uniforme aussi bien en milieu forestier qu'agro-forestier.

### III.1.2.3. Densité et surface terrière

Si les moyennes de la surface terrière varient d'un type d'utilisation des terres à un autre, la dispersion des valeurs est également différente. On observe dans le graphique 17 une importante dispersion des valeurs des surfaces terrières supérieures à la moyenne dans l'agro-forêt. Cette observation est également valable en forêt.

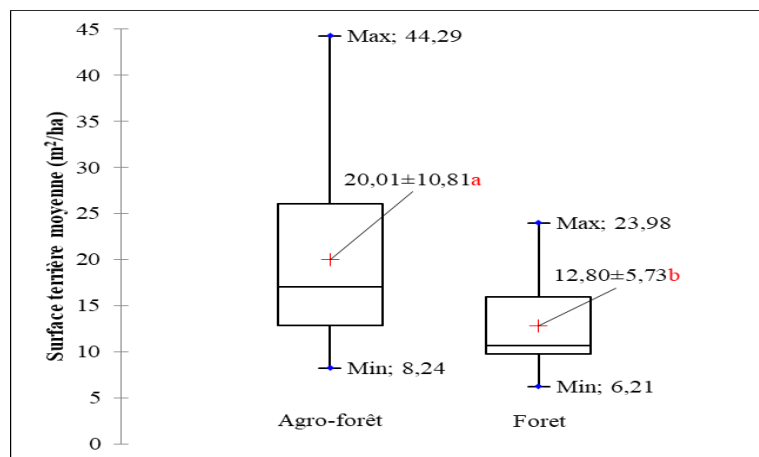


Fig. 17. Dispersion des valeurs autour de la moyenne des surfaces terrières à travers les types d'utilisation des terres.

La dispersion des valeurs autour des moyennes des densités diffère d'un type d'utilisation des terres à l'autre. On observe que dans l'agro-forêt, les valeurs sont faiblement dispersées en dessous de la moyenne, une dispersion qui n'est pas observée pour des valeurs en-dessus de cette moyenne. La dispersion des valeurs est plus évidente en forêt, notamment au-dessus de la moyenne.

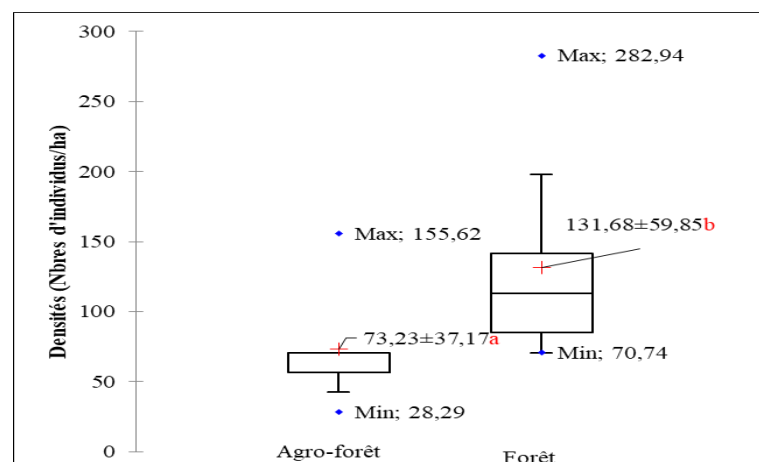


Fig. 18. Dispersion des valeurs autour de la moyenne des densités des individus à travers les types d'utilisation des terres.

### **III.1.2.4. Stades phénologiques**

#### **III.1.2.4.1. Défeuillaison et refeuillaison chez les compétiteurs potentiels**

Des observations qui ont été faites durant 36 mois consécutifs (janvier 2017 à décembre 2019) ont permis de connaître la succession des phases phénologiques dans les différents types d'utilisations des terres. Durant les trois années, 81 individus (soit 92,05 % des individus) et 94 individus (soit 93,07 % des individus) ont servi de base d'observation des phénomènes phénologiques respectivement dans les placettes circulaires des forêts et des agro-forêts.

Ainsi, dans les agro-forêts cacaoyers (Fig.19.), la défeuillaison suit un rythme annuel et un autre multi-annuel. Les maxima de défeuillaison ont été obtenus entre 12 et 25 mois. Seulement 19,75% des individus ont perdu des feuilles entre avril et septembre. D'une année à l'autre le pic de défeuillaison (32,10%) s'observe pendant le mois de février (figure 20). Cette période de défeuillaison peut s'étendre entre 15 et 30 jours.

Les refeuillaisons décrivent des rythmes annuels et bisannuels pour des individus compétiteurs dans les deux types d'utilisations des terres. Elles ont été observées tout au long de la période d'étude et durent en général entre 1 et 3 mois après un épisode de défeuillaison lorsqu'elles se produisent. 16,05 % des individus observés a refeuillis entre mai et octobre contre 83,85 % au second semestre entre novembre à avril avec un pic de 34,57 % en mars.

En forêt (Fig.20.), la défeuillaison présente deux maxima de périodicité entre 12 et 25 mois. Ces observations suggèrent deux rythmes de défeuillaison dont un, à défeuillaison annuelle et l'autre à défeuillaison bisannuelle. 81,91 % des défeuillaisons ont lieu entre octobre et mars et dure entre 15 à 25 jours.

Les périodes de refeuillaison ont été observées tout au long de l'étude. Celles-ci décrivent des rythmes annuels et bisannuels pour des individus compétiteurs dans les deux types d'utilisations des terres. Cependant, peu importe le rythme, lorsqu'elle se produit, elle a lieu en général entre 1 et 3 mois après un épisode de défeuillaison. Dans l'ensemble, 76,60 % des individus observés ont renouvelé leurs feuilles entre novembre et mai avec un pic en mars (32,98 %).

Dans l'ensemble, on observe une régularité dans la manifestation des phénophases avec des pics obtenus entre janvier et avril. La succession d'un mois à l'autre entre les deux courbes suppose une refeuillaison rapide entre février (défeuillaison) et mars (refeuillaison) dans les deux types d'utilisation des terres.

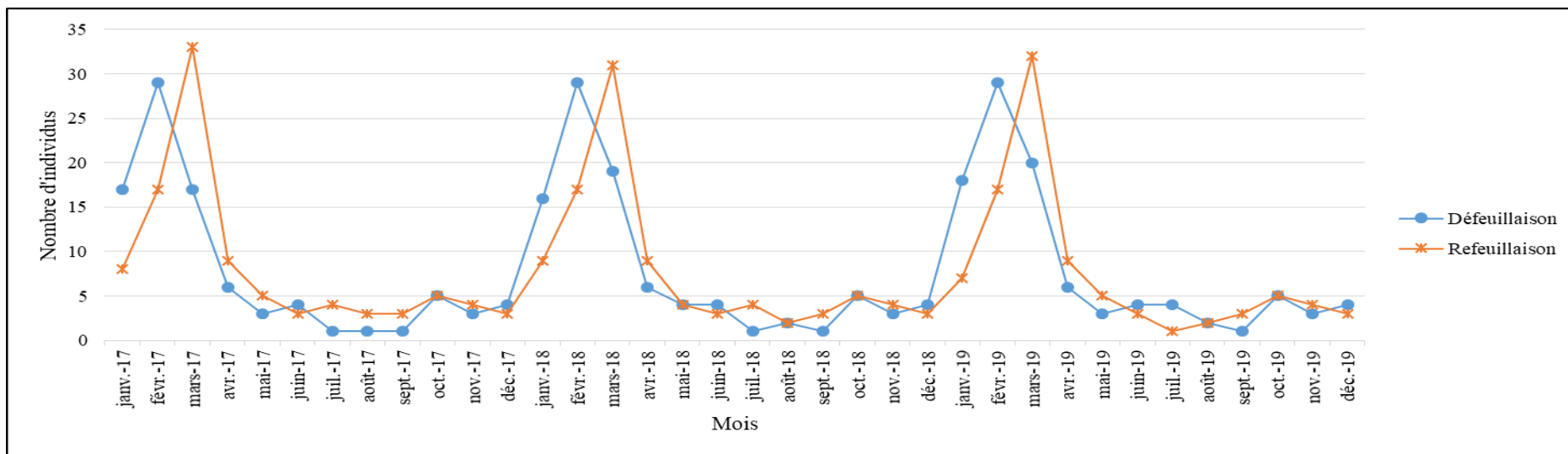


Fig. 19. Evolution mensuelle des phénophases en milieu agro-forestier (2017 – 2019).

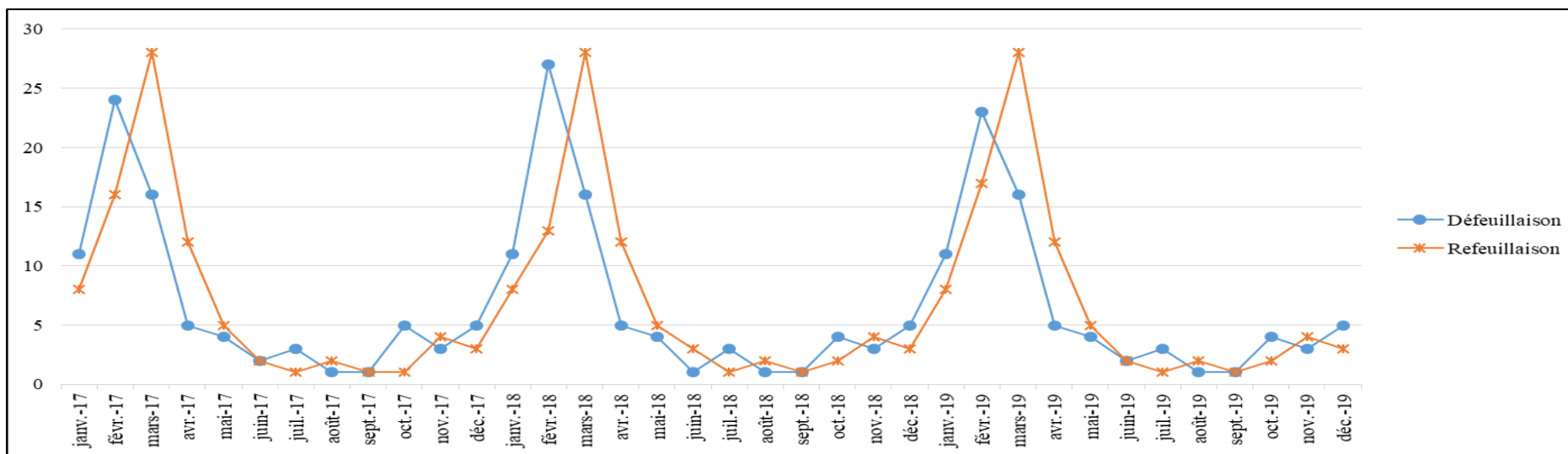


Fig. 20. Evolution mensuelle des phénophases en milieu forestier (2017 – 2019).

### III.1.2.4.2. Phénologie de la fructification chez *Ricinodendron heudelotii* (Baill.)

Des observations faites au niveau des individus localisés dans les deux types d'utilisation des terres montrent que la fructification du *Ricinodendron heudelotii* (Baill.), est fondamentalement saisonnière. En considérant les données collectées durant les trois années d'étude, la fructification s'étale de mai à juillet. Les figures 21 et 22 ci-après présentent des variations annuelles des phénogrammes de fructification dans les deux types d'utilisation des terres.

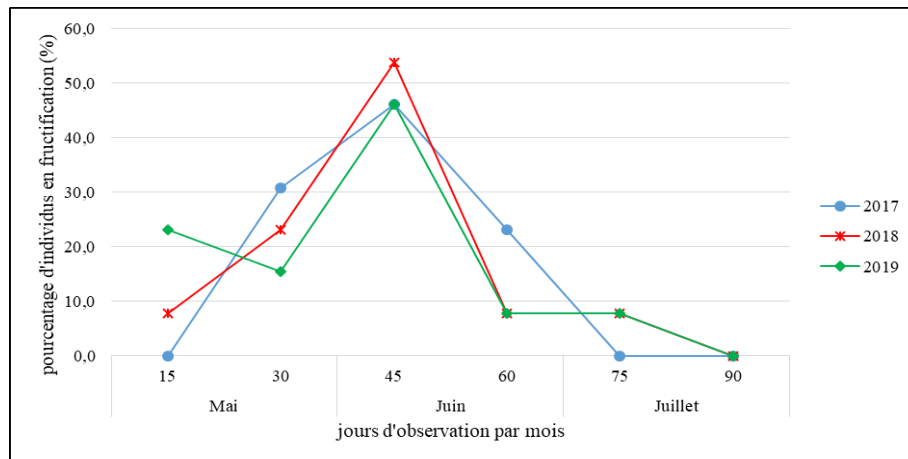


Fig. 21. Evolution mensuelle du nombre d'individus de *R. heudelotii* en fructification en milieu forestier (2017 – 2019).

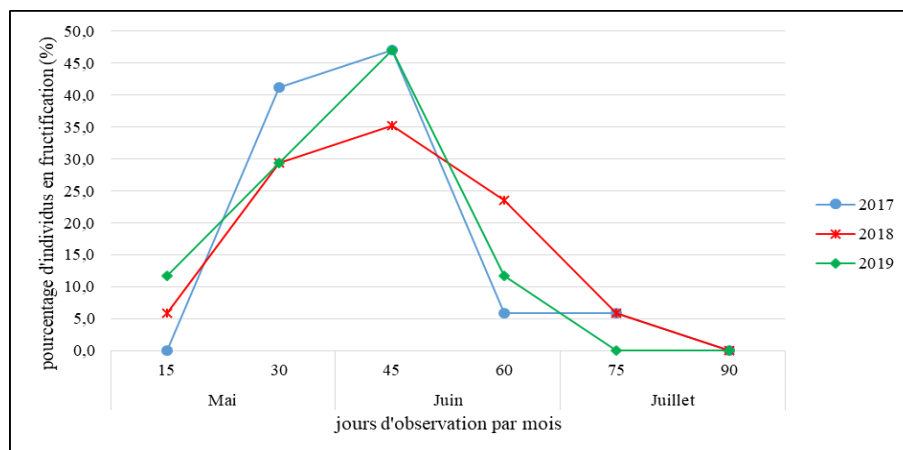


Fig. 22. Evolution mensuelle du nombre d'individus de *R. heudelotii* en fructification en milieu agro-forestier (2017 – 2019).

Dans les deux types de milieu, l'apparition des fruits se fait pour certains individus à la première quinzaine de mai (figure 22 et figure 23). On observe un seul pic de fructification à la première quinzaine de juin. Il faut également noter que l'ensemble des individus observés ont fructifié avant la deuxième quinzaine de juillet au cours de la période d'observations.

Dans l'ensemble, en moyenne  $1,33 \pm 1,53$  individus et  $1 \pm 1$  individu ont fructifié en mai respectivement en milieu forestier et agro-forestier. Aussi, des pics de fructification à la



première quinzaine de juin sont réalisés par des moyennes respectives de  $6,33 \pm 0,53$  individus dans la forêt et  $7,33 \pm 1,15$  individus dans l'agro-forêt. En effet,  $82,35 \pm 2,82$  % des individus observés ont fructifié à la première quinzaine de juin.

Des confrontations entre les courbes de fructification et l'évolution des éléments climatiques (température et précipitations mensuelles) ont été réalisées (Fig. 23).

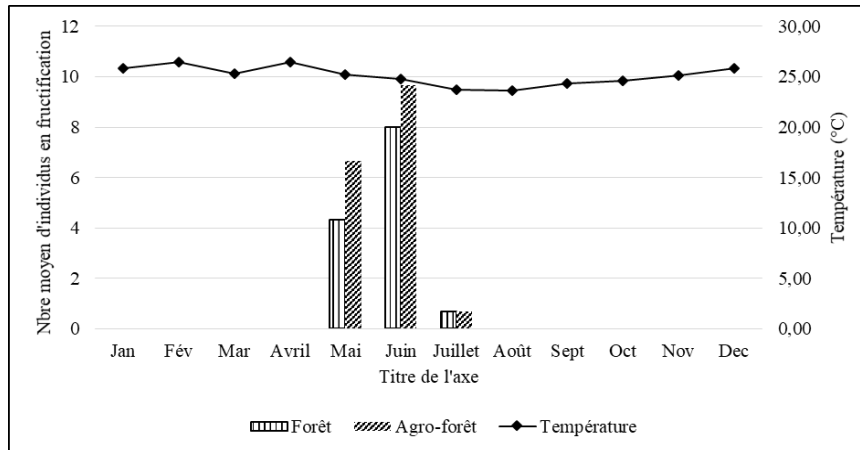


Fig. 23. Evolution mensuelle de la température moyenne et du nombre moyen des individus-sujets en fructification au cours de la période d'étude en milieu forestier et agro-forestier.

Il ressort de ces deux graphiques que le pic de fructification apparaît au mois de juin avec une température moyenne de  $24,77$  °C. Cette température moyenne correspond à la fin de la petite de saison de pluie (mars – juin). Cette observation s'ajuste mieux à ce qui ressort de la confrontation entre les courbes de fructification moyenne et l'évolution des précipitations mensuelles moyennes. Les précipitations enregistrées au cours de la période d'étude ont marqué une valeur moyenne mensuelle de  $105,42$  mm. Le pic de fructification coïncide avec des précipitations moyennes de  $85,35$  mm dans les deux types d'utilisation des terres. Ces informations sont consignées dans les graphiques repris ci-dessous.

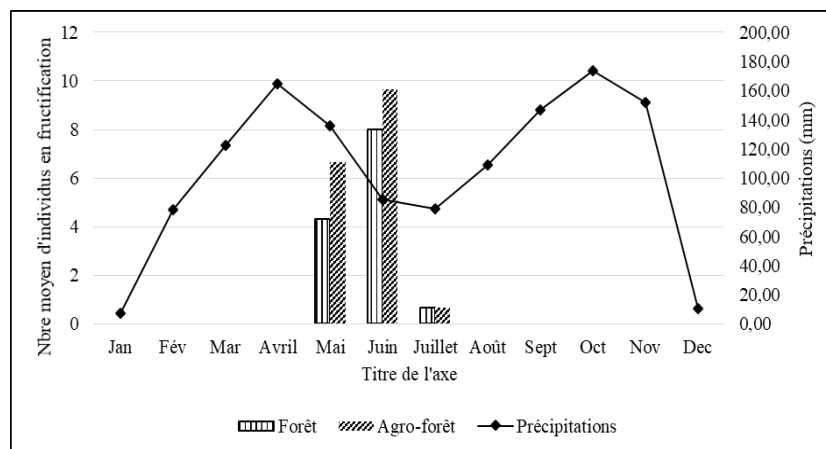


Fig. 24. Evolution mensuelle des précipitations moyennes et du nombre moyen des individus-sujets en fructification au cours de la période d'étude en milieu forestier et agro-forestier.

La fructification intervient directement après l’anthèse, seulement tous les fruits ne parviennent pas à maturité ce qui explique la chute prématurée des fruits immatures. Selon, des observations réalisées dans le cadre de ce travail, la maturation des fruits dure environ 3 mois et ce, jusqu’à la chute.

Les résultats obtenus durant les 36 mois d’observations des individus de *R. heudelotii* montrent des phénogrammes de fructification qui décrivent des courbes avec un seul pic dans chaque classe de diamètre des individus.

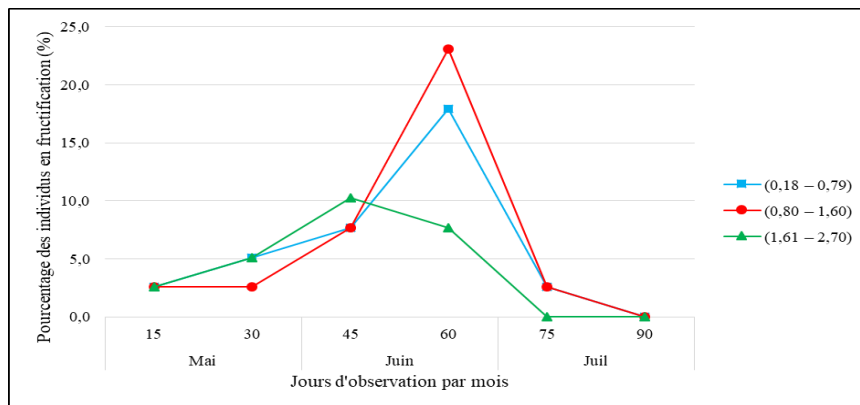


Fig. 25. Evolution mensuelle du pourcentage d’individus du milieu forestier en fructification repartis en classe de diamètre.

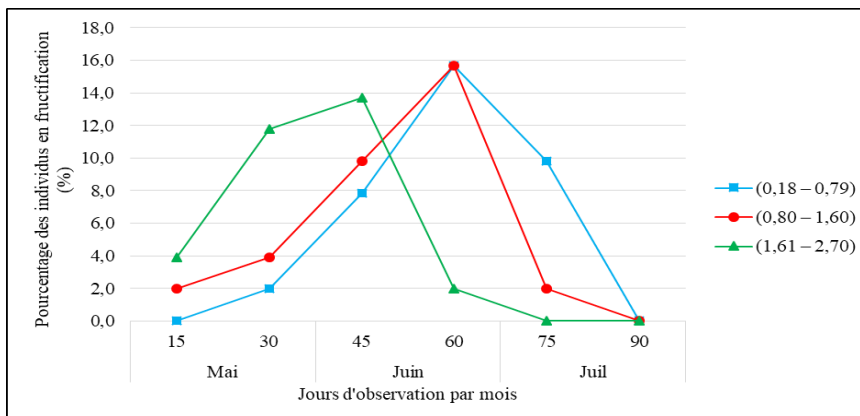


Fig. 26. Evolution mensuelle du pourcentage d’individus du milieu agro-forestier en fructification repartis en classe de diamètre.

On observe que les individus de grand diamètre (1,61 – 2,70 m) présentent un pic de fructification à la première quinzaine de juin dans les deux types d’utilisation des terres. Pour les autres classes, le maximum d’individus a fructifié à la deuxième quinzaine de juin. Dans l’ensemble, 71,79 % et 76,47 % des individus fleurissent entre la deuxième quinzaine de mai et la première quinzaine de juin.

Dans l’ensemble le phénomène de fructification intervient à la fin de la petite saison de pluie. Il faut dire que toutes ces espèces présentent une fructification discontinue annuelle avec des pics en juin.

### III.1.2.4.3. Modalités de défeuillaison et de refeuillaison

Des observations ont montré que la défeuillaison des individus peut être précoce, intermédiaire ou tardive selon les conditions climatiques. Ainsi, 28,73 % des individus perdent leurs feuilles entre septembre et novembre. C'est le cas des individus de *Pterygota macrocarpa* et de *Pycnanthus angolensis*. D'autres individus montrent une défeuillaison intermédiaire (25,51 %), en perdant leurs feuilles entre octobre et janvier. A titre d'exemple, on peut citer les individus de *Terminalia superba* et d'*Alstonia boonei*. Enfin, 45,76 % des individus perdent leurs feuilles entre février et août. C'est le cas de *Milicia excelsa* et de *Lovoa trichilioides*.

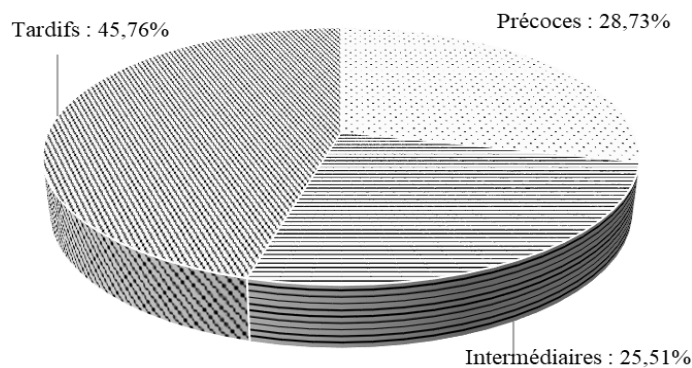


Fig. 27. Répartition des individus (%) selon le stade de défeuillaison.

A partir des données phénologiques et climatiques (température et précipitations), trois groupes ont été déterminés par des liens entre les différentes placettes. Une analyse en composantes principales (ACP) et une classification ascendante hiérarchique ont mis en évidence ces groupes d'individus dans chaque type de d'utilisation des terres.

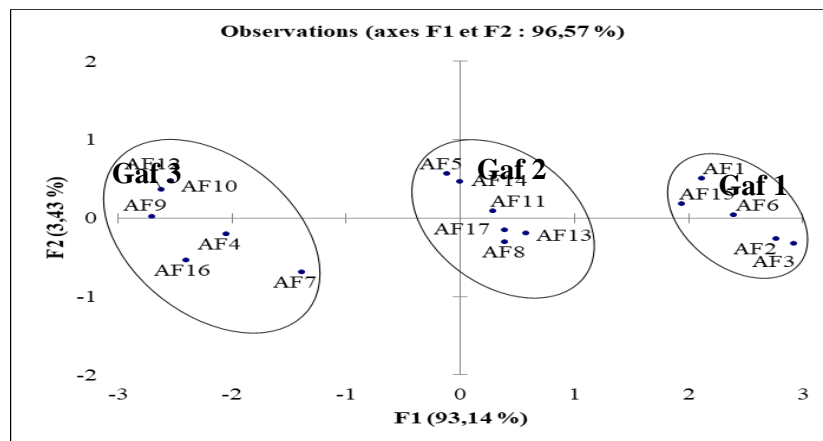


Fig. 28. Carte factorielle des différentes placettes circulaires d'agro-forêt en composantes 1 et 2.

Le graphique ci-dessus montre que le plan principal de l'ACP explique à 93,14% la répartition des placettes dans les agro-forêts cacaoyères. L'axe F1 apparaît comme étant celui

qui détermine le plus la répartition des placettes sur ce plan. Il ressort dans ce plan principal trois groupes de placettes le long de l'axe F1. Le premier groupe (Gaf1) constitué des placettes AF1, AF2, AF3, AF6 et AF15, est disposé du côté positif de l'axe F1. Le second groupe (Gaf2) est constitué des placettes AF5, AF11, AF13, AF14, AF17 et AF8, disposés au centre du repère avec des éléments du côté positif de l'axe F1 et d'autres de l'axe F2. Enfin, le troisième groupe (Gaf3), constitué des placettes AF4, AF7, AF9, AF10, AF12 et AF16, disposés du côté négatif de l'axe F1.

Dans le graphique ci-dessous, il apparaît que le plan principal de l'ACP explique à 89,85% la répartition des placettes du milieu forestier. L'axe F1 apparaît comme étant celui qui détermine le plus la répartition des placettes sur ce plan. Ainsi, trois groupes de placettes se distinguent le long des axes d'analyse en composantes principales.

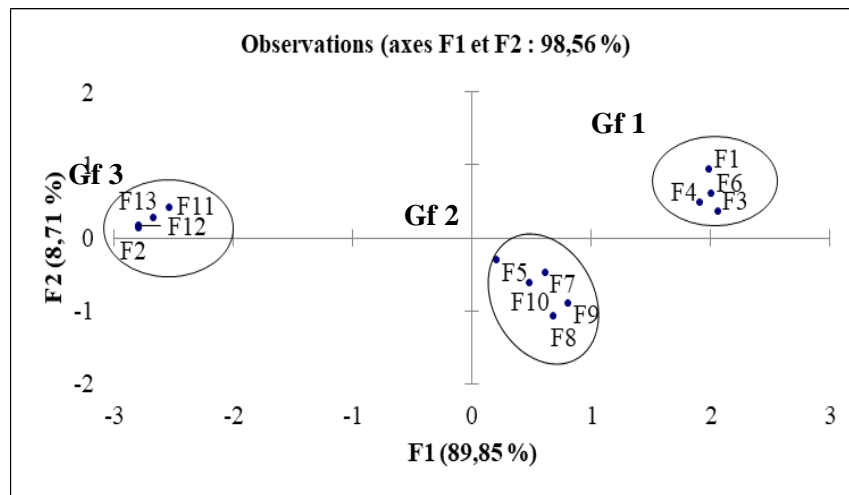


Fig. 29. Carte factorielle des différentes placettes circulaires de forêt en composantes 1 et 2.

Il apparaît que le premier groupe (Gf1) est constitué des placettes F1, F3, F4 et F6, rangés du côté positif de l'axe F1. Le deuxième groupe (Gf2) quant-à lui est constitué des placettes F5, F7, F8, F9 et F10, du côté positif de l'axe F1. Le troisième groupe (Gf3) est constitué des placettes F2, F11, F12 et F13 disposés du côté négatif de l'axe F1.

Dans l'optique de s'assurer de ce regroupement, des classifications ascendantes hiérarchiques ont permis de confirmer l'existence et la composition de ces trois groupes de placettes obtenus pour chaque type d'exploitation du milieu.

Dans l'ensemble, trois groupes de placettes se distinguent dans les forêts et trois autres dans les placettes des agro-forêts à cacaoyers en fonction des phénomènes (refeuillaison et floraison) et des éléments climatiques (température et précipitations).

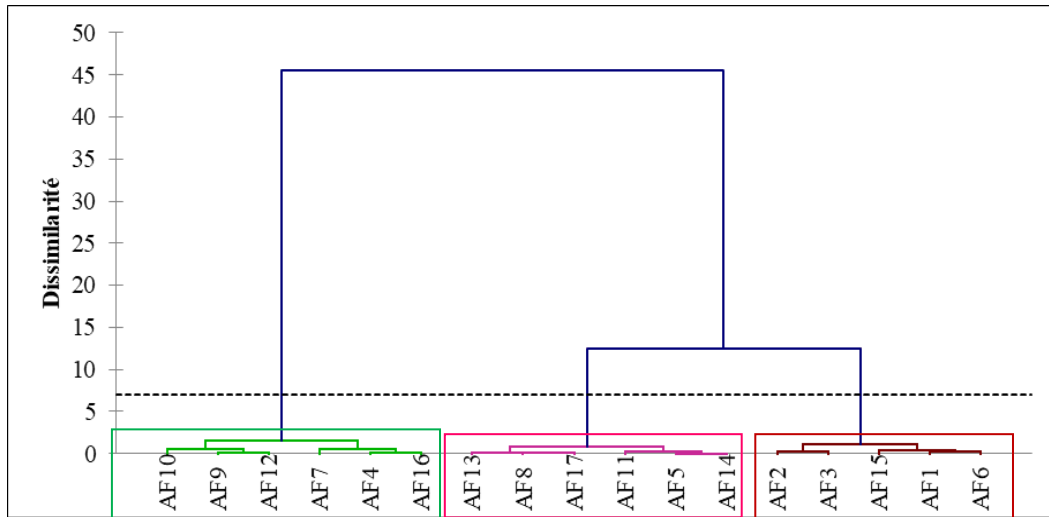


Fig. 30. Classification hiérarchique ascendante des placettes en milieu agro-forestier.

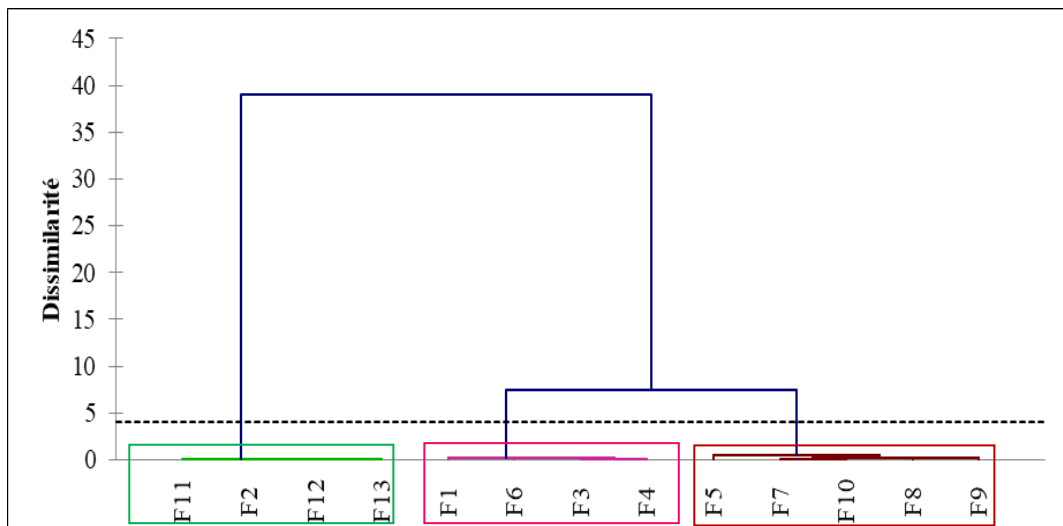


Fig. 31. Classification hiérarchique ascendante des placettes du milieu forestier.

Dans l'agro-forêt, le groupe 1 (Gaf1) présente un maximum de défeuillaison (38,71 %) entre novembre et janvier alors que peu d'individus appartenant à ce même groupe perdent leurs feuilles entre février et septembre. La refeuillaison dans ce premier groupe intervient majoritairement entre février et septembre (35,48 % des individus concernés). Dans le groupe 2 (Gaf2), la majorité des individus défeuillent entre février et septembre (44,44 %). Dans ce groupe, les feuilles apparaissent en majorité entre septembre et novembre (55,56 %). Le troisième groupe (Gaf3) montre la proportion la plus importante des individus qui perdent leurs feuilles entre septembre et novembre (46,15 %) dans ce type d'utilisation des terres. La refeuillaison quant-à elle est maximale entre novembre et janvier.

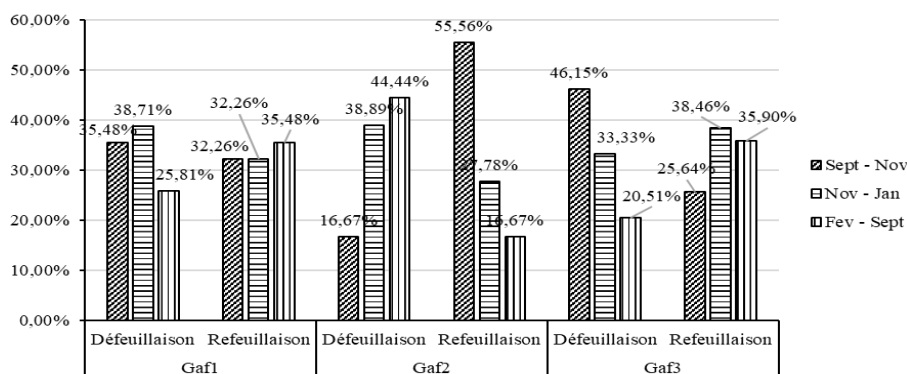


Fig. 32. Répartition des taux de défeuillaison et refeuillaison à travers des groupes de placettes du milieu agro-forestier.

Dans les placettes de forêt, on observe la proportion de défeuillaison plus élevées chez des individus appartenant au groupe 1 (Gf1 : 53,33 % des individus du groupe) entre février et septembre. C'est dans ce même groupe qu'on observe la proportion de refeuillaison la plus faible (16,67 % des individus du groupe) entre février et septembre. Le groupe 2 (Gf2) se caractérise par les maxima de défeuillaison observés entre septembre (38,18 % des individus du groupe) et novembre (38,18 %) et de refeuillaison observés entre février et septembre (40 %). On observe que la proportion d'individus qui perdent leurs feuilles entre février et septembre est la plus importante dans le groupe 3 (Gf3 : 41,16 %). Cependant, 38,89 % des individus du même groupe refeuillent entre septembre et novembre.

