

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

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

*CENTER OF RESEARCH AND TRAINING IN GRADUATE STUDIE IN LIFE
SCIENCE, HEALTH & ENVIRONMENTAL SCIENCES*

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET DE PHYSIOLOGIE VEGETALES

DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

**Développement et évaluation des performances de quelques variétés
contrastées de cacaoyers (*Theobroma cacao*. L) cultivés dans deux
systèmes agroforestiers situés en zone marginale (savanes et jachères) au
Cameroun**

THESE

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

Option : Biotechnologies Végétales

Par :

FEUMBA DE TCHOUA Le Blanc

Matricule : 96R291

Master ès sciences

Sous la supervision de :

AMBANG Zachée

Professeur

Octobre 2022





DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES

DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

Yaoundé, le

ATTESTATION DE CORRECTION

Nous soussignés, membres du jury de soutenance de thèse de Doctorat Ph/D au département de biologie et physiologie végétales, option : **Biotechnologies végétales** soutenue publiquement le 05 décembre 2022 par l'étudiant **FEUMBA DE TCHOUA Le Blanc**, matricule **96R291** sur le thème «**Développement et évaluation des performances de quelques variétés contrastées de cacaoyers (Theobroma cacao. L) cultivés dans deux systèmes agroforestiers situés en zone marginale (savane et jachères) au Cameroun** » attestons que les corrections conformément aux remarques et recommandations du jury lors de la soutenance ont été effectuées par le candidat.

En foi de quoi, la présente attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit. /-

Président

BELL Joseph Martin

Professeur

Rapporteur

AMBANG Zachée

Professeur

Membres

NYASSE Salomon

Directeur de Recherche

NDONGO BEKOLO

Maitre de Conférences

NGONKEU MANGAPTCHÉ EDDY

Maitre de Conférences

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

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

*CENTER OF RESEARCH AND TRAINING IN GRADUATE STUDIE IN LIFE
SCIENCE, HEALTH & ENVIRONMENTAL SCIENCES*

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET DE PHYSIOLOGIE VEGETALES

DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

**Développement et évaluation des performances de quelques variétés
contrastées de cacaoyers (*Theobroma cacao*. L) cultivés dans deux
systèmes agroforestiers situés en zone marginale (savanes et jachères) au
Cameroun**

THESE

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

Option : Biotechnologies Végétales

Par :

FEUMBA DE TCHOUA Le Blanc

Matricule : 96R291

Master ès sciences


Sous la supervision de :

AMBANG Zachée

Professeur

Octobre 2022

LISTE PROTOCOLAIRE

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

ANNÉE ACADEMIQUE 2021/2022

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 03 Mars 2022

ADMINISTRATION

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

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

VICE-DOYEN / DSSE : NYEGUE Makimilienne A., *Professeur*

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

Chef Division Administrative et Financière : NDOYE FOE Marie C. F., *Maitre de Conférences*

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

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (39)

| | NOMS ET PRÉNOMS | GRADE | OBSERVATIONS |
|---|----------------------|------------|---------------------|
| 1 | BIGOGA DIAGA Jude | Professeur | En poste |
| 2 | BOUDJEKO Thaddée | Professeur | En poste |
| 3 | FEKAM BOYOM Fabrice | Professeur | En poste |
| 4 | FOKOU Elie | Professeur | En poste |
| 5 | KANSCI Germain | Professeur | En poste |
| 6 | MBACHAM FON Wilfried | Professeur | En poste |
| 7 | MOUNDIPA FEWOU Paul | Professeur | Chef de Département |
| 8 | OBEN Julius ENYONG | Professeur | En poste |

| | | | |
|----|--------------------------------|-----------------------|----------------|
| 9 | ACHU Merci BIH | Maître de Conférences | En poste |
| 10 | ATOCHO Barbara Mma | Maître de Conférences | En poste |
| 11 | AZANTSA KINGUE GABIN BORIS | Maître de Conférences | En poste |
| 12 | BELINGA née NDOYE FOE M. C. F. | Maître de Conférences | Chef DAF / FS |
| 13 | DJUIDJE NGOUNOUE Marcelline | Maître de Conférences | En poste |
| 14 | EFFA NNOMO Pierre | Maître de Conférences | En poste |
| 15 | EWANE Cécile Anne | Maître de Conférences | En poste |
| 16 | KOTUE TAPTUE Charles | Maître de Conférences | En poste |
| 17 | MOFOR née TEUGWA Clotilde | Maître de Conférences | Doyen FS / UDs |
| 18 | NANA Louise épouse WAKAM | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|--------------------------|-----------------------|----------|
| 19 | NGONDI Judith Laure | Maître de Conférences | En poste |
| 20 | NGUEFACK Julienne | Maître de Conférences | En poste |
| 21 | NJAYOU Frédéric Nico | Maître de Conférences | En poste |
| 22 | TCHANA KOUATCHOUA Angèle | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|---------------------------------|------------------|----------|
| 23 | AKINDEH MBUH NJI | Chargé de Cours | En poste |
| 24 | BEBEE Fadimatou | Chargée de Cours | En poste |
| 25 | BEBOY EDZENGUELE Sara Nathalie | Chargée de Cours | En poste |
| 26 | DAKOLE DABOY Charles | Chargé de Cours | En poste |
| 27 | DJUUKWO NKONGA Ruth Viviane | Chargée de Cours | En poste |
| 28 | DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise | Chargé de Cours | En poste |
| 29 | FONKOUA Martin | Chargé de Cours | En poste |
| 30 | KOUOH ELOMBO Ferdinand | Chargé de Cours | En poste |
| 31 | LUNGA Paul KEILAH | Chargé de Cours | En poste |
| 32 | MANANGA Marlyse Joséphine | Chargée de Cours | En poste |
| 33 | MBONG ANGIE M. Mary Anne | Chargée de Cours | En poste |
| 34 | OWONA AYISSI Vincent Brice | Chargé de Cours | En poste |
| 35 | Palmer MASUMBE NETONGO | Chargé de Cours | En poste |
| 36 | PECHANGOU NSANGOU Sylvain | Chargé de Cours | En poste |
| 37 | MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle | Chargé de Cours | En poste |
| 38 | WILFRIED ANGIE Abia | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|----|---------------------------|-----------|----------|
| 39 | FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba | Assistant | En poste |
|----|---------------------------|-----------|----------|

| |
|--|
| 2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (51) |
|--|

| | | | |
|----|------------------------------|------------|---|
| 1 | AJEAGAH Gideon AGHAINDUM | Professeur | DAARS/FS |
| 2 | BILONG BILONG Charles-Félix | Professeur | Chef de Département |
| 3 | DIMO Théophile | Professeur | En Poste |
| 4 | DJIETO LORDON Champlain | Professeur | En Poste |
| 5 | DZEUFLET DJOMENI Paul Désiré | Professeur | En Poste |
| 6 | ESSOMBA née NTSAMA MBALA | Professeur | Vice Doyen/FMSB/UJI |
| 7 | FOMENA Abraham | Professeur | En Poste |
| 8 | KEKEUNOU Sévior | 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 | Inspecteur de service Coord. Progr./MINSANTE |
| 14 | ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert | Professeur | En poste |

| | | | |
|----|---|-----------------------|----------------------|
| 15 | ALENE Désirée Chantal | Maître de Conférences | Chef Service/MINESUP |
| 16 | BILANDA Danielle Claude | Maître de Conférences | En poste |
| 17 | DJIOGUE Séfirin | Maître de Conférences | En poste |
| 18 | JATSA BOUKENG Hermine épse MEGAPTCHÉ | Maître de Conférences | En Poste |
| 19 | LEKEUFACK FOLEFACK Guy B. | Maître de Conférences | En poste |
| 20 | MBENOUN MASSE Paul Serge | Maître de Conférences | En poste |
| 21 | MEGNEKOU Rosette | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|--------------------------|-----------------------|----------|
| 22 | MONY Ruth épouse NTONE | Maître de Conférences | En Poste |
| 23 | NGUEGUIM TSOFAK Florence | Maître de Conférences | En poste |
| 24 | NGUEMBOCK | Maître de Conférences | En poste |
| 25 | TOMBI Jeannette | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|---|------------------|------------------------------|
| 26 | ATSAMO Albert Donatien | Chargé de Cours | En poste |
| 27 | BASSOCK BAYIHA Etienne Didier | Chargé de Cours | En poste |
| 28 | DONFACK Mireille | Chargée de Cours | En poste |
| 29 | ESSAMA MBIDA Désirée Sandrine | Chargée de Cours | En poste |
| 30 | ETEME ENAMA Serge | Chargé de Cours | En poste |
| 31 | FEUGANG YOUNSSI François | Chargé de Cours | En poste |
| 32 | GONWOUO NONO Legrand | Chargé de Cours | En poste |
| 33 | GOUNOUE KAMKUMO Raceline | Chargée de Cours | En poste |
| 34 | KANDEDA KAVAYE Antoine | Chargé de Cours | En poste |
| 35 | KOGA MANG DOBARA | Chargé de Cours | En poste |
| 36 | LEME BANOCK Lucie | Chargé de Cours | En poste |
| 37 | MAHOB Raymond Joseph | Chargé de Cours | En poste |
| 38 | METCHI DONFACK MIREILLE FLAURE EPSE GHOUMO | Chargé de Cours | En poste |
| 39 | MOUNGANG Luciane Marlyse | Chargée de Cours | En poste |
| 40 | MVEYO NDANKEU Yves Patrick | Chargé de Cours | En poste |
| 41 | NGOATEU KENFACK Omer Bébé | Chargé de Cours | En poste |
| 42 | NJUA Clarisse Yafi | Chargée de Cours | <i>Chef Div. Uté Bamenda</i> |
| 43 | NOAH EWOTI Olive Vivien | Chargée de Cours | En poste |
| 44 | TADU Zephyrin | Chargé de Cours | En poste |
| 45 | TAMSA ARFAO Antoine | Chargé de Cours | En poste |
| 46 | YEDE | Chargé de Cours | En poste |
| 47 | YOUNOUSSA LAME | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|----|------------------------------------|------------|----------|
| 48 | AMBADA NDZENGUE Georgia Elna | Assistante | En poste |
| 49 | FOKAM Alvine Christelle Epse KEGNE | Assistante | En poste |
| 50 | MAPON NSANGO Indou | Assistant | En poste |
| 51 | NWANE Philippe Bienvenu | Assistant | En poste |

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (33)

| | | | |
|---|--------------------------|------------|---|
| 1 | AMBANG Zachée | Professeur | <i>Chef de Département Chef Division/UYII</i> |
| 2 | BELL Joseph Martin | Professeur | En poste |
| 3 | MBOLO Marie | Professeur | En poste |
| 4 | DJOCGOUE Pierre François | Professeur | En poste |
| 5 | MOSSEBO Dominique Claude | Professeur | En poste |
| 6 | YOUNBI Emmanuel | Professeur | En poste |
| 7 | ZAPFACK Louis | Professeur | En poste |

| | | | |
|---|----------------------|-----------------------|----------|
| 8 | ANGONI Hyacinthe | Maître de Conférences | En poste |
| 9 | BIYE Elvire Hortense | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|------------------------------|-----------------------|--------------|
| 10 | MALA Armand William | Maître de Conférences | En poste |
| 11 | MBARGA BINDZI Marie Alain | Maître de Conférences | CT/ MINESUP |
| 12 | NDONGO BEKOLO | Maître de Conférences | CE / MINRESI |
| 13 | NGODO MELINGUI Jean Baptiste | Maître de Conférences | En poste |
| 14 | NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L. | Maître de Conférences | CT / MINRESI |
| 15 | TONFACK Libert Brice | Maître de Conférences | En poste |
| 16 | TSOATA Esaïe | Maître de Conférences | En poste |
| 17 | ONANA Jean Michel | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|-----------------------------------|------------------|-------------------------------|
| 18 | DJEUANI Astride Carole | Chargé de Cours | En poste |
| 19 | GOMANDJE Christelle | Chargée de Cours | En poste |
| 20 | MAFFO MAFFO Nicole Liliane | Chargé de Cours | En poste |
| 21 | MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel | Chargé de Cours | En poste |
| 22 | NGALLE Hermine BILLE | Chargée de Cours | En poste |
| 23 | NGOUO Lucas Vincent | Chargé de Cours | En poste |
| 24 | NNANGA MEBENGA Ruth Laure | Chargé de Cours | En poste |
| 25 | NOUKEU KOUAKAM Armelle | Chargé de Cours | En poste |
| 26 | NSOM ZAMBO EPSE PIAL Annie Claude | Chargé de Cours | En Détachement UNESCO Mali |
| 27 | GODSWILL NTSOMBAH NTSEFONG | Chargé de Cours | En poste |
| 28 | KABELONG BANAHOU Louis-Paul- | Chargé de Cours | En poste |
| 29 | KONO Léon Dieudonné | Chargé de Cours | En poste |
| 30 | LIBALAH Moses BAKONCK | Chargé de Cours | En poste |
| 31 | LIKENG-LI-NGUE Benoit C | Chargé de Cours | En poste |
| 32 | TAEDOUNG Evariste Hermann | Chargé de Cours | En poste |
| 33 | TEMEGNE NONO Carine | Chargé de Cours | En poste |

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (31)

| | | | |
|---|---------------------------------|------------|---------------------------------------|
| 1 | AGWARA ONDOH Moïse | Professeur | <i>Chef de Département</i> |
| 2 | Florence UFI CHINJE épouse MELO | Professeur | <i>Recteur Univ. Ngaoundéré</i> |
| 3 | GHOGOMU Paul MINGO | Professeur | <i>Ministre Chargé de Miss.PR</i> |
| 4 | NANSEU Njiki Charles Péguy | Professeur | En poste |
| 5 | NDIFON Peter TEKE | Professeur | CT MINRESI |
| 6 | NDIKONTAR Maurice KOR | Professeur | <i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i> |
| 7 | NENWA Justin | Professeur | En poste |
| 8 | NGAMENI Emmanuel | Professeur | <i>DOYEN FS Univ.Ngaoundere</i> |
| 9 | NGOMO Horace MANGA | Professeur | <i>Vice Chancellor/UB</i> |

| | | | |
|----|---------------------------|-----------------------|----------|
| 10 | ACAYANKA Elie | Maître de Conférences | En poste |
| 11 | EMADACK Alphonse | Maître de Conférences | En poste |
| 12 | KAMGANG YOUBI Georges | Maître de Conférences | En poste |
| 13 | KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C. | Maître de Conférences | En poste |
| 14 | KENNE DEDZO GUSTAVE | Maître de Conférences | En poste |
| 15 | KONG SAKEO | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|----------------------------------|-----------------------|--------------|
| 16 | MBEY Jean Aime | Maître de Conférences | En poste |
| 17 | NDI NSAMI Julius | Maître de Conférences | En poste |
| 18 | NEBAH Née NDO SIRI Bridget NDOYE | Maître de Conférences | CT/ MINPROFF |
| 19 | NJIOMOU C. épouse DJANGANG | Maître de Conférences | En poste |
| 20 | NJOYA Dayirou | Maître de Conférences | En poste |
| 21 | NYAMEN Linda Dyorisse | Maître de Conférences | En poste |
| 22 | PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU | Maître de Conférences | En poste |
| 23 | TCHAKOUTE KOUAMO Hervé | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|------------------------------|-----------------|-------------------|
| 24 | BELIBI BELIBI Placide Désiré | Chargé de Cours | Chef Service/ ENS |
| 25 | CHEUMANI YONA Arnaud M. | Chargé de Cours | En poste |
| 26 | KOUOTOU DAOUDA | Chargé de Cours | En poste |
| 27 | MAKON Thomas Beauregard | Chargé de Cours | En poste |
| 28 | NCHIMI NONO KATIA | Chargé de Cours | En poste |
| 29 | NJANKWA NJABONG N. Eric | Chargé de Cours | En poste |
| 30 | PATOUOSSA ISSOFA | Chargé de Cours | En poste |
| 31 | SIEWE Jean Mermoz | Chargé de Cours | En poste |

5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (38)

| | | | |
|---|-----------------------------|------------|--|
| 1 | DONGO Etienne | Professeur | <i>Vice-Doyen/FSE/UIYI</i> |
| 2 | NGOUELA Silvère Augustin | Professeur | <i>Chef de Département UDS</i> |
| 3 | NYASSE Barthélemy | Professeur | En poste |
| 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 | Alex de Théodore ATCHADE | Maître de Conférences | <i>Vice-Doyen / DPSAA</i> |
| 8 | AMBASSA Pantaléon | Maître de Conférences | En poste |
| 9 | EYONG Kenneth OBEN | Maître de Conférences | En poste |
| 10 | FOLEFOC Gabriel NGOSONG | Maître de Conférences | En poste |
| 11 | FOTSO WABO Ghislain | Maître de Conférences | En poste |
| 12 | KAMTO Eutrophe Le Doux | Maître de Conférences | En poste |
| 13 | KENMOGNE Marguerite | Maître de Conférences | En poste |
| 14 | KEUMEDJIO Félix | Maître de Conférences | En poste |
| 15 | KOUAM Jacques | Maître de Conférences | En poste |
| 16 | MKOUNGA Pierre | Maître de Conférences | En poste |
| 17 | MVOT AKAK CARINE | Maître de Conférences | En poste |
| 18 | NGO MBING Joséphine | Maître de Conférences | <i>Chef de Cellule MINRESI</i> |
| 19 | NGONO BIKOBO Dominique Serge | Maître de Conférences | <i>C.E.A/ MINESUP</i> |
| 20 | NOTE LOUGBOT Olivier Placide | Maître de Conférences | <i>DAAC/Uté Bertoua</i> |
| 21 | NOUNGOUE TCHAMO Diderot | Maître de Conférences | En poste |
| 22 | TABOPDA KUATE Turibio | Maître de Conférences | En poste |
| 23 | TAGATSING FOTSING Maurice | Maître de Conférences | En poste |
| 24 | TCHOUANKEU Jean-Claude | Maître de Conférences | <i>Doyen /FS/ UYI</i> |
| 25 | YANKEP Emmanuel | Maître de Conférences | En poste |
| 26 | ZONDEGOUNBA Ernestine | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|---------------------|-----------------|----------|
| 27 | NGNINTEDO Dominique | Chargé de Cours | En poste |
|----|---------------------|-----------------|----------|

| | | | |
|----|---------------------------|------------------|----------|
| 28 | NGOMO Orléans | Chargée de Cours | En poste |
| 29 | OUAHOUE WACHE Blandine M. | Chargée de Cours | En poste |
| 30 | SIELINOU TEDJON Valérie | Chargé de Cours | En poste |
| 31 | MESSI Angélique Nicolas | Chargé de Cours | En poste |
| 32 | TCHAMGOUE Joseph | Chargé de Cours | En poste |
| 33 | TSAMO TONTSA Armelle | Chargé de Cours | En poste |
| 34 | TSEMEUGNE Joseph | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|----|-----------------------------------|------------|----------|
| 35 | MUNVERA MFIFEN Aristide | Assistant | En poste |
| 36 | NONO NONO Éric Carly | Assistant | En poste |
| 37 | OUETE NANTCHOUANG Judith Laure | Assistante | En poste |
| 38 | TSAFFACK Maurice | Assistant | En poste |

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

| | | | |
|----|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 1 | ATSA ETOUNDI Roger | Professeur | <i>Chef Div.MINESUP</i> |
| 2 | FOUDA NDJODO Marcel Laurent | Professeur | <i>Chef Dpt ENS/Chef IGA.MINESUP</i> |
| 3 | NDOUNDAM René | Maître de Conférences | En poste |
| 4 | TSOPZE Norbert | Maître de Conférences | En poste |
| 5 | ABESSOLO ALO'O Gislain | Chargé de Cours | En poste |
| 6 | AMINOU 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 | MONTHE DJIADEU Valery M. | Chargé de Cours | En poste |
| 15 | OLLE OLLE Daniel Claude Delort | Chargé de Cours | C/D Enset. Ebolowa |
| 16 | TAPAMO Hyppolite | Chargé de Cours | En poste |
| 17 | BAYEM Jacques Narcisse | Assistant | En poste |
| 18 | EKODECK Stéphane Gaël Raymond | Assistant | En poste |
| 19 | MAKEMBE. S . Oswald | Assistant | En poste |
| 20 | MESSI NGUELE Thomas | Assistant | En poste |
| 21 | NKONDOCK. MI. BAHANACK.N. | Assistant | En poste |
| 22 | NZEKON NZEKO'O Armel Jacques | Assistant | En poste |

7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (31)

| | | | |
|---|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 | AYISSI Raoult Domingo | Professeur | <i>Chef de Département</i> |
| 2 | EMVUDU WONON Yves S. | Professeur | <i>Inspecteur MINESUP</i> |
| 3 | KIANPI Maurice | Maître de Conférences | En poste |
| 4 | MBANG Joseph | Maître de Conférences | En poste |
| 5 | MBEHOU Mohamed | Maître de Conférences | En poste |
| 6 | MBELE BIDIMA Martin Ledoux | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|----------------------------|-----------------------|--|
| 7 | NOUNDJEU Pierre | Maître de Conférences | <i>Chef Service des Programmes & Diplômes/FS/UYI</i> |
| 8 | TAKAM SOH Patrice | Maître de Conférences | En poste |
| 9 | TCHAPNDA NJABO Sophonie B. | Maître de Conférences | <i>Directeur/AIMS Rwanda</i> |
| 10 | TCHOUNDJA Edgar Landry | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|-------------------------------|------------------|---------------------------------|
| 11 | AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard | Chargé de Cours | <i>Chef Cellule MINEPAT</i> |
| 12 | BOGSO ANTOINE MARIE | Chargé de Cours | En poste |
| 13 | CHENDJOU Gilbert | Chargé de Cours | En poste |
| 14 | DJIADU NGAHA Michel | Chargé de Cours | En poste |
| 15 | DOUANLA YONTA Herman | Chargé de Cours | En poste |
| 16 | KIKI Maxime Armand | Chargé de Cours | En poste |
| 17 | MBAKOP Guy Merlin | Chargé de Cours | En poste |
| 18 | MENGUE MENGUE David Joe | Chargé de Cours | <i>Chef Dpt /ENS Uté Maroua</i> |
| 19 | NGUEFACK Bernard | Chargé de Cours | En poste |
| 20 | NIMPA PEFOUKEU Romain | Chargé de Cours | En poste |
| 21 | OGADOA AMASSAYOGA | Chargée de Cours | En poste |
| 22 | POLA DOUNDOU Emmanuel | Chargé de Cours | <i>En stage</i> |
| 23 | TCHEUTIA Daniel Duviol | Chargé de Cours | En poste |
| 24 | TETSADJIO TCHILEPECK M. E. | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|----|------------------------------|------------|----------|
| 25 | BITYE MVONDO Esther Claudine | Assistante | En poste |
| 26 | FOKAM Jean Marcel | Assistant | En poste |
| 27 | LOUMNGAM KAMGA Victor | Assistant | En poste |
| 28 | MBATAKOU Salomon Joseph | Assistant | En poste |
| 29 | MBIAKOP Hilaire George | Assistant | En poste |
| 30 | MEFENZA NOUNTU Thierry | Assistant | En poste |
| 31 | TENKEU JEUFACK Yannick Léa | Assistant | En poste |

8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (22)

| | | | |
|---|-------------------------------|------------|---------------------------------|
| 1 | ESSIA NGANG Jean Justin | Professeur | <i>Chef de Département</i> |
| 2 | NYEGUE Maximilienne Ascension | Professeur | <i>VICE-DOYEN / DSSE/FS/UYI</i> |
| 3 | NWAGA Dieudonné M. | Professeur | En poste |

| | | | |
|---|---|-----------------------|----------|
| 4 | ASSAM ASSAM Jean Paul | Maître de Conférences | En poste |
| 5 | BOUGNOM Blaise Pascal | Maître de Conférences | En poste |
| 6 | BOYOMO ONANA | Maître de Conférences | En poste |
| 7 | KOUITCHEU MABEKE Epse KOUAM Laure Brigitte | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|---|---------------------------|-----------------------|----------|
| 8 | RIWOM Sara Honorine | Maître de Conférences | En poste |
| 9 | SADO KAMDEM Sylvain Leroy | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|-------------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 10 | BODA Maurice | Chargé de Cours | En position d'absence irrégulière |
| 11 | ESSONO OBOUGOU Germain G. | Chargé de Cours | En poste |
| 12 | NJIKI BIKOÏ Jacky | Chargée de Cours | En poste |
| 13 | TCHIKOUA Roger | Chargé de Cours | En poste |
| 14 | ESSONO Damien Marie | Chargé de Cours | En poste |
| 15 | LAMYE Glory MOH | Chargé de Cours | En poste |
| 16 | MEYIN A EBONG Solange | Chargée de Cours | En poste |
| 17 | NKOUDOU ZE Nardis | Chargé de Cours | En poste |
| 18 | TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie | Chargée de Cours | En poste |
| 19 | TOBOLBAÏ Richard | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|----|--------------------------------|------------|----------|
| 20 | MONI NDEDI Esther Del Florence | Assistante | En poste |
| 21 | NKOUÉ TONG ABRAHAM | Assistant | En poste |
| 22 | SAKE NGANE Carole Stéphanie | Assistante | En poste |

9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (43)

| | | | |
|----|------------------------------|------------|-------------------------------------|
| 1 | BEN- BOLIE Germain Hubert | Professeur | En poste |
| 2 | DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM | Professeur | En poste |
| 3 | EKOBENA FOU DA Henri Paul | Professeur | <i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i> |
| 4 | ESSIMBI ZOBO Bernard | Professeur | En poste |
| 5 | NANA ENGO Serge Guy | Professeur | En poste |
| 6 | NANA NBENDJO Blaise | Professeur | En poste |
| 7 | NDJAKA Jean Marie Bienvenu | Professeur | <i>Chef de Département</i> |
| 8 | NJANDJOCK NOUCK Philippe | Professeur | En poste |
| 9 | NOUAYOU Robert | Professeur | En poste |
| 10 | PEMHA Elkana | 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 épse 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 | HONA Jacques | Maître de Conférences | En poste |
| 22 | MBINACK Clément | Maître de Conférences | En poste |
| 23 | MBONO SAMBA Yves Christian U. | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|----|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 24 | NDOP Joseph | Maître de Conférences | En poste |
| 25 | SIEWE SIEWE Martin | Maître de Conférences | En poste |
| 26 | SIMO Elie | Maître de Conférences | En poste |
| 27 | VONDOU DerbetiniAppolinaire | Maître de Conférences | En poste |
| 28 | WAKATA née BEYA Annie | Maître de Conférences | <i>Directeur/ENS/UII</i> |

| | | | |
|----|-----------------------------------|------------------|------------------------------------|
| 29 | ABDOURAHIMI | Chargé de Cours | En poste |
| 30 | CHAMANI Roméo | Chargé de Cours | En poste |
| 31 | EDONGUE HERVAIS | Chargé de Cours | En poste |
| 32 | FOUEDJIO David | Chargé de Cours | <i>Chef Cell. MINADER</i> |
| 33 | MEL'I Joelle Larissa | Chargée de Cours | En poste |
| 34 | MVOGO ALAIN | Chargé de Cours | En poste |
| 35 | WOULACHE Rosalie Laure | Chargée de Cours | <i>Absente depuis Janvier 2022</i> |
| 36 | AYISSI EYEBE Guy François Valérie | Chargé de Cours | En poste |
| 37 | DJOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes | Chargée de Cours | En poste |
| 38 | OTTOU ABE Martin Thierry | Chargé de Cours | En poste |
| 39 | TEYOU NGOUPOU Ariel | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|----|---------------------------|-----------|----------|
| 40 | KAMENI NEMATCHOUA Modeste | Assistant | En poste |
| 41 | LAMARA Maurice | Assistant | En poste |
| 42 | NGA ONGODO Dieudonné | Assistant | En poste |
| 43 | WANDJI NYAMSI William | Assistant | En poste |