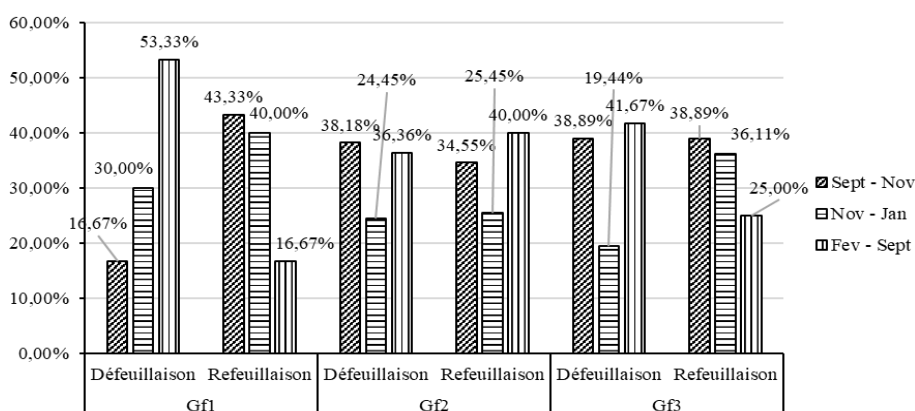


Fig. 33. Répartition des taux de défeuillaison et refeuillaison à travers des groupes de placettes du milieu forestier.

Dans l'ensemble, on peut noter que les phénophases (défeuillaison et refeuillaison) présentent des stades très variés selon les individus et les espèces, ce qui a permis de distinguer trois groupes de placettes aussi bien en milieu forestier que dans l'agro-forêt. Ainsi, au regard des résultats obtenus, le groupe 3 des milieux forestiers et le groupe 2 des milieux agroforestiers présentent des stades phénologiques à modalité tardive. Ces stades sont

précoces chez les individus du groupe 1 aussi bien en forêt qu'en agro-forêt. Chez des individus des groupes 2 (forêt) et 3 (agro-forêt), les phénophases présentent des modalités intermédiaires.

### III.1.2.5. Rapport de compétition et influence des caractéristiques dendrométriques

Dans le cadre de ce travail, le rapport de compétition est le ratio entre les éléments dendrométriques des compétiteurs et ceux des individus sujets dans chaque placette circulaire permanente. Ce rapport permet de comparer les éléments dendrométriques des sujets par rapport à ceux des compétiteurs potentiels. Les tableaux VI et VII présentent la répartition des éléments de compétition dans les différents types d'utilisation des terres. Il s'agit de la densité des individus dans chaque placette, la surface terrière, le ratio de la somme moyenne des hauteurs d'arbre et le ratio diamètre à hauteur de poitrine.

Dans les agro-forêts à cacaoyers (Tableau VII), on observe des densités de plus de 100 arbres/ha dans 03 placettes sur 17, notamment dans les placettes AF3, AF4 et AF7 (127,32 arbres/ha) et AF8 (155,62 arbres/ha). Les plus faibles densités (moins de 50 arbres/ha) sont observées dans les placettes AF1, AF2, et AF15 (42,44 arbres/ha) et AF5 (28,29 arbres/ha). Pour ce qui est de la surface terrière, 5 placettes sur 17 ont une surface terrière supérieure à 100 m<sup>2</sup>/ha. Il s'agit des placettes AF2 (225,59 m<sup>2</sup>/ha), AF6 (159,07 m<sup>2</sup>/ha), AF7 (186,95 m<sup>2</sup>/ha), AF8 (132,67 m<sup>2</sup>/ha) et AF9 (175,79 m<sup>2</sup>/ha).

Tableau VI. Répartition des éléments de compétition en milieu agro-forestier.

Paramètres	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	AF15	AF16	AF17
d	42,44	42,44	127,32	127,32	28,29	56,59	127,32	155,62	70,74	56,59	70,74	56,59	56,59	56,59	42,44	56,59	70,74
St	46,77	225,59	78,78	74,60	16,06	159,07	186,95	132,67	175,79	41,98	65,25	97,09	55,39	43,25	83,79	49,30	36,02
Rd	0,95	0,69	0,58	0,62	0,33	0,41	0,79	0,56	0,49	0,31	0,37	0,96	0,83	0,50	1,06	0,62	0,54
Rh	1,2	0,9	1,1	1,1	0,4	0,50	1,0	0,7	0,8	0,7	0,5	0,7	1,2	0,6	0,7	0,7	0,8

Rd : Ratio Diamètres ; Rh : Ratio Hauteurs ; d : Densité ; St : Surface terrières ; AF : Agro-forêt.

Le calcul des ratios des diamètres des compétiteurs sur celui des individus sujets montre que le diamètre des individus sujets est supérieur à celui des compétiteurs dans la quasi-totalité des placettes des agro-forets cacaoyères ( $Rd < 1$ ). Exception faite de la placette AF15 où le diamètre des compétiteurs est supérieur à celui de l'individu sujet. Les ratios hauteur compétiteur/hauteur sujet montrent que les compétiteurs ont des hauteurs supérieures ou égales à celles des individus sujets dans 5 placettes sur 17 ( $Rh \geq 1$ ).

Dans les placettes des forêts (Tableau VII), les densités des arbres sont plus importantes dans 10 placettes sur 13. Seulement 3 placettes sur 13 ont des densités inférieures à 100 arbres/ha. Suivant cette logique, la placette F11 a atteint une valeur de 282,94 arbres/ha, suivi de la placette F8 (198,06 arbres/ha) et de placette F9 (183,91 arbres/ha). Les placettes de

faible valeur de densité sont : F3 et F5 (84,88 arbres/ha), F4 et F13 (70,74 arbres/ha chacun). Concernant les surfaces terrières, seules trois placettes montrent des valeurs supérieures à 100 m<sup>2</sup>/ha. Il s'agit des placettes F1 (140,16 m<sup>2</sup>/ha), F10 (134,76 m<sup>2</sup>/ha) et F12 (102,92 m<sup>2</sup>/ha).

Tableau VII. Répartition des éléments de compétition en milieu forestier.

Paramètres	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
d	127,32	141,47	84,88	70,74	84,88	113,18	113,18	198,06	183,91	127,32	282,94	113,18	70,74
St	140,16	89,13	88,15	47,60	31,63	95,03	49,87	81,39	52,71	134,76	49,09	102,92	67,24
Rd	0,72	1,16	0,61	1,02	1,60	1,01	1,23	0,60	0,52	1,24	1,02	1,73	1,76
Rh	1,0	0,8	0,8	0,9	1,10	2,3	1,3	0,8	0,6	0,6	0,7	1,1	1,3

Rd : Ratio Diamètres ; Rh : Ratio Hauteurs ; d : Densité ; St : Surface terrières ; F : Forêt.

L'analyse des ratios-diamètres du tableau VII montre que les compétiteurs ont des diamètres plus élevés que des individus sujets dans la plupart des placettes (9 placettes sur 13 :  $Rd \geq 1$ ). Le ratio hauteur compétiteur/hauteur sujet varie d'une placette à l'autre en forêt. Les valeurs les plus faibles sont observées dans les placettes F9 et F10 (0,6). Les valeurs les plus importantes sont rencontrées dans les placettes F6 (2,30), F7 et F13 (1,70).

Il ressort des différents tableaux que les paramètres dendrométriques peuvent être importants chez les compétiteurs potentiels et les individus-sujets, mais varient d'une placette à l'autre dans les milieux agro-forestiers et en forêt. Il ressort également que les densités des compétiteurs potentiels sont plus importantes dans les forêts qu'en milieu agro-forestier.

### III.1.2.6. Détermination des indices de compétition et d'autocorrélation spatiale

#### III.1.2.6.1. Indices indépendants et dépendants de la distance

Le tableau VIII ci-dessous présente les valeurs descriptives relatives des indices de compétition dépendants et indépendants de la distance qui ressortent des caractéristiques des peuplements et illustrent la pression exercée par les arbres voisins sur les arbres sujets de *R. heudelotii* étudiés. Ainsi, dans le cadre de ce travail, quatre (04) indices indépendants de la distance ont été retenus : la surface terrière du peuplement par hectare (STT), le rapport entre le nombre d'arbres voisins (par hectare) sur le nombre de voisins totaux (NVT), le rapport entre la surface terrière (par hectare) des arbres du peuplement de diamètre supérieur à l'arbre considéré/surface terrière cumulée à l'hectare des arbres voisins imposant (STD) et le rapport entre le nombre (par hectare) des arbres du peuplement de diamètre supérieur à l'arbre-sujet/nombre d'arbres voisins imposants (NVD). Concernant les indices dépendants de la distance, trois ont été retenus : la surface terrière du peuplement pondérée par la distance avec l'arbre considéré (m/ha) (SST/dist.), la surface terrière relative du peuplement pondérée par la distance avec l'arbre considéré (m/ha) (SSTr/dist.) et le diamètre cumulé des arbres du peuplement pondéré par la distance avec l'arbre considéré (m/ha) (SDhp/dist.).



Tableau VIII. Description des indices de compétition indépendants et dépendants de la distance déterminée.

Types d'utilisation des terres	Paramètres	NVT (arbres/ha)	NVD (arbres/ha)	STT (m <sup>2</sup> /ha x 10 <sup>-3</sup> )	STD (m <sup>2</sup> /ha x 10 <sup>-3</sup> )	SST/dist (m/ha)	SSTr/dist (m/ha)	SDHP/dist (m/ha)
Agro-forêt	Moyenne	73,23±37,17 <sup>a</sup>	28,29±20,62 <sup>a</sup>	5,98±3,76 <sup>a</sup>	3,47±2,69 <sup>a</sup>	0,62±0,48 <sup>a</sup>	1,78±4,88 <sup>a</sup>	0,70±0,52 <sup>a</sup>
Forêt	Moyenne	131,68±59,85 <sup>b</sup>	44,61±19,02 <sup>b</sup>	5,40±2,41 <sup>a</sup>	4,00±2,13 <sup>a</sup>	0,70±0,43 <sup>a</sup>	0,69±0,42 <sup>a</sup>	0,77±0,33 <sup>a</sup>
	p-value	0,003<0,05	0,035<0,05	0,63>0,05	0,56>0,05	0,64>0,05	0,43>0,05	0,65>0,05
Proportion de variabilité	R <sup>2</sup> (%)	27,8	14,97	0,83	1,23	0,78	2,25	0,73

De ce tableau, il ressort que la densité moyenne des individus autour des pieds de *R. heudelotii* exprimée en termes de nombre d'arbres voisins totaux ramenés à l'hectare (NVT), varie de 73,23 ± 37,17 arbres/ha à 131,68 ± 59,85 arbres/ha dans des agro-forêts avec une proportion de variabilité R<sup>2</sup> = 27,8% (p=0,003<0,05, test HSD de Tukey).

Du tableau qui précède, on peut observer que la densité des individus de diamètre supérieur à celui de l'individu sujet (NVD) est plus importante en forêt avec une moyenne de 44,61±19,02 arbres/ha que dans l'agro-forêt à cacaoyers dont la densité moyenne est de 28,29±20,62 arbres/ha. Cet indice présente un coefficient de variabilité R<sup>2</sup> = 14,97% (p=0,035<0,05, Test HSD de Tukey) entre les valeurs de ces deux types d'utilisation des terres.

On remarque que la surface terrière totale (STT) dans l'agro-forêt (5,98±3,76 m<sup>2</sup>/ha) est sensiblement égale à celle de la forêt (5,40±2,41 m<sup>2</sup>/ha), avec une proportion de variabilité (R<sup>2</sup> = 0,83%) très faible (pas significative) (R<sup>2</sup> = 0,83% ; p=0,63>0,05 ; Test HSD de Tukey). Cette même remarque est faite de la surface terrière occupée par des individus de diamètre supérieur à celui de l'individu sujet (STD). En effet, cet indice est de 3,47±2,69 m<sup>2</sup>/ha x 10<sup>-3</sup> dans l'agro-forêt et de 4,00±2,13 m<sup>2</sup>/ha x 10<sup>-3</sup> en forêt, avec une différence non significative entre les deux types de forêt (R<sup>2</sup> = 1,23% ; p=0,56>0,05 ; Test HSD de Tukey).

Les trois indices de compétition dépendants des distances (SST/dist, SSTr/dist, SDHP/dist) ont des valeurs relativement faibles dans les deux types d'utilisation des terres. Cependant, seul l'indice de densité locale correspondant au rapport de la somme des diamètres des individus compétiteurs sur la distance qui les sépare des individus-sujets (SSTr/dist = 1,78±4,88 m<sup>-1</sup>) se démarque dans l'agro-forêt par rapport aux placettes de forêt.

De manière générale, les résultats obtenus dans cette section permettent d'apprécier la densité locale et le statut social des individus sujets à travers des indices indépendants et dépendants de la distance en milieu forestier et agro-forestier. Ainsi, les indices de densité locale (NVT et NVD) varient significativement d'un type d'utilisation de terre à l'autre. Ce qui n'est pas le cas des indices qui décrivent le statut social de l'arbre sujet. Aussi, au regard des valeurs des proportions de variabilité très peu importants, les indices de compétition dépendants de la distance (SST/dist, SDHP/dist, SSTR/dist) montrent une faible capacité à expliquer la différence entre la concurrence en forêt et l'agro-forêt.

### III.1.2.6.2. Indices d'autocorrélation spatiale

Dans le tableau ci-dessous, le coefficient de Moran montre des valeurs négatives bien que différentes significativement dans les deux types d'utilisation des terres ( $R^2 = 24,17\%$  ; p-value =  $0,006 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Ce qui veut dire que les diamètres varient d'un individu à un autre. Cependant, la compétition serait plus importante dans les forêts que dans les agro-forêts du fait de la faible valeur du coefficient de Moran.

L'indice de Geary varie significativement d'un type d'utilisation des terres à un autre ( $R^2 = 27,57\%$  ; p-value =  $0,003 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Il est plus important dans les agro-forêts qu'en forêt. Ce qui traduit la différence des variances de diamètre par conséquent, une faible compétition entre les arbres par rapport à ce qui est observé en milieu forestier.

Tableau IX. Répartition des indices de compétition spatiale à travers les types d'utilisation des terres.

Type d'utilisation des terres	Paramètres	HCI	VCI	MC	Gr
Forêt		0,97 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	-0,83 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>
Agro-forêt		0,36 <sup>b</sup>	0,17 <sup>b</sup>	-0,14 <sup>b</sup>	1,48 <sup>b</sup>
	p-value	0,0001<0,05	0,045<0,05	0,006<0,05	0,003<0,05
Proportion de variabilité	R <sup>2</sup> (%)	49,02	13,50	24,17	27,57

Ce tableau se lit suivant les colonnes. HCI : Horizontal/Hegyi's Competition Index ; VCI : Vertical Competition Index ; MC : Moran coefficient ; Gr : Geary ratio.

La compétition a également été évaluée selon la répartition spatiale des individus à travers deux indices locaux : l'indice de compétition horizontale (HCI) et l'indice de compétition verticale (VCI). Les deux indices varient significativement dans les deux types d'utilisation des terres.

L'indice de Hegyi ou indice de compétition horizontale (HCI) montre une plus grande valeur en forêt que dans les agro-forêts ( $R^2 = 49,02\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey), ce qui traduit une forte compétition horizontale subie par les individus sujets dans les différentes placettes en forêt par rapport à ceux de l'agro-forêt.

La compétition en diamètre exprimée à partir de l'indice de compétition verticale (VCI) est plus importante dans les placettes de forêt par rapport à celles de l'agro-forêt ( $R^2 = 13,50\%$  ;  $p\text{-value} = 0,045 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

Au regard des valeurs des différents indices d'autocorrélation obtenues plus haut, il se dégage une existence effective de la compétition interspécifique entre les individus sujets et leurs proches voisins au sein des mêmes placettes. Cette compétition est cependant plus importante en milieu forestier du fait d'un plus grand encombrement par rapport au milieu agro-forestier, comme le suggèrent ces indices d'autocorrélation.

### **III.1.2.7. Analyse des régressions**

#### **III.1.2.7.1. Analyse des régressions en milieu forestier**

Les régressions des indices de densité locale sont établies à en fonction des paramètres dendrométriques du milieu forestier (fig. 34). On observe une réduction de la compétition horizontale lorsque la distance qui sépare le compétiteur du sujet augmente. Cette compétition varie de manière significative en fonction de la distance des compétiteurs ( $R^2 = 87,90\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001$  ; Test HSD de Tukey). La compétition horizontale est ainsi plus importante lorsque le compétiteur se trouve à moins de 4 m de l'individu sujet et s'annule progressivement à plus de 9 m.

Tout comme la compétition horizontale, la compétition verticale diminue en fonction de l'éloignement du compétiteur ( $R^2 = 72,80\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0002$  ; Test HSD de Tukey). La compétition verticale apparaît plus importante lorsque le compétiteur est situé à moins de 4 m. Elle tend à s'annuler à plus de 7 m.

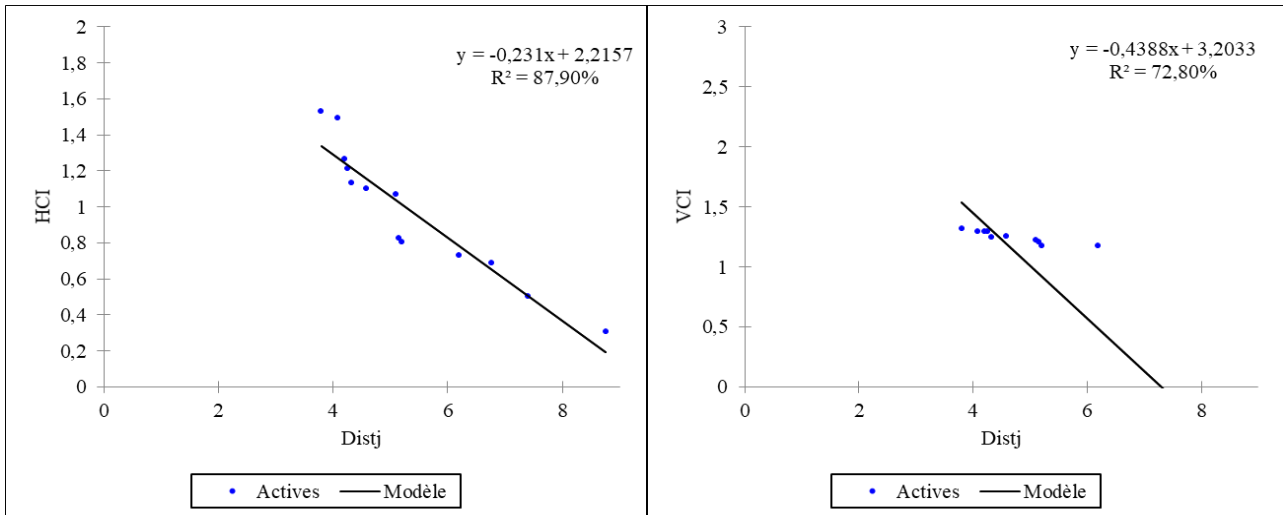


Fig. 34. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction de la distance compétiteur-sujet (Distj) en milieu forestier.

La régression linéaire simple a été appliquée pour apprécier la dépendance entre la compétition horizontale et le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus sujets (Nnt). On observe une croissance de la courbe au fur et à mesure que le nombre de compétiteurs augmente. La compétition horizontale serait donc plus importante lorsque l'individu-sujet est en présence d'un nombre élevé de compétiteurs plus grands que lui. Et, avec une proportion de variabilité  $R^2 = 89\%$  ( $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey), les valeurs de HCI varient significativement en fonction du nombre de compétiteurs.

La variation de la compétition verticale a été appréciée en fonction du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'arbre sujet à partir d'une régression linéaire simple ( $R^2 = 46,40\%$  ;  $p\text{-value} = 0,010 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). La figure 35 montre que la compétition verticale s'intensifie au fur et à mesure que le nombre de compétiteurs augmente. Cette compétition s'annule lorsqu'on est en présence d'un seul compétiteur de diamètre supérieur à celui de l'individu sujet.

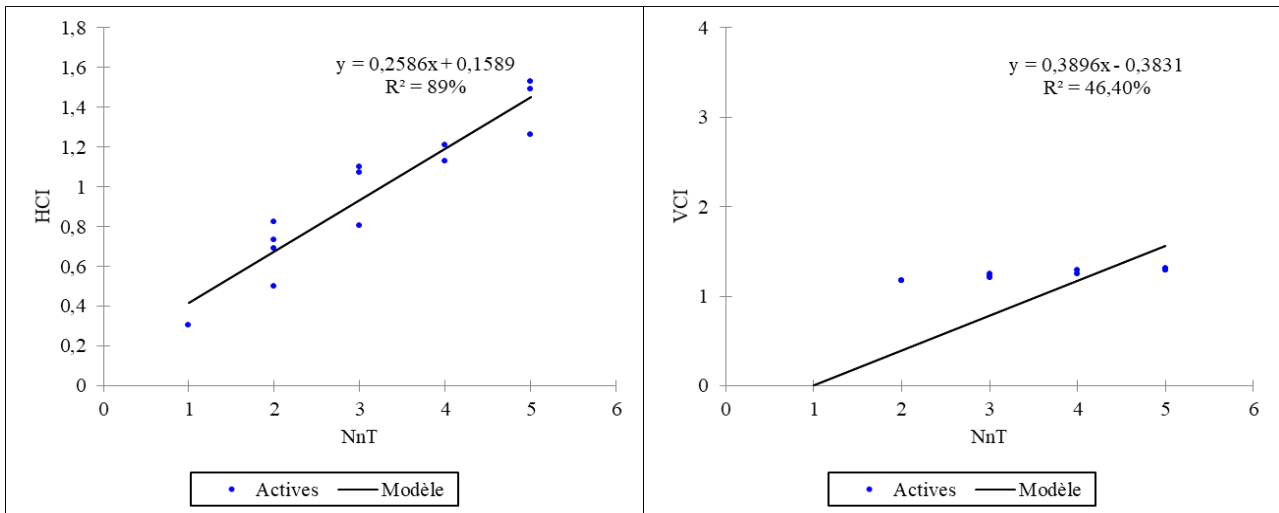


Fig. 35. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celui de l'individu-sujet (NnT) en milieu forestier.

Pour ce qui est de la régression linéaire simple des indices de compétition locale par la densité des individus en forêt, la figure 36 montre que la compétition horizontale augmente en fonction de la densité des individus dans une placette. Elle augmente lorsque la densité des individus augmente dans le milieu. Ainsi, la compétition est plus faible pour des densités de moins de 100 individus/ha. On peut noter dans ce graphique que la compétition varie dans manière significative en fonction de la densité des individus dans les placettes visitées ( $R^2=74,80\%$  ;  $p\text{-value}=0,0001<0,05$  ; Test HSD de Tukey).

La compétition verticale évolue en fonction de la densité des individus avec une faible valeur de proportion de variabilité ( $R^2 = 33,3\%$ ) (Fig. 36). Cependant, cette variabilité est significative d'une valeur de densité à l'autre ( $p\text{-value} = 0,039<0,05$ ). La compétition tend à s'annuler à moins de 150 arbres/ha.

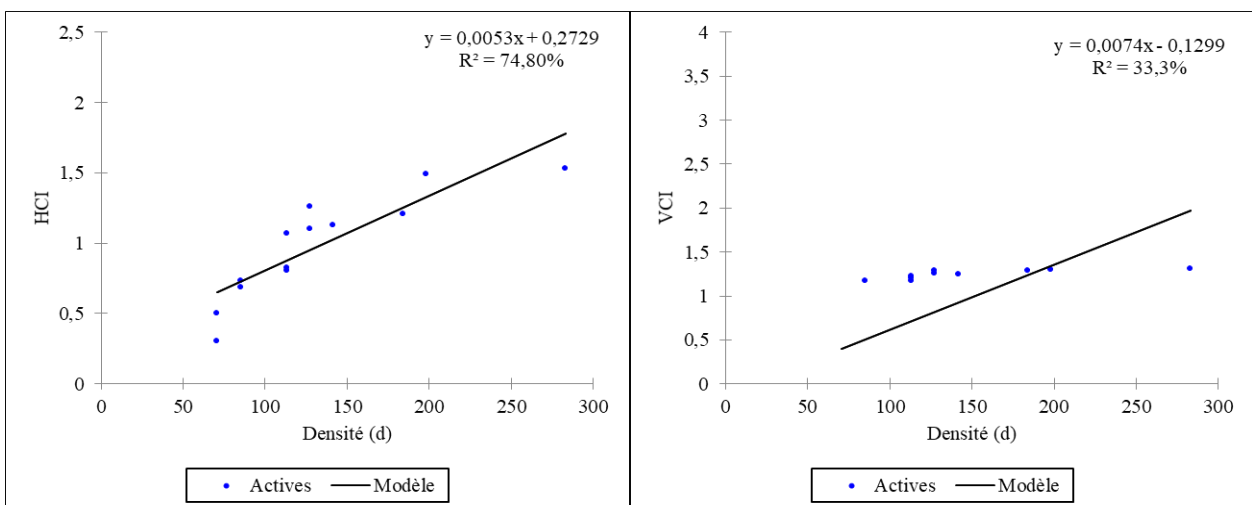


Fig. 36. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction de la densité (d) des individus dans les placettes en milieu forestier.

La variabilité des indices de compétition locale (HCI et VCI) en fonction des paramètres locaux a été mise en exergue par des régressions simples. Celle-ci montre que la compétition est plus importante lorsque la distance entre l'individu-sujet et les ses proches voisins est inférieure à 10 m, lorsque le nombre de voisins de hauteur supérieure à l'individu-sujet augmente (plus de 4) et lorsque la densité des compétiteurs potentiels augmente. En milieu forestier, la hauteur des proches voisins accroît plus la compétition par rapport au diamètre des mêmes individus, d'où les pentes plus importantes dans les régressions les impliquant.

### III.1.2.7.2. Analyse des régressions en milieu agro-forestier

La figure 37 ci-dessous montre que la compétition horizontale est importante lorsque la distance des compétiteurs à l'arbre sujet diminue ; elle semble s'annuler complètement à plus de 10 m. Avec un rapport de variabilité de  $R^2 = 95\%$ , cette compétition varie significativement en fonction des points de distance ( $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Cette variabilité significative s'observe également pour ce qui est de la compétition verticale. Plus la distance augmente, plus la compétition diminue jusqu'à s'annuler à un plus de 9 m ( $R^2 = 57,30\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0004 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

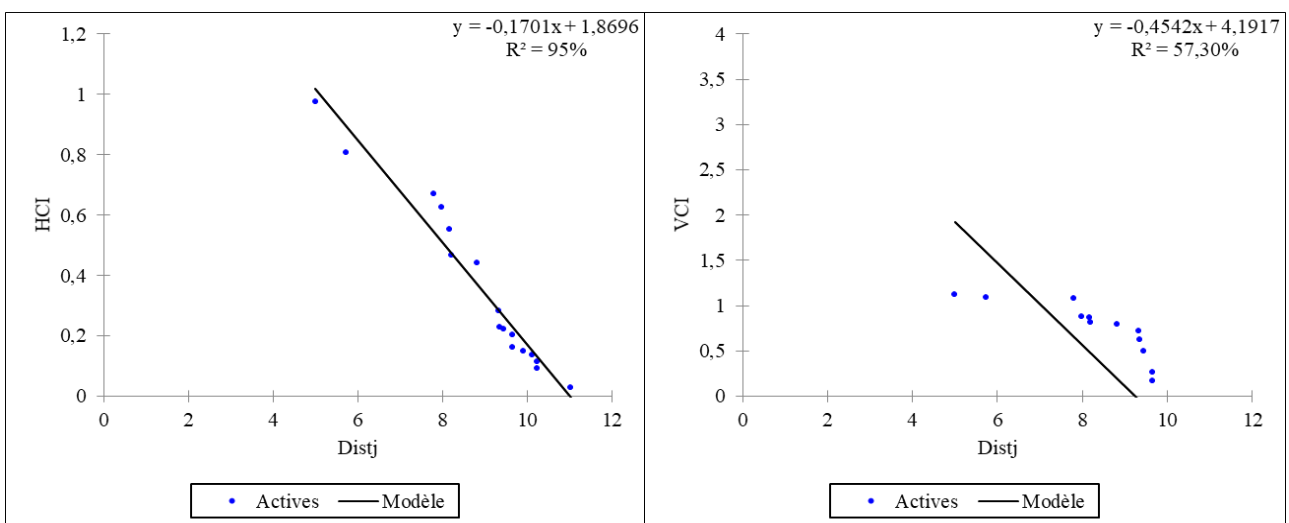


Fig. 37. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction de la distance compétiteur-sujet (Distj) en milieu agro-forestier.

La figure 38 suivant décrit les régressions des indices de compétition locale par le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure observées dans les différentes placettes du milieu agro-forestier. Ainsi, avec une proportion de variabilité de 90,30%, la compétition horizontale est significativement influencée par le nombre de compétiteurs autour de l'arbre sujet ( $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). On note dans ce graphique que la compétition devient plus importante lorsqu'on est en présence de 4 compétiteurs (HCI = 1).

La compétition verticale également est plus importante lorsque le nombre de compétiteurs autour de l'arbre sujet a atteint 3 et plus ( $VCI \geq 1$ ). Cette compétition varie significativement en fonction du nombre de compétiteurs avec une proportion de variabilité  $R^2 = 75,5\%$  ( $p$ -value = 0,0001 ; Test HSD de Tukey).

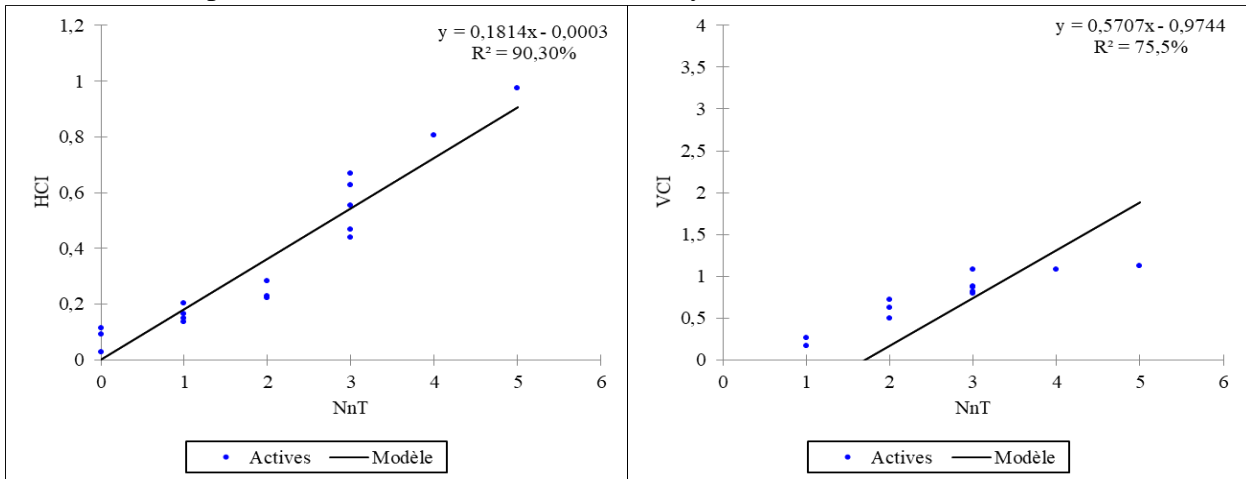


Fig. 38. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet (NnT) en milieu agro-forestier.

Des régressions des indices de compétition locale par des densités ont été appréciées dans les deux figures ci-après. Il ressort que la compétition horizontale devient plus importante lorsque la densité des individus augmente dans le milieu (Figure 38). Elle tend à s'annuler lorsqu'on a une densité de moins de 40 individus à l'hectare. La compétition horizontale varie significativement en fonction de la densité des individus dans le milieu ( $R^2 = 90,60\%$  ;  $p$ -value = 0,0001 < 0,05 ; Test HSD de Tukey).

La figure 39 ci-dessus montre que la compétition verticale est relativement faible pour des densités de moins de 80 arbres/ha. Cette compétition varie d'ailleurs de manière significative en fonction de la densité ( $R^2 = 50,40\%$  ;  $p$ -value = 0,001 ; Test HSD de Tukey).

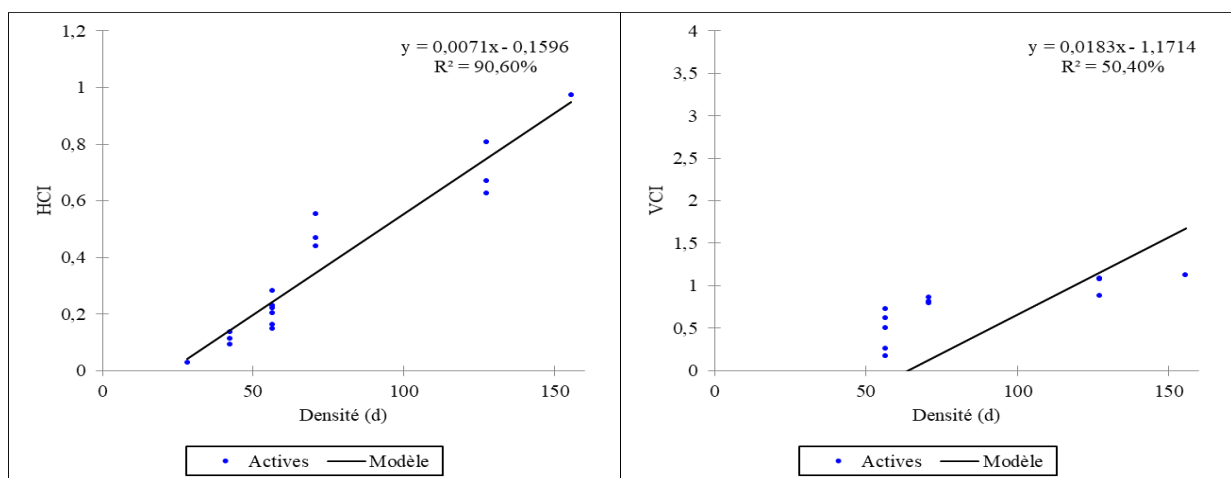


Fig. 39. Régression de la compétition horizontale (HCI) et verticale (VCI) en fonction de la densité (d) des individus dans les placettes en milieu agro-forestier.

De manière générale, dans l'agro-forêt, les indices de compétition locale (HCI et VCI) varient significativement en fonction des paramètres locaux trahissant aussi le sens de la concurrence que les compétiteurs potentiels exercent sur les individus-sujets dans chaque placette. Au regard des valeurs plus élevées des proportions de variabilité ( $R^2$ ), les régressions réalisées semblent plus précises lorsqu'elles font intervenir la compétition horizontale (HCI) et les paramètres locaux.