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

| | | | |
|---|----------------------------|------------|----------------------------|
| 1 | BITOM Dieudonné-Lucien | Professeur | <i>Doyen / FASA / UDs</i> |
| 2 | FOUATEU Rose épouse YONGUE | Professeur | En poste |
| 3 | NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy | Professeur | En poste |
| 4 | NDJIGUI Paul Désiré | Professeur | <i>Chef de Département</i> |
| 5 | NGOS III Simon | Professeur | En poste |
| 6 | NKOUMBOU Charles | Professeur | En poste |
| 7 | NZENTI Jean-Paul | Professeur | En poste |

| | | | |
|----|-----------------------------|-----------------------|---|
| 8 | ABOSSOLO née ANGUE Monique | Maître de Conférences | <i>Vice-Doyen / DRC</i> |
| 9 | BISSO Dieudonné | Maître de Conférences | <i>Directeur/Projet Barrage Memve'ele</i> |
| 10 | EKOMANE Emile | Maître de Conférences | En poste |
| 11 | FUH Calistus Gentry | Maître de Conférences | <i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i> |
| 12 | GANNO Sylvestre | Maître de Conférences | En poste |
| 13 | GHOGOMU Richard TANWI | Maître de Conférences | <i>Chef de Département /Uté Maroua</i> |
| 14 | MOUNDI Amidou | Maître de Conférences | CT/ MINIMDT |
| 15 | NGO BIDJECK Louise Marie | Maître de Conférences | En poste |
| 16 | NGUEUTCHOUA Gabriel | Maître de Conférences | CEA/MINRESI |
| 17 | NJILAH Isaac KONFOR | Maître de Conférences | En poste |
| 18 | NYECK Bruno | Maître de Conférences | En poste |
| 19 | ONANA Vincent Laurent | Maître de Conférences | <i>Chef service Maintenance & du Matériel/UII</i> |
| 20 | TCHAKOUNTE J. épouse NUMBEM | Maître de Conférences | <i>Chef.cell / MINRESI</i> |

| | | | |
|----|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 21 | TCHOUANKOUE Jean-Pierre | Maître de Conférences | En poste |
| 22 | TEMGA Jean Pierre | Maître de Conférences | En poste |
| 23 | YENE ATANGANA Joseph Q. | Maître de Conférences | <i>Chef Div. /MINTP</i> |
| 24 | ZO'O ZAME Philémon | Maître de Conférences | <i>DG/ART</i> |

| | | | |
|----|-------------------------------|------------------|-----------------------|
| 25 | ANABA ONANA Achille Basile | Chargé de Cours | En poste |
| 26 | BEKOA Etienne | Chargé de Cours | En poste |
| 27 | ELISE SABABA | 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 | Chargé de Cours | En poste |
| 31 | MBESSE CECILE OLIVE | Chargée de Cours | En poste |
| 32 | MBIDA YEM | Chargé de Cours | En poste |
| 33 | METANG Victor | Chargé de Cours | En poste |
| 34 | MINYEM Dieudonné | Chargé de Cours | <i>CD/ Uté Maroua</i> |
| 35 | NGO BELNOUN Rose Noël | Chargée de Cours | En poste |
| 36 | NOMO NEGUE Emmanuel | Chargé de Cours | En poste |
| 37 | NTSAMA ATANGANA Jacqueline | Chargé de Cours | En poste |
| 38 | TCHAPTCHET TCHATO De P. | Chargé de Cours | En poste |
| 39 | TEHNA Nathanaël | Chargé de Cours | En poste |
| 40 | FEUMBA Roger | Chargé de Cours | En poste |
| 41 | MBANGA NYOBE Jules | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|----|-----------------|-----------|----------|
| 42 | NGO'O ZE ARNAUD | Assistant | 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 (00) | 14 (10) | 15 (05) | 02 (01) | 39 (16) |
| BPA | 14 (01) | 11 (07) | 22 (07) | 04 (02) | 51 (17) |
| BPV | 06 (01) | 10(01) | 16 (09) | 01 (00) | 33 (11) |
| CI | 09(01) | 14(04) | 08 (01) | 00 (00) | 31 (06) |
| CO | 06 (01) | 20 (04) | 08 (03) | 04 (01) | 38(09) |
| IN | 02 (00) | 02 (00) | 12 (01) | 06 (00) | 22 (01) |
| MAT | 02 (00) | 08 (00) | 14 (01) | 07 (01) | 31 (02) |
| MIB | 03 (01) | 06 (02) | 10 (03) | 03 (02) | 22 (08) |
| PHY | 15 (01) | 13 (02) | 11 (03) | 04 (00) | 43 (06) |
| ST | 07 (01) | 16 (03) | 18 (04) | 01 (00) | 42(08) |
| Total | 72 (07) | 114 (33) | 134 (37) | 32 (07) | 352 (84) |

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Soit un total de | 352 (84) dont : |
| - Professeurs | 72 (07) |
| - Maîtres de Conférences | 114 (33) |
| - Chargés de Cours | 134 (37) |
| - Assistants | 32 (07) |

() = Nombre de Femmes 84

DEDICACE

A

Ma famille

REMERCIEMENTS

Ce travail ne serait jamais arrivé à terme sans apports précieux des enseignants, collègues, membres de famille et amis à qui je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma profonde gratitude. Il s'agit particulièrement de :

- Pr AMBANG Zachée, phytopathologiste, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses conseils et encouragements ;
- M. SOUNIGO Olivier, Généticien, pour avoir accepté de m'encadrer, et pour avoir mis à ma disposition tout le matériel nécessaire pour la réalisation de ce travail ;
- Pr TCHOUANKEU Jean Claude, Doyen de la Faculté des sciences, pour ses conseils, et son soutien inconditionnel ;
- Pr YOUMBI Emmanuel, chef de département de Biologie et Physiologie Végétales, pour sa rigueur dans l'organisation des enseignements et de la recherche;
- Pr BELL Joseph Martin, Généticien, Coordonnateur de la filière Industrie des semences, pour les conseils et apports multiformes ;
- Dr NYASSE Salomon, pour m'avoir accepté dans le laboratoire de phytopathologie de l'IRAD de Nkolbisson et avoir mis à ma disposition un certain nombre de matériel ;
- Dr CILAS Christian, statisticien, pour ses appuis et sa franche collaboration ;
- Dr TEN Martjin Hoopen, Phytopathologiste des cacaoyers, pour son soutien infaillible et ses multiples conseils durant toute la période de ce travail ;
- Dr RIBEYRE Fabienne, pour ses conseils et son soutien sans faille ;
- tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Végétales pour le savoir transmis et leurs dévouements à faire de nous de véritables scientifiques ;
- tous mes collègues et collaborateurs du laboratoire de phytopathologie de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement et de l'Université de Yaoundé I, y compris ceux du laboratoire d'entomologie, plus particulièrement à MM. SADO Thaddée, NSOUGA AMOUGOU Fidèle, Dr NEMBOT FOMBA Christian, Dr NDOUNGUE Mireille, Dr NDOGHO Angèle, Dr PETCHAYO Sandrine, pour leurs assistances techniques ;
- tous les planteurs du réseau de sélection participative pour leurs disponibilités et franche collaboration dans l'exercice de leurs tâches ;
- Mes parents TCHOUA Jean Paul et NKOUATCHOU Marceline, pour leur soutien infaillible et encouragement ;
- toutes mes mamans et pères, pour leurs encouragements multiformes ;
- mon épouse HEUMOU Nathalie et nos enfants Steve, Bryan, Daniel, Abigaëlle, et Olivier, pour leur affection, patience et encouragement au cours de mes travaux ;
- tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à l'exécution de ce travail.

TABLE DE MATIERES

| | |
|---|----------|
| LISTE PROTOCOLAIRE..... | i |
| DEDICACE..... | xii |
| REMERCIEMENTS | xiii |
| TABLE DE MATIERES..... | xiv |
| LISTE DES TABLEAUX..... | xix |
| LISTE DES FIGURES..... | xxi |
| LISTE DES ABREVIATIONS | xxiii |
| LISTE DES ANNEXES..... | xxiv |
| RESUME..... | xxv |
| ABSTRACT | xxvii |
| | |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| | |
| CHAPITRE I. REVUE DE LITTÉRATURE..... | 5 |
| I. 1. Historique et économie du cacaoyer | 6 |
| I. 1. 1. Historique..... | 6 |
| I. 1. 2. L'économie du cacaoyer | 7 |
| I. 2. Botanique | 8 |
| I. 2. 1. Plante..... | 8 |
| I. 2. 1. 1. Aspect agronomique | 8 |
| I. 2. 1. 2. Biologie florale | 10 |
| I. 2. 1. 3. Biologie de la reproduction : Fructification | 14 |
| I. 2. 2. Groupes génétiques | 14 |
| I.3. Amélioration génétique du cacaoyer et sélection | 16 |
| I.4. Problèmes phytosanitaires | 17 |
| I.4. 1. Maladies cryptogamiques du cacaoyer | 17 |
| I.4. 2. Insectes nuisibles de cacaoyers | 20 |
| I.4. 2. 1. Hémiptères..... | 21 |
| I.4. 2. 2. Les Homoptères : cochenilles ou coccides et les Psyllides (Le psylle)..... | 23 |
| I.4. 2. 3. Coléoptères nuisibles..... | 23 |
| I.4. 2. 4. Vertébrés parasites de cacaoyers | 24 |
| I.5. Résistance aux maladies | 24 |

| | |
|--|-----------|
| I.6. Méthodes de lutte contre les maladies et les insectes. | 25 |
| I.6.1. Lutte agronomique ou prophylactique | 26 |
| I.6.2. Lutte chimique..... | 26 |
| I.6.3. Lutte génétique | 28 |
| I.6.4. Lutte biologique | 29 |
| I.6.5. Autre moyen de lutte | 30 |
| I.7. Economie du cacaoyer au Cameroun..... | 30 |
| I.7.1 Conditions naturelles..... | 30 |
| I.7.2. Evolution de la filière | 31 |
| I.7.3. Principales zones de culture et évolution de la production | 32 |
| I.7.4. Espèces cultivées, maladies et ravageurs | 35 |
| I.7.5. Unité d'exploitation..... | 35 |
| I.8. Amélioration ou Sélection variétale au Cameroun | 36 |
| | |
| CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES | 39 |
| II.1. Matériel | 40 |
| II.1.1. Site d'étude | 40 |
| II.1.2. Matériel végétal | 40 |
| II.1.3. Autre Matériel | 43 |
| II.2. Méthodes | 43 |
| II.2.1. Obtention des descendance | 43 |
| II.2.2. Caractérisation des parcelles agroforestières étudiées | 44 |
| II.2.2.1. Structure spatiale des parcelles..... | 44 |
| II.2.2.2. Protocole d'installation des parcelles | 45 |
| II.2.3. Présélection des hybrides issus des fécondations contrôlées sur la base de leurs performances agronomiques | 47 |
| II.2.3.1. Adaptation des descendance à la zone de production..... | 47 |
| II.2.3.2. Evaluation du nombre moyen de cabosses produites par arbre i (N_i)..... | 47 |
| II.2.3.3. Détermination de la masse moyenne de cacao marchand par cabosse de la descendance (C_j) en g. | 47 |
| II.2.3.4. Evaluation de la production ou rendement annuel (Y) des hybrides | 48 |
| II.2.3.4.1. Evaluation de la production annuelle potentielle..... | 48 |
| II.2.3.4.2. Evaluation de la production annuelle réelle | 48 |

| | |
|--|-----------|
| II.2.3.5. Evaluation de la stabilité des productions des descendance ou stabilité phénotypique..... | 49 |
| II.2.3.6. Estimation de la productivité des catégories de croisement..... | 50 |
| II.2.3.7. Détermination du poids d'une fève de cacao marchand..... | 50 |
| II.2.3.8. Evaluation de la vigueur des cacaoyers..... | 50 |
| II.2.3.9. Estimation de la fertilité ovulaire | 50 |
| II.2.4. Identification du matériel végétal performant..... | 51 |
| II.2.5. Détermination du système d'association le plus pertinent | 51 |
| II.2.6. Evaluation de la sensibilité du matériel végétal testé aux bioagresseurs..... | 51 |
| II.2.6.1. Caractérisation de l'état sanitaire des hybrides testés | 51 |
| II.2.6.2. Isolement et identification microscopique de l'agent pathogène responsable de die-back | 52 |
| II.2.6.2.1. Milieu PDA..... | 52 |
| II.2.6.2.2. Milieu eau gélosée | 52 |
| II.2.6.2.3. Isolement et purification du potentiel agent pathogène responsable de die-back | |
| II.2.6.2.4. Obtention des cultures de monospores d'agents pathogènes isolés | 53 |
| II.2.6.2.5. Identification morphologique des isolats..... | 54 |
| II.2.6.3. Evaluation des niveaux de sensibilité des descendance vis-à-vis des mirides .. | 54 |
| II.2.6.4. Détermination de ma relation entre les teneurs en eau des branchettes et l'attractivité des descendance aux mirides | 54 |
| II.2.6.5. Identification des géniteurs et combinaisons hybrides intéressants pour la tolérance à <i>Phytophthora megakarya</i> | 55 |
| II.2.6.5.1. Régénération de la souche de <i>P. megakarya</i> | 55 |
| II.2.6.5.2. Préparation et disposition des disques de feuilles | 55 |
| II.2.6.5.3. Production de l'inoculum, inoculation et incubation des disques foliaires .. | 56 |
| II.2.6.5.4. Evaluation de l'évolution des nécroses sur les disques foliaires | 57 |
| II.2.7. Analyses statistiques | 57 |
| CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION..... | 59 |
| III.1. Résultats | 60 |
| III.1.1. Performances agronomiques des hybrides issus des fécondations contrôlées..... | 60 |
| III.1.1.1. Adaptation des descendance d'hybrides à la zone de production | 60 |
| III.1.1.2. Production moyenne annuelle des descendance hybrides (Y) | 62 |

| | |
|---|----|
| III.1.1.2.1. Moyenne annuelle de cabosses produites par descendance d'hybrides et par an (Ni) | 62 |
| III.1.1.2.2. Moyenne annuelle de masse de cacao marchand par cabosse (Cj) et par descendance en (g) par cabosse..... | 65 |
| III.1.1.2.3. Production moyenne annuelle de masse de cacao marchand par arbre i de chaque descendance hybride en (g) par arbre | 65 |
| III.1.1.3. Stabilité des productions des descendances ou stabilité phénotypique..... | 68 |
| III.1.1.3.1. Stabilité des productions potentielles | 68 |
| III.1.1.3.2. Stabilité des productions réelles | 70 |
| III.1.1.4. Productivité des catégories de croisement | 74 |
| III.1.1.5. Nombre moyen de graines par cabosse et poids moyen d'une fève de cacao marchand (CM)..... | 75 |
| III. 1.1.6. Vigueur adulte au collet des descendances hybrides | 76 |
| III.1.1.7. Relation entre production en cacao marchand (CM) et la vigueur, suivant les descendances..... | 77 |
| III.1.1.1.8. Fertilité ovulaire | 78 |
| III.1.2. Matériel végétal performant | 79 |
| III.1.2.1. Taux de survie des différentes variétés par essais..... | 79 |
| III.1.2.2. Productivité comparée des variétés Allemande (V 14) et hybride hétérogènes (V 15) issus de fécondation libre (DL)..... | 80 |
| III.1.2.3. Productivité comparée des variétés Allemande (V 14) et hybrides présélectionnés issus de fécondation contrôlées (V 19) | 82 |
| III.1.2.4. Productivité comparée des variétés hybrides hétérogènes (V 15) et hybrides issus de fécondations contrôlées (V 19) | 84 |
| III.1.3. Système de culture le plus pertinent (Performance agronomique de chaque système d'association)..... | 87 |
| III.1.3.1. Production moyenne annuelle de cacao marchand par arbre i de chaque parcelle en (g) par arbre..... | 87 |
| III.1.3.2. Comparaison de l'adaptation et productivités par type d'association..... | 88 |
| III.1.4. Sensibilité du matériel végétal testé aux bio-agresseurs | 89 |
| III.1.4.1. Caractéristiques des cacaoyers vis - à - vis de leur état sanitaire..... | 89 |
| III.1.4.1.1. Maladies et dégâts des ravageurs | 89 |
| III.1.4.1.2. Agents pathogènes identifiés sur les cacaoyers atteints de die-back..... | 91 |
| III. 1.4.2. Sensibilité des descendances vis-à-vis des mirides..... | 92 |

| | |
|---|-----|
| III.1.4.2.1. Distribution des dégâts des mirides au sein de chaque descendance | 92 |
| III.1.4.2.2. Comparaison des moyennes de dégâts dus aux mirides dans des descendances | 94 |
| III. 1.4.2.3. Relation entre le groupe génétique des parents et les niveaux d'attaques de mirides de leurs descendances..... | 95 |
| III. 1.4.2.4. Relation entre la teneur en eau des branchettes des descendances et l'attractivité aux mirides..... | 95 |
| III.1.4.3. Sensibilité des géniteurs et combinaisons hybrides constitutives des variétés vis-à-vis de <i>Phytophthora megakarya</i> | 96 |
| III.1.4.3.1. Evolution des nécroses sur les disques foliaires incubés | 96 |
| III.1.4.3.2. Relation entre la résistance des parents et celles de leurs descendances | 99 |
| III.2. Discussion | 100 |
| | |
| CONCLUSION, RECOMMANDATIONS | 109 |
| PERSPECTIVES..... | 109 |
| Conclusion | 110 |
| Recommandation | 113 |
| Perspectives | 112 |
| BIBLIOGRAPHIE | 113 |
| ANNEXES | 130 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau I: Groupe morpho-géographique de cacaoyers spontanés et cultivés | 16 |
| Tableau II: Origines et caractéristiques des géniteurs des 9 descendance issues de croisements manuels et utilisées dans les parcelles d'essais de sélection..... | 41 |
| Tableau III : Origines et caractéristiques des géniteurs des parents des descendance libres (V 15). | 42 |
| Tableau IV: Effectif de cacaoyers plantés représentant les neuf (9) descendants pleins frères (nommés dans la première colonne), dans chacune des douze parcelles d'essai. | 46 |
| Tableau V: Effectif d'arbres plantés représentant les 3 variétés mise en place pour une étude comparative des productivités..... | 46 |
| Tableau VI : Effectif de cacaoyers survivants et morts, puis pourcentages des mortalités par descendance et parcelle | 61 |
| Tableau VII : Classement des descendance selon leurs niveaux de production moyenne annuelle potentielle et réelle en nombre de cabosses / arbre. | 63 |
| Tableau VIII : Production moyenne annuelle de fèves de cacao marchand (CM) par cabosse de chaque descendance (g / cabosse). | 65 |
| Tableau IX: Classement des descendance selon leurs niveaux de production moyenne potentielle et réelle en cacao marchand (CM). | 66 |
| Tableau X : Valeurs de productions potentielles observées et prévues des descendance dans chaque parcelle (g / arbre)..... | 70 |
| Tableau XI : Valeurs de productions réelles observées et prévues des descendants dans chaque parcelle. | 73 |
| Tableau XII: Classement des productions suivant l'origine génétique des descendance..... | 74 |
| Tableau XIII: Moyennes de nombre de fève par unité de cabosse et de masse par unité de fève | 75 |
| Tableau XIV: Classement des descendance suivant leurs vigueur adultes..... | 77 |
| Tableau XV: Classement des descendance suivant la relation entre la productivité et la vigueur adulte..... | 78 |
| Tableau XVI: Comparaison des nombres moyens d'ovules fécondés par chérelle et de fèves par cabosse | 78 |
| Tableau XVII: Pourcentages de survie des variétés et parcelle | 79 |
| Tableau XVIII: Classement des parcelles suivant les productions des variétés 14 et 15..... | 81 |
| Tableau XIX : Classement des variétés 14 et 15..... | 82 |
| Tableau XX: Classement des parcelles suivant les productions des variétés 14 et 19..... | 84 |
| Tableau XXI: Classement des variétés 14 et 19..... | 84 |

| | |
|--|----|
| Tableau XXII: Classement des parcelles suivant les productions des variétés 15 et 19 | 86 |
| Tableau XXIII: Classement des variétés 15 et 19 | 87 |
| Tableau XXIV: Classement des parcelles selon leurs niveaux de production potentielle et réelle en cacao marchand (CM). | 88 |
| Tableau XXV: Classement des types d'associations en fonction des productions potentielle et réelle en g CM / arbre. | 89 |
| Tableau XXVI : Classement des descendances selon leurs niveaux d'attaques par des mirides..... | 94 |
| Tableau XXVII: Classement des catégories de croisement selon leurs niveaux d'attaques par les mirides. | 95 |
| Tableau XXVIII: Classement des descendances en fonction de la teneur | 96 |
| Tableau XXIX: Classement des descendances et clones selon leurs niveaux de sensibilité à <i>P. megakarya</i> | 98 |
| Tableau XXX: Différentes catégories de croisements avec leurs notes et leurs groupes | 99 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Fig. 1. Répartition géographique de la culture de cacaoyers sur le globe terrestre..... | 7 |
| Fig. 2. Architecture générale d'un cacaoyer issu de semence..... | 9 |
| Fig. 3. Floraison du cacaoyer. A- Inflorescence (coussinets, boutons, fleurs et hérelles) cliché Lachenaud (1991); B – fleur : a - pédicelle ; b - sépales soudées ; pétales (c – cuculle et g – ligule); d – étamines ; e – staminodes ; f – style ; (cliché Feumba De Tchoua Le B. 2017); C - diagramme floral. | 11 |
| Fig. 4. Fruits : a – cabosses ; b – chérelles ; c – pédoncule..... | 12 |
| Fig. 5. Coupe transversale d'une cabosse. | 13 |
| Fig. 6. Graines de cacao. | 13 |
| Fig. 7. Symptômes du die- back sur les feuilles de cacaoyer..... | 20 |
| Fig. 8. Dégâts de <i>Sahlbergella singularis</i> sur le cacaoyer. a - piqûres sur une jeune cabosse avec formation de crevasses dans le cortex et déformation du fruit; b - chancre sur un rameau semi-aoûté ; c - chancres sur l'écorce d'une branche ; d - dessèchement des feuilles après piqûres des jeunes rameaux..... | 22 |
| Fig. 9. Zones offrant des conditions naturelles favorables à la culture de cacaoyer | 31 |
| Fig. 10. Localisation des deux principales zones de culture de cacaoyers au Cameroun | 33 |
| Fig. 11. Évolution de la production de cacao dans les cinq premiers pays producteurs entre 34 | |
| Fig. 12. Structure des parcelles : A - Association cacaoyers + fruitier (Bourgoing et Todem, 2010 a) ; B - Association cacaoyer + palmier à huile (Bourgoing et Todem, 2010 b) | 45 |
| Fig. 13. Préparation des bacs : A1 - Découpage des disques foliaires ; A2 – Disposition dans les bacs. | 56 |
| Fig. 14. Inoculation des disques : A1 – Renouvellement de la souche sur cabosse ; A2 – Dépôt de solution calibrée sur les disques foliaires. | 56 |
| Fig. 15. Distribution moyenne des cabosses non mûres par descendance | 64 |
| Fig. 16 : Distribution moyenne de production de cacao marchand annuelle par descendance | 67 |
| Fig. 17. Distribution des circonférences au sein des descendances en Cm..... | 76 |
| Fig. 18. Productivité moyenne des variétés 14 et 15 par parcelle: A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle | 80 |
| Fig. 19. Productivités moyennes des variétés 14 et 15 pour l'ensemble des parcelles: A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle | 81 |
| Fig. 20. Productivités moyenne des variétés 14 et 19 par parcelle: A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle..... | 82 |
| Fig. 21. Productivités moyennes des variétés 14 et 19 pour l'ensemble des parcelles : A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle | 83 |

| | |
|--|----|
| Fig. 22. Productivités moyennes des variétés 15 et 19 par parcelle : A1 – Productivité potentielle ; | 85 |
| Fig. 23. Productivités moyennes des variétés 15 et 19 pour l'ensemble des parcelles : A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle. | 85 |
| Fig. 24. Symptômes des dégâts des insectes nuisibles : a – trous creusés par les borers ; b – chancres occasionnés par les piqûres des mirides sur la branchette ; c – présence des psylles sur les rameaux..... | 90 |
| Fig. 25. Manifestation visuelle du die-back : a - feuilles vert pâle ; b - feuilles en cours de dessèchement ; c- points noir | 91 |

LISTE DES ABREVIATIONS

| | | |
|---------------|---|--|
| ANN | : | Annuel |
| C M | : | Cacao marchand |
| Cab | : | Cabosse |
| Cabnm | : | Cabosses non mûres |
| CDC | : | Cameroon Development Cooperation |
| CEPLAC | : | Comiao Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira |
| CICC | : | Conseil Interprofessionnel de Cacao et Café |
| CIRAD | : | Coopération Internationale pour la Recherche Agricole et le Développement |
| CTSCFCC | : | Technical Committee for Coordination and Monitoring of de Cocoa and Coffee Sectors |
| FODECC | : | Fond de Développement des Filières Cacao et Café |
| g | : | gramme |
| GIC | : | Groupe d'Initiative Commune |
| ICCO | : | International Cocoa Organization |
| IITA | : | Institut Internationale pour l'Agriculture Tropicale |
| | | IFCC : Institut Française de Cacao et Café |
| IRAD | : | Institut de Recherche Agricole pour le Développement |
| LDM | : | limite maximale des résidus |
| MINADER | : | Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural |
| N K | : | Newmann-keuls |
| NM | : | Non Mûre |
| OILB- SROP | : | Office International de la Lutte Biologique, section régionale ouest-paléartique |
| ONCC | : | Office Nationale de Cacao et Café |
| ONCPB | : | Office Nationale de Commercialisation de Produits de Base |
| ONG | : | Organisation Non Gouvernemental |
| S.E.M.A.C. | : | Secteur Expérimental de modernisation des cacaoyères |
| SIC Cacao | : | Société Industrielle Camerounaise de Cacao |
| SODECA | : | Société de Développement du Cacao |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|---|-----|
| Annexe 1. Informations du les sites | 131 |
| Annexe 2. Résultats anova de l'effet de la variété sur le nombre de Mort | 131 |
| Annexe 3. Estimation des variables mesurées | 131 |
| Annexe 4. Analyse de variance de nombre de cabosses produites par arbre | 132 |
| Annexe 5. Analyse de variance de la production de cacao marchand par arbre | 132 |
| Annexe 6. Contribution relative de chaque descendance à la l'écovalence total (%)..... | 132 |
| Annexe 7. Analyse de variance de la vigueur adulte | 133 |
| Annexe 8. Analyse de variance relation entre production et vigueur adulte..... | 133 |
| Annexe 9. Taux de survie des cacaoyers par parcelle..... | 133 |
| Annexe 10. Comparaison des variétés 14 – 15 | 134 |
| Annexe 11. Comparaison des variétés 14 – 19 | 135 |
| Annexe 12. Comparaison des variétés 15 – 19 | 136 |
| Annexe 13. Résultat anova de la production de cacao marchand par type d'association | 137 |
| Annexe 14. Isolement des pathogènes (Emergence des colonies fongique)..... | 137 |
| Annexe 15. Distribution du die-back dans les parcelles et dans le temps..... | 138 |
| Annexe 16. Analyse de variance de l'attaque des mirides | 141 |
| Annexe 17. ANOVA Teneur en fonction de la descendance..... | 141 |
| Annexe 18. Calibrage de la suspension de zoospores par le billet d'une cellule de Malassez..... | 141 |
| Annexe 19. Analyse de variance de la sensibilité dans les descendances et dans les répétitions pour chaque expérimentation | 142 |
| Annexe 20. Analyse globale de variance de la sensibilité dans les descendances et répétitions..... | 143 |
| Annexe 21. Analyse des différences entre les expérimentations | 143 |
| Annexe 22. Analyse de variance de la sensibilité entre les catégories de croisement | 143 |