### III.1.2.8. Compétition et orientation cardinale

Les proportions de variabilité sont élevées pour des régressions qui associent des indices de compétition locale au nombre de compétiteurs de hauteur dominante de l'individu sujet d'un point cardinal à un autre (Tableau X). Cette variabilité est plus importante pour la compétition horizontale par rapport à la compétition verticale, exception faite du nombre de compétiteurs au Nord (forêt).

Tableau X. Proportions de variabilité et de significativité des régressions des indices de compétition locale des compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet.

Types d'utilisation des terres	Orientation Indices de compétition locale	Nd Est		Nd Ouest		Nd Nord		Nd Sud	
		$R^2$	p-value	$R^2$	p-value	$R^2$	p-value	$R^2$	p-value
Forêts	VCI	39,10%	0,022	12,90%	0,229	76,90%	0,0001	12,20%	0,242
	HCI	67,30%	0,001	19,50%	0,131	43,30%	0,015	58,80%	0,002
Agro-forêts	VCI	37,00%	0,010	41,40%	0,005	49,40%	0,002	45,40%	0,003
	HCI	68,60%	0,0001	63,00%	0,0001	44,00%	0,004	12,10%	0,171

Dans l'ensemble, la compétition est importante malgré la position cardinale des compétiteurs par rapport à l'individu sujet. Celle-ci serait d'ailleurs le fait de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet.

#### III.1.2.8.1. Analyse des régressions dans les placettes de forêt

Les placettes de forêt regroupent dans l'ensemble 11 individus identifiés du côté Est, 10 individus du côté Ouest, 11 individus du côté Nord et 9 individus du côté Sud, pour un total de 41 compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet. Ainsi, les régressions des indices de compétition locale par le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet ont été réalisées (figure 40). Ainsi, l'observation faite à partir des droites de régression montre une variation des indices de compétition horizontale



par le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à la hauteur de l'individu-sujet. Ces variations sont significatives et précises lorsque les compétiteurs sont situés du côté Est ( $R^2 = 64,34\%$  ;  $p\text{-value} = 0,001 < 0,05$ ) et du côté Sud ( $R^2 = 55,10\%$  ;  $p\text{-value} = 0,002 < 0,05$ ).

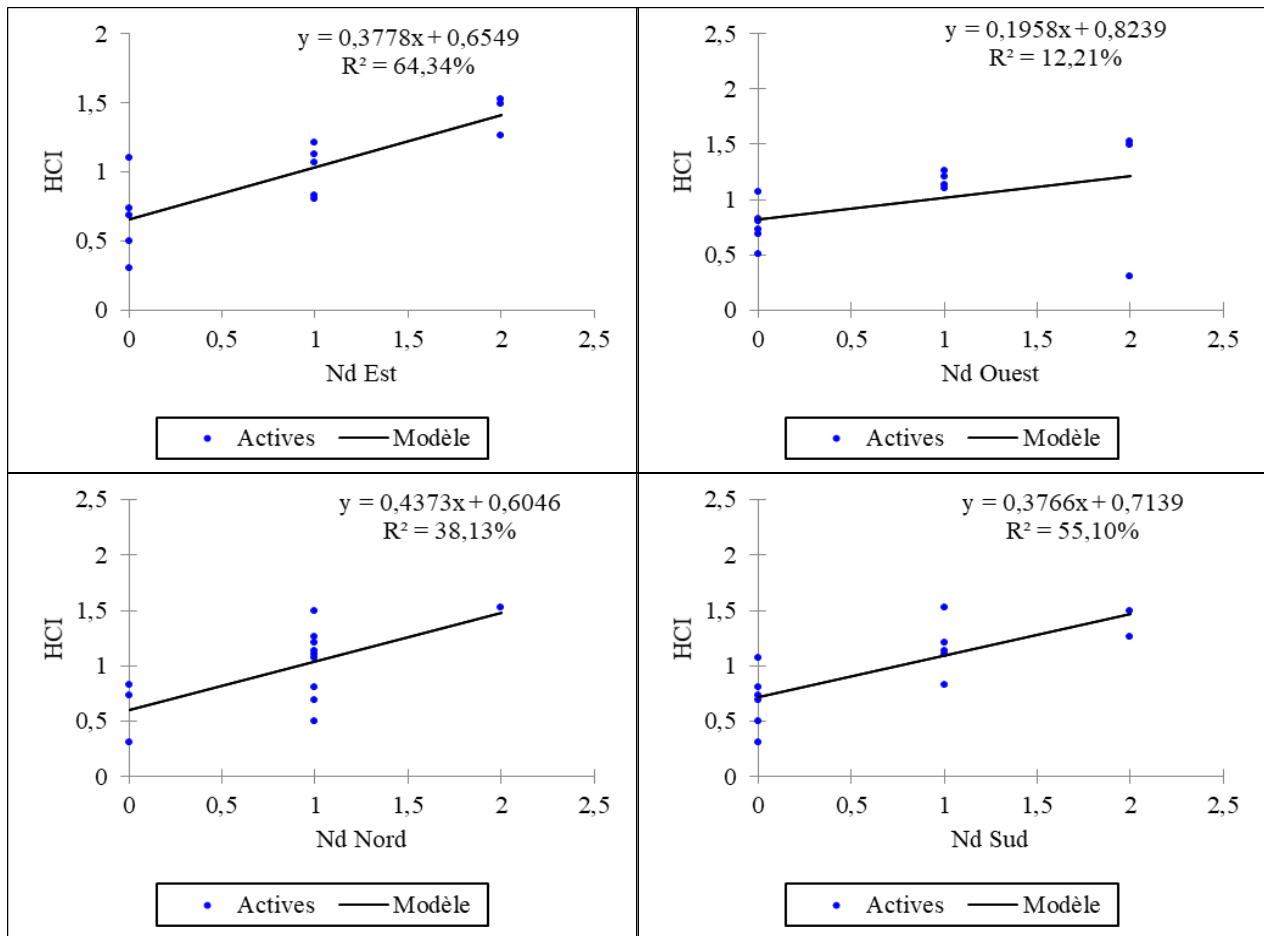


Fig. 40. Régression de la compétition horizontale (HCI) en fonction de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets en milieu forestier.

Nd Est : Nombre de compétiteurs côté Est de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet ;  
Nd Ouest : Nombre de compétiteurs côté Ouest de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet ;  
Nd Nord : Nombre de compétiteurs côté Nord de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet ;  
Nd Sud : Nombre de compétiteurs côté Sud de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet.

Des droites de faible pente lorsque les compétiteurs sont situés des côtés Ouest et Sud. Par contre, ces pentes deviennent plus importantes lorsque les compétiteurs sont situés du côté Est et surtout Nord (Fig. 41). En effet, la compétition verticale varie significativement lorsque les compétiteurs sont situés du côté Est ( $R^2 = 33,60\%$  ;  $p\text{-value} = 0,022 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey) et Nord ( $R^2 = 74,76\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

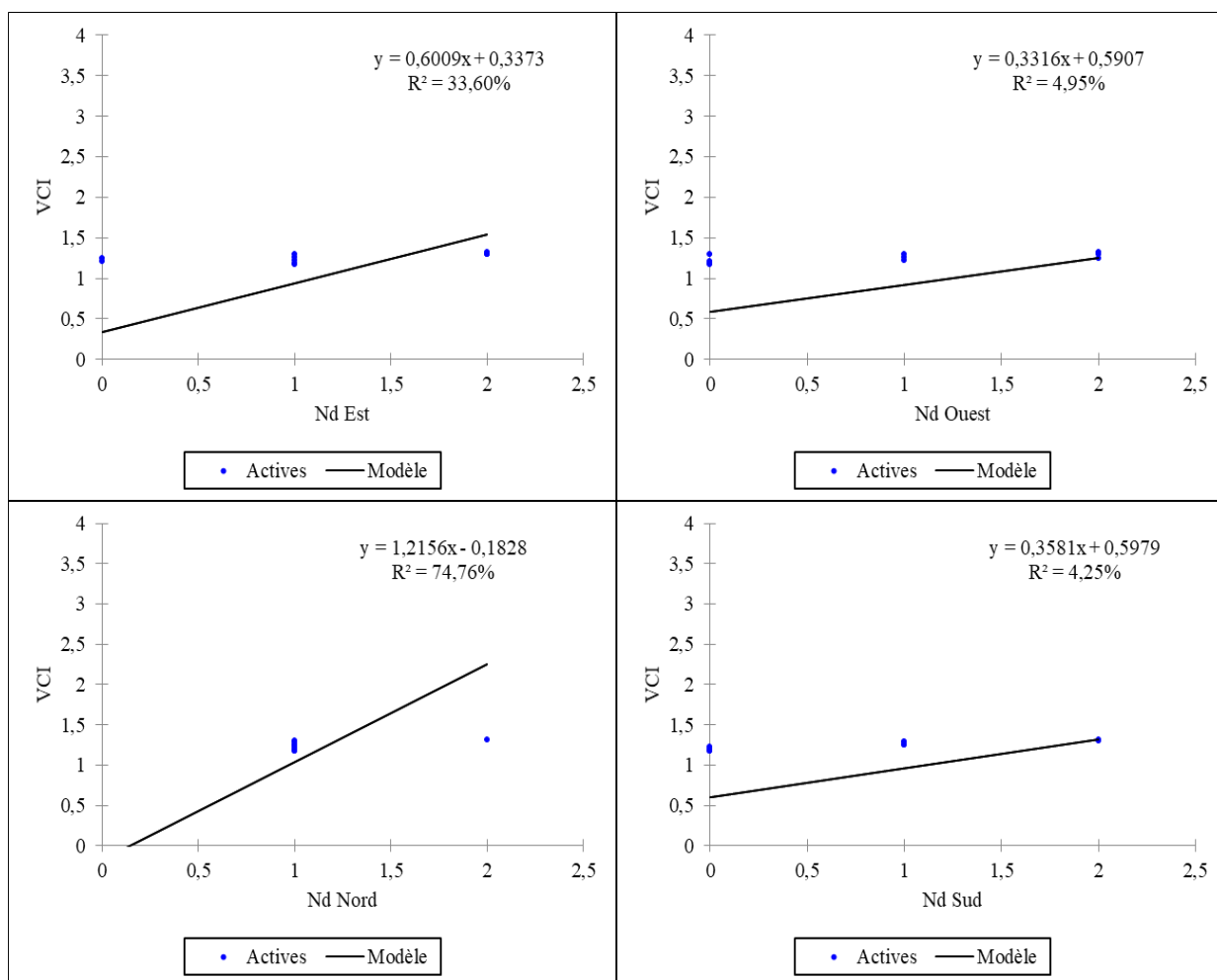


Fig. 41. Régression de la compétition verticale (VCI) en fonction de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets en milieu forestier.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus montrent que la compétition intervient plus du fait de la hauteur des proches voisins, c'est ce qui justifie la forte variation des indices de compétition horizontale (HCI) par le nombre de compétiteurs de grande hauteur par rapport à l'individu-sujet, nonobstant l'orientation de ceux-ci. La densité des proches voisins impose très faiblement la compétition aux individus sujets (compétition verticale).

### III.1.2.8.2. Analyse des régressions dans les placettes de milieu agro-forestier

Les placettes de l'agro-forêt regroupent dans l'ensemble 9 compétiteurs identifiés du côté Est, 9 compétiteurs du côté Ouest, 10 compétiteurs du côté Nord et 10 compétiteurs du côté Sud, pour un total de 38 compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet. Ainsi, les régressions des indices de compétitions locales par le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet montre que l'importance de la compétition horizontale varie selon la position cardinale des compétiteurs. Elle est plus significative chez des arbres sujets ayant des compétiteurs du côté Est ( $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de

Tukey), du côté Ouest (p-value = 0,0001 < 0,05 ; Test HSD de Tukey) et du côté Nord (p-value = 0,004 < 0,05 ; Test HSD de Tukey).

Dans l'ensemble, la figure 42 montre que la compétition horizontale est induite par le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure ou égale à celle des individus-sujets de manière plus importante ( $R^2 \geq 50\%$ ) dans les différentes placettes en milieu agro-forestier. Plus ce nombre de compétiteurs est important, plus la compétition horizontale est forte dans ces placettes.

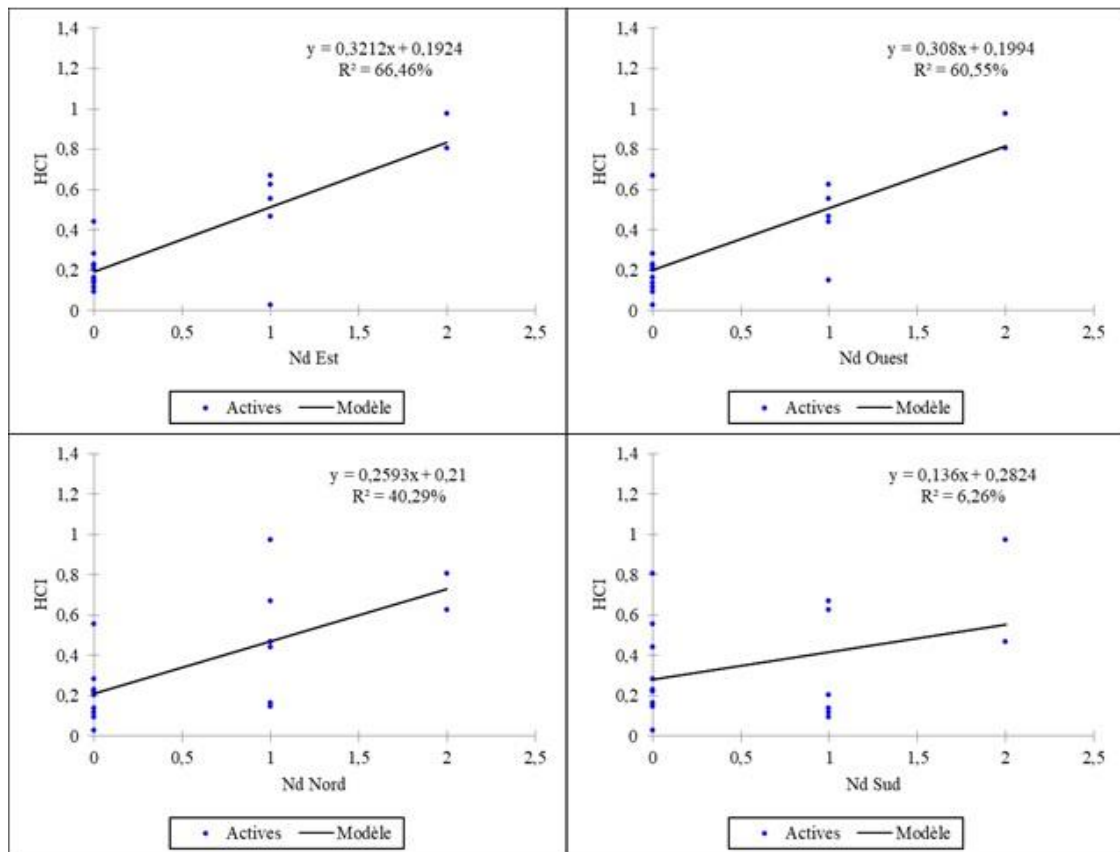


Fig. 42. Régression de la compétition horizontale (HCI) en fonction de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets en milieu agro-forestier.

L'analyse des régressions de la compétition verticale par le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet a également été faite. Elle montre d'ailleurs des résultats indiquant une certaine dépendance entre la compétition verticale et l'orientation cardinale des compétiteurs autour des individus sujets. Ainsi, la compétition verticale varie significativement selon le nombre de compétiteurs dans chaque point cardinal, cependant de manière peu précise ( $R^2 < 50\%$ ). Cette observation est faite pour des compétiteurs situés à l'Est, à l'Ouest, au Nord et au Sud (p-value < 0,05 ; Test USD de Tukey) (Figure 43).

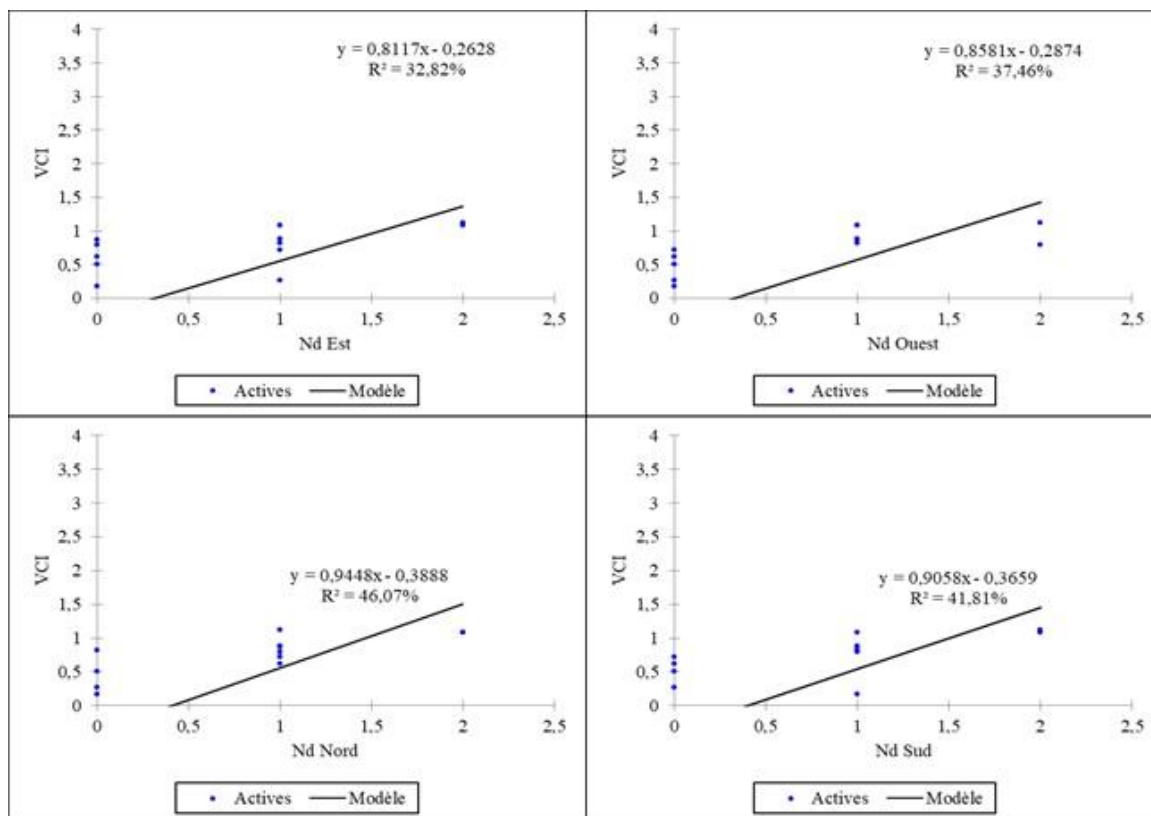


Fig. 43. Régression de la compétition verticale (VCI) en fonction de la position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets en milieu agro-forestier.

Il ressort dans l'ensemble que les individus-sujets de l'agro-forêt subissent aussi bien la compétition horizontale que verticale du fait de la hauteur et la densité des proches voisins.

### III.1.3. Evaluation de la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.)

Dans l'ensemble, la récolte a été faite sous 30 pieds ayant produit successivement durant les trois années d'observation. La production annuelle cumulée des deux types d'utilisation des terres de ces pieds durant les trois années est de 750,93 kg, soit une moyenne de  $250,31 \pm 22$  kg par an. Cette production cumulée semble ne pas varier d'une année à l'autre, avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,60\%$  ( $p\text{-value} = 0,84 > 0,05$ ; Test HSD de Tukey) comme le révèle la figure ci-dessous.

On observe une forte dispersion des valeurs supérieures ou égales à la moyenne de production par pied et par an durant les trois années (figure 44). La production cumulée en 2017 est estimée à 260,90 kg avec une moyenne par pied de  $8,70 \pm 7,60$  kg, celle de 2018 est de 249,03 kg et en 2019 on a obtenu une production de 241 kg avec des moyennes par pied respectives de  $8,30 \pm 7,35$  kg et  $8,03 \pm 7,41$  kg. La production par pied varie dans l'ensemble entre un minimum 0,46 kg (2019) et un maximum de 24,25 kg la même année, avec cependant une forte dispersion des valeurs au-dessus de la moyenne.

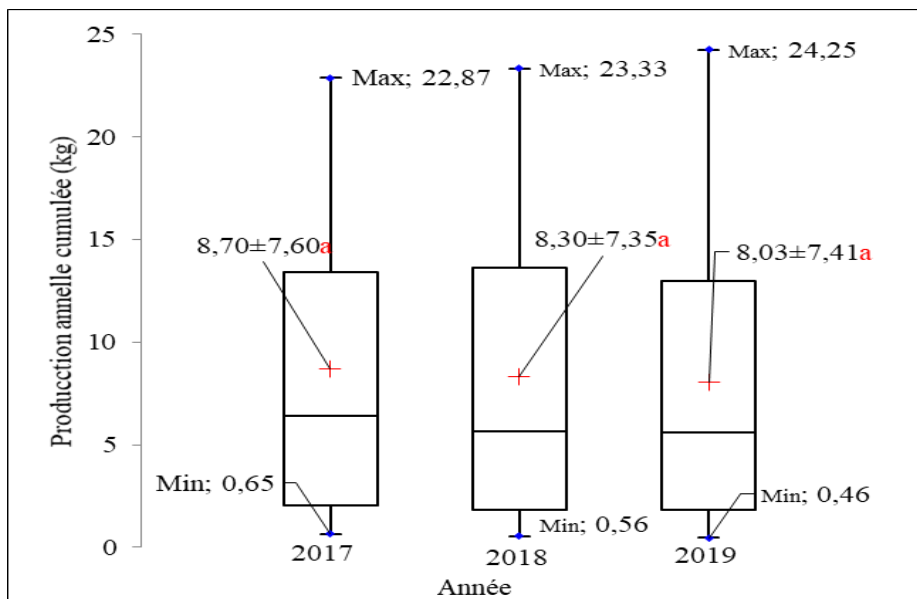


Fig. 44. Moyenne annuelle de production fruitière par pied.

Avec une proportion de variabilité  $R^2 = 68,60\%$ , les valeurs moyennes de production varient fortement et significativement ( $p\text{-value} = 0,03 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey) d'un mois à l'autre (figure 45). La production totale cumulée obtenue des trois années au mois d'août est de 207,87 kg, 284,11 kg au mois de septembre et 258,95 kg en octobre. La production par pied présente une forte dispersion des valeurs au-dessus de la moyenne en octobre et en novembre contrairement au mois d'août. On note enfin que cette production présente un seul pic annuel au mois de septembre, alors que la chute des fruits peut s'étendre jusqu'en février selon nos observations.

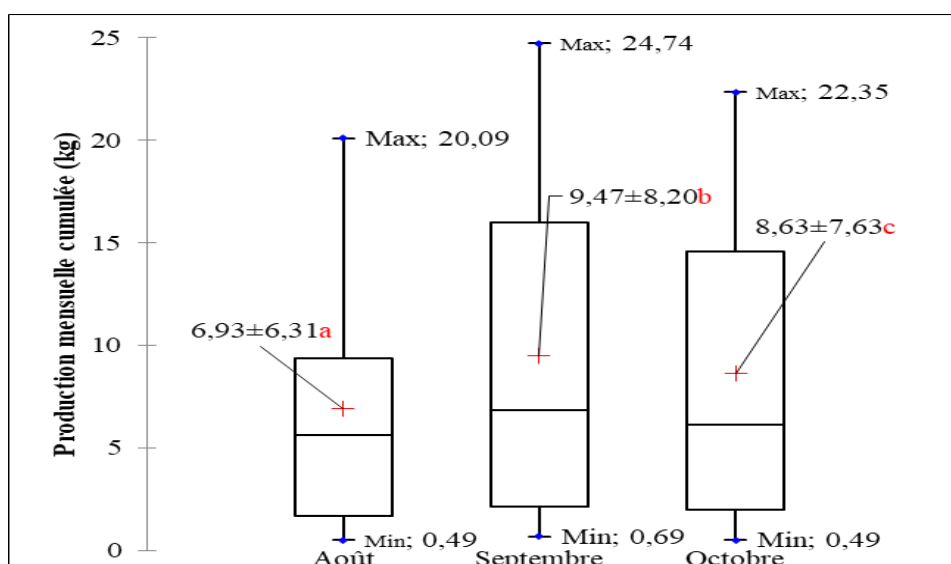


Fig. 45. Moyenne mensuelle de production par pied.

Prise de manière désagrégée, la production totale cumulée des trois années d'observation varie selon le type d'utilisation des terres (figure 46). Elle est plus importante

dans les placettes d'agro-forêt, avec une somme cumulée de 535,68 kg que dans celles de forêt où cette somme est de 215,25 kg. La production moyenne varie de manière significative d'un type d'utilisation des terres à l'autre, bien que la proportion de variabilité soit faible ( $R^2 = 10,40\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Elle est significativement supérieure en agro-forêt par rapport à celle de la forêt. Cette différence significative est perceptible durant les trois années d'observations. La production totale cumulée varie entre un minimum de 1,67 kg à un maximum de 67,18 kg dans l'agro-forêt. En forêt, on a obtenu des valeurs minimales de 4,61 kg et maximum de 53,34 kg.

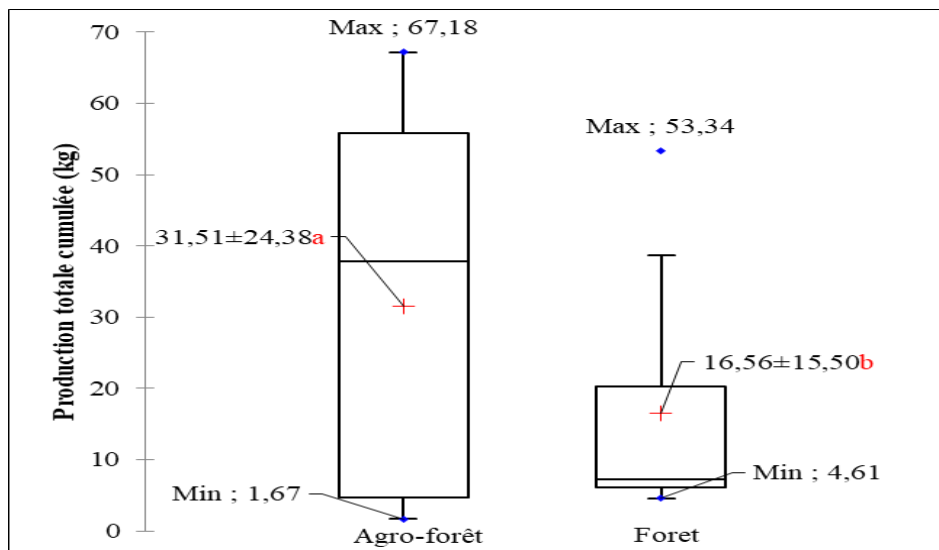


Fig. 46. Production moyenne annuelle par pied selon les types d'utilisation des terres.

La répartition de la production selon les types d'utilisation des terres est faite dans le tableau ci-dessous. Ce dernier ressort, entre autres, la production totale ainsi que la variabilité de cette dernière d'une année à l'autre.

Sur le plan cumulé mensuel, les courbes de la figure 47 décrivent au premier regard une différence de production moyenne par pied entre les types d'utilisation des terres et aussi d'un mois à un autre.

Les valeurs cumulées de la production mensuelle sont respectivement de 148,43 et 59,44 en août, de 203,62 et 80,50 en septembre, de 183,64 kg et 75,31 kg en octobre dans l'agro-forêt qu'en forêt. Le graphique montre que le pic de production est atteint aussi bien dans des agro-forêts que dans les forêts au mois de septembre. La production par pied illustrée ci-dessus atteint  $3,99 \pm 2,98$  kg en ce mois de septembre en agro-forêt et  $2,06 \pm 2,03$  kg en forêt.

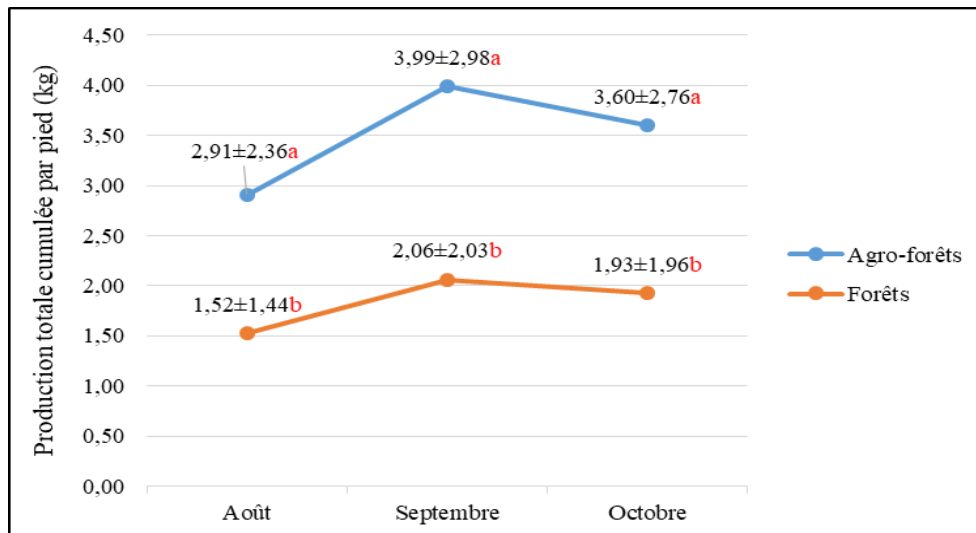


Fig. 47. Production moyenne mensuelle par pied selon les types d'utilisation des terres.

Dans l'ensemble, la plus grande récolte a été réalisée en 2017 avec une moyenne de production par pied de  $2,90 \pm 2,59$  kg. Certains pieds ont produit jusqu'à 9 kg par pied au cours de cette année. La production totale cumulée est plus importante dans l'agro-forêt qu'en forêt. La production par pied est toute aussi importante en milieu agro-forestier qu'en forêt bien que l'évolution mensuelle décrive la même courbe dans les deux types d'utilisation des terres. En effet, elle atteint le maximum au mois de septembre chaque année durant la période d'observation.

En résumé, 30 pieds identifiés en agro-forêt et en forêt ont produit en moyenne  $250,31 \pm 22$  kg par an. Cette moyenne qui varie significativement d'un mois à l'autre est sensiblement stable en fonction des années d'observation. Aussi, la production totale est plus importante dans l'agro-forêt ( $31,51 \pm 24,38$  kg/pied) qu'en forêt ( $16,56 \pm 15,50$  kg/pied).

### III.1.4. Influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.)

#### III.1.4.1. Variabilité de la production fruitière en fonction de la phénophase

La variabilité de la production fruitière a été appréciée en fonction des groupes différenciés à partir des phénophases.

Dans l'agro-forêt (figure 48), la production totale cumulée est de 535,68 Kg. Celle-ci varie significativement ( $p\text{-value} = 0,003 < 0,05$ ) d'un groupe de placettes à l'autre. La production totale cumulée est plus importante dans le groupe 2 (Gaf2) avec une production moyenne par pied de  $4,49 \pm 2,68$  Kg et un total de 242,41 Kg. On peut cependant remarquer une distribution équitable des valeurs dans le groupe 1 dont la production totale cumulée est de 139,02 Kg et une moyenne par pied de  $3,09 \pm 2,68$  Kg.

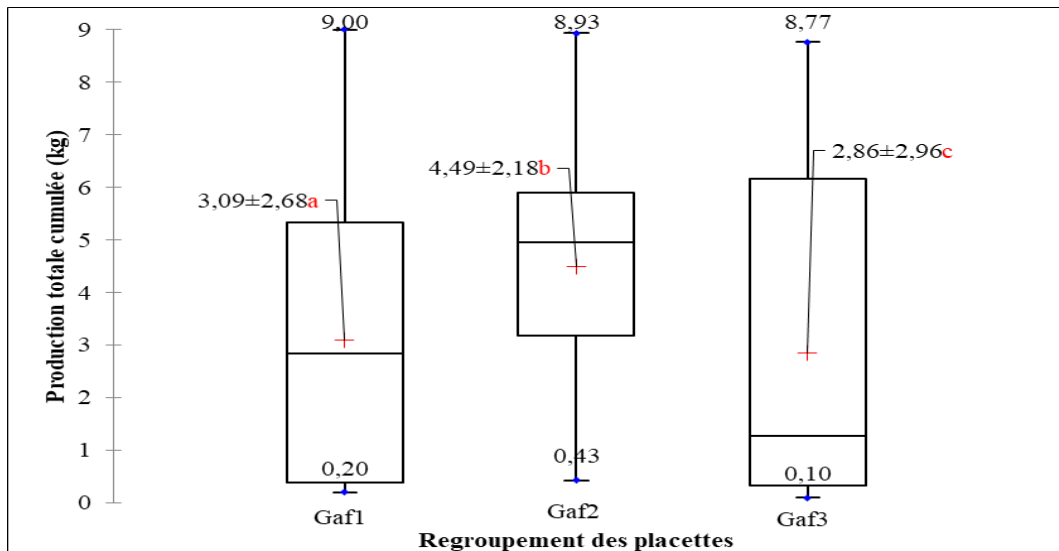


Fig. 48. Production moyenne par pied en fonction du groupement des placettes en milieu agro-forestier.

En forêt (figure 49), la production totale cumulée est de 215,25 Kg. Cette production varie significativement ( $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$ ) d'un groupe à un autre. Elle est plus importante dans groupe Gf1 avec une moyenne par pied de  $2,85 \pm 2,18$  Kg et une production totale cumulée de 102,52 Kg.

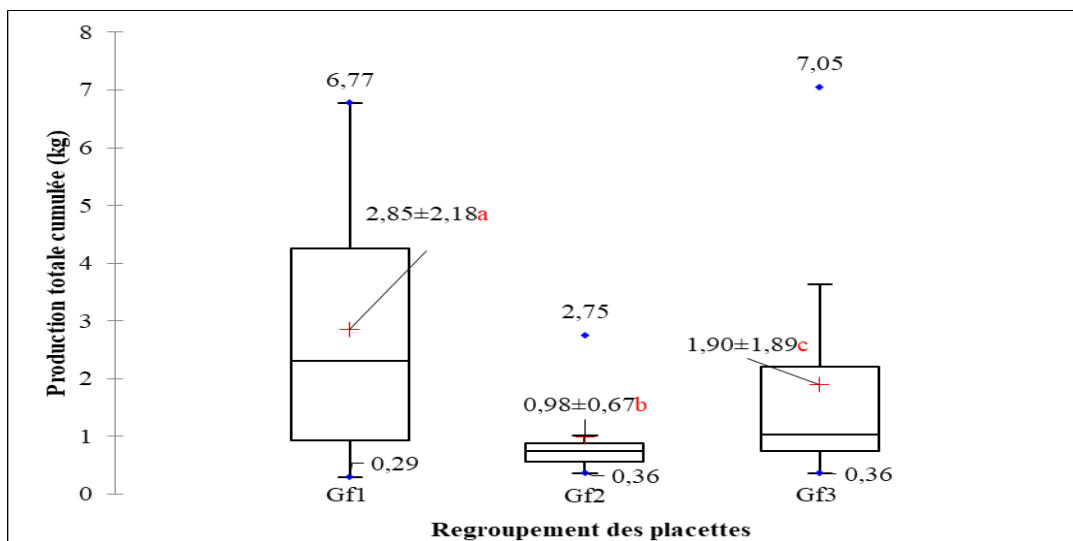


Fig. 49. Production moyenne par pied en fonction du groupement des placettes en milieu agro-forestier.