RESUME

L'augmentation de la production de cacao marchand au Cameroun demande le rajeunissement des vieilles parcelles existantes et la création de nouvelles exploitations, tout en veillant à la qualité des fèves produites et au maintien de l'environnement. Le présent travail a visé à évaluer les différents types de matériel végétal installés en zone de transition forêt-savane, sur des jachères forestières et savanes. Neuf (9) hybrides issus de fécondations contrôlées, et Trois (3) variétés de cacaoyers telles les variétés 14 (Allemande), 15 (Hybrides hétérogène) et 19 (mélange de six (6) hybrides triés parmi les neuf (9) hybrides de clone) ont été conduits sur des parcelles d'essais pour la comparaison de leurs performances agronomiques et tolérances aux bio-agresseurs. Les neuf (9) hybrides et variétés ont été installés dans des zones de savane et sur des jachères des forêts. Ces essais ont été disposés en blocs, suivant un système agroforestier à base de fruitiers exotiques (*Persea americana*, *Dacryodes edulis*, *Citrus spp*) et de palmier à huile (*Elaeis guineensis*). Les performances agronomiques variaient selon les descendances. Seule les descendances IMC 67 X SNK 109 ; SNK 109 X IMC 67 ; SNK 109 X T 79/501 ; IMC 67 X SNK 64 ont présentés des productions potentielles et réelles variant entre 1200 et 774 g cacao marchand par arbre. Ces productions sont supérieures à celles des exploitations traditionnelles où les cacaoyers sont plantés à l'ombre permanent, fournis par des arbres de forêts et des fruitiers déjà bien développés et maintenus lors de la mise en place des cacaoyers. Au sein de chaque descendance, certains arbres ont présenté des productions atypiques variant entre 1700 et 3001 g de cacao marchand par arbre. SCA 12 X SNK 16 et UPA 143 X SNK 64 ont présenté des rendements sensiblement inférieurs à ceux des quatre (4) premiers, mais supérieurs à ceux des parcelles traditionnelles et ont été intéressantes pour leurs masses moyennes en unité de fève qui sont 1,3 et 1,2 g respectivement. Toutes les descendances testées ont présenté une fertilité incomplète. SCA 12 X SNK16 a enregistré un nombre considérable de fèves par cabosse. Les six (6) hybrides ci-dessus ont été ainsi présélectionnés et ont constitué la variété 19 pour l'évaluation comparative des performances agronomiques avec les variétés 14 et 15. Le taux de mortalité assez élevé enregistré par les cacaoyers Allemand a montré que le mode de culture adopté n'a pas été favorable à son développement. Les descendances hybrides hétérogènes (variété 19) et hybrides triés (variété 15) ont présenté des productivités semblables, d'une part significativement plus élevées que celle des cacaoyers Allemand et d'autre part significativement supérieures à celle des plantations traditionnelles. Les parcelles associées avec les fruitiers ont été caractérisées par des productivités supérieures à celles associées aux palmiers à huile. Mais, chacun des deux systèmes de production a fourni

un rendement supérieur à celui des systèmes traditionnels complexes et favorables à la diversification des produits de récoltes. Toutes les descendances ont été attaquées par les mirides et la maladie de die back. Les descendances IMC 67 X SNK 109 et T 79/501 X SNK 64 ont été les plus sensibles aux mirides, contrairement à la descendance T 79/501 X SNK 109 qui s'est montrée plus tolérante. Au sein des croisements SCA 12 X SNK 16 et UPA 143 X SNK 64, certains cacaoyers se sont présentés totalement résistants. Une variation de sensibilité a été observée entre les descendances et les parcelles. La teneur en eau constituerait un des facteurs déterminant de l'attractivité des descendances vis-à-vis des mirides. Des conidies de genre *Fusarium* et *Lasiodiplodia* ont été identifiées sur des échantillons des explants atteints par la maladie de die-back. Aucune différence de sensibilité n'a été observée entre les parcelles palmiers et fruitiers. Les tests précoces de sensibilité à *Phytophthora megakarya* ont montré que le parent T 85/185 X T 60/78 a été extrêmement sensible alors que les descendances 107 X ICS 40 ; (POUND 7 X PA 150) X IMC 47 ; PA 107 X MA 12 et PA 107 X SNK 614 ont été les plus tolérants comparativement au clone témoins SCA 6 ; SNK 13 ; et PA 150.

Mots clés : *Theobroma cacao* - zone de transition - systèmes de production - Hybrides de croisements - productivité - sensibilité aux bioagresseurs.

ABSTRACT

Increasing the production of commercial cocoa in Cameroon requires the rejuvenation of old existing plots and the creation of new farms, while ensuring the quality of the beans produced and the maintenance of the environment. This work aimed to evaluate the different types of plant material installed in the forest-savannah transition zone, on forest and savannah fallows. Nine (9) hybrids resulting from controlled fertilization, and Three (3) varieties of cocoa trees such as varieties 14 (German), 15 (Heterogeneous hybrids) and 19 (mixture of six (6) hybrids sorted among the nine (9) hybrids of clone) were conducted on test plots to compare their agronomic performance and tolerance to pests. The nine (9) hybrids and varieties were installed in savannah areas and on forest fallows. These trials were arranged in blocks, following an agroforestry system based on exotic fruit trees (*Persea americana*, *Dacryodes edulis*, *Citrus*) and oil palm (*Elaeis guineensis*). Agronomic performance varied according to progeny. Only IMC 67 X SNK 109 progenies; SNK 109 X IMC 67; SNK 109XT 79/501; IMC 67 X SNK 64 presented potential and actual productions varying between 1200 and 774 g marketable cocoa per tree. These productions are superior to those of traditional farms where the cocoa trees are planted in permanent shade, provided by forest trees and fruit trees already well developed and maintained during the establishment of the cocoa trees. Within each progeny, some trees presented atypical productions varying between 1700 and 3001 g of marketable cocoa per tree. SCA 12 X SNK 16 and UPA 143 X SNK 64 presented yields significantly lower than those of the first four (4), but higher than those of the traditional plots and were interesting for their average masses in bean unit which are 1.3 and 1.2 g respectively. All progenies tested showed incomplete fertility. SCA 12 X SNK16 recorded a considerable number of beans per pod. The six (6) hybrids above were thus pre-selected and constituted variety 19 for the comparative evaluation of agronomic performance with varieties 14 and 15. The fairly high mortality rate recorded by German cocoa trees showed that the mode of culture adopted was not favorable to its development. The heterogeneous hybrid progenies (variety 19) and sorted hybrids (variety 15) showed similar productivity, on the one hand significantly higher than that of German cocoa trees and on the other hand significantly higher than that of traditional plantations. The plots associated with fruit trees were characterized by higher productivity than those associated with oil palms. However, each of the two production systems provided a higher yield than that of the complex traditional systems and favorable to the diversification of harvested products. All progenies were attacked by mirids and die back

disease. The IMC 67 X SNK 109 and T 79/501 X SNK 64 progenies were the most sensitive to mirids, unlike the T 79/501 X SNK 109 progeny which was more tolerant. Within the SCA 12 X SNK 16 and UPA 143 X SNK 64 crosses, some cocoa trees were completely resistant. A variation in sensitivity was observed between progenies and plots. The water content would constitute one of the determining factors of the attractiveness of the progenies with respect to the mirids. Conidia of the *Fusarium* and *Lasiodiplodia* genera were identified on samples of explants affected by die-back disease. No difference in sensitivity was observed between the palm and fruit plots. Early tests of susceptibility to *Phytophthora megakarya* showed that the T 85/185 X T 60/78 parent was extremely sensitive, whereas the 107 X ICS 40 progenies; (POUND 7 X PA 150) X BMI 47; PA 107 X MA 12 and PA 107 X SNK 614 were the most tolerant compared to the control clone SCA 6; SNK13; and PA 150.

Key words: *Theobroma cacao* - transitionl zone - production systems - Crossbreeding hybrids – productivity - sensitivity to pests.

INTRODUCTION

Le cacaoyer, *Theobroma cacao* L, est une Malvaceae (Alverson et *al.*, 1999), originaire d'Amérique du Sud (Motamayor et *al.*, 2002). Les premiers indices d'utilisation des fèves de cacao ont été découverts en Équateur, remontant à 3300 ans avant notre ère (Zarrillo et *al.*, 2018). Ses fèves constituent une matière première de grande valeur. Elles sont utilisées dans l'industrie agroalimentaire, pour la fabrication des produits semi-finis tels la pâte de cacao et ses dérivés directs, la poudre et le beurre de cacao, ou des produits finis destinés directement à la consommation tels le chocolat en poudre, les tablettes ou les confiseries de chocolat (Mossu, 1990).

Face à la croissance démographique, qui évolue de pair avec une nécessité d'augmentation de la production, l'un des défis majeurs de l'agriculture est de répondre aux besoins des populations, par la fourniture suffisante des denrées. Ainsi, de 1830 à nos jours, la production mondiale des fèves de cacao s'est accrue, passant de 10 000 tonnes jusqu'à 5 000 000 de tonnes en fin septembre 2021, avec une légère baisse à 4,55 millions de tonnes en 2016 / 2017 (Anonyme, 2021). Introduit au Cameroun en 1876 (Bartley, 2006), la production annuelle de la campagne 2019-2020 tourne autour de 290 000 tonnes de fèves de cacao et le Cameroun exporte presque la totalité de cette production (Anonyme, 2020). Ses fèves jouent un rôle important dans l'équilibre de la balance commerciale et dans l'élaboration du revenu monétaire des populations rurales des zones de production. Le secteur du cacao représente environ 3% du PIB national, 6% du PIB primaire et à peu près 30% du sous-secteur des produits agricoles destinés à l'exportation. Environ 2 millions de personnes dans le pays vivent grâce à ce secteur.

Malgré son importance, la cacaoculture au Cameroun est associée à de faibles rendements dus à plusieurs facteurs : la prévalence des maladies et des ravageurs, le vieillissement des vergers et les mauvaises pratiques culturales, le faible recours au matériel végétal sélectionné limitant la productivité et favorisant les attaques de bioagresseurs. En effet, plusieurs maladies et ravageurs de cultures contraignent les agriculteurs aux dépenses de natures diverses (argent, temps, énergie). Les plus redoutables sont : la maladie de la pourriture brune des cabosses, causée par plusieurs protistes fongiformes appartenant au genre *Phytophthora*, la maladie de die-back qui occasionne la mort des cacaoyers adultes en champ et les mirides. Le *Phytophthora megakarya* est responsable des pertes de production pouvant atteindre 80 % à 100 % dans les plantations les plus infectées, si aucune intervention n'est organisée (Nyassé, 1997 ; Cilas et Despréaux, 2004 ; Kouakou et *al.*, 2012). Depuis 15 ans

environ, les exploitations sont menacées par le « Die-back » dont la manifestation est la mort subite des cacaoyers. Les dégâts dus aux mirides sont estimées au moins à 50 % de pertes de rendement potentiel (Despréaux et *al.*, 1989 ; Berry et Cilas, 1994). Les espèces telles *Shalbergella singularis* et *Distantiella theobromae* sont reconnues comme des mirides les plus dévastateurs (Kumar et *al.*, 1974) et sont actuellement omniprésents dans les exploitations camerounaises (Babin et *al.*, 2009). A ces fléaux, s'ajoute la baisse de la fertilité des sols, le vieillissement des producteurs et vergers accompagnés des difficultés de régénération de celles-ci, suite à la diminution des forces physiques et réduction des espaces cultivables. En effet, dans le bassin de production du Centre-Sud, plus de 40 % de plantations ont été installées avant 1950 et dans le Sud-Ouest, 20 % de cacaoyères avaient déjà plus de 30 ans (Anonyme, 2018). Elles fournissent des rendements très bas, compris entre 200 kg et 300 kg de cacao marchand par hectare et par an (Jagoret, 2011), bien inférieurs à ceux obtenus dans les jeunes plantations qui tournent autour de 800 kg / ha (Anonyme, 2007), pouvant atteindre 1200 Kg / ha dans des systèmes de culture intensifs (Jagoret, 2011).

Au vu de ces différentes contraintes, les rendements des vergers sont dépendants des contrôles chimiques par l'utilisation des pesticides, engrais et de la quête des nouvelles espaces. Aujourd'hui, la production agricole mondiale doit donc faire face à de nouveaux enjeux : d'une part, atteindre des objectifs de productions grandissantes pour satisfaire les besoins d'une population en constante augmentation ; et d'autre part, réduire les impacts négatifs sur l'environnement afin de ne pas compromettre la disponibilité des ressources pour les générations futures. Malheureusement, la cacaoculture a eu et continue d'avoir un impact défavorable sur l'environnement. En effet, en plus de la pollution et du développement des résistances de souches d'ennemis de culture et de mauvaises herbes (Griffon, 1999 ; Tilman et *al.*, 2002) associés à l'utilisation d'intrants, la cacaoculture généralement pratiquée sous couvert forestier, contribue largement à la dégradation des forêts. Cette dégradation est plus ou moins importante, selon le mode de culture adopté par les planteurs. L'agroforesterie permet de limiter cet impact négatif, en permettant le maintien d'arbres d'ombrage (Torquebiau, 2002). En revanche, la cacaoculture pratiquée sans ombrage résulte en la destruction totale des forêts. Ainsi, pour avoir pratiqué la cacaoculture sans ombrage, la Côte d'Ivoire a vu sa surface forestière passer de 13 à 3 millions d'hectares entre 1960 et 1990 du fait de l'expansion du verger cacaoyer dans les zones forestières (Hanak Freud et *al.*, 2000). Il en est de même au Ghana où l'on estime que 80 % des zones forestières ont disparu depuis l'introduction du cacaoyer dans ce pays (Clever, 1992).

En raison de la place qu'occupe le cacao dans l'économie des pays producteurs, le Cameroun ambitionne augmenter sa production afin de répondre à la demande grandissante et en même temps disposer régulièrement d'un stock destiné au broyage local. Aussi, en raison du prix incitatif proposé sur le marché de cacao, de nombreux jeunes agriculteurs camerounais sont intéressés par la cacaoculture. En plus de larges zones forestières, le pays dispose des zones limites (jachères, savanes), moins propices à la croissance de cacaoyers d'un point de vue pédoclimatique (Champaud, 1966), mais dont l'utilisation à grande échelle peut permettre de limiter la pression due à la cacaoculture sur la forêt.

Au Cameroun, plusieurs travaux de sélections des cacaoyers ont été menés, avec des critères basés sur le rendement et la tolérance aux maladies et ravageurs. Les premiers avaient abouti en 1957 à la sélection des clones et à la distribution des boutures de clones aux planteurs. Cependant, le mauvais système racinaire des boutures n'a pas été favorable à un développement harmonieux en plantation (Paulin et Eskes, 1995). Des croisements ont été réalisés entre clones SNK issus de sélection massale dans des plantations du sud Cameroun et les descendances de pleins frères issues de ces croisements ont été évaluées sur stations de recherche, pour leur productivité. Les parents de 22 de ces descendances ont été multipliés et plantés dans des champs semenciers bi-clonaux pour la distribution des descendances aux cacaoculteurs (Efombagn, 2012).

Dans le cadre de l'amélioration des rendements des systèmes agro-forestiers à base de cacaoyers, quatre (4) questions de recherches ont été dégagées :

- Quels sont les performances des hybrides émis par fécondations contrôlées ?
- Quel est le matériel végétal performant à recommander aux cacaoculteurs ?
- Quel est le système agroforestier le plus pertinent ?
- Dans de tels milieux, quelles sont les bioagresseurs de culture qu'on peut craindre ?

Pour apporter les réponses à ces questions, des hypothèses de recherche ci-dessous ont été formulées :

- H 1 : Les hybrides issus de fécondations contrôlées présentent une variabilité de performance agronomique
- H 2 : Il existe au Cameroun trois types des variétés de cacaoyers avec une variabilité des niveaux de productivités.
- H 3 : Il n'existe pas de grands arbres sur des savanes et jachères, mais on peut associer les arbres d'ombrage.

- H 4 : Les ennemis de culture sont présents dans les essais, avec des niveaux d'agressivités qui varient suivant les descendances hybrides installées dans les parcelles ;

L'objectif principal de ce travail consiste à sélectionner parmi les descendances de cacaoyers vulgarisés, celles qui sont plus performantes en zones marginales.

Pour atteindre cet objectif principal, plusieurs objectifs spécifiques ont été abordés :

- Présélectionner les hybrides issus des croisements contrôlés sur la base de leurs performances agronomiques
- Identifier le matériel végétal à recommander aux cacaoculteurs ;
- Déterminer le système de production le plus pertinent ;
- Évaluer la sensibilité du matériel végétal testé aux bioagresseurs.

CHAPITRE I. REVUE DE LITTÉRATURE

I. 1. Historique et économie du cacaoyer

I. 1. 1. Historique

La domestication du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est ancienne. Sa culture est importante et se pratique aujourd'hui à l'échelle mondiale. En effet, le cacaoyer était cultivé par les peuples indiens mayas et aztèques de l'Amérique Centrale avant la conquête espagnole du 16^{ème} siècle. Ces derniers utilisaient les fèves d'une part comme monnaie d'échange et d'autre part comme matière première pour la production de boisson appelée « Xocoatl » qu'ils consommaient et utilisaient au cours de nombreuses cérémonies et rites comme le breuvage. A partir des années 1585 les voies de commerce des Mayas et des Aztèques ont permis l'expédition des fèves en Europe (Young, 1994 ; Coe et Coe, 1996) où a été mis au point une version sucrée du breuvage accompagné d'une conservation du secret du chocolat pendant une quarantaine d'années. La mode de cette boisson chocolatée s'est ensuite répandue en Europe et a suscité une demande croissante. Pour répondre à cette demande, les plantations de cacaoyer se sont étendues en Amérique centrale et de nouvelles plantations ont été mises en place dans plusieurs îles de la Caraïbe en occurrence la Trinité et la Jamaïque. Des introductions ont été faites au Venezuela, en Martinique et à Haïti. Contrairement en Asie et dans le Pacifique où les cacaoyers ont été cultivés dès 1560, son introduction en Afrique est plus récente (Wood, 1991 ; Young, 1994). Le cacaoyer est cultivé dans l'Île de São Tomé en 1822 grâce aux semences venues du Brésil, et dans l'Île de Fernando Poo vers 1854 grâce aux semences venues de São Tomé et Príncipe (Bartley, 2005). Les semences ont été exportées de ces deux pays vers le Ghana, et du Ghana vers d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest.

Bien que le premier foyer de domestication soit localisé en Amérique centrale, Cheesman (1944) considère que le centre d'origine du cacaoyer se situe dans le cours supérieur de l'Amazone, près des Andes équatoriennes où Pound (1938) a observé la plus forte variabilité morphologique. Bénéficiant du matériel végétal d'origine amazonienne (Forastero Amelonado) venu de l'Afrique de l'Ouest, d'autres pays d'Afrique se sont consacrés à la culture du cacaoyer. Au Cameroun, bien que le matériel planté ait été introduit de São Tomé et Fernando Poo par les missionnaires Baptistes (Preuss 1901), il est à noter que la première tentative de cacaoculture a été réalisée en 1876 à partir de 13 plants venant de Royal Botanic Garden (Probablement de Trinidad), envoyés à un missionnaire britannique sur les montagnes du Cameroun. Aujourd'hui, la cacaoculture est pratiquée dans toutes les zones tropicales humides du monde.

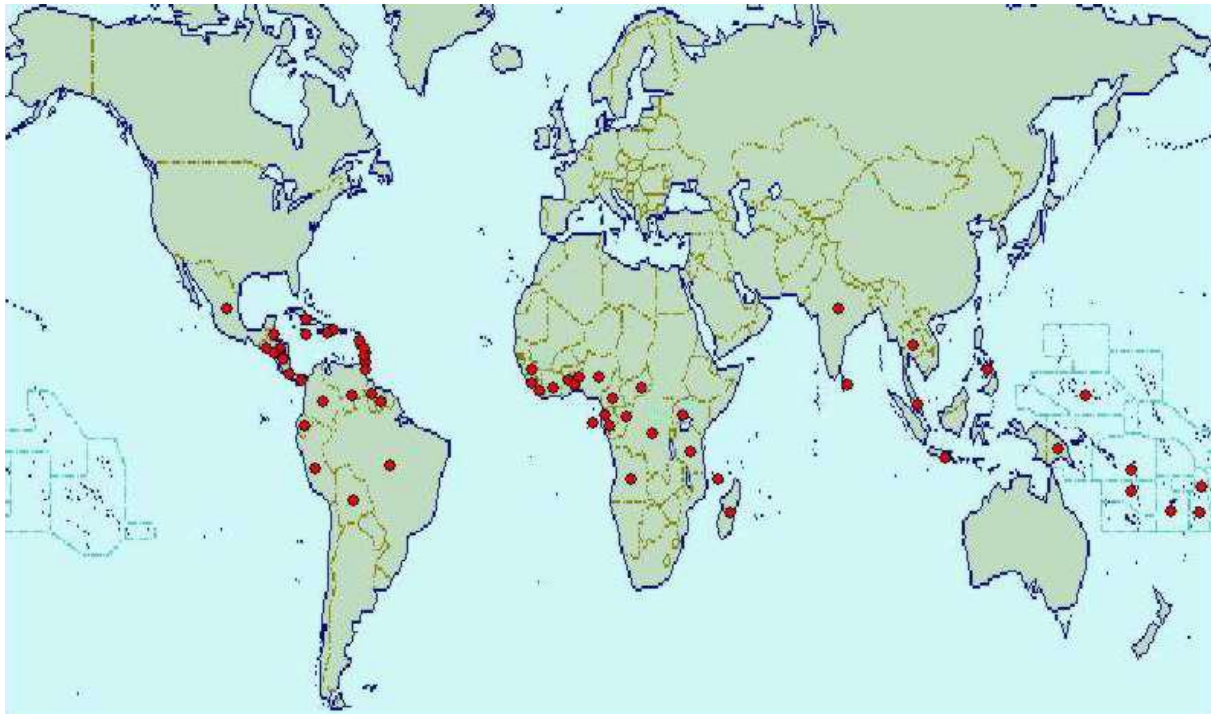


Fig. 1. Répartition géographique de la culture de cacaoyers sur le globe terrestre (Anonyme 2002).

I. 1. 2. L'économie du cacaoyer

Le cacaoyer constitue une importante source d'apport en argent pour les pays producteurs. Les pays de l'Amérique Centrale et du Sud, d'Asie du Sud et du Sud-Est et en particulier ceux d'Afrique Occidentale exportent des fèves de cacao vers l'occident où l'on trouve un grand marché de consommation des produits chocolatiers.

Au début du siècle, 80 % de la production mondiale était fournie par l'Amérique latine qui aujourd'hui se dédie en priorité à la production de cacao fin. Actuellement, l'essentiel de la production mondiale est assuré par l'Afrique qui fournit à elle seule plus de 80 %, avec 74 % de part de marché livré par quatre pays tels la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Cameroun et le Nigéria (Anonyme, 2020). La production de ces quatre pays a triplé au cours des trente dernières années et est passée de 1,37 million de tonnes à 3,47 millions de tonnes, mais l'Afrique ne reçoit que 3 % des revenus globaux issus du commerce des produits de l'industrie chocolatière (Anonyme, 2020). Certains pays d'Amérique latine produisent principalement du cacao fin ou aromatique commercialisé différemment et qui représente près de 10 % de la production mondiale (Anonyme, 2020).

En général, l'industrie chocolatière mondiale génère 100 milliards de dollars par an ; les pays producteurs ne captent que 6% de cette somme tandis que les paysans, producteurs directs de fèves, ne profitent que de 2% de cette manne (Anonyme, 2018). En effet, les cultivateurs et

les cultivatrices assument la quasi-totalité des risques alors que les entreprises situées plus en aval de la chaîne d'approvisionnement engrangent presque tous les bénéfices (Anonyme, 2021). Elle contribue à 0.4% de produit intérieur brut (PIB) du Togo, à 13% du PIB au Ghana et à près de 15% du PIB en Côte d'Ivoire (Anonyme, 2006). Elle occupe 14 millions de personnes en Afrique de l'Ouest, notamment au Ghana, au Togo, au Nigéria et en Côte d'Ivoire.

I. 2. Botanique

I. 2. 1. Plante

I. 2. 1. 1. Aspect agronomique

Le cacaoyer est un arbre de petite taille dont le développement est dépendant du microclimat, de la profondeur du sol et de l'activité humaine. Abandonné dans les buissons, il entre en concurrence avec les mauvaises herbes et les arbres de hautes tailles pour atteindre des hauteurs qui peuvent aller jusqu'à 20 m. D'autre part, en conditions de culture intensive avec des clones en plein soleil ou sous ombrage contrôlé, la hauteur des arbres est beaucoup plus basse et est comprise entre 5 et 7m (Eskes et Lanaud, 1997). Le cacaoyer supporte des températures maximales moyennes comprises entre 30° C et 32° C et des températures minimales moyennes comprises entre 18 et 21° C. La température moyenne annuelle optimale se situe aux environs de 25 ° C et ne doit pas être inférieure à 21°C, la moyenne des minimas quotidiens devant être supérieure à 15°C (Burle, 1961 ; Braudeau, 1969). Sa partie aérienne est constituée d'un axe principal orthotrope appelé tronc sur lequel on observe des branches portant des feuilles. La partie souterraine présente une racine principale jouant le rôle de pivot, qui fixe la plante profondément dans le sol et sur laquelle se développe en touffe des racines secondaires qui évoluent latéralement (Fig. 2) dans la couche superficielle du sol (Oro, 2001 ; Llor Solórzano, 2007). Le système racinaire est en majorité localisé aux 50 premiers centimètres du sol (Mossu, 1990).

Environ deux ans après semis, la partie supérieure ou terminale de l'axe principal orthotrope porte 2 à 5 bourgeons axillaires disposés en verticille qui se développent et donnent naissance après quelques années à des couronnes de branches plagiotropes (Enriquez, 1985). Parfois, des rejets orthotropes peuvent se développer à partir de l'aisselle d'une feuille, ou en dessous de la couronne à partir d'une cicatrice foliaire. Ils sont souvent taillés pour que le cacaoyer ne développe qu'une seule couronne surtout quand celle-ci est constituée de 4 à 5 branches. Mais, dans le cas où le cacaoyer porte une couronne de 2 à 3 branches, un rejet est reconduit sur lequel se développe une deuxième couronne. Plusieurs cas de figures peuvent se

présenter dans une parcelle en fonction de l'encombrement des branches et ramification secondaires pour aboutir à un cacaoyer à deux couronnes, ou à un cacaoyer à une seule couronne suite à la suppression de la couronne inférieure après que la couronne supérieure soit bien développée. Un, deux, trois ou même quatre étages peuvent ainsi se superposer successivement à la tige initiale (Enriquez *et al.* 1989). Leur croissance est discontinue et se fait par des poussées foliaires successives qui sont séparées par des périodes de dormance

Les feuilles sont pétiolées, entières, lancéolées, à bordure régulière. Les longueurs des pétioles varient suivant les axes : en général, 2 à 3 cm de longueur sur les rameaux plagiotropes et jusqu'à 8 à 9 cm sur les tiges orthotropes (Tomas et Graham, 2006). Les pétioles présentent à chaque extrémité des renflements moteurs qui permettent l'orientation de la feuille vers la lumière (Wood et Lass, 1985). Au stade adulte, la feuille est glabre et revêtue d'un épiderme supérieur cutinisé, luisant la couleur du limbe qui peut varier du vert pâle au vert foncé suivant les cultivars ou les clones (Enriquez, 1985). La feuille mesure une quarantaine de centimètres de longueur sur 15 cm de largeur, mais peut atteindre et même dépasser 50 cm de long et 20 cm de large (Tomas and Graham, 2006). Les jeunes feuilles sont riches en eau, tendres, fines, molles et pendantes. Leurs colorations vont du rouge au violacée et constituent, selon Engels (1983) le principal critère qualitatif de la discrimination précoce des clones.

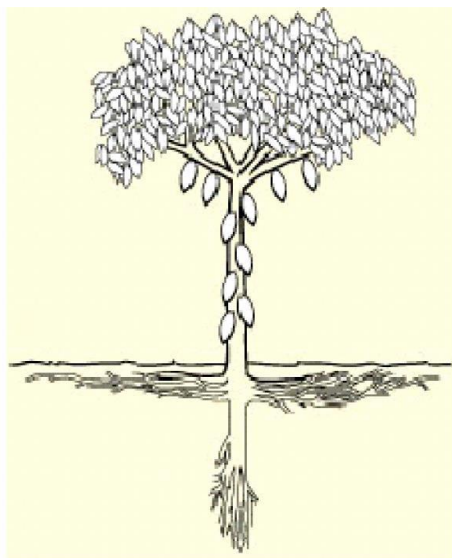


Fig. 2. Architecture générale d'un cacaoyer issu de semence. Modèle d'architecture selon Demol (2002)

I. 2. 1. 2. Biologie florale

La floraison du cacaoyer est particulière. Elle s'effectue sur le tronc (cauliflorie) et les branches âgées (ramiflorie) (Fig.3 A). Il fleurit abondamment pendant plusieurs mois de l'année. Elles sont souvent groupées en cymes bipares et leurs zones d'apparition évoluent en massifs parfois importants, appelés coussinets floraux. Très régulièrement, ces derniers portent à la fois boutons floraux, fleurs, chères et fruits à différents stades de développement.