Dans l'ensemble, la production fruitière est moins importante dans le groupe 3 (Gaf3) de l'agro-forêt à cacaoyers et aussi dans le groupe 2 (Gf2) des forêts. Or, ces deux groupes ont en commun des fortes valeurs de défeuillaison entre février et septembre et des plus faibles valeurs de refeuillaison au cours de la même période. De plus, ces deux groupes ont plus d'individus dont la défeuillaison et la refeuillaison sont tardives tout comme celles de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.).



Il ressort ainsi que la production fruitière du *R. heudelotii* varie en fonction des phénophases (défeuillaison et refeuillaison). Cette variabilité est favorable à la production fruitière lorsque très peu de proches voisins (GAf2 et Gf1) entrent en refeuillaison au même moment que l'individu-sujet. Ainsi, les phénophases des compétiteurs pourraient réduire la compétition pour l'accès aux ressources (lumière, éléments minéraux...).

### III.1.4.2. Régressions linéaires et corrélations entre la production fruitière et les paramètres dendrométriques

#### III.1.4.2.1. Corrélations et variabilité de la production fruitière totale cumulée

La production totale cumulée est hautement corrélée négativement avec deux indices dépendants de la distance (SST/dist, Sdbh/dist) et un indice indépendant de la distance (NVD) en milieu agro-forestier (tableau XI). En effet, mis en ensemble, ces trois indices caractérisent le statut social de l'individu-sujet. Dans le même type de milieu, la production totale cumulée est corrélée à certains indices de compétition indépendants de la distance et caractérisant la densité locale du peuplement (STT, NVT). Cependant, elle ne varie que très faiblement, bien que significativement en fonction de ces indices.

En milieu forestier, la production totale cumulée est corrélée très positivement avec deux indices dépendants de la distance (SST/dist, SSTr/dist) et un indice indépendant de la distance (SST). Parmi ces indices, la densité locale est caractérisée par le rapport de la somme des diamètres des individus compétiteurs par la distance qui les sépare des individus sujets (SSTr/dist) et la surface terrière totale (STT). Aussi, la production totale cumulée est fortement corrélée à la surface terrière totale relative à la distance (SST/dist), un indice de compétition qui dépend de la distance et qui caractérise le statut social.

Tableau XI. Corrélations et variabilité de la production fruitière totale cumulée et les indices de compétition dépendants et indépendants de la distance.

		PT	STT	NVT	SST/dist	Sdbh/dist	STD	NVD	SSTr/dist
Agro- forêt	Coefficient de corrélation (r)	1	-0,495	-0,499	-0,649	-0,647	-0,381	-0,689	0,010
	p-value	0	0,044	0,041	0,005	0,005	0,132	0,002	0,971
	Proportion de variabilité (R <sup>2</sup> )	1	0,245	0,249	0,422	0,419	0,145	0,475	0,000
Forêt	Coefficient de corrélation (r)	1	0,608	-0,182	0,721	0,410	0,541	0,444	0,718
	p-value	0	0,027	0,551	0,005	0,164	0,056	0,128	0,006
	Proportion de variabilité (R <sup>2</sup> )	1	0,370	0,033	0,520	0,168	0,293	0,197	0,516

Dans l'ensemble, les résultats obtenus des corrélations et de la variabilité des indices de compétition indépendants de la distance illustrent la pression exercée par les individus proches voisins sur les individus-sujets. Cette pression intervient plus fortement avec des

indices qui décrivent le statut social des individus-sujets en milieu agro-forestier et, à ceux qui traduisent la densité locale en milieu forestier.

### III.1.4.2.2. Analyse de la variation de la production totale cumulée en fonction des caractéristiques dendrométriques

En milieu agro-forestier, la droite de régression décrit une pente positive qui semble traduire une corrélation entre la production totale cumulée et le diamètre de l'individu-sujet (figure 50a). En effet, cette production totale cumulée varie en fonction du diamètre de l'individu-sujet avec un coefficient de détermination  $R^2 = 31,27\%$  ( $p\text{-value} = 0,012 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). On peut noter cependant que, malgré cette variabilité, la corrélation est faible et moins pertinente, d'où la valeur élevée du critère d'information d'Aïkake ( $AIC = 104,09$ ). La production totale cumulée semble donc dépendre très peu du diamètre de l'individu-sujet.

En milieu forestier, on observe une pente relativement faible de la droite de régression qui s'élève plus ou moins au fur et à mesure que le diamètre du sujet augmente (figure 50b). Elle traduit de ce fait une faible variabilité de la production totale cumulée en fonction du diamètre de l'arbre sujet. C'est ce que révèle d'ailleurs la faible proportion de variabilité (variabilité non précise) ( $R^2 = 4,08\%$ ), qui par ailleurs n'est pas significative ( $p\text{-value} = 0,245 > 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

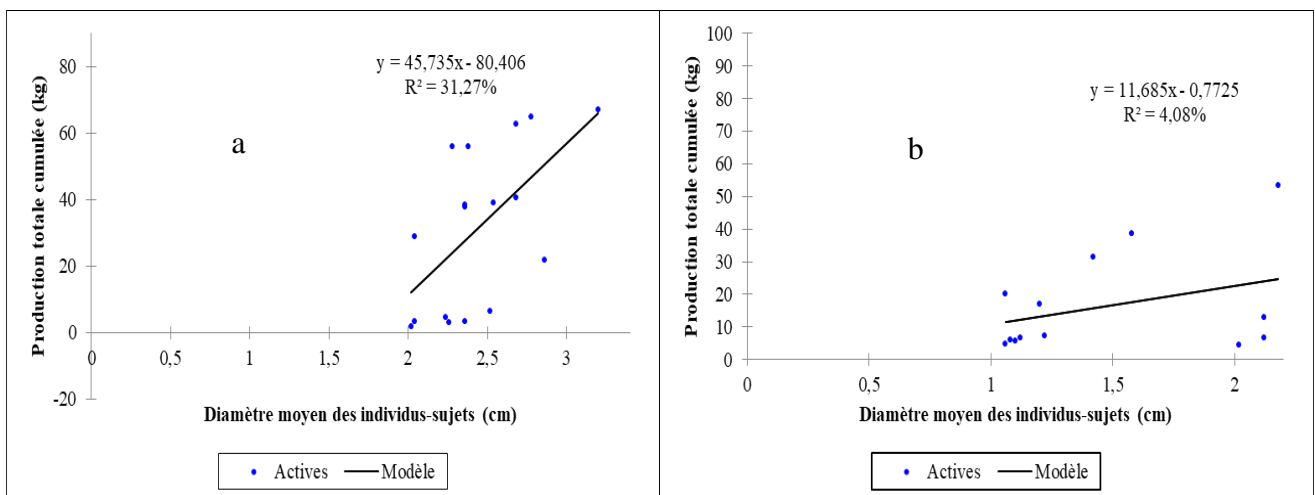


Fig. 50. Influence du diamètre de l'arbre sujet sur la production totale cumulée

a : Milieu agroforestier ; b : Milieu forestier.

La variabilité de la production totale a également été abordée en fonction du diamètre moyen des compétiteurs (figure 51). Dans le milieu agro-forestier, la droite de régression montre une pente négative qui tend à s'annuler à mesure que le diamètre moyen des compétiteurs augmente (figure 51a). En effet, on observe une faible variabilité non

significative entre les deux variables discutées ( $R^2 = 16,16\%$  ;  $p\text{-value} = 0,061 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). La corrélation entre ces deux variables étant également faible et moins pertinente, d'où la valeur élevée du critère d'information d'Aïkake ( $AIC = 107,47$ ). Ce résultat montre que la production totale semble donc dépendre très peu du diamètre moyen des compétiteurs.

En milieu forestier, il apparait une droite de régression dont la pente est négative traduisant une réduction de la production totale cumulée lorsque le diamètre moyen des compétiteurs augmente (figure 51b). On peut cependant remarquer que dans ce type d'utilisation des terres, le graphique traduit une variabilité non précise et non significative ( $R^2 = 2,20\%$  ;  $p\text{-value} = 0,284 > 0,05$  ; Test HSD de Tukey) entre les deux variables (production totale cumulée et diamètre moyen des compétiteurs).

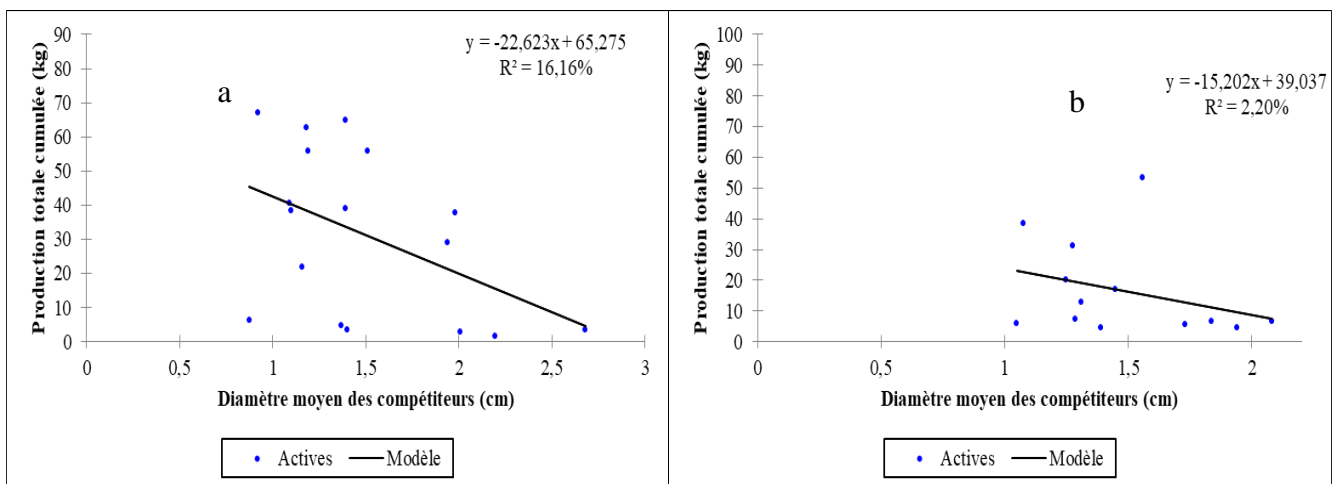


Fig. 51. Influence du diamètre moyen des compétiteurs sur la production totale cumulée

a : Milieu agroforestier ; b : Milieu forestier.

La hauteur de l'individu-sujet influence de manière considérable la production totale cumulée en milieu agro-forestier (figure 52a). Seuls les individus-sujets qui ont une hauteur de plus de 20 m ont produits. Aussi, cette production augmente significativement en fonction de la hauteur des individus-sujets ( $R^2 = 68,72\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Ainsi, les deux variables sont fortement corrélées avec une faible valeur du critère d'information d'Aïkake ( $AIC = 90,71$ ).

En milieu forestier, la hauteur des individus-sujets semble avoir la même influence sur la production totale cumulée (figure 52b). En effet, la régression de la production totale par rapport à la hauteur de l'individu-sujet décrit une droite dont la pente positive rappelle une dépendance entre les deux variables. Cependant, avec un coefficient de détermination  $R^2 = 23,21\%$ , la variabilité de la production totale cumulée en fonction de la hauteur de l'arbre-sujet semble moins précise et est d'ailleurs non significative ( $p\text{-value} = 0,055 > 0,05$  ; Test USD de Tukey).

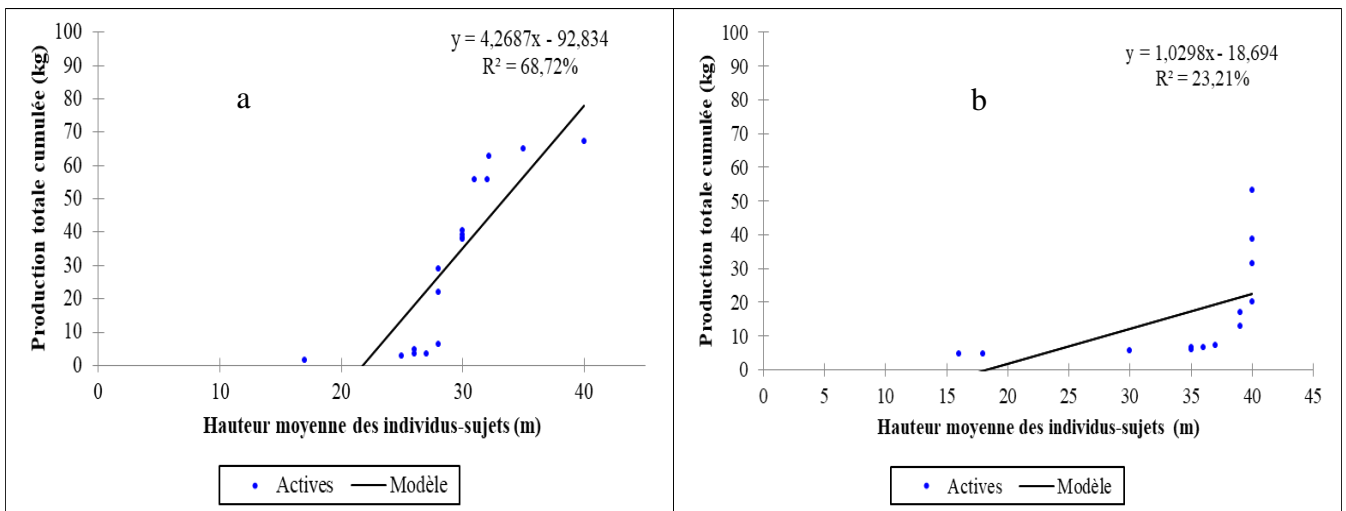


Fig. 52. Influence de la hauteur de l'individu-sujet sur la production totale cumulée

a : Milieu agroforestier ; b : Milieu forestier.

La régression linéaire simple entre la production totale cumulée et la hauteur moyenne des compétiteurs dans différentes placettes révèle une forte dépendance ( $AIC = 65,20$ ) entre les deux variables en milieu agro-forestier (figure 53a). La pente négative montre une décroissance de la production totale cumulée lorsque la hauteur des compétiteurs augmente. Ainsi, la production totale est réduite significativement en fonction de la hauteur des compétiteurs autour de l'individu-sujet ( $R^2 = 93,02\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

La production totale cumulée diminue lorsque la hauteur des compétiteurs augmente en milieu forestier (figure 53b). En effet, on peut observer sur ce graphique une pente négative qui décrit une forte variabilité précise ( $R^2 = 86,84\%$ ) et significative entre les deux variables ( $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

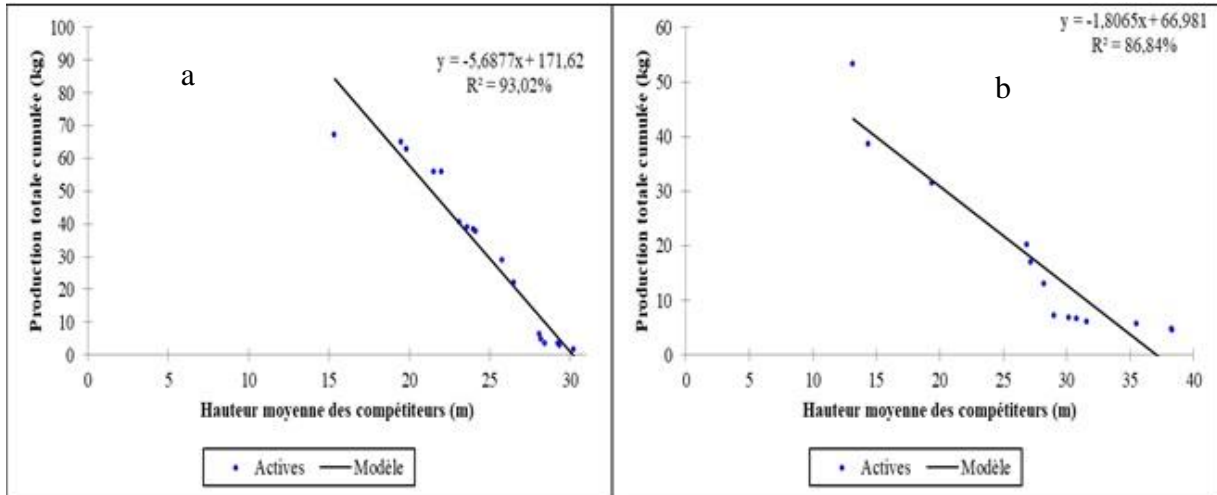


Fig. 53. Influence de la hauteur moyenne des compétiteurs sur la production totale cumulée  
 a : Milieu agroforestier ; b : Milieu forestier.

Dans l'ensemble, il ressort que la hauteur des compétiteurs a une corrélation négative sur la production totale cumulée lorsqu'elle augmente. Il convient de voir si cette corrélation dépend ou non du nombre de ces compétiteurs surtout lorsqu'ils sont de hauteur supérieure à celle des individus-sujets.

Dans le milieu agro-forestier, la production totale cumulée est réduite lorsque le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets augmente. C'est ce que traduit la pente descendante décrite par la la figure 54a ci-dessous. La production totale cumulée varie de manière significative en fonction du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus sujets ( $R^2 = 77,22\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

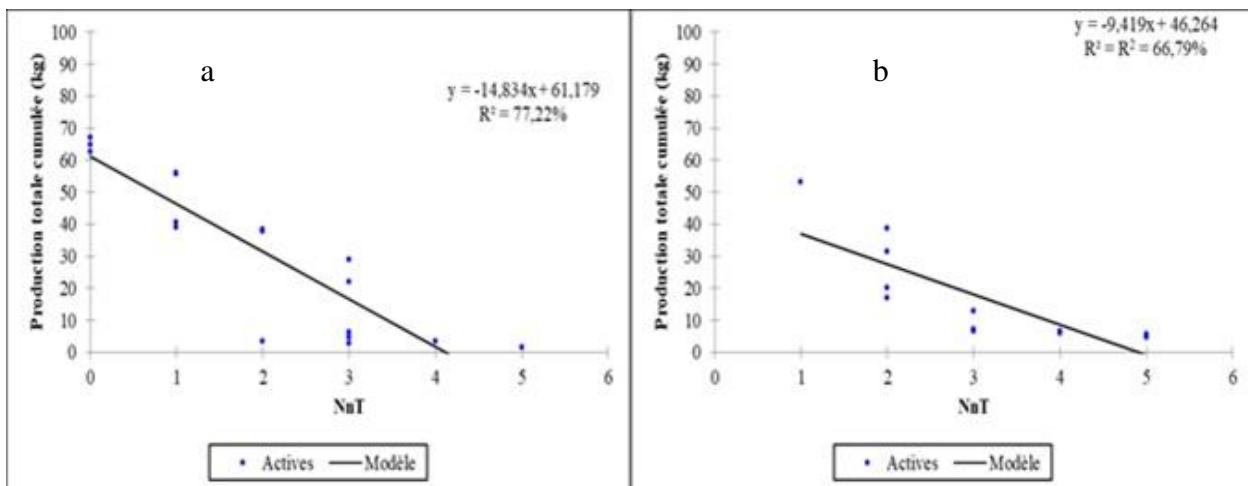


Fig. 54. Influence du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets sur la production totale cumulée  
 a : Milieu agro-forestier ; b : Milieu forestier

En milieu forestier, la figure 54b présente une pente descendante comme dans le cas précédent. Elle montre que la production totale cumulée varie de manière précise et significative en fonction du nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus sujets ( $R^2 = 66,79\%$  ;  $p\text{-value} = 0,001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey).

Dans l'ensemble, la hauteur des compétiteurs serait donc très déterminante dans la production fruitière du *R. heudelotii* en forêt. Les compétiteurs ayant des hauteurs plus importantes que l'arbre sujet réduiraient alors sa production.

La variation de la production totale cumulée en fonction de la densité a été analysée en milieu agro-forestier à partir du graphique ci-dessous (figure 55a). La courbe descendante observée traduit la réduction de la production selon l'importance de la densité des compétiteurs. La production totale cumulée diminue lorsque la densité des compétiteurs augmente. Ainsi, la densité influence significativement la production totale cumulée avec une proportion de variabilité  $R^2 = 19,93\%$  ( $p\text{-value} = 0,041 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Cette influence est réduite lorsque la densité est supérieure à 100 arbres/ha.

La relation entre la production fruitière totale et la densité des individus a été également abordée en milieu forestier (figure 55b). En effet, la droite de régression est descendante mais de faible pente, ce qui pourrait laisser penser à l'existence d'une corrélation entre les deux variables. Cependant, le coefficient de détermination ( $R^2 = 12,81\%$ ) étant de faible valeur, la variabilité évaluée n'est pas précise et significative ( $p\text{-value} = 0,125 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). De ce fait, les deux variables sont très faiblement dépendantes l'une de l'autre.

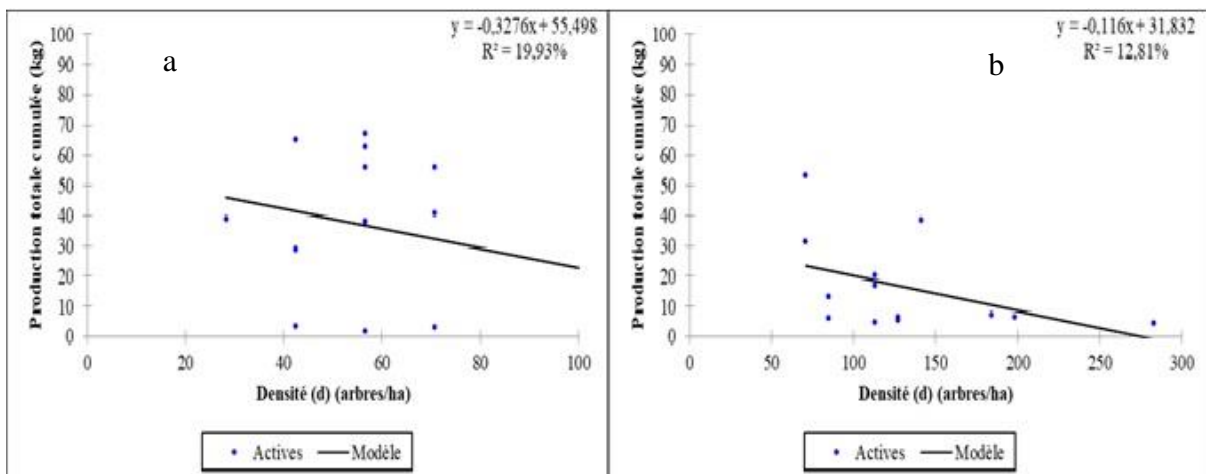


Fig. 55. Influence de la densité moyenne des compétiteurs sur la production totale cumulée  
a : Milieu agro-forestier ; b : Milieu forestier

L'influence de la distance du compétiteur par rapport à l'arbre sujet sur la production totale cumulée est appréciée dans les deux types d'utilisation des terres reprise dans la figure

56 ci-dessous. En milieu agro-forestier (figure 56a), il est observé une pente ascendante qui traduit une augmentation de la production totale cumulée en fonction de la distance des compétiteurs par rapport à l'individu-sujet. Ainsi, la production fruitière varie significativement, mais de manière peu précise, en fonction de la distance entre le compétiteur et l'individu-sujet ( $R^2 = 32,55\%$  ;  $p\text{-value} = 0,010 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). La production optimale est obtenue lorsque le compétiteur se trouve à environ 10 m de l'individu-sujet.

Cette variation s'observe également en milieu forestier. En effet, la distance entre l'individu-sujet et les compétiteurs aurait une influence certaine sur la production totale cumulée comme le montre la figure 56b. La droite de régression présente une pente ascendante qui laisse voir une augmentation de la production totale lorsque la distance entre les compétiteurs et les individus sujets devient importante. Avec un coefficient de détermination  $R^2 = 63,35\%$ , on observe une variabilité précise et significative ( $p\text{-value} = 0,001 < 0,05$ ) entre les deux indicateurs. La production totale cumulée serait optimale lorsque les compétiteurs sont situés à une distance de plus de 9 m de l'individu-sujet.

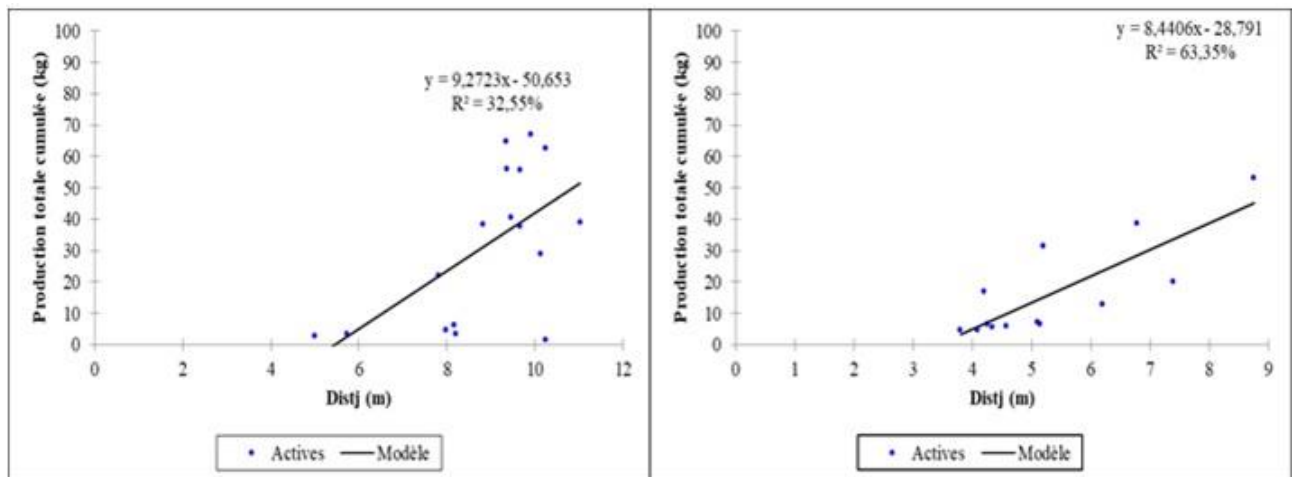


Fig. 56. Influence de la distance des compétiteurs aux individus-sujets sur la production totale cumulée

a : Milieu agro-forestier ; b : Milieu forestier

Avec un coefficient de détermination  $R^2 = 16,66\%$  (variabilité non précise), la production totale cumulée ne varie pas significativement ( $p\text{-value} = 0,058 > 0,05$  ; Test HSD de Tukey) en fonction de la surface terrière en milieu agro-forestier (figure 57a). Ainsi, la surface terrière occupée par des compétiteurs ne semble pas avoir une influence significative sur la production totale cumulée. Cependant, la courbe de régression montre que la production totale cumulée diminue lorsque la surface occupée par des compétiteurs augmente.

En milieu forestier, l'évaluation de l'influence de la surface terrière sur la production totale, révèle un effet non significatif ( $p\text{-value} = 0,607 > 0,05$ ) avec une faible variabilité  $R^2 = 6,38\%$

mise en exergue par le test HSD de Tukey. La droite de régression présente une faible pente bien qu'étant ascendante (figure 57b).

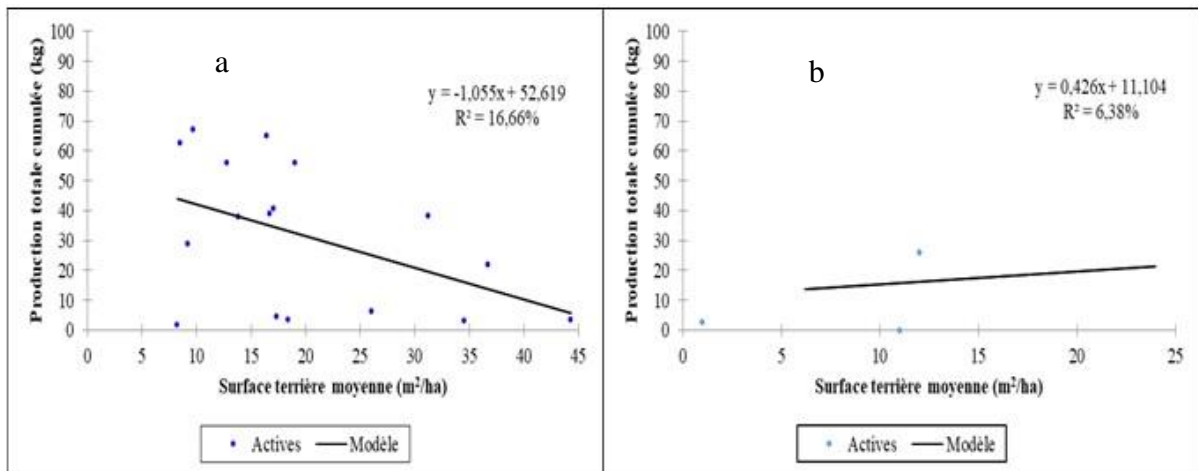


Fig. 57. Influence de la surface terrière sur la production totale cumulée

a : Milieu agro-forestier ; b : Milieu forestier

Dans l'ensemble et au regard des régressions réalisées, il ressort que la hauteur des compétiteurs a une plus grande influence négative sur la production totale cumulée par rapport aux autres caractéristiques dendrométriques, particulièrement lorsque la distance entre les compétiteurs et le sujet est faible. Ces derniers (diamètre, densité, surface terrière) ne montrent qu'une faible influence caractérisée par des valeurs élevées du critère d'information d'Aïkake, en particulier lorsque la distance entre le compétiteur et l'individu-sujet est importante.

#### III.1.4.2.3. Modélisation de la production fruitière en fonction des caractéristiques dendrométriques en milieu agro-forestier

Dans l'ensemble, six paramètres sur les huit étudiés semblent avoir une influence significative ( $p\text{-value} < 0,05$ ) sur la production fruitière du *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) du fait d'une régression significative et précise (Tableau XIII). Cependant, trois paramètres se démarquent à travers des faibles valeurs de leur critère d'information d'Aïkake (AIC). Ces paramètres sont tous liés à la hauteur. Il s'agit de la hauteur du sujet (AIC = 90,71), la hauteur moyenne des compétiteurs (AIC = 65,20) et le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet (AIC = 85,32). Il est à noter que la faible valeur du critère d'information d'Aïkake (AIC) traduit des combinaisons de variables les plus pertinentes. Au regard de ce tableau, les combinaisons les plus pertinentes sont celles qui impliquent la hauteur des arbres sujets, la hauteur des compétiteurs et le nombre de compétiteurs de hauteur



supérieure à celle des arbres sujets. La hauteur moyenne des compétiteurs (HmC) étant bien sûr la plus importante.

Tableau XII. Performance des régressions linéaires sélectionnant les variables pertinentes de production fruitière du *Ricinodendron heudelotii* en milieu agro-forestier.

N°	Variable 1	Variable 2	AIC	R <sup>2</sup>	p-value
1	PT	DS	104,09	31,27%	0,012<0,05
2	PT	DmC	107,47	16,16%	0,061>0,05
3	PT	HS	90,71	68,72%	0,0001<0,05
4	PT	HmC	65,20	93,02%	0,0001<0,05
5	PT	NnT	85,32	77,22%	0,0001<0,05
6	PT	Densité	106,69	19,93%	0,041 < 0,05
7	PT	Distj	103,77	32,55%	0,010<0,05
8	PT	St	107,37	16,66%	0,058>0,05

PT : Production totale cumulée ; DS : Diamètre du sujet ; DmC : Diamètre moyen des compétiteurs ; HS : Hauteur du sujet ; HmC : Hauteur moyenne des compétiteurs ; Distj : Distance moyenne des compétiteurs par rapport aux arbres sujets ; St : Surface terrière ; NnT : Nombre moyen des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des arbres sujets.

Par ailleurs, la variabilité de la production fruitière a été étudiée à travers des régressions multiples par combinaison de trois variables. Pour ce faire, la production totale cumulée est considérée comme variable dépendante et les caractéristiques dendrométriques étant des variables explicatives.

Tableau XIII. Performance des régressions multiples à trois variables pertinentes de la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* en milieu agro-forestier.

N°	Variable 1	Variable 2	Variable 3	AIC	R <sup>2</sup>	p-value
1	PT	NnT	Distj	74,87	88,27%	0,0001<0,05
2	PT	NnT	Densité	86,65	76,53%	0,0001<0,05
3	PT	HS	HmC	64,01	93,80%	0,0001<0,05
4	PT	DS	DmC	105,46	29,04%	0,036<0,05
5	PT	HS	DS	92,61	66,68%	0,000<0,05
6	PT	HS	DmC	92,66	66,58%	0,000<0,05
7	PT	HS	Distj	81,32	82,85%	0,0001<0,05
8	PT	DS	Distj	98,85	51,90%	0,002<0,05
9	PT	St	Densité	105,44	29,15%	0,035<0,05

L'ensemble des combinaisons réalisées par régression multiple montre une variabilité significative de la production totale cumulée en fonction des caractéristiques dendrométriques. Seules deux combinaisons présentent des faibles valeurs de variabilité bien que significatives (p-value < 0,05). On remarque également dans ce tableau XIV, au regard des valeurs relativement faibles des critères d'information d'Aïkake, que les combinaisons sont pertinentes (exception faite de la combinaison 4 et 9). Cependant, les combinaisons 1 et 3

se démarquent respectivement des autres avec des AIC de plus faible valeur. Ces combinaisons sont les plus pertinentes et expliquent mieux la variation de la production fruitière en milieu agro-forestier. Elles impliquent tour à tour, le nombre de compétiteurs de hauteur plus grande, la distance moyenne entre les compétiteurs et l'individu-sujet, la hauteur de l'individu sujet et la hauteur moyenne des compétiteurs.

Les régressions linéaires multiples par combinaison de quatre (4) variables ont été réalisées dans l'optique d'apprécier l'association des paramètres qui pourraient faire varier la production fruitière totale et dont elle pourrait dépendre (Tableau XV). Aussi, des combinaisons réalisées ont été tirées des équations pouvant être utilisées dans la prédiction de la production potentielle dans les agro-forêts à cacaoyers.

Tableau XIV. Performance des régressions multiples à quatre variables pertinentes de production fruitière du *Ricinodendron heudelotii* en milieu agro-forestier.