Les fleurs (Fig.3 B) sont de petites tailles comprises entre 0,5 et 1 cm de diamètre, régulières et hermaphrodites. Elle est constituée d'un fin pédicelle allongé de 2 à 3 mm, présentant à sa base une assise d'abscission de cinq sépales soudés à leurs bases, cinq pétales qui constituent la corolle et qui alternent avec les sépales, d'un androcée composé de cinq étamines cachés par les pétales et alternant avec cinq staminodes érigés, de couleur violacée. Le gynécée, situé au centre de l'androcée est constitué d'un ovaire supère surmonté d'un style tubulaire portant les cinq stigmates. L'ovaire supère est constitué de cinq carpelles de huit à douze ovules par loge (Pound, 1932).

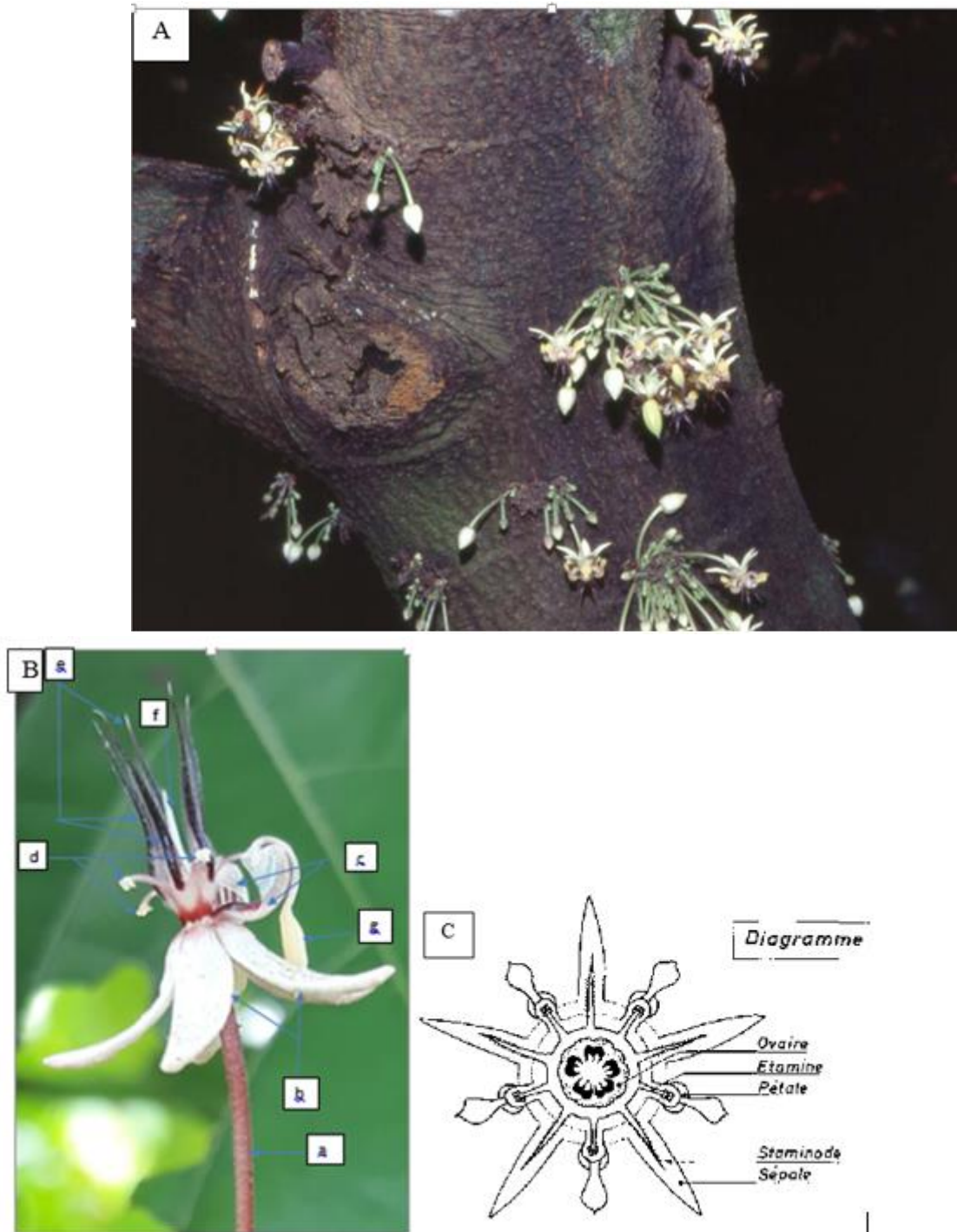


Fig. 3. Floraison du cacaoyer. A- Inflorescence (coussinets, boutons, fleurs et hêrelles) cliché Lachenaud (1991); B – fleur : a - pédicelle ; b - sépales soudées ; pétales (c – cuculle et g – ligule); d – étamines ; e – staminodes ; f – style ; (cliché Feumba De Tchoua Le B. 2017); C - diagramme floral. Modèle de N. Hallé (1961)

Bien que le cacaoyer produit des milliers de fleurs au courant d'une année, environ 60% de ces fleurs chutent au bout de 48 heures et seulement 5 % des restants sont pollinisées (Mossu, 1990).

Une pollinisation réussie est considérée comme ayant eu lieu lorsque, au bout de 3 jours, L'ovaire de la fleur est dans un état gonflée, qui est le premier signe visible qui atteste que les ovules ont été réellement fécondés (Lachenaud, 1991). Le fruit (Fig.4) est une baie indéhiscente. Il est appelé chérelle (Fig. 4 b) pendant la durée de la croissance, et cabosse (Fig. 4 a) à l'âge adulte. Les chérelles présentent un ovaire de 5 loges et sont constituées chacune de 30 à 40 graines (Enriquez et Parades, 1989). Ce nombre de graines pouvant varier de 16 à 60 selon les facteurs tels la qualité de la pollinisation « dépôt de pollens compatible sur les styles des fleurs », le nombre moyens d'ovules contenus dans les ovaires, le taux de transformation des ovules fécondés en graines, le nombre minimal de graine pour qu'une chérelle ne flétrisse pas (Mossu, 1990). Ces chérelles se développent pour donner des cabosses dont les parois des loges disparaissent et ne subsiste qu'une cavité dans laquelle les graines, entourées d'une pulpe mucilagineuse épaisse, sont disposées en 5 rangées rattachées à un rachi (Fig. 5). Le passage d'une fleur fécondée à l'état de cabosse, demande une période moyenne de 150 jours : l'état chérelle s'achève à environ 75 jours après pollinisation et l'état de cabosse commence à environ 85 jours après pollinisation (Niemenak et *al.*, 2012). La cabosse porte un pédoncule ligneux, issu du développement du pédicelle de la fleur.



Fig. 4. Fruits : a – cabosses ; b – chérelles ; c – pédoncule. Cliché Feumba De Tchoua Le B. (2017)

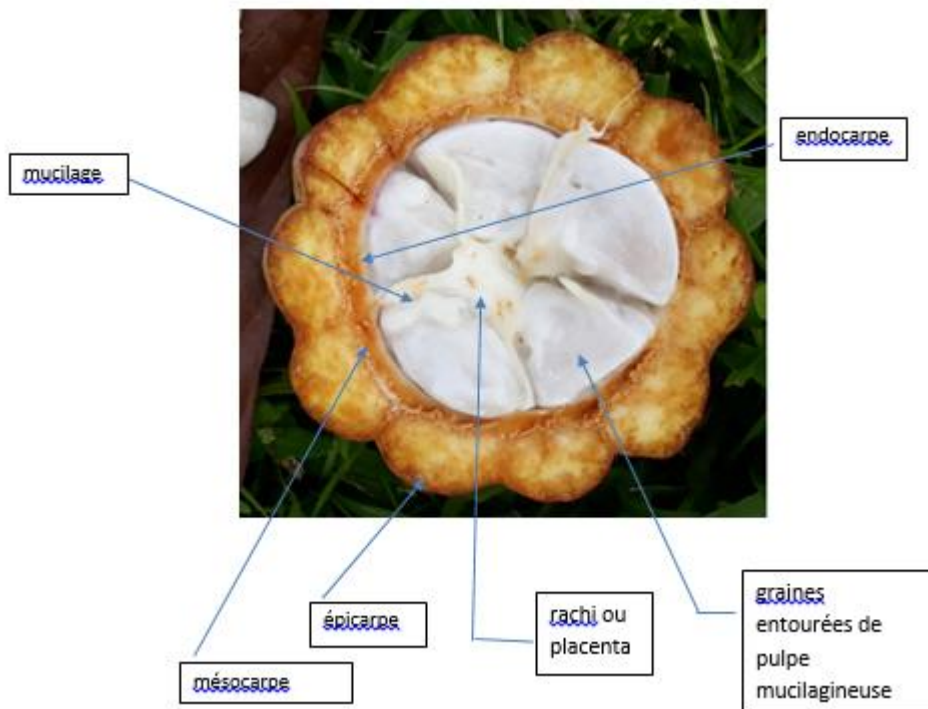


Fig. 5. Coupe transversale d'une cabosse. Cliché Feumba De Tchoua Le B. (2017)

Une graine (Fig.6) à la forme d'une amande. Elle est constituée d'une gemmule rudimentaire renfermée entre deux cotylédons qui sont parfois fortement plissés. Les deux cotylédons sont premièrement enrobés par une fine pellicule au-dessus de laquelle on observe une coque mince. Après récolte, les fèves fermentées et séchées constituent le cacao marchand.

Le flétrissement des jeunes fruits sur l'arbre est généralement considéré comme un phénomène de régulation de la production en fonction de la capacité physiologique de l'arbre (Lachenaud 1991).

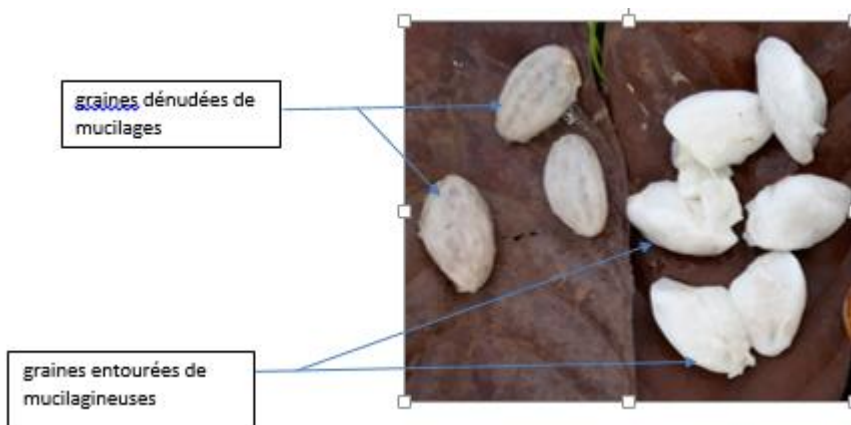


Fig. 6. Graines de cacao. Cliché Feumba De Tchoua Le B. (2017)

I. 2. 1. 3. Biologie de la reproduction : Fructification

La fleur de cacaoyers possède à la fois l'appareil reproducteur mâle et femelle. Bien qu'elle soit hermaphrodite, la plupart des variétés sont incapables de s'autoféconder. La fleur auto-pollinisée fane et tombe. Il leur faut obligatoirement du pollen étranger pour produire un fruit. Ainsi, le cacaoyer est partiellement allogame. Elle possède un système d'auto-incompatibilité complexe du type gaméto-sporophyte (Braudeau, 1969 ; Knights et Rogers, 1955). L'incompatibilité se traduit par la chute des fleurs pollinisées avec du pollen incompatible (Cope, 1962). Du fait de l'existence des cacaoyers auto-compatibles, auto-incompatibles et inter-compatibles, plusieurs types de graines sont régulièrement contenus dans des fruits portés par l'arbre. Des graines non hybrides issues du croisement entre pollen d'une même fleur ou pollen de fleurs d'un même arbre auto-compatible. Des cacaoyers à la fois inter-compatibles et auto-incompatibles portent tous des graines hybrides alors que ceux qui sont à la fois inter-compatibles et auto-compatibles portent régulièrement des graines hybrides issues de la fécondation croisée et des graines non hybrides issues de leur propre fécondation. Ce qui pose assez de difficultés dans le choix du pollinisateur dans un champ semencier.

Le système d'auto-incompatibilité n'est toujours pas complète car la pollinisation mixte qui est un mélange d'allopollen et d'autopollen d'une fleur conduit à une levée partielle de l'auto-incompatibilité (Lanaud, 1987) et favorise la production des semences issues de l'autofécondation. Les Trinitario présentent des cas d'incompatibilité les plus fréquents.

I. 2. 2. Groupes génétiques

Autres fois classés dans la famille des Sterculiaceae (Metcalfé et Chalk, 1950), les cacaoyers cultivés sont aujourd'hui comptés parmi les Malvaceae (Alverson et al, 1999, Motamayor et al., 2002). Ils appartiennent au genre *Theobroma* et à l'espèce cacao. C'est une espèce diploïde avec pour nombre de chromosome $2n = 2x = 20$.

Selon le mode de germination, l'architecture des arbres et les caractères des fruits, Cuatrecasas (1964) divisa le genre *Theobroma* en 6 sections et 22 espèces. L'une des sections, constituée d'une seule espèce *T. cacao* comprend deux sous-espèces : *T. cacao subsp cacao* appelée *Criollo* et *T. cacao subsp sphaerocarpum* appelée *Forastaro*, qui sont deux principaux groupes composés de populations inter-fertiles, morphologiquement variable, et cultivés pour leurs importances économiques.

Le groupe des *Criollo*, caractérisé par une croissance lente et d'un port non vigoureux, est plus ou moins sensible aux maladies et aux insectes que les *Forastéro* et manifeste une forte diversité morphologique (Soria, 1970a ; 1970b). Il porte des fruits rouge ou verte avant

maturité, allongés, avec des pointes acuminées. Le fruit présente 5 à 10 côtes plus ou moins marquées et verruqueuses, un péricarpe d'épaisseur moyenne et un endocarpe ligneux mince ; les graines sont grosses, ovoïdes ou ellipsoïdes, en général arrondies en section transversale, aux cotylédons blancs ou blancs jaunâtres. Plusieurs formes se distinguent à l'intérieur de ce groupe : la forme *pentagonum* (*cacao lagarto*, *alligator cacao*) et la forme *leïocarpum* parmi laquelle *cunamaco* à Guatemala, *porcelaine java criollo*, connus seulement à l'état cultivé en Amérique Centrale et au Sud du Mexique ; la forme *lacandonense*, spontanée au Nord-Est de Chiapas et au Mexique.