N°	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	AIC	R <sup>2</sup>	p-value	Equations de régression
1	PT	HS	NnT	Distj	74,41	89,06%	0,0001<0,05	PT = 115,40-4,02*HMC+2,52*Distj-3,58*NnT
2	PT	HmC	NnT	Distj	64,42	93,93%	0,0001<0,05	PT = -35,86+1,29*HS+5,40*Distj-9,10*NnT
3	PT	DS	NnT	Distj	76,42	87,69%	0,0001<0,05	PT = -3,47+4,98*DS+5,34*Distj-12,25*NnT
4	PT	DmC	NnT	Distj	76,29	87,79%	0,0001<0,05	PT = 6,78-13,70*NnT+5,27*Distj+3,67*DmC
5	PT	St	NnT	Densité	80,06	84,75%	0,0001<0,05	PT = 74,15-13,45*NnT-3,30E-02*d-0,67*St
6	PT	DmC	DS	NnT	87,43	80,88%	0,0001<0,05	PT = 21,93-15,14*NnT+8,48*DmC+11,12*DS
7	PT	DmC	DS	Distj	99,57	51,96%	0,0054<0,05	PT = -86,60+7,59*Distj-10,35*DmC+27,10*DS
8	PT	HmC	HS	Distj	65,46	93,54%	0,0001<0,05	PT = 209,52-6,47*HMC-0,93*HS+0,95*Distj
9	PT	HmC	HS	NnT	64,40	93,93%	0,0001<0,05	PT = 245,70-6,50*HMC-1,65*HS-2,94*NnT

Var : Variable ; AIC : Critère d'information d'Aïkake.

Ce tableau montre que la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) varie de manière significative avec toutes les variables utilisées dans cette analyse (p-value < 0,05). Cependant, les combinaisons N°2, N°8 et N°9 présentent les plus faibles valeurs du critère d'information d'Aïkake (respectivement 64,42 ; 65,46 et 64,40). Ces critères déterminent les meilleures équations pour la prédiction de la production. Elles sont les combinaisons les plus pertinentes par le fait qu'elles associent la distance, le nombre de compétiteurs et la hauteur. Bien que présentant des variabilités significatives, les combinaisons qui associent les diamètres aussi bien des arbres sujets et/ou des compétiteurs ont des fortes valeurs du critère d'Aïkake et par conséquent moins pertinentes que celles qui associent les hauteurs (arbres sujets et compétiteurs).

Dans l'ensemble, il ressort des trois derniers tableaux au regard des critères d'information d'Aïkake (AIC), que les corrélations s'affinent et deviennent plus précises lorsque le nombre de variables mises en régression augmentent. Le tableau XV ci-dessus présente des AIC très faibles et des proportions de variabilité très élevés. Ce qui fait penser

que la production fruitière de *R. heudelotii* serait plus influencée par une combinaison de paramètres dendrométriques aussi bien des individus sujets que des compétiteurs (diamètre et hauteur), le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure ou égale à celle de l'individu-sujet (NnT) et ainsi que leur distance (compétiteur et sujet) (Distj).

Globalement, les paramètres dendrométriques qui influencent de manière significative et précise sont ceux qui associent la hauteur des compétiteurs et des individus-sujets. Il s'agit de la hauteur du sujet (HS), de la hauteur moyenne des compétiteurs (HmC) et du nombre moyen des compétiteurs de hauteur supérieure à celle des arbres sujets (NnT). Les paramètres qui associent le diamètre montrent certes une certaine influence, cependant celle-ci est non précise, au regard des valeurs très élevées des critères d'information d'Aikake. Pour ce qui est de la distance entre les compétiteurs et les individus-sujets, celle-ci influence la production fruitière lorsqu'elle est associée à la hauteur.

#### III.1.4.2.4. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée en fonction de l'orientation cardinale des compétiteurs en milieu agro-forestier

Les résultats présentés dans les sections qui précèdent ont mis en exergue l'influence de la hauteur des compétiteurs dans la variation et la prédiction de la production fruitière dans des agro-forêts. Dans cette section, l'analyse se fait sur l'influence de la position cardinale des compétiteurs de hauteur supérieure ou égale à celle des individus-sujets sur la production fruitière totale cumulée à travers des régressions et des corrélations.

Tableau XV. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée et l'orientation cardinale des compétiteurs en milieu agro-forestier.

Variables	PT	Ndest	Ndouest	Ndnord	Ndsud
Coefficient de corrélation (r)	1	<b>-0,756</b>	-0,112	-0,136	0,071
p-value	0	0,000	0,669	0,602	0,788
Proportion de variabilité (R <sup>2</sup> )	1	<b>0,572</b>	0,013	0,019	0,005
AIC		97,15	111,35	111,24	111,48

La production fruitière totale cumulée de *R. heudelotii* est très négativement corrélée au nombre de compétiteurs situés du côté Est de l'individu sujet (tableau XV). Cette production fruitière varie d'ailleurs de manière significative et précise (p-value = 0,000 < 0,05 ; Test HSD de Tukey) en fonction de cette position des compétiteurs. Le signe de la corrélation traduirait le sens de l'influence de la position des compétiteurs lorsqu'ils sont de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet.

Dans l'ensemble, il ressort que les compétiteurs de hauteur supérieure situés du côté Est de l'individu-sujet, présentent une plus forte influence, d'où un critère d'information d'Aïkake (AIC) minimisé (97,15) obtenu et repris dans ce tableau.

### III.1.4.2.5. Modélisation de la production fruitière en fonction des caractéristiques dendrométriques en milieu forestier

Les régressions réalisées révèlent des corrélations linéaires significatives entre la production totale cumulée et les autres variables que sont : le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle des sujets (NnT), la hauteur moyenne des compétiteurs (HmC) et la distance entre les individus sujets et les compétiteurs (Distj) (tableau XVI). Ces trois variables en combinaisons exclusives avec la production totale cumulée ont des valeurs les plus faibles des critères d'information d'Aïkake (AIC). Elles seraient de ce fait plus pertinentes dans la prédiction de la production fruitière en forêt.

Tableau XVI. Performance des régressions simples sélectionnant les variables pertinentes de la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* en milieu forestier.

N°	Variable 1	Variable 2	AIC	R <sup>2</sup>	p-value
1	PT	DS	72,54	4,08%	0,244>0,05
2	PT	DmC	72,79	2,20%	0,284>0,05
3	PT	NnT	59,88	66,79%	0,001<0,05
4	PT	HS	69,65	23,21%	0,055>0,05
5	PT	HmC	46,72	86,84%	0,0001<0,05
6	PT	Densité	71,30	12,81%	0,125>0,05
7	PT	Distj	60,03	63,35%	0,001<0,05
8	PT	St	73,89	-6,38%	0,607>0,05

La pertinence de ces variables est affinée par des analyses en régression multiple réalisée avec la méthode des moindres carrés par une série de combinaisons statistiques. Ces combinaisons permettent d'expliquer le maximum de variabilité de la production fruitière totale cumulée.

On observe dans le tableau XVII ci-dessus que la combinaison la plus pertinente est celle qui associe en priorité la hauteur aussi bien des arbres sujets que celle des compétiteurs.

Tableau XVII. Performance des régressions multiples à trois variables pertinentes de la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* en milieu forestier.

N°	Variable 1	Variable 2	Variable 3	AIC	R <sup>2</sup>	p-value
1	PT	NnT	Distj	58,05	70,34%	0,001<0,05
2	PT	NnT	Densité	61,43	61,52%	0,003<0,05
3	PT	HS	HmC	38,83	93,24%	0,0001<0,05
4	PT	DS	DmC	70,35	23,54%	0,105>0,05
5	PT	HS	DS	69,55	28,13%	0,077>0,05
6	PT	HS	DmC	71,41	17,09%	0,157>0,05
7	PT	HS	Distj	61,82	60,33%	0,004<0,05

8	PT	DS	Distj	62,03	59,68%	0,004<0,05
9	PT	St	Densité	73,10	5,55%	0,302>0,05

Ainsi, la combinaison 3 s'avère être la plus pertinente avec un AIC le plus faible (38,83). Le coefficient de détermination  $R^2 = 93,24\%$  de cette combinaison, décrit une variabilité précise et significative ( $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$ ) mis en exergue par le test HSD de Tukey. La combinaison la moins pertinente étant celle qui associe la surface terrière et la densité des individus à la production fruitière du fait de sa forte valeur d'AIC et de son  $p\text{-value} > 0,05$ .

Les régressions multiples à quatre variables (tableau XVIII), donc trois variables explicatives mettent en exergue trois combinaisons comme étant les plus pertinentes du fait des faibles valeurs du critère d'information d'Aikake. Il s'agit des combinaisons 8 (AIC = 36,01), 9 (AIC = 38,93) et 2 (AIC = 47,67). Ces dernières présentent des proportions de variabilité les plus précises et les plus significatives renforcées par des tests HSD de Tukey. Les droites d'équation associées à ces combinaisons sont celles qui pourraient mieux prédire la production fruitière potentielle dans une forêt faiblement anthropisée.

Tableau XVIII. Performance des régressions multiples à quatre variables pertinentes de la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* en milieu forestier.

N°	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	AIC	R <sup>2</sup>	p-value	Equation de la régression
1	PT	HS	NnT	Distj	57,62	72,64%	0,002<0,05	PT = 46,33-9,24*NnT+4,33*Distj-0,70*HS
2	PT	HmC	NnT	Distj	47,67	87,27%	0,0001<0,05	PT = 45,52+2,46*NnT+2,54*Distj-1,80*HmC
3	PT	DS	NnT	Distj	60,00	67,15%	0,004<0,05	PT = 7,66+1,08*DS+4,55*Distj-5,43*NnT
4	PT	DmC	NnT	Distj	60,01	67,14%	0,004<0,05	PT = 9,88-5,26*NnT+4,71*Distj-1,38*DmC
5	PT	St	NnT	Densité (d)	62,70	59,58%	0,010<0,05	PT = 43,44-2,64E-02*d-8,89*NnT+0,369*St
6	PT	DmC	DS	NnT	62,59	59,93%	0,010<0,05	PT = 42,20-8,12*NnT-7,25*DmC+7,20*DS
7	PT	DmC	DS	Distj	63,53	56,91%	0,014<0,05	PT = -18,65+7,62*Distj-6,86*DmC+2,98*DS
8	PT	HmC	HS	Distj	36,01	94,81%	0,0001<0,05	PT = 87,33+2,20*Distj-0,74*HS-2,05*HmC
9	PT	HmC	HS	NnT	38,93	93,50%	0,0001<0,05	PT = 113,69-2,68*NnT-0,89*HS-2,09*HmC

NB : Var : Variable ; AIC : Critère d'information d'Aikaka ; d : Densité moyenne.

La combinaison prédisant le mieux la production fruitière de *R. heudelotii* en forêt se compose des hauteurs des individus sujets et des compétiteurs en association avec la distance entre le compétiteur et le producteur, et le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à la hauteur des arbres producteurs (les plus faibles valeurs du critère d'information d'Aikake). La hauteur est donc le principal caractère allométrique qui se révèle être le plus pertinent dans la prédiction de la production fruitière.

En définitive, il ressort que les combinaisons les plus pertinentes observées dans les deux types d'utilisation des terres sont celles qui associent la hauteur (proches voisins et individu-sujet), la distance et les proches voisins et le nombre de compétiteurs de hauteur

supérieure à celle de l'individu-sujet (tableau XIX). Cette observation est faite pour des régressions simples et multiples. C'est dire que l'action synergique de ces paramètres influence plus négativement la production fruitière aussi bien en milieu forestier qu'en milieu agro-forestier.

Tableau XIX. Equations de régression des combinaisons les plus pertinentes pour la prédiction de la production fruitière dans les deux types d'utilisation des terres.

N°	TUT	AIC	R <sup>2</sup>	p-value	Equation de la régression
1	Forêt	47,67	87,27%	0,0001<0,05	PT = 45,52+2,46*NnT+2,54*Distj-1,80*HmC
2		36,01	94,81%	0,0001<0,05	PT = 87,33+2,20*Distj-0,74*HS-2,05*HmC
3		38,93	93,50%	0,0001<0,05	PT = 113,69-2,68*NnT-0,89*HS-2,09*HmC
1	Agro-forêt	64,42	93,93%	0,0001<0,05	PT = -35,86+1,29*HS+5,40*Distj-9,10*NnT
2		65,46	93,54%	0,0001<0,05	PT = 209,52-6,47*HMC-0,93*HS+0,95*Distj
3		64,40	93,93%	0,0001<0,05	PT = 245,70-6,50*HMC-1,65*HS-2,94*NnT

TUT : Type d'utilisation des terres

### III.1.4.2.6. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée en fonction de l'orientation cardinale des compétiteurs dans des forêts

Dans les analyses précédentes, il a été montré que la hauteur des compétiteurs est la variable qui influence le plus la production fruitière en forêt. Le tableau ci-dessous montre que cette influence dépend de la position cardinale de ces compétiteurs.

Tableau XX. Corrélation et variabilité de la production fruitière totale cumulée et l'orientation cardinale des compétiteurs en milieu forestier.

Variables	PT	Ndest	Ndouest	Ndnord	Ndsud
Coefficient de corrélation (r)	1	<b>-0,755</b>	0,039	0,256	0,527
p-value	0	0,003	0,900	0,398	0,064
Proportion de variabilité (R <sup>2</sup> )	1	<b>0,570</b>	0,002	0,066	0,278
AIC		63,23	74,19	73,33	69,98

Avec un coefficient de corrélation négatif et le plus élevé (-0,755), la production fruitière varie de manière significative (p-value = 0,003 < 0,05 ; Test HSD de Tukey) en fonction de la position cardinale lorsque ces derniers sont situés du côté Est par rapport à l'arbre sujet. La valeur la plus minimisée du critère d'information d'Aïkake (AIC = 63,23) fait de cette corrélation la plus pertinente, par conséquent, la hauteur des compétiteurs située du côté Est a une plus forte influence sur la production fruitière.

La position des compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet influence la production fruitière totale cumulée. Les compétiteurs situés du côté Est auraient donc une plus grande influence, d'où la valeur minimisée du critère d'information d'Aïkake obtenu.

## III.2. Discussion

### III.2.1. Caractéristiques floristiques et structurales

La composition floristique d'un peuplement végétal dans un territoire dépend à la fois de l'histoire de sa flore et de l'action actuelle du milieu qui peuvent favoriser certaines espèces et les répartir dans l'espace suivant leurs exigences écologiques, ou au contraire les éliminer. Ainsi, le peuplement d'une région peut être envisagé sous deux points de vue différents : soit sous l'angle de ses groupements floristiques, soit sous celui de leur structure, de leur physionomie et de leur dynamisme (Nshimba, 2008). C'est sous l'angle floristique et structural que nous tentons d'appréhender les peuplements des sites étudiés.

L'étude a été réalisée dans une zone de transition entre la forêt semi-caducifoliée guinéo-congolaise (Letouzey, 1985) et les savanes qualifiées de formations péri-forestières guinéo-soudaniennes (Aubreville, 1962) ou des savanes herbeuses (Youta, 1998). Les espèces forestières rencontrées avec une importante occurrence sont : *Ficus thonningii*, *Ficus exasperata*, *Pycnanthus angolensis*, *Ricinodendron heudelotii*, *Milicia excelsa*, *Pterygota macrocarpa* (Dowsett-Lemaire, 1996 ; Carrière, 2003). Dans les deux types d'utilisation des terres, ces dernières appartiennent aux familles ci-après : *Myristicaceae*, *Apocynaceae*, *Meliaceae*, *Euphorbiaceae*, *Sterculiaceae* et *Moraceae*. La prédominance des espèces arborées appartenant à la forêt dense humide semi-décidue pourrait être perçue comme une nette avancée de la forêt sur la savane par "effet de rive" (Achoundong *et al.*, 1996 ; Tchawa, 2012). Plusieurs de ces espèces ont été identifiées dans les placettes circulaires permanentes du milieu agro-forestier par rapport à celles du milieu forestier. Ce qui pourrait se justifier par le fait que les inventaires ont pris en compte seulement des individus qui pourraient potentiellement être des compétiteurs ( $DHP \geq 20$  cm).

Dans les deux types d'utilisation des terres, il est observé une diversité relativement faible et semblable. Cette observation est confirmée par le calcul des indices de Shannon qui donne respectivement des valeurs de 1,38 bits et 1,27 bits en milieu agro-forestier et en milieu forestier. En effet, le milieu forestier est déjà marqué par la présence de l'homme, ainsi les populations riveraines y prélèvent certains produits forestiers non ligneux en plus de pratiquer la chasse et quelquefois l'abatage par des prélèvements sélectifs. Il s'agit donc d'un milieu forestier secondarisé. Les deux types d'utilisation des terres étant anthropisés, les prélèvements des individus ne se font pas de la même manière, mais en fonction des besoins de l'homme. Aussi, les compétiteurs en milieu agro-forestier sont des individus laissés par des cacaoculteurs pour servir d'ombrage aux pieds des cacaoyers (Saj *et al.*, 2013 ; Temgoua *et*

*al.*, 2018). C'est ce qui justifie également la répartition inéquitable de la densité moyenne des compétiteurs au sein des différentes placettes circulaires effectuées aussi bien en milieu agro-forestier qu'en milieu forestier. Aussi, la répartition des diamètres des compétiteurs est essentiellement équitable dans les différentes placettes circulaires aussi bien en milieu forestier qu'en milieu agro-forestier, comme le montre des faibles valeurs du coefficient de Gini. Par ailleurs, la répartition des hauteurs est plus équitable dans des placettes circulaires en milieu forestier par rapport à celles de l'agro-forêt.

Les histogrammes des classes de diamètre réalisés pour les deux types d'utilisation des terres, décrivent une courbe en forme de « J » inversé, ce qui traduit une diminution du nombre d'individus lorsqu'on passe des classes de petit diamètre aux classes de diamètre plus grand. Par ailleurs, on observe en milieu forestier une structure horizontale en forme de J avec une prédominance des arbres de hauteur comprise entre 30 m et 40 m. En milieu agro-forestier, la structure horizontale se présente sous la forme d'une cloche avec prédominance d'arbres de hauteur comprise entre 19 m et 29 m. En effet, la distribution des diamètres des individus ligneux qui décrit une courbe en forme de « J » inversé, est observée dans des milieux perturbés, en pleine reconstitution à travers une forte densité de régénérations (Glèlè Kakai *et al.*, 2016). Cependant, la structure en cloche obtenue en milieu agro-forestier traduit le mode de prélèvement qui privilégie des individus de hauteur moyenne. Il s'agit du prélèvement sélectif des arbres par les agriculteurs qui ne conservent ou alors n'introduisent dans leurs cacaoyères que des espèces qui leur sont utiles, ce choix étant guidé par les opportunités écologiques et commerciales des espèces (Temgoua *et al.*, 2019). Ce mode de prélèvement justifie également les résultats obtenus du calcul des ratios diamètres des individus-compétiteurs/diamètres des individus sujets. En effet, en comparant les diamètres des individus compétiteurs à ceux des individus sujets, il ressort que des ratios des diamètres sont favorables aux individus sujets en milieu agro-forestier par rapport au milieu forestier.

De manière générale, les deux types d'utilisation des terres qui ont servi de sites pour cette étude sont des milieux empreints des activités humaines à différent niveau. Le milieu forestier qui est plus encombré avec une densité de grande importance et des individus plus grand est en reconstitution. Dans les milieux agro-forestiers, la densité est moins importante avec cependant des individus de plus grand diamètre du fait de la coupe de sélection.

### **III.2.2. Compétition interspécifique dans les différents types d'utilisation des terres**

La répartition des valeurs varie d'une classe de diamètre à l'autre ou alors d'une classe de hauteur à l'autre. Il faut noter que le sens de variabilité établit la distance entre les valeurs



dans un intervalle par rapport au centre de la classe. Il s'obtient en comparant la moyenne au centre de la classe. Lorsque la moyenne est inférieure au centre de la classe, les valeurs comprises entre le centre de la classe et la borne inférieure sont moins distantes et d'effectif plus important que des valeurs supérieures au centre de la classe. Suivant cette logique, on a plus d'individus potentiels compétiteurs de diamètre supérieur au centre de la première classe de diamètre (0,36 – 1,57) dans les deux types de forêt. Ce même constat est fait pour la classe de diamètre (3,20 – 5,40) dans le milieu agro-forestier.

Dans l'ensemble, il n'y a pas de différence significative entre les variations moyennes des différents diamètres au sein des classes réparties par discrétisation chez des potentiels compétiteurs dans les deux types d'utilisation des terres. Cependant, la différence significative s'observe entre les individus sujets des deux types de forêts. Les individus sujets sont de diamètres supérieurs plus importants dans les agro-forêts par rapport à ceux des forêts. Des observations contraires sont faites de ce qui est des hauteurs. En effet, la hauteur moyenne des individus sujets dans l'agro-forêt à cacaoyers est significativement inférieure à celle des individus sujets en milieu forestier. Aussi les densités sont moins importantes en milieu agro-forestier, et les individus ont un bien meilleur accès à la lumière par rapport à ceux des placettes de forêt. Cette différence pourrait être amputée à une adaptation visant à augmenter les possibilités à intercepter la lumière à travers un accroissement de la hauteur des individus. Une observation similaire a été faite par Eloy *et al.* (2017) à partir d'une simulation par un modèle numérique d'arbres poussant et évoluant sur une île virtuelle (MECHATREE). En effet, ces derniers ont montré que la compétition pour la lumière joue un rôle essentiel dans la croissance et la détermination de la dimension fractale de l'arbre.

Les individus des différentes espèces identifiées dans le cadre de cette étude présentent des rythmes phénologiques annuels et bisannuels. Ces rythmes phénologiques ont été observés chez plusieurs autres espèces appartenant à la forêt dense humide semi-décidue. Dans ce type de forêt, certaines espèces initient le développement foliaire sans perdre les précédentes feuilles alors que d'autres défeuillent entièrement. Les résultats obtenus ont montré que certaines espèces présentent des épisodes de défeuillaison annuelle au début de la grande saison sèche. Pour d'autres, des épisodes de défeuillaison interviennent pendant la petite saison des pluies avec une durée plus ou moins courte (15 jours). Ces observations sont comparables à celles qui ont été faites sur certaines espèces d'arbre de la forêt tropicale humide guyanaise à l'instar de *Parkia nitida* dont la phénologie de la défeuillaison est fortement influencée par la saisonnalité des précipitations (Morel, 2013). Les figures (19 et

20) montrent que la défeuillaison intervient en février chez la plupart des individus rencontrés dans les deux types d'utilisation des terres, alors que les pics de feuillaison sont obtenus au mois de mars. Cette observation pourrait se justifier d'une part par la baisse de l'humidité et l'augmentation de la température et par conséquent du fait de la sécheresse, d'où la chute des feuilles. D'autre part, les nouvelles feuilles qui apparaissent pendant la saison sèche permettraient à l'arbre d'optimiser son activité photosynthétique justifiant ainsi le pic de feuillaison en mars (Xiao *et al.*, 2006). Cependant, malgré des pics de défeuillaison et de refeuillaison dégagés, les deux phénomènes phénologiques étudiés s'observent tout au long de l'année, ce qui pourrait exprimer une variation certaine entre les différents individus sous étude.

L'étude a permis de mettre en exergue des individus à défeuillaison précoce, intermédiaire et tardive. Ces trois stades de défeuillaison ont été observés chez certaines essences forestières tropicales par Mapongmetsem *et al.* (1998). Pour ces auteurs, les conditions climatiques justifient mieux ces variables de défeuillaison par rapport au site qui, pour cette étude, correspond aux différents types d'utilisation des terres. Ce qui justifie d'ailleurs le regroupement des placettes obtenu aussi bien en forêt qu'en milieu agro-forestier lorsque les éléments phénologiques (défeuillaison et refeuillaison) et climatiques (température et précipitations) sont projetés sur un plan factoriel et soumis par la suite à une classification hiérarchique ascendante.

Les indices indépendants et dépendants de la distance tentent de quantifier la compétition qui régule l'accès d'un individu aux ressources qui lui sont nécessaires (Gourlet-Fleury, 1998). Les résultats obtenus à la suite de ce travail montrent que seuls des indices qui traduisent la densité locale, notamment la NVT (densité moyenne des individus autour des individus-sujets en forêt en milieu agro-forestier « la densité totale ») et la NVD (densité des individus de diamètre supérieur à celui de l'individu-sujet en forêt en milieu agro-forestier « densité des concurrents imposants ») expriment le mieux la compétition exercée par les compétiteurs sur l'individu sujet. Des résultats semblables ont été obtenus par Mbonayem Liboum et Bobo (2017) en analysant l'effet de la concurrence végétale sur la croissance du Moabi en forêt dense tropicale perturbée de l'Est – Cameroun. Ces deux indices expriment tour à tour la densité totale du peuplement autour de l'individu sujet (NVT) et le statut social de l'arbre sujet par rapport à ses voisins (NVD). Le fait que ces deux indices soient plus importants en forêt pourrait traduire une plus grande compétition exercée dans ces milieux que dans les milieux agro-forestiers. Ces observations sont complétées par d'autres indices de

concurrence, notamment les indices de compétition dépendants des distances (SST/dist, SStr/dist, SDHP/dist). En effet, ces derniers présentent des faibles valeurs dans les deux types d'utilisation des terres. Cependant, seul l'indice de densité locale correspondant au rapport de la somme des diamètres des individus compétiteurs par la distance qui les sépare des individus sujets ( $SSTr/dist = 1,78 \pm 4,88 \text{ m}^{-1}$ ) en milieu agro-forestier présente un écart type très élevé (4,88) par rapport aux deux autres indices ; ce qui traduit la grande dispersion des données et par conséquent pourrait supposer une faible pression subie par les individus sujet dans ce type d'utilisation de terre.

D'autres indices de compétition ont permis de voir si les individus sujets sont confrontés à une compétition sévère selon le type d'utilisation des terres. A cet effet, les coefficients de Moran et de Geary utilisés justifient une compétition plus sévère dans les placettes de forêt par rapport à l'agro-forêt. Cette compétition se caractérise par de faible diamètre en forêt avec des hauteurs plus importantes du fait d'une forte densité des individus par rapport au milieu agro-forestier. Aussi, que la compétition soit horizontale ou verticale, elle est plus sévère pour les individus-sujets en forêt qu'en agro-forêt. Des observations similaires ont été faites par plusieurs auteurs, notamment ceux qui observent que les peuplements denses favorisent davantage le développement vertical (Bohlman & Pacala, 2012). Blanchard (2016) conclut d'ailleurs que l'ontogenèse des arbres forestiers s'accompagne d'un compromis entre la croissance verticale de la tige, pour atteindre la couche la plus ensoleillée de la végétation, et l'expansion horizontale de la couronne pour maximiser l'interception de la lumière. Ainsi, le diamètre et la hauteur sont affectés par la compétition qui s'intensifie lorsque la densité des peuplements augmente comme c'est le cas dans des placettes de forêt.

Dans l'ensemble, on remarque que plusieurs paramètres étudiés induisent la compétition dans les placettes en milieu agro-forestier. Il s'agit de la distance et du nombre de compétiteurs ainsi que la densité des individus en présence. Les résultats obtenus établissent un lien très étroit au regard des coefficients de détermination entre les indices de compétition horizontale et verticale avec les paramètres dendrométriques utilisés. Le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet engendre tout aussi bien la compétition que la distance et la densité des compétiteurs. La compétition horizontale est plus sévère que la compétition verticale en forêt et en agro-forêt. L'accès à cette lumière, principal facteur limitant en forêt tropicale (Tabarant, 2007), pourrait justifier la sévérité de la compétition horizontale au sein des placettes de cette étude. Cette compétition conduit les

arbres à grandir plus vite à la conquête de la lumière, c'est-à-dire à privilégier la croissance en hauteur favorisant une structuration verticale étagée de la végétation, qui est caractéristique de la structure des forêts tropicales humides (Nusbaumer *et al.*, 2005).

Les résultats obtenus montrent que la compétition augmente lorsque la distance entre le compétiteur et l'individu sujet diminue dans les deux types d'utilisation des terres. Elle s'annule entre un peu plus de 9 m en milieu forestier et 11 m en milieu agro-forestier. En termes de densité, les résultats ont montré que la compétition horizontale s'annule à moins de 30 arbres à l'hectare. Par ailleurs, la compétition verticale s'annule pour une densité estimée à moins de 70 arbres à l'hectare. Dans l'optique de réduire la compétition dans les projets de domestication de *R. heudelotii*, le recours à des densités comprises entre ces deux valeurs (30 – 70 arbres à l'hectare) avec un espacement moyen de 10 m (compris entre 9 et 11 m) pourrait être envisagé.

En forêt tropicale humide, la compétition pour la lumière est forte car chaque individu tend à rejoindre les strates supérieures mieux éclairées et par conséquent, la croissance en hauteur devient donc un paramètre *sine qua non* de réussite de l'installation (Jaouen, 2007). Les résultats obtenus dans cette étude montrent que la sévérité de la compétition dépend de la position du compétiteur de hauteur supérieure à celle de l'individu sujet. Des compétiteurs situés du côté Est de l'individu sujet engendreraient une compétition plus sévère par rapport à ceux situés dans les trois autres points cardinaux, et ce dans les deux types d'utilisation des terres. Une telle observation pourrait se justifier probablement par l'effet d'ombrage créé par le compétiteur en cause. Cependant, la présence des compétiteurs de hauteur plus importante que l'arbre sujet dans d'autres points pourrait remettre en cause cette explication. Par ailleurs, en considérant le mouvement apparent du soleil, les rayons solaires traversent la canopée d'Est en Ouest et sont captés par des houppiers qui en sont exposés (Ndamiyehe *et al.*, 2020).

En définitive, il a été établi à partir des résultats obtenus dans le cadre de cette étude que des individus-sujets subissent la compétition au sein de leur environnement du fait de la densité des individus, de la hauteur des proches-voisins, de leurs diamètres et de leur nombre dans les différentes placettes. Aussi, du fait que la compétition horizontale s'est avérée plus sévère dans les deux types d'utilisations de terre (forêt et agro-forêt), on peut dire que l'accès à la lumière en est la première cause. En plus des paramètres biométriques et des indices de compétition, il est également ressorti de cette étude l'influence des paramètres phénologiques des compétiteurs sur les individus-sujets.

### III.2.3. Production fruitière totale cumulée

Les résultats obtenus montrent que la production annuelle cumulée ne varie pas de manière significative d'une année à l'autre, bien que tous les arbres aient produit durant la période d'observation. En effet, en observant la phénologie de 86 essences productrices de bois d'œuvre de la forêt dense humide sempervirente du Sud-Cameroun, Bibani Mbarga *et al.* (1999) ont montré que la floraison de *R. heudelotii* est monomodale et annuelle, contrairement à celle de *Lophira alata*. Cette floraison annuelle pourrait alors justifier la production continue durant les trois années d'observations. La production cumulée varie significativement d'un mois à l'autre avec un pic obtenu en septembre. L'unique pic observé de la production est conforme aux résultats obtenus par Mbarga Bindzi *et al.* (2017). Ces auteurs ont montré que le pic de fructification observé chez *R. heudelotii* var. *africanum* est saisonnier et unique, d'août à octobre, correspondant à la saison la plus humide de l'année. Selon les observations faites, les premières récoltes se font dès le mois d'août, parce que les premières chutes de fruits sont observées généralement dans la deuxième quinzaine de juillet. En effet, une importante littérature existe concernant la période de production de *R. heudelotii*. Celle-ci semble d'ailleurs indiquée que la période de production diffère d'un lieu à un autre. Ainsi au Cameroun, Ntamag (1997) a montré que la période de forte production du *R. heudelotii* est comprise entre Juillet et Septembre à Nyangong dans le Sud. Pour Fereday *et al.* (1997), elle s'intercale entre août et novembre au Sud-ouest et les Bakweri le récolteraient entre janvier et mars (Plenderleith, 1997). Il faut dire que la période de production s'étend dans la zone d'étude de juillet (deuxième quinzaine) à décembre (deuxième quinzaine). Cependant, selon les informations collectées auprès des paysans, cette période de production s'étendrait de juillet (deuxième quinzaine) à février (première quinzaine généralement). Les résultats obtenus montrent une différence importante et significative de la production dans les placettes en agro-forêt par rapport à celles des forêts. Ce résultat est en accord avec celui de Lamien *et al.* (2004) qui ont relevé de fortes proportions de production des individus des parcelles agroforestières par rapport celles des individus présents dans les formations naturelles.

En résumé, la production fruitière est plus importante en agro-forêt qu'en forêt et elle atteint son pic pendant la période la plus humide de l'année.

### III.2.4. Production fruitière et influence de la compétition interspécifique

Les résultats ont montré que la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) varie significativement d'un groupe de placettes à l'autre dans les deux types

d'utilisation des terres. Elle est plus importante dans les groupes de placettes où peu d'individus initient leur développement foliaire entre février et septembre. Cet intervalle de temps correspond par contre à la période où plusieurs individus perdent leurs feuilles (individus à défeuillaison tardive), c'est-à-dire, lorsque qu'ils ont peu d'activité photosynthétique. Ce qui est confirmé par des études qui montrent que les phases de feuillaison et de défeuillaison des arbres agissent sur l'activité photosynthétique, laquelle affecte la croissance primaire et secondaire, la survie et la productivité des arbres (Wagner *et al.*, 2014 ; Fétéké *et al.*, 2016). En effet, au cours de la période de moindre activité, les arbres ont moins de besoins (énergie lumineuse, hydrique...) (Devineau, 1984) et exerceraient une faible compétition sur des proches voisins. *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) semble donc profiter de ces énergies pour réaliser des activités fonctionnelles conduisant à une meilleure production, justifiant ainsi les résultats des groupes Gaf1 et Gf2 respectivement en milieux agro-forestier et forestier.

Les résultats obtenus ont montré des corrélations négatives entre les variables explicatives de la densité locale (SST/dist, Sdbh/dist, NVT) et la production fruitière totale cumulée dans l'agro-forêt. En milieu forestier en revanche, on a observé des corrélations positives entre la production totale cumulée avec des variables explicatives de la densité locale et aussi avec des variables explicatives du statut social des individus sujets au sein des peuplements (STD, SSTR/dist, NVD). Ces observations pourraient se justifier par le fait que la compétition est plus importante dans les forêts en raison de fortes densités et du nombre important de compétiteurs de hauteur supérieure à celle des individus-sujets. En effet, la compétition dans les agro-forêts ne semble jouer qu'un rôle modéré, par conséquent la corrélation entre l'indice de compétition et les variables explicatives du statut social des individus sujets au sein des peuplements est nettement plus faible.

Une analyse des variations de la production fruitière totale cumulée en fonction de quelques paramètres dendrométriques a été faite dans les deux types d'utilisation des terres. Cette analyse a montré que le diamètre du sujet et celui des potentiels compétiteurs n'avaient pas une influence significative sur la production fruitière dans les deux types d'utilisation des terres. Ce qui n'est pas le cas de la hauteur aussi bien des potentiels compétiteurs dans les deux types d'utilisation des terres que celles des individus-sujets en milieu agro-forestier qui influencent significativement ( $p\text{-value} < 0,05$ ). Dans des placettes de forêt, la hauteur des individus-sujets influence également, bien que faiblement la production fruitière. Ces observations justifient la sévérité de la compétition horizontale obtenue dans le cadre de cette

étude aussi bien en milieu agro-forestier qu'en forêt. En effet, les besoins en lumière favorisent la croissance en hauteur des arbres, créant une compétition horizontale entre les différentes cimes qui vont constituer la canopée. Cette compétition se justifie par le fait que des arbres voisins plus hauts peuvent faire de l'ombrage tout en empêchant la capture de la lumière par d'autres. *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) étant une espèce héliophile, la compétition pour la lumière aurait donc une incidence sur sa productivité (Djeugap Fovo *et al.*, 2013). C'est ce qui fera dire à Tabarrant (2007) que le rôle de la lumière est très important, car les variations de son spectre influencent la croissance, la reproduction et la production de la forêt.

La production fruitière varie de manière significative aussi bien avec la densité qu'avec le nombre des compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'arbre sujet. L'agro-forêt présente des faibles densités avec cependant une importante production fruitière totale cumulée par rapport à la forêt. En effet, pour des faibles densités comme il a été observé en milieu agro-forestier, la compétition arbre-arbre n'est pas un facteur limitant (Scholes & Archer, 1997), comme elle pourrait l'être dans des forêts où les densités sont importantes.

Les résultats obtenus ont montré que la distance minimale pour une production optimale peut être estimée à 10 m entre le compétiteur et l'arbre sujet. Lorsque la distance entre les compétiteurs et l'individu-sujet augmente, la production fruitière augmente également. Ainsi, un compétiteur de taille importante aurait une influence négative sur la production fruitière de l'individu-sujet si la distance entre les deux voisins est faible. Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que l'influence d'un arbre-voisin sur les capacités d'un arbre-cible est une fonction directe de sa taille et une fonction inverse de la distance du voisin (Uriarte *et al.* 2004). La production totale cumulée semble donc dépendre très peu du diamètre de l'individu producteur.

Par ailleurs, des régressions linéaires simples et multiples entre les descripteurs dendrométriques et la production totale cumulée ont été établies avec le Test HSD de Tukey. Ces régressions de simples (02 variables) aux multiples (plus de 02 variables) réalisées, proposent des combinaisons dont la pertinence pourrait servir à prédire une production fruitière optimale. L'évaluation de la performance des régressions sélectionnant les variables (descripteurs dendrométriques) pertinentes de la production fruitière optimale à partir de la plus petite valeur de l'AIC montre que les combinaisons des hauteurs des individus sujets et des compétiteurs ainsi que le nombre de compétiteurs de hauteur supérieure à celle du sujet, prises individuellement prédisent mieux la production fruitière ; les combinaisons réalisées

avec la densité et la distance des compétiteurs par rapport à l'arbre sujet pourraient également être considérées comme variable prédictive bien que des valeurs de l'AIC soient élevées en milieu agro-forestier. Dans les placettes de forêt, les combinaisons ont toutes des faibles valeurs d'AIC, justifiant l'influence de chaque descripteur physique utilisé. Enfin, trois combinaisons qui prédisent le mieux la production fruitière de *R. heudelotii* comportent chacune trois variables avec des faibles valeurs d'AIC dans les deux types d'utilisation des terres avec des fortes corrélations.

En effet, le fait que des faibles valeurs d'AIC aient influencé le choix de ces équations corrobore le résultat obtenu par Mbonayem Liboum et Bobo (2017) portant sur la croissance du Moabi. Ces auteurs ont montré que les combinaisons ayant fourni les plus bas AIC ont été retenues comme potentiellement utilisables dans des modèles prédictifs de la croissance du Moabi.

Dans l'ensemble, la production fruitière est influencée par l'activité photosynthétique des compétiteurs, la densité et le nombre des compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet. Cette influence est plus importante en forêt qu'en milieu agro-forestier du fait de forte densité des individus proches-voisins. Ainsi, pour une production fruitière optimale de *R. heudelotii*, une distance minimale estimée à 10 m entre le compétiteur et l'individu-sujet peut être admise. Enfin, ces paramètres dendrométriques qui associent la hauteur aussi bien des compétiteurs que celle des individus-sujets prédisent le mieux la production fruitière de *R. heudelotii* dans un contexte de compétition pour l'accès à la lumière.

La compétition est beaucoup plus sévère lorsque les compétiteurs et le sujet sont positionnés selon une orientation Est-ouest. Le compétiteur positionné du côté Est empêcherait le passage des rayons au levé du soleil jusqu'à l'individu sujet, jusqu'à ce que les angles d'incidence puissent changer en fonction des mouvements apparents du soleil. Plusieurs chercheurs ont travaillé sur l'influence de la lumière sur le développement de la plante. A titre d'illustration, Evers *et al.* (2006) montrent que la lumière a une influence importante sur le développement architectural des plantes et peut moduler la capacité de débourrement de celles-ci. Chen *et al.* (1997) ont montré qu'une réduction de 40% de la lumière du jour sur trois saisons végétatives consécutives amoindrit la croissance végétative et le développement de la couronne et réduit la biomasse. Pour Rom & Ferre (1984), un retard de floraison de trois ou quatre jours serait dû à une diminution de lumière de 35% entraînant ainsi le gonflement des bourgeons et la chute des pétales. Aussi, une diminution de 35% de l'intensité de la lumière provoque une baisse de croissance de 30% des fruits (Lakso & Corelli



Grappadelli, 1992) et un délai de 2 semaines de l'export du carbone assimilé par le feuillage associé à ces fruits (Corelli *et al.*, 1994). La plupart de ces études traite des effets de la réduction de l'intensité de la lumière. Cependant, très peu d'études s'intéressent à la différence de charge énergétique qu'il pourrait avoir entre le matin et soir et au temps d'exposition aux rayonnements solaires. Toute chose qui donne une compréhension partielle de l'influence de la lumière sur les plantes. Or, une compréhension plus approfondie permettra d'améliorer le développement des plantes et de booster leur rendement.

Ces résultats montrent que la position cardinale des compétiteurs de hauteur supérieure à celle de l'individu-sujet a une influence sur la production fruitière. De ce fait, ils suggèrent la prise en compte de la période d'éclairement ou de l'accès à la lumière des individus-sujets afin de booster leur production.

## **Chapitre IV : Conclusion et perspectives**

#### Chapitre IV. Conclusion, perspectives et recommandations

L'objectif de ce travail était d'étudier l'influence de la compétition interspécifique des espèces arborescentes sur la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) en milieu naturel dans une zone forestière à pluviométrie bimodale. Les données ont été collectées dans deux types d'utilisation des terres, notamment en forêt et en milieu agro-forestier. Ainsi, 13 placettes circulaires ont été installées en forêt et 17 autres en agro-forêt. Bien que la diversité spécifique soit sensiblement égale dans les deux types d'utilisation des terres, on a cependant remarqué que la moyenne des compétiteurs est plus importante en forêt. En forêt tout comme l'agro-forêt, cinq espèces sont récurrentes autour des individus sujets de *R. heudelotii*. Il s'agit de *Pycnanthus angolensis*, *Pterygota macrocarpa*, *Milicia excelsa*, *Ficus thonningii* et *Ficus exasperata*. Cette étude a donc permis de mettre en évidence l'influence de la compétition interspécifique sur la production fruitière.

L'étude a été réalisée dans une zone de transition entre la forêt dense humide semi-décidue et les savanes péri-forestières guinéo-soudaniennes. Dans cette zone, les espèces caractéristiques rencontrées rappellent une avancée de la forêt sur la savane par "effet de rive". Il s'agit pour la plupart des espèces héliophiles pouvant atteindre 50 m de haut. Les résultats obtenus ont montré des valeurs inégalement dispersées de part et d'autre des moyennes des différentes classes de diamètres et des hauteurs. Les hauteurs justifient la compétition imposée aux individus de l'espèce sujet dont la hauteur peut également atteindre 50 m. En plus de la hauteur, la densité des individus, leur diamètre et de leur nombre dans les différentes placettes ainsi que la distance qui sépare les compétiteurs à l'individu sujet sont des éléments dendrométriques qui contribuent de manière significative à cette compétition. Ainsi, la compétition horizontale s'est avérée plus sévère dans les deux types d'utilisations des terres (forêt et agro-forêt), du fait de l'accès à la lumière. Les résultats montrent que cette compétition a une influence certaine sur la production fruitière du *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) dans les deux types d'utilisation des terres, mais beaucoup plus sévère en forêt. Aussi, l'orientation cardinale des compétiteurs influence la production fruitière lorsque les compétiteurs et les sujets sont alignés selon l'axe Est-Ouest. Cette observation a suscité une interrogation sur les paramètres liés à la lumière (quantité, qualité, période d'éclairement, durée d'éclairement) qui pourraient justifier cette influence.

D'après les résultats de cette étude, la compétition est plus importante lorsque les compétiteurs de hauteurs plus grandes sont situés à une distance inférieure à 10 m du sujet.

Aussi, une orientation suivant l'axe Nord-Sud doit être considérée lorsque les compétiteurs auraient une hauteur plus importante que l'individu sujet. Les densités de moins de 150 arbres/ha pour des arbres de hauteur supérieure minimiseraient la compétition, par conséquent auraient une faible influence sur la production fruitière. Pour cela, on pourrait prendre 4 compétiteurs de hauteur plus importante dans des parcelles circulaires de rayon 10 m. L'application de ces paramètres pourrait faciliter l'accroissement du rendement pour des projets de domestication du *R. heudelotii*. Il convient cependant de dire que l'application de ce profil et son appropriation pour la domestication par les paysans ne peut être possible que si ces derniers peuvent dégager des marges bénéficiaires importantes qui puissent satisfaire leurs besoins, comme c'est le cas avec certaines cultures de rente telles que le cacao et le bananier.

Notre étude a ainsi permis de faire une avancée considérable dans la compréhension des éléments qui influencent la production fruitière de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) et qui compromettent son rendement lors des projets agroforestiers. L'ensemble des résultats obtenus a permis de vérifier les principales hypothèses formulées pour l'orientation de ce travail. Ainsi, les individus arborescents au voisinage des individus-sujets de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) lui imposent une compétition interspécifique à travers leurs paramètres dendrométriques (hypothèse 1) ; des individus arborescents au voisinage des sujets producteurs de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) exercent une concurrence qui influence sa production fruitière (hypothèse 2) ; la compétition interspécifique exercée par des individus arborescents au voisinage des individus-sujets de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) ne facilitent pas la production fruitière optimale de ces derniers (hypothèse 3).

Pour des espèces forestières à haute valeur économique, les résultats obtenus sont assez originaux en ce sens qu'ils apportent des éléments nouveaux à la constitution d'un profil sylvicole adapté au milieu forestier tropical où une importante diversité doit coexister. Ces résultats contribuent considérablement à la réussite des projets de domestication ainsi qu'à la compréhension du fonctionnement des forêts tropicales humides.

En termes de perspectives :

- Pour ce qui est de la compétition pour la lumière, de nombreuses études ont été menées sur la germination et la croissance dans des conditions contrôlées. Plusieurs de ces études n'ont pas traité de l'influence que la lumière en matinée pourrait avoir sur les mécanismes biologiques des arbres à l'instar de la production. Ces études devraient donc être

réalisées afin de juguler l'influence de la compétition qui est plus importante lorsque l'orientation cardinale Est-Ouest n'est pas prise en compte.

- Une caractérisation des habitats dans les écosystèmes abritant des individus-sujets doit être faite à travers une étude afin de réduire considérablement la compétition interspécifique dans les sites de production.

- Des études pourraient également se pencher sur l'amélioration des outils d'analyse statistique, notamment les indices de compétition et d'autocorrélation spatiale ainsi que des méthodes d'estimation et de modélisation de la production fruitière par standardisation des paramètres dendrométriques et des caractéristiques de l'habitat.

- Enfin, on pourrait élargir cette étude en interrogeant l'influence que plusieurs autres paramètres biométriques et mêmes environnementaux (couvert forestier, la couverture du sol, biomasse et quantité de carbone) pourraient avoir sur la production fruitière du *Ricinodendron heudelotii* (Baill.). Une telle recherche permettrait alors de compléter l'importante base de données que représente ce travail.

# **Bibliographie**

## Bibliographie

- Abanda Ngonon F., 2013. Exploitation des produits forestiers non ligneux et développement durable des localités riveraines des forêts camerounaises. *Revue Internationale des Sciences Humaines (RISH)*, Presses de l'UCAC (5), pp 1-16.
- Achoundong G., Bonvallot J. et Youta Happi J., 1996. Le contact forêt savane dans l'Est du Cameroun et *Chromolaena odorata* : Considérations préliminaires. In : Prasad U. K., Muniappan R., Ferrar F., Aeschliman J. F. et Forestra H., de. *Distribution, Ecology and Management of Chromolaena odorata*, Guam, Agricultural Experiment Station, University of Guam, Mangilao, publ. N° 202, pp. 99-108.
- Adeola A. O., 1995. The process of Multipurpose tree prioritization for Agroforestry research. In: *Proceeding of Forestry Association of Nigeria (FAN)*. Oduwaiye E.A. (eds.), pp. 235 – 246.
- Adjanohoun J. E. et Ahyi M. R. A., 1991. *Traditional Medicine and Pharmacopoeia : Contribution to Ethnobotanical and Floristic Studies in Western Nigeria*, OAU Scientific Technical and Research Commission
- Akpovo A. H., Fandohan A. B. et Djossa Agossou B., 2022. Conservation et gestion durable de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel : connaissances, lacunes et perspectives. *Sciences and Technologies for Sustainable Agriculture*, 2 (1), pp. 1-17.
- Aléné D., Messi J. et Quilici S., 2005. Quelques aspects de la biologie de *Diclidophlebia xuani* Messi et al. (Hemiptera : Psyllidae), ravageur de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) (Euphorbiaceae) au Cameroun. *Fruits*, 60, p. 279–287
- Allié E., 2016. *Assemblage des communautés d'arbres à une échelle locale en forêt tropicale : Apport d'une approche intégrative*. Thèse, Université de la Guyane, Guyane, 232p
- Ambe G.-A., 1997. *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Pax. Herb. Horti Bot. Nat. Belg. (BR). 223. Côte d'Ivoire
- Amougou Akoa., 1989.- La notion de profil de stratification de référence en milieu forestier tropical. *Ed. Candollea*. pp 44, 191-198.
- Andel T. V., 2006. Les produits forestiers autres que le bois d'œuvre : la valeur des plantes sauvages. Wageningen, Pays-Bas : Agromisa et CTA.
- Anselin L., 1995. Local indicators of spatial association—LISA. *Geogr. Anal.* (27), pp. 93–115.

- Asseng Zé, 2008. Gestion durable des produits forestiers non ligneux dans la concession forestière de PALLISCO : Etude pilote sur les techniques d'exploitation forestière. FAO. 10 p
- Aubreville A., 1962. Savanisation tropicale et glaciation quaternaires. *Adansonia*, 2, (1). pp. 16-84
- Bais H. P., Walker T. S., Stermitz F. R., Hufbauer R. A., Vivanco J. M., 2002. Enantiomeric-dependent phytotoxic and antimicrobial activity of ( $\pm$ ) catechin. A rhizosecreted racemic mixture from spotted knapweed. *Plant Physiology*, 128. Pp. 1173-1179
- Begon M., Harper J.L., and Townsend C.R., 1996. Ecology : individuals, populations and communities. *Blackwell Publishing*, Oxford, 1068 p
- Bertrand E. M., Saito M. A., Lee P. A., Dunbar R. B., Sedwick P. N. et Di Tullio G. R., 2011. Iron limitation of a springtime bacterial and phytoplankton community in the Ross Sea : implications for vitamin B12 nutrition. *Frontiers in Microbiology*, 2. pp. 1 - 12
- Bibani Mbarga R., Jonkers W. B. J. et Essama Etoundi J., 1999. Phénologie de 86 essences productrices de bois d'œuvre de la forêt dense humide sempervirente du Sud-Cameroun : Résultats préliminaires. FORAFRI, 16p
- Birnbaum P., 2017. Spatialisation de la diversité et de la structure : un enjeu pour la conservation des forêts tropicales. Diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches, CIRAD-CNRS-INRA-IRD-Université Montpellier. 91 p.
- Blanc L., Flores O., Molino J. F., Gourlet-Fleury S., Sabatier D., 2003. Diversité spécifique et regroupement d'espèces arborescentes en forêt guyanaise. *Revue Forestière Française*, 55, pp. 131 – 146.
- Blanchard E., 2016. Diversité structurale des forêts denses humides de la Province Nord de Nouvelle-Calédonie : de l'arbre au paysage. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, 303 p.
- Bocquier G., Muller J. P. et Boulange B., 1984. Les latérites. Connaissances et perspectives actuelles sur les mécanismes de leur différenciation. in Livre jubilaire du Cinquantenaire, *Afes*, Paris. pp 123-138.
- Bohlman S., Pacala S., 2012. A forest structure model that determines crown layers and partitions growth and mortality rates for landscape-scale applications of tropical forests. *Journal of Ecology*, 100. pp. 508-518
- Bonnehin L., 2000. Domestication paysanne des arbres fruitiers forestiers. Cas de *Coula edulis* Bailll., *Olacaceae* et de *Tieghmella heckelii* pierre ex, A. chev., *Sapotaceae*,



- autour du Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat. Université de Wageningen, Wageningen, Pays-bas. 139p.
- Botkin D. B., Douglas W. A. et Nisbet R. A., 1991. Kirtland's warbler habitats : A possible early indicator of climatic warming. *Biological Conservation* 56, (1). pp. 63-78
- Brahic E. et Terreaux J. P., 2009. Evaluation économique de la biodiversité : Méthodes et exemples pour les forêts tempérées. *Editions Quae*, France.
- Brooker R. W., Maestre F. T., Callaway R. M., Lortie C. L., Cavieres L. A., Kunstler G., Liancourt P., Tielbörger K., Travis J. M. J., Anthelme F., Armas C., Coll L., Corcket E., Delzon S., Forey E., Kikvidze Z., Olofsson J., Pugnaire F., Quiroz C. L., Saccone P., Schiffers K., Seifan M., Touzard B. et Michalet R., 2008. Facilitation in plant communities : the past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 96. pp. 18-34
- Brown S. et Pearson T., 2005. Exploration du potentiel de séquestration du carbone dans les forêts classées de la République de Guinée. Guide de Mesure et de Suivi du Carbone dans les Forêts et Prairies Herbeuses, *Winrock International*. 39p.
- Brown S., Jiangming Mo, McPherson J. K. et Bell D. T., 1996. Decomposition of woody debris in Western Australian forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 26 (6).
- Carrière, 2003. Les orphelins de la forêt : Pratiques paysannes et écologie forestière (Ntumu, Sud-Cameroun), *Ed. IRD*. 374 p.
- Chandrasekharan C., 1995. Terminology, definition and classification of forest products other than wood. pp. 345-380. In : Report of the International expert consultation on non-wood forest products. Yogyakarta, Indonesia. 17-27 January 1995. Produits forestiers non ligneux No. 3, FAO. Rome. 465 p.
- Chase J. M. et Leibold M. A., 2003. Ecological niches : linking classical and contemporary approaches. *University of Chicago Press*, Chicago, IL, US.
- Chen K., Hu G. Q. et Lenz F., 1997. Biomass partitioning in apple trees as affected by training, shading and fruiting. *Gartenbauwissenschaft*, 62. pp. 162-168
- Chisholm R. A. et Pacala S. W., 2010. Niche and neutral models predict asymptotically equivalent species abundance distributions in high-diversity ecological communities. Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, *Princeton, NJ 08544*, 107 (36). pp. 15821–15825
- Clark L. E., Sunderland T. C. H., 2004. The Key Non-Timber Forest Products of Central Africa: State of the Knowledge. Technical Paper No. 122, SD Publication Series

- Condit R., Ashton P. et Baslev H., 2005. Tropical tree  $\alpha$ -diversity : results from a worldwide network of large plots. *Biol Skrif*, 55 : pp. 565–582
- Condit R., Chisholm R. A et Hubbell S. P., 2012. Thirty Years of Forest Census at Barro Colorado and the Importance of Immigration in Maintaining Diversity. *PLoS ONE* 7 (11). pp. 1-6
- Corelli Grappadelli L., Lakso A. N. et Flore J. A., 1994. Early season patterns of carbohydrate partitioning in exposed and shaded apple branches. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119. pp. 596-603
- Dajoz R., 1971. Précis de l'Ecologie. Paris Dunod, (2<sup>ème</sup> édition), 434 p.
- Dan Guimbo I., Larwanou M., Mahamane A. et Ambouta K. J-M., 2012. Production fruitière de *Neocarya macrophylla* Prance espèce ligneuse alimentaire du Niger, *Journal of Applied Biosciences*, 60, pp. 4388– 4393
- Danthu P., Roussel J. et Neffati M., 2003. La graine et la germination d'*Acacia raddiana*, un arbre au désert : pp. 265-283.
- Darwin C., 1859. The Origin of Species. Modern Library, New York.
- Devineau J.-L., 1984. Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'ouest-africain (Côte-d'Ivoire). Thèse, Université Paris VI, 160 p.
- Djaha Akadjé J. B. et Gnahoua G. M., 2014. Contribution à l'inventaire et à la domestication des espèces alimentaires sauvages de Côte d'Ivoire : Cas des Départements d'Agboville et d'Oumé. *J. Appl. Biosci*, 78. pp. 6620 – 6629.
- Djeugap Fovo J., 2013. Contraintes de germination et diagnostic moléculaire des champignons associés aux maladies chez *Ricinodendron heudelotii* au Cameroun. Thèse de Doctorat PhD, Université Laval, Québec, 188p.
- Djeugap Fovo J., Bernier L., Dostaler D., Khasa D., Fontem D.A. et Nwaga D., 2013. Opportunités et contraintes agroforestières de *Ricinodendron heudelotii* au Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(1) pp. 344-355
- Donfagsiteli Tchinda N., Fotso S. and Omokolo Ndoumou D., 2007. Morpho-physical Variation of Fruits and Impact on Almond Production of Djansang (*Ricinodendron heudelotii* (Baill.)) In West and Centre of Cameroon. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 2838-2843.
- Donfagsiteli Tchinda N., 2009. Biodiversité des fruits et morphogénèse in vitro chez *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) (Euphorbiacées). Thèse Doctorat/PhD, Université de Yaoundé 1. 139p.

- Donfagsiteli Tchinda N., Mbita Messi H. J. C., Fotso, Nzweundji G., Tsabang N., Dongmo B., Doungous O., Tarkang P. A., Caver A. et Omokolo Ndoumou D., 2013. Improving propagation methods of *Ricinodendron heudelotti* (Baill.) from cuttings. *South African Journal of Botany*, 88. pp. 3 – 9.
- Dossou M. E., Loughbégnon O. T., Houessou G. L., Teka S. O. et Tente A. H. B., 2012. Caractérisation phytoécologique et structurale des groupements végétaux de la forêt marécageuse d'Agonvè et de ses milieux connexes au Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 53. pp. 3821 – 3830
- Dowsett-Lemaire F., 1996. Composition et évolution de la végétation forestière au parc national d'Odzala, Congo. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 65. pp. 253 – 285.
- Drainville L., 1996. Évaluation du potentiel d'exploitation des ressources forestières non traditionnelles : pièces de bois aux formes utilitaires et décoratives, spores de lycopes, feuilles de thé et gomme d'épinette. Projet N°1109. Programme essais, expérimentation et transfert technologique en foresterie. Métairie du Druide. Québec, Canada : Service d'extension en foresterie de l'est du Québec
- Durrieu de Madron L. et Daumerie A., 2004. Diamètre de fructification de quelques essences en forêt naturelle centrafricaine. *Bois et forêts des tropiques*, 281 (3), pp 88 – 95.
- Duyck P. -F, 2005. Compétition interspécifique et capacités invasives. Le cas des *Tephritidae* de l'île de La Réunion. Thèse de Doctorat, Université de La Réunion. 103 p.
- Eba'a Atyi R., Devers D., Wasseige C. et Maisel F., 2008. État des forêts d'Afrique centrale : synthèse sous régionale. In : Hall J. et *al.*, eds. *Les forêts du Bassin du Congo : état des forêts*. Luxembourg : *Office des Publications de l'Union européenne*, pp. 17-44.
- Eba'a Atyi R., Hiol Hiol F., Lescuyer G., Mayaux P., Defourny P., Bayol N., Saracco F., Pokem D., Sufo Kankeu R. et Nasi R., 2022. *Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2021*. Bogor, Indonésie : CIFOR.
- Eloy C., Fournier M., Lacoïnte A. et *al.*, 2017. Wind loads and competition for light sculpt trees into self-similar structures. *Nat Commun* 8, 1014. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00995-6>
- Elton C. S., 1927. *Animal ecology*, London, *Sidgwick et Jackson*.
- Endele P. P., 2012. Influence de l'anthropisation sur la dynamique et la diversité des espèces ligneuses dans les marécages de la ville de Yaoundé et ses environs. Mémoire Master, Université de Yaoundé I. 78 p.

- Evers J. B., Vos J., Andrieu B. et Struik P. C., 2006. Cessation of tillering in spring wheat in relation to light interception and red : far-red ratio. *Annals of Botany*, 97. pp. 649-658
- Falconer J., 1990. The mayor significance of « minor » forest products. Rome, Italie, Fao, Community Forestry Note 6, 232 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2008. "Soaring Food Prices ; Facts, perspectives, impacts and actions required. Background paper prepared for the Highlevel conference on World Food Security : The Challenges of Climate Change and Bioenergy, Rome, June 3-5.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2003 : Produits forestiers non ligneux. Division des produits forestiers. FAO Rome, 15p. [www.fao.org/forestry/site/6388/fr](http://www.fao.org/forestry/site/6388/fr)
- Fétéké F., Fayolle A., Dainou K., Bourland N., Dié A., Doucet J.-L. et Beeckman H., 2016. Variations saisonnières de la croissance diamétrique et des phénologies foliaire et reproductive de trois espèces ligneuses commerciales d’Afrique centrale. *BOIS ET Forêts des tropiques*, 330 (4). Pp 4 -21.
- Fereday N., Gordon A. et Oji G., 1997. Domestic market potential for tree products from farms and rural communities : experience from Cameroon. Natural Resources Institute : The University of Greenwich, *NRI Socio-economic Series* 13. 36p
- Fondoun J. -M., Tiki Manga T. et Kengue J., 1999. “*Ricinodendron heudelotii* (Djansang): ethnobotany and importance for forest dwellers in Southern Cameroon.” *Plant Genetic Resources Newsletter*, 117, pp1-11.
- Fournier F. et Sasson A., 1983. Ecosystèmes Forestiers Tropicaux d’Afrique. ORSTOM/UNESCO. Paris. France. 473p.
- Gauss G. F., 1934 : *The Struggle for Existence*. The Williams and Williams Company, Baltimore.
- Gillet J.-F., 2013. Les forêts à Maranthaceae au sein de la mosaïque forestière du Nord de la République du Congo : origines et modalités de gestion. Thèse de doctorat, Université de Liège – Gembloux Agro – Tech, 194p.
- Gimonneau G., 2010. Bio-écologie de la spéciation : partage de la niche écologique chez deux espèces naissantes d’anophèles au Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 197 p.
- Geary R. C., 1954. The contiguity ratio and statistical mapping, *The Incorporated Statistician*, 5, pp. 115-145.

- Glèlè Kakaï R., Bonou W. et Lykke A. M., 2016. Approche méthodologique de construction et d'interprétation des structures en diamètre des arbres. *Annales des Sciences Agronomiques - spécial Projet Undesert-UE*, 20. pp. 99-112
- Gómez-Baggethun E. et *al.*, 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice : From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics* 69 (6), pp. 1209-1218
- Gourlet-Fleury S., 1998. Indices de compétition en forêt dense tropicale humide : étude de cas sur le dispositif sylvicole expérimental de Paracou (Guyane française). *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 55 (6), pp. 623-654.
- Grall J. et Hily C., 2003. Traitement des données Stationnelles (faune). IUEM(UBO)/LEMAR FT-10-01.doc 1-10.
- Grinnell J., 1917. The niche relationships of the California Thrasher. *Auk*, 34, pp. 427–433.
- Guillaumet J., L. et Kahn F., 1979. Description des végétations forestières tropicales. Approche morphologique et structurale. *Candollea*, 34 (1). pp. 109-131.
- Gulra M. et Zongo J.-D., 2002. Evaluation de la production d'une population de karité, *Vitellaria paradoxa* (Gaertn.f) (Sapotaceae) au Burkina Faso. *Bulletin de la Recherche Agronomique*. 38, pp16 – 25.
- Gusua Caspa R., Biloso A., Akalakou C., Mafolo J., Tsobeng A., Kouodiekong L. et Tchoundjeu Z., 2014. Nursery substrates and provenances influence rooting performance of juvenile, single-node vine cuttings of *Gnetum africanum* Welw. (Gnetaceae). *Afrika focus, Special Agroforestry Issue*, 27. pp. 7-21
- György Barabás, D'Andrea R. et Maccracken Stump S., 2016. Chesson's coexistence theory. *Ecological Monographs*, 61p.
- Högberg P., 1982. Mycorrhizas in Zambian trees in relation to host taxonomy, vegetation type and successional patterns. *J. Ecol.* 74. pp. 775-785
- Hounsou-Dindin G., Gbedomon R. C., Salako Kolawolé V., Adomou A. C., Assogbadjo A. et Glele Kakaï R., 2022. Use and socio-economic values of *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) Pierre, a wild oil species in Benin. *Int. J. Biodivers. Conserv.* 14(1), pp. 14-25
- Hubbell S. P., 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton : *Princeton University Press*, 375 p.
- Hubbell S. P., 2005. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Funct. Ecol.*, 19. pp. 166–172.

- Hutchinson G. E., 1957. Concluding remarks. Population studies : animal ecology and demography. *Cold Springs Harbor Symposia on Quantitative Biology* (22), pp. 415–427.
- Ikati Lisongi B., 2011. Analyse comparative des techniques de mesure de diamètre des arbres. Master Eaux et Forêts, Université de Kinshasa, 42p.
- Ingram V., Ndoye O., Iponga D.M., Tieguhong J. C., Nasi R., 2012. Non-timber forest products: contribution to national economy and strategies for sustainable management In: de Wasseige C., de Marcken P., Bayol N., Hiol Hiol F., Mayaux Ph., Desclée B., Nasi R., Billand A., Defourny P. and Eba'a Atyi R. 2012 The forests of the Congo basin-state of the forest 2010. Publications Office of the European Union. Luxembourg. 276 p. ISBN: 978-92-79-22716-5, doi:10.2788/47210
- Jaouen G., 2007. Etude des stratégies biomécaniques de croissance des jeunes arbres en peuplement hétérogène tropical humide. Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy I. 218 p.
- Katende A. B., Birnie, A. and Tengna, S. B., 1995. Useful Trees and Shrubs for Uganda: Identification, Propagation, and Management for Agricultural and Pastoral Communities. Regional Soil Conservation Unit, Nairobi. 4:45-73.
- Kimura M., 1989. The neutral theory of molecular evolution and the world view of the neutralists. *Genome*, 31. pp. 24-31
- Kindt R. et Coe R., 2005. Tree diversity analysis : A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies
- Kouamé N'Dri M. –T., Gnahoua G. M. et Mangara A., 2012. Essais de germination de *Ricinodendron heudelotii* (Euphorbiaceae) dans la région du fromager au centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 56, pp. 4133– 4141
- Kouyatè A. M., Nacoulma B. M. I., Lykke A. M. et Thiombiano A., 2016. Estimation de la production fruitière des espèces ligneuses alimentaires en Afrique sub-saharienne. *Annales des Sciences Agronomiques.* 20, pp. 69 – 78
- Kouyatè A. M., Van Damme P. et Diawara M., 2006. Évaluation de la production en fruits de *Detarium microcarpum* Guil. & Perr au Mali. *Fruits* 61, pp. 267-272.
- Kunstler G., Albert C.H., Courbaud B., Lavergne S., Thuiller W. et Vieilledent G., 2011. Effects of competition on tree radial-growth vary in importance but not in intensity along climatic gradients. *Journal of Ecology*, 99, pp. 300–312.

- Laird S. A., 1999. The Management of Forests for Timber and Non-Wood Forest Products in Central Africa. Non-Wood Forest Products of Central Africa : current research issues and prospects for conservation and development. Sunderland T. C. H., Clark L. E. and Vantomme P. Rome, FAO. pp. 51-60.
- Laird S. A. et Betafor M., 1997. Medicinal Plants of the Limbé Botanic Garden. Limbé, 11 (2) pp. 47-58.
- Lakso A. N. et Corelli Grappadelli L., 1992. Implications of pruning and training practices to carbon partitioning and fruit development in apple. *Acta Horticulturae*, 322. pp. 231-239.
- Lamarre G. P. A., Héroult B., Fine P. V. A., Vedel V., Lupoli R., Mesones I. et Baraloto C., 2016. Taxonomic and functional composition of arthropod assemblages across contrasting Amazonian forests. *Journal of Animal Ecology*, 85. pp. 227–239
- Lamien N., Ouédraogo S. J., Diallo O. B. et Guinko S., 2004. Productivité fruitière du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. C.F., Sapotaceae) dans les parcs agroforestiers traditionnels au Burkina Faso. *Fruits*, 2004, vol. 59, p. 423–429.
- Lamien N., Tigabu M., Guinko S. et Oden Per C., 2007. Variations in dendrometric and fruiting characters of *Vitellaria paradoxa* populations and multivariate models for estimation of fruit yield. *Agroforestry Systems*. 69, pp. 1-11.
- Lamotte M., 1979. La niche écologique, des concepts théoriques aux utilisations pratiques. *Terre Vie, Rev. Ecol.*, 33. pp. 12p.
- Lavorel S., Colloff M.J., McIntyre S., Doherty M. D., Murphy H. T., Metcalfe D. J., 2015. Ecological mechanisms underpinning climate adaptation services. *Global change Biology*, 21, pp. 12–31.
- Le Bec J., Courbaud B., Le Moguédec G. et Péliissier R., 2015. Characterizing tropical tree species growth strategies : learning from inter-individual variability and scale invariance. *PLoS ONE*, 10, e0117028.
- Lemmens R.H.M.J., Louppe D. et Oteng-Amoako A.A., 2008. Bois d'œuvre 2. *Prota*. 197 p.
- Leonard J., 1961. “*Ricinodendron* Mull. Arg.” *Bulletin du Jardin Botanique, Bruxelles* 31, pp. 396-401.
- Lescure J. P., 1996. Étude « coût incrémental » et protection de la biodiversité. Bondy, France : ORSTOM.
- Letouzey R., 1985. Notices de la carte phytogéographique du Cameroun 1: 500 000. Domaine de la forêt dense semicaducifoliée. IRA-ICIV.

- Lisingo wa Lisingo J., 2016. Organisation spatiale de la diversité spécifique d'arbres en forêt tropicale dans le bassin nord-est de la Cuvette Centrale Congolaise. Thèse Doctorat, Université de Kisangani. 207 p.
- Lubini C. A., 1995. Biodiversity in secondary forests of Zaïre. Uses, status and conservation problems. Proceedings of Conference held at the National Museum of Kenya, Nairobi, pp. 63-68.
- Maitre d'Hôtel E., Pelegrin F., 2012. Les valeurs de la biodiversité : un état des lieux de la recherche française. Rapport FRB, série expertise et synthèse, 48 pages
- Madelaine-Antin C., 2009. Dynamique des peuplements forestiers tropicaux hétérogènes : variabilité inter et intraspécifique de la croissance des arbres et trajectoires de développement en forêt dense humide sempervirente, dans les Ghâts occidentaux de l'Inde. Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc, 204p.
- Manirakiza D., 2007. Etude de la consommation d'Irvingia spp. (Mangue sauvage) et *Ricinodendron heudelotii* (Njansang) à Yaounde et Libreville, Rapport final. CIFOR/Afrique Central, 29p.
- Mapongmetsem P. M. et Tchiengang C., 1996. Nature's gifts : improving trees and shrubs around the world. *Ricinodendron heudelotii* in Cameroon. *Agroforestry Today*, 8, pp. 18-19.
- Mapongmetsem P. M., Duguma B. et Nkongmeneck B. A., 1998. Domestication of *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) in the humid lowlands of Cameroun. Actes du 2<sup>ème</sup> Séminaire Safou du 3 au 5 décembre 1996 à Ngaoundéré (Kapseu C. et Kayem G. J. eds.) Presses universitaires du Cameroun, Yaoundé, pp. 25-34.
- Matthews T. J. et Whittaker R. J., 2014. Neutral theory and the species abundance distribution : recent developments and prospects for unifying niche and neutral perspectives. Ecology and Evolution published by *John Wiley & Sons Ltd*, 15p.
- Mbarga Bindzi M.-A., Lacoste A., Amougou Akoa et Biye E. H., 2005. Phénologie florale dans une jeune forêt secondaire hygrophile du Cameroun, *Acta Botanica Gallica*, 152 (1). pp. 25-43
- Mbarga Bindzi M.-A., Mbock G., Biye E. H., Kono L. D., Essono D. M., 2017. Seasonal fruiting peak and biometric characteristics of fruits of *Ricinodendron heudelotii* var. *africanum* (Müll.Arg) (Euphorbiaceae) in agro-ecological wetlands of Cameroon. JECET. 6 (3), pp101-116



- Mbaye E. et Badiane S. D., 2019. Circulation des produits forestiers non-ligneux à Dakar : Logiques et fonctionnement des filières de *Detarium senegalense* et *Saba senegalensis* », *Géocarrefour*, 93 (2). DOI: 10.4000/geocarrefour.13518
- Mbolo M., 2006. Les perspectives de la certification des produits forestiers non ligneux en Afrique Centrale. Yaoundé, Cameroun : FAO.
- Mbonayem Liboum et Bobo K. S., 2017. Analyse de l'effet de la concurrence végétale sur la croissance du Moabi en forêt dense tropicale perturbée de l'Est – Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(6) : pp. 2671-2692.
- Mbosso C. 2007. Enjeux sociaux de l'évolution du système de commercialisation du Njansang (*Ricinodendron heudelotii*) dans le Sud Cameroun : cas du village Epkwassong. Mémoire Master, Institut Universitaire d'études du développement, Genève. 50 p.
- Mbow C., Michel M., Verstraete Bienvenu S., Amadou T. D. et Henry N., 2013. Allometric models for above ground biomass in dry savanna trees of the Sudan and Sudan–Guinean ecosystems of Southern Senegal. *J. For. Res.*, 19 : 340–347.
- Moravie M.-A., Durand M. et Houllier F., 1999. Ecological meaning and predictive ability of social status, vigour and competition indices in a tropical rain forest (India). *Forest Ecology and Management*, 117, pp. 221-240.
- Moran P. A. P., 1950. A test for serial dependence of residuals, *Biometrika*, 37, pp. 178-181.
- Morel H., 2013. Dynamique de croissance radiale saisonnière et annuelle des arbres en forêt tropicale humide guyanaise. Th. Doct. Sciences de la vie, Université des Antilles et de la Guyane. 296 p.
- Moupela C., 2013. Ecologie, dynamique des populations et intérêts économiques du noisetier d'Afrique (*Coula edulis* Baillll.) au Gabon. Thèse de Doctorat, Université de Liège – Gembloux AGRO-BIO TECH. 141 p.
- Muller J. P., 1987. Analyse pétrologique d'une formation latéritique meuble du Cameroun. Essai de traçage d'une différenciation supergène par les paragenèses minérales secondaires. Th. Doct. Es Sci. nat., Univ. Paris-VII.
- Narloch U., Pascual U. et Drucker A.G., 2012. Collective action dynamics under external rewards : experimental insights from Andean farming communities. *World Development* 40 (10). pp. 2096-2107.
- Ndamiyehe Ncutirakiza J.-B, Lejeune P., Gourlet-Fleury S., Fayolle A., Ndjele Mianda-Bungi L. et Ligot G., 2020. Quantifier les dimensions des houppiers à l'aide d'images

- aériennes à haute résolution pour estimer l'accroissement diamétrique des arbres dans les forêts d'Afrique centrale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 343. pp. 67-81.
- Ndoye O. et Chupezi Tieguhong J., 2004. Forest resources and rural livelihoods : The conflict between timber and nontimber forest products in the Congo Basin. *Scandinavian Journal of Forest Resources*, 19 (4). pp. 36-44.
- Ndoye O., Ruiz Perez M. R. et Eyebe A., 1997. The markets of non-timber forest products in the humid forest zone of Cameroon. Rural Development Forestry Network, 22 (c). pp. 25.
- Ndumbe L. N., Ingram V., Tchamba M. et Nya S., 2019. From trees to money : the contribution of njansang (*Ricinodendron heudelotii*) products to value chain stakeholders' financial assets in the South West Region of Cameroon. *Forests, Trees and Livelihoods* 28 (1). pp. 52- 67.
- Ngo Bieng M., 2007. Construction de modèles de structure spatiale permettant de simuler des peuplements virtuels réalistes. Application aux peuplements mélanges chêne sessile - pin sylvestre de la région centre. Thèse Doctorat, ENGREF (AgroParisTech), Centre de Paris. 209p.
- Ngo Mpeck M. L., Asaah E., Tchoundjeu Z. et Atangana A. R., 2003. Strategies for the domestication of *Ricinodendron heudelotii*: Evaluation of variability in natural populations from Cameroon. *Food, Agriculture & Environment* 1 (3&4). pp. 257-262.
- Ngono L. D. et Ndoye O., 2004. Njansang and bush mango : Cameroonian seeds in national and international markets. In C Lopez & P. Shanley eds. Riches of the forests : for health life and spirit in Africa. pp. 21-24.
- N'Guessan O. Y., N'Guessan A. E., Egnankou W. M., Sangare M. et N'Guessan K. E., 2018. Structure et composition de la végétation en zone sub-soudanaise (Département de Dianra, Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire) : étude descriptive et comparative. *Afrique Science* 14 (2), pp. 304 – 315.
- Noubissie E., Chupezi J., Ndoye O., 2008. Analyse des aspects socio-économiques des produits forestiers non-ligneux (PFNL) en Afrique Centrale. Document de projet GCP/RAF/398/GER « Renforcement de la sécurité alimentaire en Afrique Centrale à travers la gestion et l'utilisation durable des produits forestiers nonligneux ». FAO.
- Nshimba S.-M., 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, R. D. Congo. Thèse, Université Libre de Bruxelles, 272 p.

- Ntamag Ndjebet C., 1997. Spatial distribution of non timber forest product collection : a casestudy of South Cameroon. Wageningen Agricultural University (department of forestry). 65p
- Nusbaumer L., Gautier L., Chatelain C. et Spichiger R., 2005. Structure et composition floristique de la Forêt Classée du Scio (Côte d'Ivoire). Etude descriptive et comparative. *Candollea*, 60. pp. 393-443.
- Obame Engone J.-P., 2015. Structure spatiale et dispersion des communautés d'arbres en forêt tropicale humide du Gabon : rôle des facteurs édaphiques et du gradient de chablis. Thèse Doctorat PhD, Université Laval, Québec, Canada. 169p.
- Orme C. D. L., Davies R. G., Burgess M., Eigenbrod F., Pickup N., Olson V. A., Webster A. J., Ding Tzung-Su, Rasmussen P. C., Ridgely R. S., Stattersfield A. J., Bennett P. M., Blackburn T. M., Gaston K. J. et Owens I. P. F., 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature*, 436. pp. 1016 – 1019.
- Orwa C, Mutua A., Kindt R., Jamnadass R, Simons A. 2009. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0 (<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>).
- Ouédraogo I., Nacoulma B. M. I., Ouédraogo O., Hahn K. et Thiombiano A., 2014. Productivité et valeur économique des calices de *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet en zone soudanienne du Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques*, 319 (1). pp. 31-41.
- Oyefesobi M. O. 1983. Nutrient dynamics prior to leaf abscission in some deciduous forest trees. *Forestry Abstracts*, 44. pp. 609.
- Perez M. R. et Ndoye O. 1999. Marketing of non-wood forest products in the humid forest zone of Cameroon. *Unasylva*, 198. pp. 12-19.
- Perry R. I., Cury P., Brander K., Jennings S., Möllmann C. et Planque B., 2010. Sensitivity of marine systems to climate and fishing : Concepts, issues and management responses. *Journal of Marine Systems*, 79 (3–4). pp. 427–35.
- Plenderleith K., 1997. *Ricinodendron heudelotii*: a state of knowledge study undertaken for the central African region program for the environment. *Oxford Forestry Institute* 44p.
- Pocheville A., 2010. La niche écologique : concepts, modèles, applications. Thèse de Docteur, Ecole Normale Supérieure, 165 p.
- Pocheville A., 2011. La niche écologique : histoire et controverses récentes. In les mondes darwiniens : L'évolution de l'évolution. Collection Sciences & philosophie, *Éditions Matériologiques*, (2). pp. 793 – 829.

- Pommerening A., 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75 (3), pp. 305-324.
- Purves D. W. et Turnbull L. A., 2010. Different but equal : the implausible assumption at the heart of neutral theory. *Journal of Animal Ecology*, 79. pp. 1215-1225
- Réjou-Méchain M., 2009. Origines de la structuration spatiale des communautés d'arbres en forêt tropicale. Approches multi-échelles en Afrique centrale. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, 214 p.
- Ricklefs R. E. et Miller G. L., 2005. Écologie. De Boeck S. Laecier, D.B.& ed. *De Boeck Supérieur*, Bruxelles, 858 pp.
- Robert A., 2001. Modélisation de l'effet de la topographie sur la dynamique et la structure de peuplements forestiers hétérogènes. Ph.D. Thesis. Université Claude Bernard, Lyon.
- Rom C. R. et Ferree D. C., 1984. Spur leaf characteristics of nine apple cultivars. *Fruit Varieties Journal*, 38. pp. 2–5.
- Rondeux J., 1982. La mesure de la hauteur des arbres au moyen d'un clinomètre. In Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique. *Société Royale Forestière de Belgique*, 89 (2). pp. 57-62.
- Saj S., Jagoret P. et Todem Ngogue H., 2013. Carbon storage and density dynamics of associated trees in three contrasting Theobroma cacao agroforests of Central Cameroon, (3). 9 p
- Scholes R. et Archer S., 1997. Tree-grass interactions in savannas. Annual review of ecology and systematics 28. pp. 517-544.
- Shackleton C. M., Botha J. et Emanuel P. L., 2003. Productivity and abundance of *Sclerocarya birrea* subsp. caffra in and around rural settlements and protected areas of the Bushbuckridge lowveld, South Africa. *Forests, Trees and Livelihoods*, 13, 217–232.
- Shiembo P. N., 1994. Domestication of multipurpose tropical plants with particular reference to *Irvingia gabonensis* (Baill.), *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) and *Gnetum africanum* Welw., MSc. thesis, Univ. Edinburgh, UK, 124p.
- Sieglstetter R., Hahn K. et Wittig R., 2011. The use of woody species in northern Benin. *Flora Vegetatio SudanoSambesica*, (14). pp 19-23.
- Simons A. J. et Leakey R. R. B., 2004. Tree domestication in tropical agroforestry. *Agroforestry Systems*, 61. pp. 167–181.

- Souris M. et Demoraes F., 2019. Amélioration des indices d'autocorrélation spatiale, des méthodes d'estimation et de modélisation spatiale par standardisation sur la distance. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 8, pp. 1-11.
- Steneker G. A. et Jarvis J. M., 1963. A preliminary study to access competition in a white spruce-trembling aspen stand. *Forest Chronicle*, 39. pp. 334 - 336.
- Tabarant P., 2007. Stratégies de croissance en hauteur des jeunes arbres héliophiles en couvert dense tropical Ajustement du fonctionnement hydraulique et mécanique. Mémoire de Master, Université Pierre et Marie Curie. 62p
- Tabuna H., 2000. Evaluation des échanges des produits forestiers non ligneux entre l'Afrique Subsaharienne et l'Europe. FAO et CARPE, Rome.
- Tabuna H., 2007. Exportation des Produits Forestiers Non Ligneux et des produits agroforestiers camerounais sur le marché sous régional et international : Cas des produits ciblés par l'ICRAF et les paysans pour la domestication (sous presse).
- Tchawa P., 2012. Le Cameroun : une « Afrique en miniature ? », *Les Cahiers d'Outre-Mer*, N° 259, p. 319-338
- Tchoundjeu Z. et Atangana A.R., 2007. *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel. In: van der Vossen, H.A.M. et Mkamilo, G.S. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- Tchoundjeu Z., Asaah E., Anegbeh P. O., Degrande A., Mbile P., Facheux C., Tsobeng A., Atangana A. R. et Ngo-Mpeck M. L., 2006. Putting participatory domestication into practice in West and Central Africa. *Forests, Trees and Livelihoods*, 16. pp. 53- 70.
- Temgoua L. F., Dongmo W., Nguimdo V., Nguena C., 2018. Diversité ligneuse et stock de carbone des systèmes agroforestiers à base de Cacaoyers à l'Est Cameroun. *J. Appl. Biosci.*, 122. pp. 12274 – 12286.
- Temgoua L. F., Momo Soléfack M. C. et Boucheké R. K., 2019. Diversité Floristique des Ligneux des Systèmes Agroforestiers Cacaoyers du Littoral Cameroun : Cas de l'Arrondissement de Loum. *European Scientific Journal*, 15 (9). pp. 1857 – 7881
- Tonga Ketchatang P., Zapfack L., Kabelong Banoho L.-P.-R. et Endamana D., 2017. Disponibilité des produits forestiers non ligneux fondamentaux à la périphérie du Parc national de Lobeke. *VertigO*, 17 (3). 20 p.

- Turgeon M., 2003. Aperçu des produits forestiers non ligneux (PFNL). Québec, Canada : Direction du Développement de l'Industrie des Produits forestiers, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs.
- Uriarte M., Condit R., Canham C. D. et Hubbell S. P., 2004. A spatially explicit model of sapling growth in a tropical forest : Does the identity of neighbours matter ? *Journal of Ecology*. 92, N° 2. pp. 348-360.
- Uwalaka N. O., Oseni O. M., Olatunji O. A., Rufai A. B. et Ajao A. A., 2022. A floristic assessment of woody plant diversity in secondary forest, ile-ife nigeria: a proactive step to monitoring the diversity loss and degradation. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 26 (4), pp 579 – 588.
- Valencia R. H., Balslev H., Mino G. P. Y., 1994. High tree alpha-diversity in amazonian Ecuador. — *Biodiversity and Conservation*, 3 (1). pp. 21-28
- Van Hecken G. et Bastiaensen J., 2010 : Payments for ecosystem services : justified or not ? A political view. *Environmental Science & Policy* 13 (8). pp. 785-792.
- Vandermeer J. H. et Goldberg D. E., 2013. Population Ecology : first principles, 2<sup>nd</sup> ed. *Princeton University Press*. 288p
- Vivien J. et Faure J. J., 1996. Fruitières sauvages d'Afrique : espèces du Cameroun. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA) et Ministère Français de la Coopération, 416 p.
- Wagner M., Scherer C., Alvarez-Muñoz D., Brennholt N., Bourrain X., Buchinger S., Fries E., Grosbois C., Klasmeier J., Marti T., Rodriguez-Mozaz S., Urbatzka R., Vethaak A. D., Winther-Nielsen M. et Reifferscheid G., 2014. Microplastics in freshwater ecosystems : what we know and what we need to know. *Environ Sci Eur.* 26, 12p. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7>
- Wang Q., 2020. On a Lotka-Volterra competition-diffusion-advection model in general heterogeneous environments. *J. Math. Anal. Appl.* 489. pp. 124-127
- Wisz M. S., Pottier L., Kissling W. D., Pellissier L., Lenoir J., Damgaard C. F., Dormann C. F., Forchhammer M. C., Grytnes J. –A., Guisan A., Heikkinen R. K., Høye T. T., Kühn I., Luoto M., Maiorano L., Nilsson C., Normand S., Öckinger E., Schmidt N. M., Termansen M., Timmermann A., Wardle D., Aastrup P., Svenning J.-C., 2013. The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species : implications for species distribution modelling. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 88, pp.15–30

- Wong J. L. G., Thorner K. et Baker N., 2001. Évaluation des ressources en produits forestiers non ligneux, expérience et principes de biométrie. Produits forestiers non ligneux N°13. Rome : FAO.
- Xiao J. et *al.*, 2006. Dissection of Swa2p/auxilin domain requirements for cochaperoning Hsp70 clathrin-uncoating activity in vivo. *Mol Biol Cell* 17 (7). pp. 3281 – 90
- Yalanga M., 2012. Perturbation forestière, diversité et équilibre des peuplements en milieu forestier tropical : Cas de la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* de Masako (RD Congo).
- Youta Happi J., 1998. Arbres contre graminées : la lente invasion de la savane par la forêt au centre Cameroun, Thèse de doctorat, Université de Sorbonne Paris IV. 237 p.
- Zhu C. et Yin G., 2009. On competitive Lotka–Volterra model in random environments. *J. Math. Anal. Appl.* 357. pp. 154–170

# Annexes



## Annexes

### Annexe 1. Liste des espèces identifiées et géoréférencées en milieu forestier

Espèces	Familles	Coordonnées géographiques X	Coordonnées géographiques Y
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.688	011°42.983
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.670	011°42.975
Sterculia rhinopetalla	Sterculiaceae	04°21.690	011°42.972
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.683	011°42.967
Milicia excelsa	Moraceae	04°21.685	011°42.955
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.688	011°42.590
Symphonia flabellifera	Clusiaceae	04°21.686	011°42.947
Desbordia glauscescens	Irvingiaceae	04°21.689	011°42.939
Eribroma oblonga	Malvaceae	04°21.688	011°42.962
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.702	011°42.953
Sterculia rhinopetalla	Sterculiaceae	04°21.699	011°42.955
Musanga cecropioides	Cecropiaceae	04°21.715	011°42.958
Milicia excelsa	Moraceae	04°21.712	011°42.962
Ficus thonningii	Moraceae	04°21.712	011°42.955
Sterculia rhinopetala	Sterculiaceae	04°21.714	011°42.953
Sterculia rhinopetala	Sterculiaceae	04°21.707	011°42.956
Rauvolfia vomitoria	Apocynaceae	04°21.704	011°42.957
Strombosiopsis tetrandra	Olacaceae	04°21.712	011°42.951
Dialium pachyphyllum	Fabaceae	04°21.709	011°42.963
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.699	011°42.967
Lovoa trichilioides	Meliaceae	04°21.669	011°42.771
Celtis zenkeri	Cannabaceae	04°21.695	011°42.963
Ficus thonningii	Moraceae	04°21.787	011°42.973
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.706	011°42.971
Ficus thonningii	Moraceae	04°21.698	011°42.966
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.709	011°42.988
Alstonia boonei	Apocynaceae	04°21.703	011°42.991
Musanga cecropioides	Cecropiaceae	04°21.707	011°42.984
Musanga cecropioides	Cecropiaceae	04°21.711	011°42.981
Ficus thonningii	Moraceae	04°21.711	011°42.980
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.703	011°43.011
Lovoa trichilioides	Meliaceae	04°21.703	011°43.011
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.705	011°43.015
Albizia zygia	Fabaceae	04°21.702	011°43.009
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.699	011°43.019
Ficus exasperata	Moraceae	04°21.699	011°43.016
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.699	011°43.019
Ficus exasperata	Moraceae	04°21.699	011°43.016
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.705	011°43.015
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.699	011°43.019
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.698	011°43.021
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.696	011°43.023

<i>Dialium pachyphyllum</i>	Fabaceae	04°21.696	011°43.019
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	04°21.697	011°43.023
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.699	011°43.019
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.703	011°43.011
<i>Albizia zygia</i>	Fabaceae	04°21.702	011°43.009
<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	04°21.699	011°43.016
<i>Eleais guinneensis</i>	Arecaceae	04°21.706	011°43.014
<i>Terminalia superba</i>	Combretaceae	04°21.711	011°43.014
<i>Enthocleista schweinfurtii</i>	Gentianaceae	04°21.712	011°43.012
<i>Enthocleista schweinfurtii</i>	Gentianaceae	04°21.713	011°43.010
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.727	011°43.000
<i>Albizia zygia</i>	Fabaceae	04°21.726	011°43.003
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.728	011°43.011
<i>Milicia excelsa</i>	Moraceae	04°21.729	011°43.004
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.726	011°43.024
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	04°21.727	011°43.024
<i>Albizia zygia</i>	Fabaceae	04°21.718	011°43.017
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°22.051	011°42.707
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°22.990	011°43.103
<i>Sterculia rhinopetalla</i>	Sterculiaceae	04°22.990	011°43.094
<i>Ficus thonningii</i>	Moraceae	04°22.993	011°43.091
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	04°22.994	011°43.089
<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	04°22.987	011°43.095
<i>Alstonia boonei</i>	Apocynaceae	04°22.985	011°43.085
<i>Ficus mucoso</i>	Moraceae	04°22.978	011°43.088
<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	04°22.989	011°43.089
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°22.990	011°43.103
<i>Dialium pachyphyllum</i>	Fabaceae	04°22.984	011°43.093
<i>Pterygota macrophylla</i>	Sterculiaceae	04°22.993	011°43.091
<i>Alstonia boonei</i>	Apocynaceae	04°22.994	011°43.089
<i>Milicia excelsa</i>	Moraceae	04°22.995	011°43.113
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°22.872	011°43.042
<i>Enthocleista schweinfurtii</i>	Gentianaceae	04°22.875	011°43.046
<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	04°22.878	011°43.046
<i>Albizia zygia</i>	Fabaceae	04°22.881	011°43.042
<i>Sterculia rhinopetalla</i>	Sterculiaceae	04°22.868	011°43.851
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	Irvingiaceae	04°22.872	011°43.049
<i>Lovoa trichilioides</i>	Meliaceae	04°22.874	011°43.047
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	04°22.875	011°43.047
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°22.444	011°42.929
<i>Terminalia superba</i>	Combretaceae	04°22.447	011°42.931
<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	04°22.450	011°42.929
<i>Ficus mucoso</i>	Moraceae	04°22.452	011°42.931
<i>Iringia gabanensis</i>	Irvingiaceae	04°22.441	011°42.923

**Annexe 2.** Liste des espèces identifiées et géoréférencées en milieu agro-forestier

Espèces	Familles	Coordonnées géographiques X	Coordonnées géographiques Y
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.726	011°42.739
<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Fabaceae	04°21.726	011°42.747
<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Fabaceae	04°21.724	011°42.737
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.755	011°42.634
<i>Albizia Zygia</i>	Fabaceae	04°21.753	011°42.630
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	Sapotaceae	04°21.753	011°42.630
<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	04°21.753	011°42.629
<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	04°21.753	011°42.629
<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	04°21.753	011°42.629
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	Irvingiaceae	04°21.755	011°42.639
<i>Canarium schweinfurtii</i>	Burseraceae	04°21.756	011°42.642
<i>Pterygota macrophylla</i>	Sterculiaceae	04°21.760	011°42.628
<i>Funtumia africana</i>	Apocynaceae	04°21.758	011°42.627
<i>Celtis tesmanii</i>	Cannabaceae	04°21.758	011°42.627
<i>Funtumia elastica</i>	Apocynaceae	04°21.755	011°42.626
<i>Milicia excelsa</i>	Moraceae	04°21.762	011°42.649
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.758	011°42.641
<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Fabaceae	04°21.758	011°42.641
<i>Kiguelia aficana</i>	Bignoniaceae	04°21.741	011°42.606
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	04°21.741	011°42.608
<i>Trichilia heudelotii</i>	Meliaceae	04°21.737	011°42.611
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.742	011°42.603
<i>Bombax buonopozense</i>	Malvaceae	04°21.751	011°42.613
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	04°21.748	011°42.520
<i>Ficus thonningii</i>	Moraceae	04°21.750	011°42.624
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.742	011°42.603
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.758	011°42.641
<i>Kiguelia aficana</i>	Bignoniaceae	04°21.741	011°42.606
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	04°21.741	011°42.608
<i>Trichilia heudelotii</i>	Meliaceae	04°21.737	011°42.611
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.731	011°42.600
<i>Trichilia heudelotii</i>	Meliaceae	04°21.749	011°42.599
<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	04°21.736	011°42.592
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.734	011°42.593
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.731	011°42.600
<i>Sterculia exasperata</i>	Malvaceae	04°21.725	011°42.597
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.753	011°42.574
<i>Ficus thonningii</i>	Moraceae	04°21.749	011°42.570
<i>Ficus thonningii</i>	Moraceae	04°21.741	011°42.568
<i>Ficus thonningii</i>	Moraceae	04°21.744	011°42.571
<i>Ficus thonningii</i>	Moraceae	04°21.737	011°42.568
<i>Myrianthus arboreus</i>	Cecropiaceae	04°21.741	011°42.566
<i>Ficus mucoso</i>	Moraceae	04°21.741	011°42.565
<i>Pseudospondias sp</i>	Anacardiaceae	04°21.741	011°42.505
<i>Musanga cecropioïdes</i>	Cecropiaceae	04°21.745	011°42.573

Musanga cecropioïdes	Cecropiaceae	04°21.745	011°42.573
Albizia zygia	Fabaceae	04°21.747	011°42.575
Bridelia ferruginea	Euphorbiaceae	04°21.552	011°42.565
Ficus polita	Moraceae	04°21.755	011°42.572
Mangifera foetida	Anacardiaceae	04°21.799	011°42.576
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.690	011°42.966
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.670	011°42.975
Sterculia rhinopetalla	Malvaceae	04°21.690	011°42.972
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.683	011°42.967
Lophira alata	Ochnaceae	04°21.683	011°42.972
Sterculia rhinopetala	Sterculiaceae	04°21.689	011°42.965
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.688	011°42.983
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.688	011°42.962
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.699	011°42.970
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.699	011°42.970
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.690	011°42.966
Lophira alata	Ochnaceae	04°21.683	011°42.972
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.683	011°42.967
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.690	011°42.972
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.670	011°42.975
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.681	011°42.988
Ficus thonanguii	Moraceae	04°21.682	011°42.991
Anthocleista schweinfurthii	Gentianaceae	04°21.678	011°42.990
Euphorbiaceae	Euphorbiaceae	04°21.638	011°42.998
Musanga cecropioïdes	Cecropiaceae	04°21.694	011°42.968
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.664	011°42.990
Ceiba pentandra	Bombacaceae	04°21.658	011°42.989
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.658	011°42.990
Milicia excelsa	Moraceae	04°21.660	011°42.995
Persea americana	Lauraceae	04°21.656	011°42.990
Xylopia aethiopica	Annonaceae	04°21.656	011°42.993
Alstonia boonei	Apocynaceae	04°21.657	011°42.998
Milicia excelsa	Moraceae	04°21.652	011°42.997
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.663	011°42.988
Persea americana	Lauraceae	04°21.667	011°42.997
Anthocleista schweinfurthii	Gentianaceae	04°21.666	011°43.000
Trichilia sp	Meliaceae	04°21.646	011°42.993
Milicia excelsa	Moraceae	04°21.662	011°42.993
Pycnanthus angolensis	Myristicaceae	04°21.663	011°42.995
Pycnanthus angolensis	Myristicaceae	04°21.673	011°42.996
Alstonia boonei	Apocynaceae	04°21.676	011°42.996
Funtumia elastica	Apocynaceae	04°21.672	011°42.984
Pycnanthus angolensis	Myristicaceae	04°21.656	011°42.978
Pterygota macrophylla	Sterculiaceae	04°21.656	011°42.986
Milicia excelsa	Moraceae	04°21.653	011°42.979
Ricinodendron heudelotii	Euphorbiaceae	04°21.661	011°42.949
Margaritaria discoidea	Euphorbiaceae	04°21.652	011°42.955

<i>Irvingia grandifolia</i>	Irvingiaceae	04°21.659	011°42.957
<i>Trichilia erectica</i>	Meliaceae	04°21.660	011°42.941
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.658	011°42.962
<i>Trichilia heudelotii</i>	Meliaceae	04°21.662	011°42.946
<i>Sterculia exasperata</i>	Malvaceae	04°21.680	011°42.963
<i>Xylopia aethiopica</i>	Annonaceae	04°21.686	011°42.965
<i>Lophira alata</i>	Ochnaceae	04°21.679	011°42.969
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.753	011°42.962
<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	04°21.756	011°42.963
<i>Ficus thonanguii</i>	Moraceae	04°21.756	011°42.961
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	04°21.751	011°42.963
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.786	011°43.066
<i>Funtumia elastica</i>	Apocynaceae	04°21.782	011°43.000
<i>Milicia excelsa</i>	Moraceae	04°21.790	011°43.002
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.787	011°43.015
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.793	011°43.022
<i>Irvingia grandifolia</i>	Irvingiaceae	04°21.798	011°43.021
<i>Trichilia heudelotii</i>	Meliaceae	04°21.797	011°43.022
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.787	011°43.015
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.876	011°42.568
<i>Lophira alata</i>	Ochnaceae	04°21.874	011°42.967
<i>Margaritaria discoidea</i>	Euphorbiaceae	04°21.884	011°42.967
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°21.861	011°42.802
<i>Irvingia grandifolia</i>	Irvingiaceae	04°21.855	011°42.796
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	04°21.864	011°42.803
<i>Pterygota macrophylla</i>	Sterculiaceae	04°21.862	011°42.785
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	04°22.121	011°42.793
<i>Trichilia erectica</i>	Meliaceae	04°22.122	011°42.794
<i>Xylopia aethiopica</i>	Annonaceae	04°22.118	011°42.793
<i>Milicia excelsa</i>	Moraceae	04°22.118	011°42.792
<i>Alstonia boonei</i>	Apocynaceae	04°22.118	011°42.790

**Annexe 3.** Fiche de collecte des données

**DATE**..... **POSITION DE L'ARBRE** (Jardin de case, Jachère, Forêt) .....

<b>N</b>		<b>Nombre de fruits</b>	<b>Diamètres du fruit</b>	<b>Nombre de lobes</b>	<b>Observations phénomogiques</b>
<b>E</b>					
<b>Circonférence</b>					
<b>Hauteur</b>					
<b>Altitude</b>					

**Espèces environnantes**

<b>N°</b>	<b>Nom de l'espèce</b>	<b>Position</b>	<b>Défeuillaison/feuillaison</b>	<b>Longitude</b>	<b>Circonférence</b>	<b>Hauteur</b>
<b>01</b>						
<b>02</b>						
<b>03</b>						
<b>04</b>						
<b>05</b>						
<b>06</b>						
<b>08</b>						
<b>09</b>						
<b>10</b>						

**Annexe 4.** Article publié tirée de la thèse



Journal Homepage: - [www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/13165

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/13165>



### RESEARCH ARTICLE

#### ÉVALUATION DE LA PRODUCTION FRUITIÈRE EN PEUPELEMENTS NATURELS DU NJANSANG (*Ricinodendron Heudelotii* BAIL.) EN ZONE FORESTIÈRE À PLUVIOMETRIE BIMODALE DANS LA RÉGION DU CENTRE (CAMEROUN)

Endele Paul Patrick<sup>1</sup>, Mbarga Bindzi Marie-Alain<sup>1</sup>, Kono Léon<sup>1</sup> and Manga Essouma François<sup>2</sup>

1. Université de Yaoundé I, Département des Biologies Végétales, Laboratoire de Botanique et Ecologie, BP 812 Yaoundé, Cameroun.
2. Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), B.P. 2123 Yaoundé, Cameroun.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 19 May 2021

Final Accepted: 20 June 2021

Published: July 2021

##### Key words:-

*Ricinodendron heudelotii*, Fruits, Agro-Forests, Non-Timberforestproducts

#### Abstract

*Ricinodendron heudelotii* (Bail.), commonly known as Njansang, is a species endemic to the dense evergreen forests of Africa. Its fruits are highly prized and are used both for home consumption and for marketing in Cameroon and in the Congo Basin in general. This study aims to evaluate fruit production of this species under the influence of two types of land use. To do this, it was conducted in the bimodal rainfall forest zone located in the Central region (Cameroon) between the months of August and October of the years 2017 to 2019. Thus, individuals of *R. heudelotii* were identified and their fruit production was evaluated in agroforestry plots based on cocoa trees and in more or less degraded forests. The results obtained showed that the fruit production per plant of Njansang is  $8.34 \pm 7.45$  kg per year. It did not vary significantly from year to year, but was significantly higher in September. Moreover, it was significantly higher in cocoa agro-forests than in weakly disturbed forests. These results could help forecast harvests and production sales for the month or year. Also, they could stimulate the introduction and integration of *R. heudelotii* individuals into cocoa agro-forestry systems and thus boost domestication, development of the species and the diversification of agroforestry production systems.

Copy Right, IJAR, 2021.. All rights reserved.

#### Introduction:-

Le Njansang (*Ricinodendron heudelotii* Bail.) est une espèce endémique des forêts denses humides sempervirentes d'Afrique. Il appartient à la famille des Euphorbiaceae et peut atteindre 50 m de hauteur et 1,50m de diamètre (Orwa et al., 2009 ; Gusua Caspa et al., 2014 ; Moussa et al., 2020). Il a été longtemps exploité par les populations de l'Afrique tropicale, principalement pour ses graines comestibles, mais également pour d'autres de ses parties utilisées pour des besoins médicaux, culturels et agro-écologiques (Mbonayem Liboum et Bobo, 2017). Particulièrement au Cameroun, les fruits du Njansang sont très prisés et servent tant à l'autoconsommation qu'à la commercialisation. Plusieurs études ont d'ailleurs montré que les graines du Njansang représentent une forte valeur marchande. Dans le seul marché de New-Bell à Douala (Cameroun), la vente du Njansang a été estimée à 248 700 \$ US (soit environ 108 millions de FCFA) en 1998 et de 464 235 \$US (203 millions de FCFA) en 1999 (Ngono et Ndoye, 2004). Ces chiffres justifient l'intérêt économique à travers l'ouverture dans les marchés nationaux,

**Corresponding Author:- Endele Paul Patrick**

Address:- Université de Yaoundé I, Département Des Biologies Végétales, Laboratoire de Botanique Et Ecologie, BP 812 Yaoundé, Cameroun.



régionaux et internationaux. Le fruit est une drupe globuleuse indéhiscence de couleur jaune verdâtre à maturité et vert immature. Il mesure 2 à 5 cm de long et 2,5 à 4 cm de large avec un poids variant entre 20 g (Vivien et Faure, 1996 ; Ambe, 1997) et 19 à 47 g (Ngo Mpeck et al., 2003). En termes de valeur nutritive, pour une sauce de poisson (pour 100 g), si on remplace l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) par le Njansang, on gagne 0,6 g de protéines, 117 mg de Calcium et 51,6 mg de Fer. Si on remplace le pistache (graines de courges) par le Njansang, on gagne 44,9 mg de Fer, mais on perd 27 mg de Calcium (Degrande et al., 2016<sup>1</sup>).

Compte tenu de cette importante contribution tant économique que nutritive, cette espèce mérite une plus grande attention de la part des scientifiques pour une bonne maîtrise de leur potentiel. La plupart des études antérieures réalisées sur le Njansang se sont focalisées sur des aspects liés à l'écologie (taxonomie et description) (Fotso et al., 2004 ; Aléné et al., 2005 ; Fotso et al., 2007 ; Kouame N'Dri et al., 2012 ; Donfagsiteli Tchinda et al., 2013 ; Djeugap Fovo, 2013) et au contexte socioéconomique (Tchiengang et al., 1997 ; Fondoun et al., 1998 ; Dury, 2001 ; Manirakiza, 2002). On peut cependant remarquer que très peu d'études se sont intéressées au potentiel de production du Njansang qui reste de ce fait, peu connu. Or, la méconnaissance du potentiel de production fruitière de cette espèce constitue un frein à sa domestication et au développement de sa filière économique. C'est ce gap que cette étude vise à combler en essayant de quantifier la production fruitière du Njansang. Elle s'est fixée pour objectif d'évaluer la production fruitière du Njansang en zone forestière à pluviométrie bimodale dans la région du Centre (Cameroun).

## Matériel et Méthodes:-

### Milieu d'étude

Cette étude a été menée à Ndji, un village situé à environ 12 km de la ville de Batchenga, dans le département de la Léké et la région du Centre Cameroun (Fig. 1). Ce village compte une population estimée à 1613 habitants. Il est directement impacté par le projet de construction du barrage hydroélectrique sur le fleuve Nachtigal. Ce site d'étude présente un relief peu accidenté et varié qui permet de distinguer des plaines, des collines et des vallées ainsi que des pentes comprises entre 0 et 10% traduisant une faible sensibilité à l'érosion. L'altitude moyenne est de 600m. Le site est arrosé par le fleuve Sanaga qui a un débit permanent avec des petites rivières à régime saisonnier, notamment Awo'o et Mbo'o. On distingue deux types de sol : les sols ferrallitiques et les sols hydro morphes. Ces sols sont d'un chroma à dominance rouge dans le contexte écologique des zones de transition entre forêts et savane (Bocquier et al., 1984 ; Muller, 1987). Les données recueillies au ministère des transports (MINT) entre 2017 et 2019, 2017 à 2019, montrent que les moyennes annuelles de précipitations et de température étaient respectivement de 1264,98±156,59mm et 25,1±0,83°C avec une amplitude moyenne annuelle de 2,5°C.

Le site d'étude appartient à un écotone (zone de transition forêt-savane) dans la zone agro-écologique de forêt dense humide à pluviométrie bimodale. Cette zone est située entre la forêt et la savane, et se subdivise en savanes péri forestières guinéo-soudanaises et en forêts semi-caducifoliées guinéo-congolaises. On y rencontre des savanes péri-forestières guinéo-soudanaises, des recrûs forestiers semi-caducifoliés, des forêts domestiquées de la localité d'Obala, des raphiales à *Raphia mombutorum* et des faciès de dégradation des forêts semi caducifoliées et sempervirentes (Anonyme, 2011).

---

<sup>1</sup>Degrande A., Foundjem-Tita D., Mbosso C. et Nimino Godwill, 2016. Augmenter les bénéfices générés par les PFNL à travers le développement de l'entrepreneuriat paysan: l'exemple du Njansang (Centre Cameroun). In FAO. 2016. Vivre et se nourrir de la forêt en Afrique centrale. Rome, Italy. pp 191 – 201.

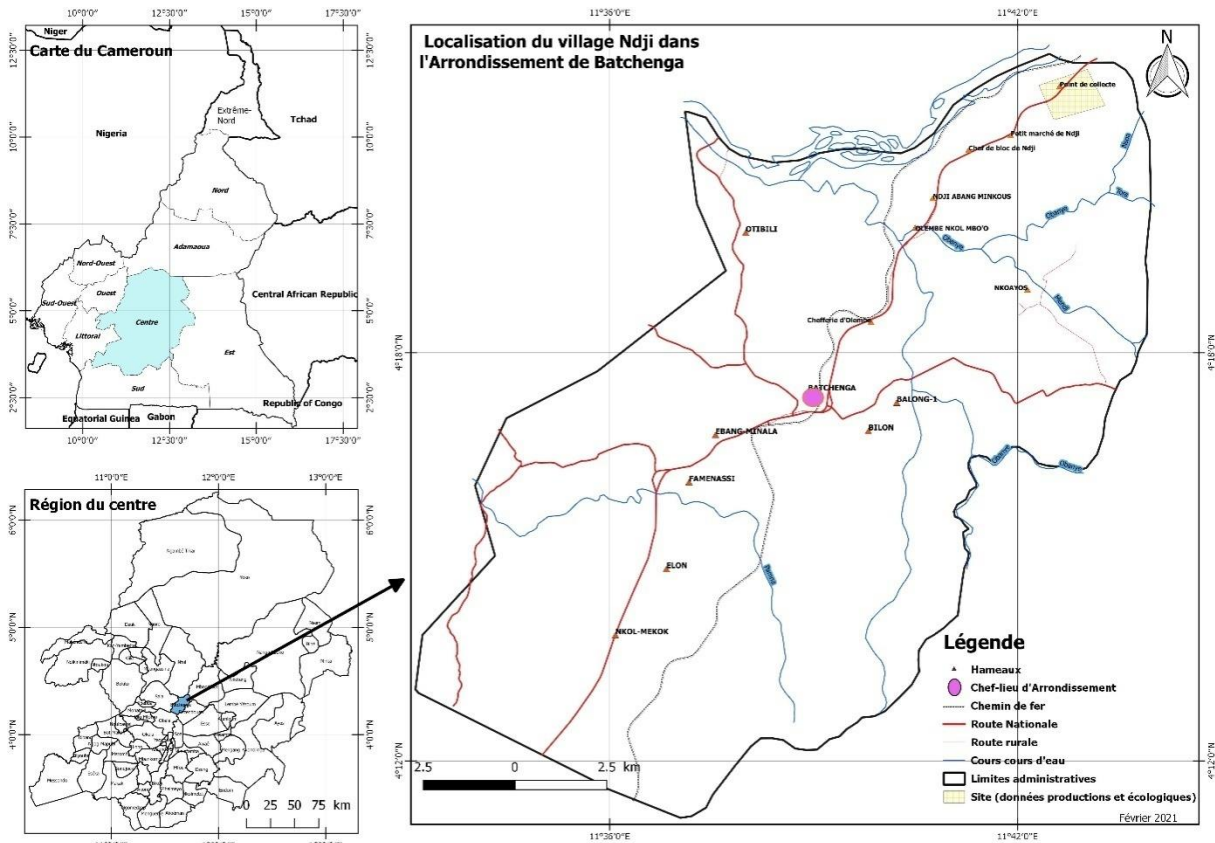


Fig1:- Carte de localisation des sites d'étude dans l'arrondissement de Batchenga.

### Échantillonnage

Le dispositif d'échantillonnage des individus de *R. heudelotii* dans les parcelles d'observation (agroforêt cacaoyère ou jachère) était constitué des placettes circulaires de 15 m de rayon choisies de manière aléatoire et centrées sur chacun des arbres sujets de *R. heudelotii* (Fonton et Sagbo, 2004 ; Dan Guimbo et al., 2012 ; Mbonayem et Bobo, 2017). Dans chaque placette, tous les individus adultes de *R. heudelotii* ont été géoréférencés à l'aide du GPS et les fruits récoltés pendant toute la période de l'étude. Les arbres choisis pour cette récolte avaient un diamètre à hauteur de poitrine (DHP)  $\geq 20$  cm (Kumba et al., 2013). Ainsi, 17 placettes ont été disposées d'une part dans des agro-forêts cacaoyères et 13 autres ont été disposées dans des sites de forêts, pour un total de 30 semenciers. Ce chiffre a permis de prendre en compte l'irrégularité de fructification de la plupart des arbres tropicaux (FAO, 2001<sup>2</sup> ; Kouyaté et al., 2016).

### Évaluation de la production en fruits

Pour évaluer la production fruitière de *R. heudelotii*, le ramassage des fruitstombés sous l'arbre, a été fait de manière périodique, suivi de leur comptage (Shackleton, 2002 ; Lamien et al., 2007 ; Kouyaté et al., 2016). Ce ramassage a été fait sur une base périodique de 10 jours durant trois mois consécutifs (Août, Septembre et Octobre) de 2017 à 2019. Pour cela, le sol sous l'arbre objet a été débarrassé préalablement des feuilles mortes, des branches et de la végétation pour faciliter le repérage, et le ramassage des fruits. Les fruits tombés au sol (fruits intacts sur le semencier, fruits consommés en partie et/ou en minéralisation) sous chaque semencier ont été placés dans un récipient étiqueté indiquant la date de récolte, le lieu de récolte/code de la placette, le code de l'arbre pour enregistrement dans un registre commis à cet effet. Pour un arbre donné, la production totale a été estimée à partir de la somme de tous les fruits ramassés au cours de la période d'observation.

<sup>2</sup> FAO, 2001. Évaluation des ressources en produits forestiers non ligneux. Produits Forestiers Non Ligneux 13. FAO, Rome.

### Traitement et analyse statistique des données

Le potentiel de production en fruits des différents semenciers a été évalué à travers une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel XLSTAT 2020.0. La production totale de fruits a été obtenue en faisant la somme de fruits des différents individus dans les deux types d'utilisation des terres. Des analyses descriptives ont été faites pour voir la dispersion de la production du *Njansang* dans les types d'utilisation des terres d'un mois à l'autre et d'une année à l'autre. Ensuite, une analyse des différences significatives entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% a été faite pour vérifier l'hétérogénéité des variances. En cas de test significatif ( $P < 0,05$ ), la différence de variable a été établie par le test de haute différence significative (HSD) de Tukey.

### Résultats:-

#### Production fruitière annuelle de *Ricinodendron heudelotii* Bail.

La production annuelle cumulée de tous les semenciers, quel que soit le type d'utilisation des terres et sur toute la période d'observation est de 750,93 kg, soit une moyenne de  $250,31 \pm 22$  kg par an. Cette production cumulée semble ne pas varier d'une année à l'autre avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,60\%$  ( $p\text{-value} = 0,84 > 0,05$ ; Test HSD de Tukey) comme le révèle le graphique ci-dessous.

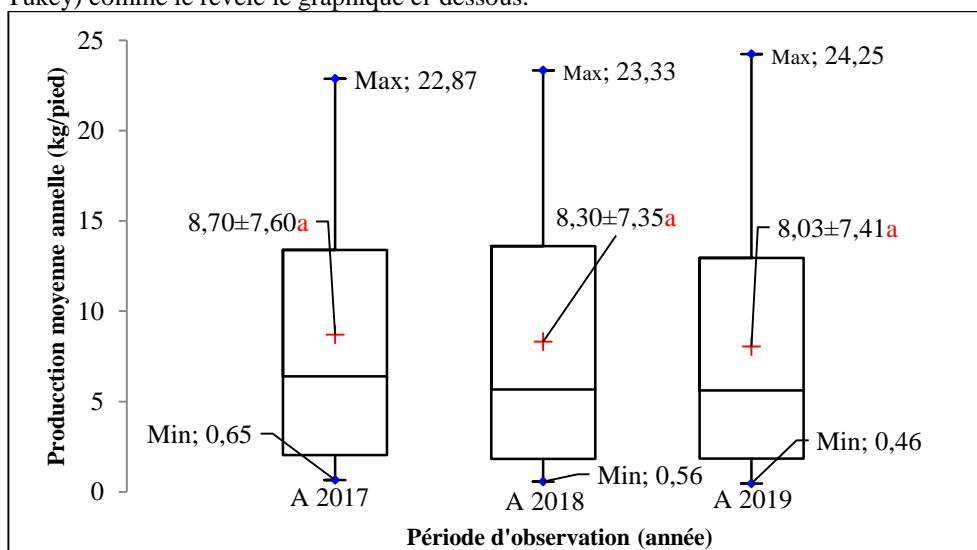
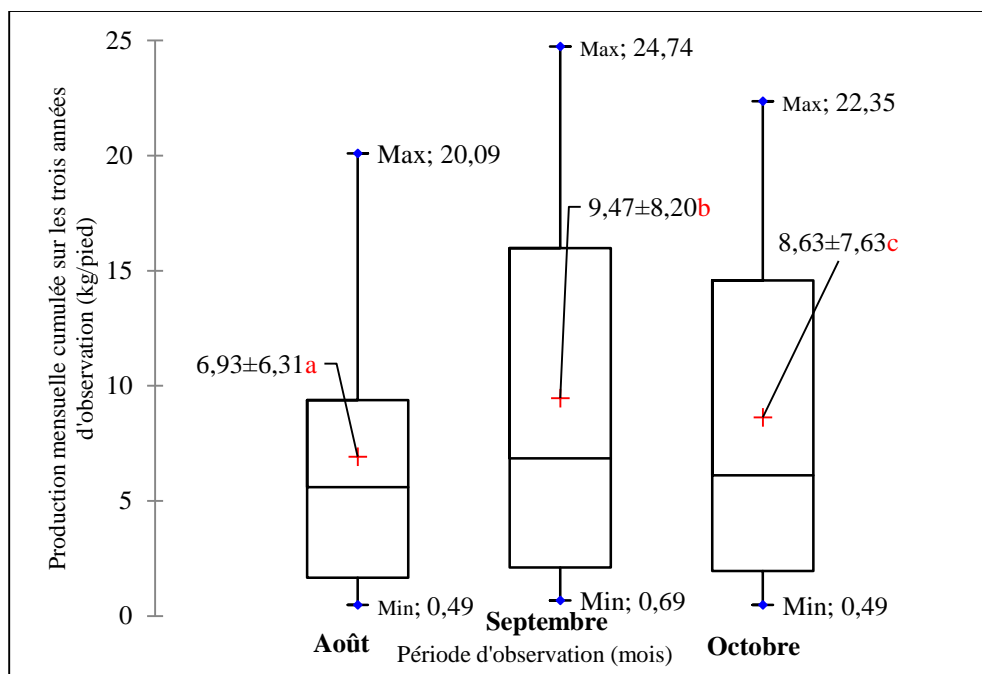


Fig2:- Production fruitière moyenne annuelle par pied du *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) et par année

La production cumulée en 2017 est de 260,90 kg avec une moyenne par pied de  $8,70 \pm 7,60$  Kg, celle de 2018 est de 249,03 kg et en 2019 on a obtenu une production de 241 kg avec des moyennes par pied respectives de  $8,30 \pm 7,35$  kg et  $8,03 \pm 7,41$  Kg. La production minimale par pieds varie dans l'ensemble entre un minimum 0,46 kg (2019) et un maximum de 24,25 kg la même année avec cependant une forte dispersion des valeurs au-dessus de la moyenne (Fig. 2).

#### Production fruitière mensuelle du *Ricinodendron heudelotii* Bail

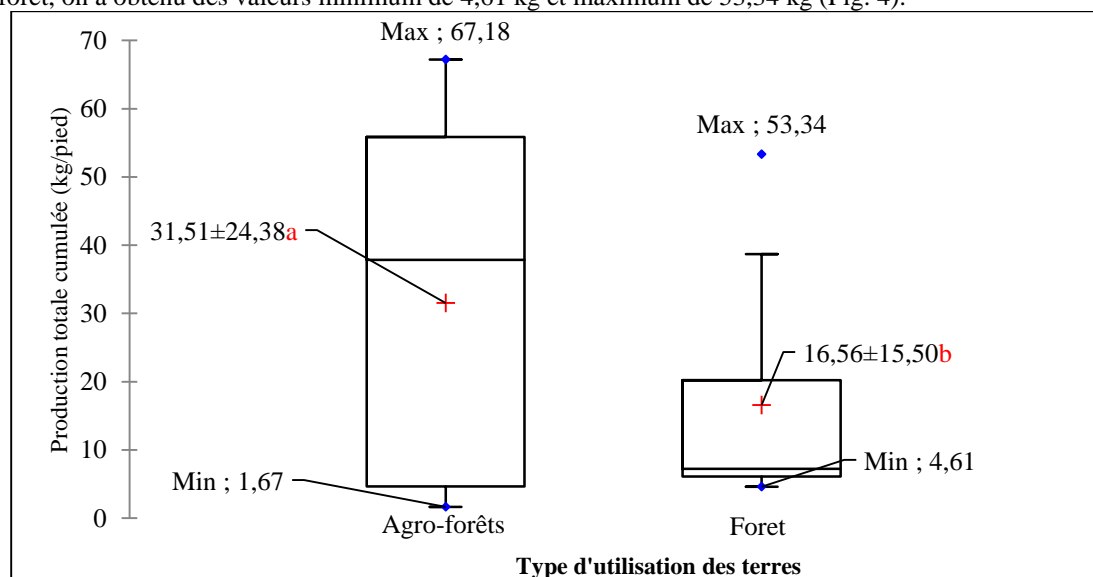
La production moyenne par semencier était moyennement liée au mois d'observation ( $R^2 = 68,60\%$ ) et les valeurs moyennes de production varient fortement et significativement ( $p\text{-value} = 0,03 < 0,05$ ; Test HSD de Tukey) d'un mois à l'autre. La production totale cumulée entre les trois années, a été significativement plus faible (6,93 kg) au mois d'août est de 207,87 kg, 284,11 kg au mois de septembre et 258,95 kg en octobre. La production par pied présente une forte dispersion des valeurs au-dessus de la moyenne en octobre et en novembre contrairement au mois d'août.



**Fig3:-** Production moyenne du *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) par pied et par mois.

#### Production fruitière selon les types d'utilisation des terres

Pris de manière désagrégée, le type d'utilisation des terres a influencé la production totale cumulée des trois années d'observation. Elle est plus importante dans des agro-forêts avec une somme cumulée de 535,68 kg que dans des forêts où cette somme est de 215,25 kg. La production moyenne variait d'ailleurs de manière significative d'un type d'utilisation des terres à un autre, bien que la proportion de variabilité soit faible ( $R^2 = 10,40\%$  ;  $p\text{-value} = 0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Elle variait entre un minimum de 1,67 kg à un maximum de 67,18 kg dans des agro-forêts. En forêt, on a obtenu des valeurs minimum de 4,61 kg et maximum de 53,34 kg (Fig. 4).



**Fig4:-** Production moyenne du *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) par pied et selon les types d'utilisation des terres.

La répartition de la production selon les types d'utilisation des terres est faite dans le tableau ci-dessous. Ce dernier ressort entre autre la production totale ainsi que la variabilité de cette dernière d'une année à l'autre.

On remarque dans ce tableau que la production totale varie bien que faiblement, mais de manière significative ( $p\text{-value} < 0,05$ ) d'un type d'utilisation des terres à un autre. Cependant, la production ne varie pas d'une année à une

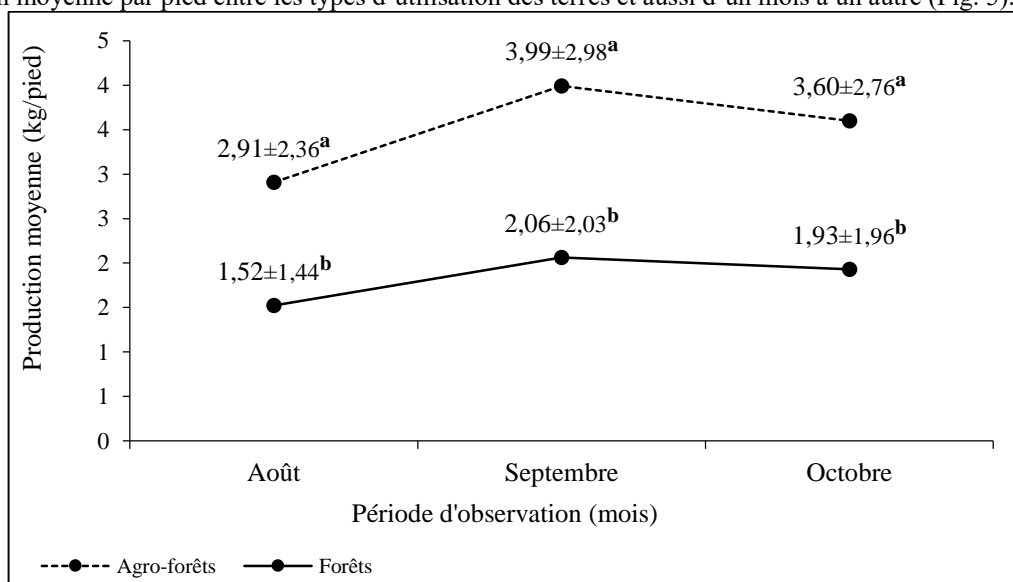
autre ( $p$ -value  $> 0,05$ ), bien qu'on ait une évolution sensible des chiffres. La production totale dans les agro-forêts est supérieure et significativement différente de celle des forêts ( $R^2 = 10,39\%$  ;  $p$ -value =  $0,0001 < 0,05$  ; Test HSD de Tukey). Cette différence significative est perceptible d'ailleurs durant les trois années d'observation (Tableau I).

**Tableau I:-** Production fruitière moyenne annuelle du *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) par pied et par type d'utilisation des terres.

Types d'utilisation des terres	Paramètres	Production totale	2017	2018	2019	Variabilité par type de forêt
Agro-forêts	Somme	535,68	184,54	173,85	177,29	$R^2= 1,28\%$
	Moyenne	$3,50 \pm 2,73^a$	$3,62 \pm 2,80^{ag}$	$3,41 \pm 2,60^{ag}$	$3,48 \pm 2,84^{ag}$	$0,925 > 0,05$
Forêts	Somme	215,25	76,36	75,18	63,71	$R^2= 1,10\%$
	Moyenne	$1,84 \pm 1,83^b$	$1,96 \pm 1,93^{bg}$	$1,93 \pm 2,07^{bg}$	$1,63 \pm 1,46^{bg}$	$0,691 > 0,05$
Test de significativité de Tukey ( $P < 0,005$ )	Proportion de variabilité ( $R^2$ en %)	10,39%	9,22%	7,80%	12,40%	
	p-value	0,0001	0,002	0,004	0,0004	

\*Les moyennes ayant une même lettre (a, b, g) sur une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil critique de 0,05 selon le test de Tukey.

Sur le plan cumulé mensuel, les courbes du graphique ci-dessus décrivent au premier regard une différence de production moyenne par pied entre les types d'utilisation des terres et aussi d'un mois à un autre (Fig. 5).



**Fig5:-** Production fruitière moyenne mensuelle du *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) par pied et par type d'utilisation des terres

Les valeurs cumulées de la production mensuelle sont respectivement de 148,43 et 59,44 kg en août, de 203,62 et 80,50 kg en septembre, de 183,64 et 75,31 kg en octobre dans les agro-forêts et les forêts. Le graphique montre que le pique de production est atteint aussi bien dans des agro-forêts que dans les forêts au mois de septembre. La production par pied illustrée ci-dessus atteint  $3,99 \pm 2,98$  kg en ce mois de septembre dans les agro-forêts et  $2,06 \pm 2,03$  kg dans les forêts.

Dans l'ensemble, la plus grande récolte a été réalisée en 2017 avec une moyenne de production par pied de  $2,90 \pm 2,59$  kg. Certains pieds ont produit jusqu'à 9 kg par pied au cours de cette année. La production totale cumulée et même par pied, a été plus importante dans les agro-forêts qu'en forêt. Toutefois, l'évolution mensuelle de la production fruitière a montré la même courbe dans les deux types d'utilisation des terres. En effet, elle atteint le maximum au mois de septembre chaque année durant la période d'observation.

### Discussion:-

Les résultats obtenus montrent que la production annuelle cumulée ne variait pas de manière significative d'une année à une autre, bien que tous les arbres aient produits durant toute la période d'observation. En effet, en étudiant la phénologie de 86 essences productrices de bois d'œuvre de la forêt dense humide sempervirente du Sud-Cameroun, Bibani Mbarga et al., (1999) ont montré que la floraison de *R. heudelotii* était monomodale et annuelle. Ceci pourrait justifier la production continue durant les trois années de l'observation. La production cumulée variait significativement d'un mois à un autre avec un pic obtenu en septembre. Selon les observations faites et informations recueillies dans la zone d'étude située au Nord de la région du Centre Cameroun, les premières récoltes se font dès le mois d'août, par ce que les premières chutes de fruits se font généralement dans la deuxième quinzaine du mois de juillet. Cette période de production d'étendrait dans la zone d'étude jusqu'à la première quinzaine du mois de février. En effet, concernant la période de production de *R. heudelotii*, plusieurs auteurs semblent indiquer qu'elle diffère d'un lieu à un autre. Au Cameroun, Ntamag (1997) a montré que la période de forte production du Njansang est comprise entre Juillet et Septembre dans la localité de Nyangongau Sud du pays. Pour Gordon et Fereday (1997), elle s'intercale entre août et novembre au Sud-ouest et, les Bakweri (peuple autochtone du Sud-Ouest Cameroun) le récolteraient entre janvier et mars (Plenderleith, 1997). Une importante production significativement différente a été relevée dans les relevés des agro-forêts par rapport à celles des forêts. Ce résultat est en accord avec ceux de Lamien et al. (2004) qui ont montré de fortes proportions de productivité des arbres des parcs agroforestiers par rapport à celles des arbres présents dans les formations naturelles.

### Conclusion:-

L'évaluation de la production fruitière du *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) a permis de mettre en évidence le potentiel fruitier de cette espèce et l'influence des types d'utilisation des terres (forêts et agro-forêts) sur celui-ci. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ont montré que la production du Njansang ne varie que très peu d'une année à une autre. Par contre, la production fruitière est significativement plus importante dans des agro-forêts cacaoyères que dans des forêts faiblement perturbées. La faible variation de la production d'une année à une autre pourrait faciliter les prévisions des récoltes à partir de la production d'une année. Aussi, avec une production importante dans les agro-forêts, cela pourrait stimuler l'introduction des individus de *R. heudelotii* dans des cacaoyères et booster ainsi la domestication de l'espèce. Il importe dès lors en termes de perspective d'étudier la variabilité ou l'influence des caractéristiques dendrométriques et aussi environnementaux sur cette production fruitière afin de permettre la conservation de l'espèce et l'accroissement des rendements lors des récoltes.

### Références:-

1. Aléné D., Messi J. et Quilici S., 2005. Quelques aspects de la biologie de *Diclidophlebia xuanii* (Hemiptera : Psyllidae), ravageur de *Ricinodendron heudelotii* Baill. (Euphorbiaceae) au Cameroun. *Fruits*, 60, p. 279–287
2. Ambe G.-A., 1997. *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Pax. *Herb. Horti Bot. Nat. Belg. (BR)*. 223. Côte d'Ivoire
3. Anonyme, 2011. Rapport de l'étude d'impact environnemental et social pour la mise en œuvre du projet hydroélectrique de Nachtigal.
4. Bibani Mbarga R., Jonkers W. B. J. et Essama Etoundi J., 1999. Phénologie de 86 essences productrices de bois d'œuvre de la forêt dense humide sempervirente du Sud-Cameroun : Résultats préliminaires. FORAFRI, 16p
5. Bocquier G., Muller J. P. et Boulange B., 1984. Les latérites. Connaissances et perspectives actuelles sur les mécanismes de leur différenciation. in Livre jubilaire du Cinquantenaire, Afes, Paris. pp 123-138.
6. Dan Guimbo I., Larwanou M., Mahamane A. et Ambouta K. J.-M., 2012. Production fruitière de *Neocaryamacrophylla* Prance espèce ligneuse alimentaire du Niger, *Journal of Applied Biosciences*, 60, pp. 4388–4393
7. Degrande A., Foundjem-Tita D., Mboosso C. et Nimino Godwill, 2016. Augmenter les bénéfices générés par les PFNL à travers le développement de l'entrepreneuriat paysan: l'exemple du Njansang (Centre Cameroun). In FAO. 2016. *Vivre et se nourrir de la forêt en Afrique centrale*. Rome, Italy. pp 191 – 201
8. Djeugap Fovo J., 2013. Contraintes de germination et diagnostic moléculaire des champignons associés aux maladies chez *Ricinodendron heudelotii* au Cameroun. Thèse de Doctorat PhD, Université Laval, Québec, 188p.
9. Donfagsiteli Tchinda N., Mbita Messi H. J. C., Fotso, Nzweundji G., Tsabang N., Dongmo B., Doungous O., Tarkang P. A., Caver A. et Omokolo Ndoumou D., 2013. Improving propagation methods of *Ricinodendron heudelotii* Baill. from cuttings. *South African Journal of Botany*, 88. pp. 3 – 9.

10. Dury S., 2001. Analyse économique de l'alimentation des ménages dans les villes de la zone forestière du Cameroun, pour la formulation de politiques de recherche agronomique. Méthodes et résultats préliminaires du projet urbanfood. CIRAD/IITA, Yaoundé.
11. FAO, 2001. Évaluation des ressources en produits forestiers non ligneux. Produits Forestiers Non Ligneux 13. FAO, Rome
12. Fondoun J. M., Tiki Manga T. et Kengue J., 1998. Ethnobotany and importance for forest dwellers in Southern Cameroon. Actes du 2<sup>ème</sup> Séminaire Safou du 3 au 5 Décembre 1996 à Ngaoundéré (Kapseu C. et Kayem G. J. eds.) Presses universitaires du Cameroun, Yaoundé. pp. 247-259.
13. Fonton H. N. et Sagbo A.A.P., 2004. Modélisation des distributions des paramètres dendrométriques d'une espèce ligneuse dominante en peuplement naturel, Ann. For. Sci. 61. pp. 545-549
14. Fotso, Donfagsiteli Tchinda N., Mbouna D. et Omokolo Ndoumou D., 2004. Propagation de *Ricinodendron heudelotii* par bouturage in vitro. Fruits, 59 : 351-358, DOI: 10.1051/fruits:2004033.
15. Fotso, Donfagsiteli Tchinda N., Sanonne et Omokolo Ndoumou D., 2007. Effet de phytohormones exogènes sur l'évolution de certains paramètres biochimiques au cours de l'embryogenèse somatique de *Ricinodendron heudelotii* Baill. Fruits, 62 (5) pp. 303-315
16. Fereday et Gordon, 1997. Domestic market potential for tree products from farms and rural communities : experience from Cameroon. Natural Resources Institute : The University of Greenwich, NRI Socio-economic Series 13. 36p
17. Gusua Caspa R., Biloso A., Akalakou C., Mafolo J., Tsobeng A., Kouodiekong L. et Tchoundjeu Z., 2014. Nursery substrates and provenances influence rooting performance of juvenile, single-node vine cuttings of *Gnetum africanum* Welw. (Gnetaceae). Afrika focus, Special Agroforestry Issue, 27. pp. 7-21
18. Kouame N'Dri M. -T., Gnahoua G. M. et Mangara A., 2012. Essais de germination de *Ricinodendron heudelotii* (Euphorbiaceae) dans la région du fromager au centre-ouest de la Côte d'Ivoire. J. Appl. Biosci. 56, pp. 4133-4141
19. Kouyate A. M., Nacoulma B. M. I., Lykke A. M. et Thiombiano A., 2016. Estimation de la production fruitière des espèces ligneuses alimentaires en Afrique sub-saharienne. Annales des Sciences Agronomiques. 20, pp. 69 - 78
20. Kumba S., Nshimba H., Ndjele L., De Cannière C., M. Visser et Bogaert J., 2013. Structure spatiale des trois espèces les plus abondantes dans la Réserve Forestière de la Yoko, Ubundu, République Démocratique du Congo, Tropicultura, 31 (1), pp. 53-61
21. Lamien N., Ouédraogo S. J., Diallo O. B. et Guinko S., 2004. Productivité fruitière du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. C.F., Sapotaceae) dans les parcs agroforestiers traditionnels au Burkina Faso. Fruits, 2004, vol. 59, p. 423-429.
22. Lamien N., Tigabu M., Guinko S. et Oden Per C., 2007. Variations in dendrometric and fruiting characters of *Vitellaria paradoxa* populations and multivariate models for estimation of fruit yield. Agroforestry Systems. 69, pp. 1-11.
23. Manirakiza D., 2002. La consommation des produits forestiers non ligneux. Le cas de *Ricinodendron heudelotii* et de *Iringia* spp. à Yaoundé. Mémoire de DEA. Université Yaoundé II.
24. Mbonayem Liboum et Bobo K. S., 2017. Analyse de l'effet de la concurrence végétale sur la croissance du Moabi en forêt dense tropicale perturbée de l'Est - Cameroun. Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(6) : pp. 2671-2692.
25. Moussa A., Deleke Koko K. I. et Fandohan A. B., 2020. Domestication de *Ricinodendron heudelotii* (baill.) pierre ex heckel : savoirs traditionnels, germination et croissance des jeunes plants en milieu contrôlé. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 35. pp 247 - 269
26. Muller J. P., 1987. Analyse pétrologique d'une formation latéritique meuble du Cameroun. Essai de traçage d'une différenciation supergène par les paragenèses minérales secondaires. Th. Doct. EsSci. nat., Univ. Paris-VII.
27. Ngo Mpeck M. L., Asaah E., Tchoundjeu Z. et Atangana A. R., 2003. Strategies for the domestication of *Ricinodendron heudelotii*: Evaluation of variability in natural populations from Cameroon. Food, Agriculture & Environment 1 (3&4). pp. 257-262.
28. Ngono L. D. et Ndoye O., 2004. Njansang and bush mango : Cameroonian seeds in national and international markets. In C Lopez & P. Shanley eds. Riches of the forests: for health life and spirit in Africa. pp. 21-24.
29. Ntamag Ndjebet C., 1997. Spatial distribution of non timber forest product collection : a case study of South Cameroon. Wageningen Agricultural University (department of forestry). 65p
30. Orwa C, Mutua A., Kindt R., Jamnadass R, Simons A. 2009. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0 (<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>).

31. Plenderleith K., 1997. *Ricinodendron heudelotii*: a state of knowledge study undertaken for the central African region program for the environment. Oxford Forestry Institute 44p.
32. Shackleton C. M., Botha J. et Emanuel P. L., 2003. Productivity and abundance of *Sclero caryabirrea* subsp. caffrain and around rural settlements and protected areas of the Bushbuckridgelowveld, South Africa. *Forests, Trees and Livelihoods*, 13, 217–232.
33. Tchiengang C., Kapseu C., Ndjouenkeu R., Ngassoum M.B, 1997. Les amandes de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) : matière première potentielle pour les huileries tropicales, *J. Food Eng.* 32, pp. 1–10
34. Vivien J. et Faure J. J., 1996. *Fruitiers sauvages d'Afrique : espèces du Cameroun*. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale(CTA) et Ministère Français de la Coopération, 416 p.