Le groupe des *Forastero* présente à l'état cultivé, des arbres vigoureux à croissance rapide, produisant précocement et plus que les *Criollo*. Il présente parfois un bon niveau de tolérance ou de résistance aux maladies (Paulin, 1994). Leurs fruits, verts à l'état immature et jaunes à maturité sont en général de forme ellipsoïde, courts, ovales (arrondi aux deux extrémités), lisse ou très légèrement verruqueux pouvant présenter 10 légers sillons ; le péricarpe est très épais et le mésocarpe ligneux ferme, avec des fèves ovoïdes, plus ou moins aplaties et les cotylédons pourpres ou violet foncé donnent un cacao de qualité moyenne. Le groupe des *Forastero* présente plusieurs formes : *Calabacillos* et *Amelonado* (forme de melon), à l'état spontané. Il est présent dans tout le bassin amazonien (Brésil) où la plus typique est l'*Amelonado*, dans les Guyanes où les types sauvages, distincts des types cultivés présentent des populations très homogènes pour la forme de leur cabosse (Eskes et Lanaud, 1997), au Nord et à l'Est des Andes.

L'hybridation a donné de nombreuses formes intermédiaires, regroupant ainsi le troisième groupe : les *Trinitario*, très utilisés en amélioration génétique et en plantation. Ils ont été sélectionnés à la Trinité et sont issus de croisements naturels entre les anciens *Criollo* d'origine inconnue, qui constituaient les premières plantations de l'île, et des *Forastero* originaires du Venezuela, introduits à la suite de la quasi-destruction des premières plantations en 1727 par un cyclone (Cheesman, 1944). Ces cacaoyers sont vigoureux et produisent de fèves d'assez bonne qualité (Eskes et Lanaud, 1997).

Cette classification a été révisée et affinée par Motamayor et *al.* (2008), qui a établi l'existence de dix groupes génétiques, sur la base d'une étude de la diversité moléculaire.

Tableau I: Groupe morpho-géographique de cacaoyers spontanés et cultivés

| | Spontanés | cultivés |
|---|---|---|
| <i>Criollo</i> | Colombie Vénézuéla Chiapas Mexique | <i>Criollo</i> mexicains <i>Criollo</i> colombien <i>Criollo</i> nicaragua Pentagona (surtout Mexique) Porcelana (Vénézuéla) |
| <i>Forastero</i> | Haut-amazoniens (Equateur, Pérou) Bas-amazoniens (Brésil, Guyanes) | Bas – amazoniens -Comum, Para, Catongo, Maranhão (Brésil) -Nacional (Equateur) -Matina (Costa Rica) -“ <i>Amelonado</i> ” (Afrique occidentale) |
| <i>Triittario (Criollo X Forastaro)</i> | | - <i>Trinitario</i> américains (Trinidad, Vénézuéla, Equateur) - <i>Trinitario</i> africains (surtout Cameroun) |

I.3. Amélioration génétique et sélection du cacaoyer

La sélection des variétés pour leurs caractères intéressants (productivité, qualité de cacao, précocité, tolérance aux maladies et insectes) reste le but essentiel de l'amélioration génétique. Pour un pays, l'orientation du programme d'amélioration variétale est fonction de l'importance qu'il accorde à chacun des caractères. On procède soit par une sélection clonale, soit par une sélection de descendances d'hybrides de clones (Pound, 1933, 1934, 1935 ; Besse, 1964, 1975 ; Lockwood, 1974, 1985 ; Soria, 1978).

La sélection clonale conduit à l'obtention des boutures ou des plantes greffées. Elle constitue les premiers travaux d'amélioration effectués à Trinidad, qui a abouti à la multiplication végétative des géotypes *Trinitario* hauts producteurs sélectionnés, tolérants à la maladie de balai de sorcière (Pound, 1933 ; Cheesman et Pound, 1934). Cette sélection est à l'origine de la mutilation des plants. Elle est couteuse et donne des jeunes plants fragiles, au système racinaire peu développé, avec absence de racine pivotante. En plantation, le taux de reprise est toujours inférieur à celui des plants issus des semis (Vogel, 1975). En effet, bon nombre de jeunes boutures meurt suite au mauvais système racinaire, défavorable à leur installation.

Les croisements entre les clones appartenant à des groupes génétiques différents constituent le mode de sélection non destructive, moins cher. Ils donnent des descendances hybrides qui s'installent facilement en plantation. Seulement, cette voie d'amélioration

génétique est peu efficace pour la sélection des géotypes résistants aux aléas, ou produisant des fèves de qualité. Elle donne naissance aux descendance hétérogènes. Les premières descendance produites étaient de type haut-amazonien croisé par les bas-amazonien. Cependant, certains pays produisent des hybrides entre haut-amazoniens (Malaisie) ou entre trinitario et bas amazoniens (Brésil).

Dans les principaux pays producteurs, l'exploitation des hybrides appartenant aux différents groupes géographiques est restée aujourd'hui le schéma de croisement adopté dans la plupart des travaux d'amélioration génétique sur le cacaoyer. Deux modes concourent en faveur de l'obtention des semences sélectionnées. L'exploitation des cabosses issues de la pollinisation manuelle ou celles issues de la fécondation libre des parents femelles auto-incompatibles tels les clones *Forestaro* haut-amazonien, présents dans des champs semenciers biclonaux. En effet, chaque champ semencier est isolé et est constitué de deux clones parentaux (femelle et mâle).

I.4. Problèmes phytosanitaires

La culture du cacaoyer est soumise à de nombreux aléas dus aux parasitismes animaux et végétaux ou encore à la présence de virus susceptibles de provoquer de très graves maladies. La nature des parasites ou des virus varie d'un continent à l'autre, souvent d'un pays à l'autre, de même que la nature et l'importance de leurs dégâts. On observe principalement les dégâts d'insectes et les maladies cryptogamiques. Ceux-ci peuvent revêtir un caractère d'extrême gravité compromettant soit toute ou une partie de la récolte des plantations, soit la vie même des arbres de cette plantation. En revanche, le développement harmonieux d'un cacaoyer est sous la dépendance du contrôle phytosanitaire que mènent les producteurs.

I.4. 1. Maladies cryptogamiques du cacaoyer

La pourriture brune des cabosses. Cette maladie est causée par des champignons parasites du genre *Phytophthora*. Elle représente de graves menaces avec des dégâts, estimés à 20 % de la production mondiale (Anonyme, 1990). En Amérique Latine (Mexique, Colombie, Equateur et Venezuela) et en Asie du Sud-est, les pertes s'élèvent à environ 20 %, puis à 30 % au Brésil (Anonyme, 1990). Elle sévit surtout en Afrique où elle bascule souvent la quasi-totalité de la production dans certaines plantations. Le Cameroun (Despréaux et *al.*, 1989 ; Berry et Cilas, 1994), le Nigeria (Brasier et *al.*, 1981), et le Ghana (Dakwa, 1988) subissent de fortes attaques avec au moins 50 % de perte de productions potentielles. Ces pertes atteignent souvent 80% à 100% de la récolte dans les zones favorables (Nyassé, 1997 ; Cilas et Despréaux,

2004). Il existe plusieurs espèces de *Phytophthora* telles *P. megakaria*, *P. palmivora*, *P. capsici* et *P. citrophthora* (Brasier et Griffin, 1979). Au Cameroun et en Côte d'Ivoire et au Ghana, l'agent pathogène responsable de cette maladie est le *P. megakarya* (Cilas et Despréaux, 2004). D'autres maladies sont spécifiques d'une sous-région ou d'un pays.

Les chancres du tronc. Ils sont provoqués par *P. palmivora*. Cette maladie est responsable de la dégénérescence précoce des plantations dans certains pays d'Amérique centrale et d'Amérique du sud.

La maladie du « balai de sorcière ». Elle est due à *Moniliosis perniciososa* (Aime et Phillips, 2005 ; Meinhardt et al., 2008) autre fois appelée *Crinipellis perniciososa*. L'agent pathogène infecte les tissus méristématiques, provoque la prolifération exacerbée des rameaux et des coussinets floraux et détruit les graines dans les jeunes fruits (Nguyen Ban, 1998). Selon Mossu (1990), elle entraîne des pertes considérables (jusqu'à 90 %) de cabosses. Elle est présente en Amérique du sud, en Amérique Centrale et aux Antilles. Elle est en partie responsable du déclin de la cacaoculture au Surinam, en Equateur et à la Trinité, et a récemment gagné Bahia, au Brésil, où les dégâts sont considérables.

Le vascular streak dieback (V.S.D) ou trachéomycose. Cette maladie est causée par *Oncobasidium theodromae* (Talbot et Keane, 1971 ; Samuels et al., 2012). Le champignon s'attaque aux tissus vasculaires au niveau des racines et des branches et entraîne la chlorose des feuilles, le dessèchement progressif des feuilles, des branches de l'extrémité des rameaux vers la tige suivie de la mort de l'arbre. Elle est présente en Asie du Sud-Est où elle entraînerait 20 à 30% de pertes en Papouasie Nouvelle-Guinée (Wood et Lass, 1985). Les jeunes cacaoyers et ceux affaiblis par la malnutrition ou les attaques d'insectes sont sensibles à la maladie.

La moniliose. Elle est due à *Moniliophthora roreri*. Elle n'affecte que les tissus méristématiques, déforme les cabosses de cacao en croissance active sur l'arbre et est responsable de l'apparition des taches brunes et noires sur les cabosses. Elle est responsable de 5 % des pertes mondiales et a provoqué des dégâts importants en Equateur poussant les paysans à l'abandon des plantations (Petithuguenin et Roche, 1995). Elle sévit dans les pays producteurs d'Amérique.

La pourriture noire des cabosses « Charcoal Pod Rot ». C'est une maladie qui est due à *Botryodiplodia theobromae*. Elle est répandue dans toute la zone tropicale et se caractérise par les taches brunes molles au toucher qui deviennent par la suite noires, recouvrant peu à peu la totalité du fruit qui apparaît alors comme recouvert de suie. Elle s'attaque également aux tissus

blessés des jeunes rameaux provoquant des dégâts. Le parasite semble être de faiblesse. En effet, il n'attaque que les cabosses qui sont soit blessées, soit piquées par les insectes, ou très souvent affectées par *Phytophthora spp.* ou autre agent pathogène. Elle provoque des pertes relativement modestes en général, mais pouvant atteindre dans certains cas des niveaux importants, plus de 50% (Mossu, 1990).

Le Swollen shoot, causé par un virus appelé *Cocoa Swollen Shoot Virus (C.S.S.V)*. Elle provoque le gonflement plus ou moins prononcé des rameaux, des rejets orthotropes, des racines, entraîne l'apparition des mosaïques sur les feuilles, les décolorations ou chloroses le long des nervures des feuilles adultes. Les arbres infectés sont affaiblis, leur production décline d'année en année, et ils peuvent mourir des suites de perte rapide des feuilles. Cette maladie est présente au Nigéria, au Ghana, et au Togo (Eskes et Lanaud, 1997) et en Côte-d'Ivoire où elle a provoqué la destruction de plus de 500 ha avec une baisse de 66% de rendements moyens par hectare (Kébé et *al.*, 2006 ; Dzahini-Obiatay et *al.*, 2010 ; Anonyme, 2015; Muller, 2016).

Le Mal de machette ou Mort subite. Elle est due à *Ceratocystis fimbriata* qui affecte l'arbre à travers les blessures. Elle se manifeste par un dessèchement brutal, partiel ou total de la frondaison, suivie de la nécrose et de la mort rapide des zones infectées. Les feuilles adultes enroulées sur elles-mêmes dans le sens de leur longueur deviennent pendantes et brunes (Mossu, 1990). Cette maladie sévit en Amérique Centrale, du Sud, et en Asie du Sud-est.

La pourriture farineuse due à *Trachysphaera fructigena*. L'agent pathogène est essentiellement un parasite de blessure. Elle se manifeste par l'apparition sur le cortex du fruit d'une ou de plusieurs taches brunes présentant chacune dans son milieu, une dépression circulaire garnie d'une croûte de spores en masse blanche devenant rapidement rose (Mossu, 1990). Elle est présente en Afrique Centrale et Occidentale.

Les pourridiés. Ils sont causés par *Armillariella mellea* et *Rosellinia spp.* Ils se manifestent par un séchage rapide de la frondaison et la mort des rejets, la présence des cordons blanchâtres, jaunâtres ou noirs sur les racines, l'apparition des craquelures et fentes verticales au niveau de l'écorce du collet. Cette infection est répandue dans toutes les zones productrices de cacao et apparaît surtout dans les plantations où les souches de grands arbres ont été maintenues (Mossu, 1990).

L'oedème des pousses. Due à un complexe viral (Muller et *al.*, 2001) transmise par des cochenilles farineuses est la principale maladie virale responsable d'importantes pertes économiques chez le cacaoyer. Il sévit en Afrique de l'Ouest et les dégâts les plus importants

sont observés au Ghana. L'arbre infecté présente des gonflements au niveau des tiges et des racines et une sclérose des feuilles.

Le die – back. C'est une nouvelle maladie dont la manifestation est la mort subite des cacaoyers. Tout cacaoyer atteint de mort subite présente des symptômes premièrement localisés aux rameaux des arbres, se manifestant par expression simultanée des feuilles de couleur vert pâle qui vire ensuite au jaune, allant progressivement des feuilles du haut (bourgeons) vers celles du bas (Fig. 7). Puis l'apparition progressive des cernes noirs dans l'aubier des branchettes, branches et tronc. Un seul ou plusieurs rameaux d'un même arbre peuvent être affectés au même moment et s'en suit un dessèchement progressif des parties affectées (feuilles, branchettes, branches, tronc et racines) suivant l'évolution des cernes ou traits noirs à l'intérieur des différentes parties de l'arbre, qui provoque la mort spectaculaire des cacaoyers. Même les arbres, suffisamment enracinés et bien vigoureux sont souvent attaqués. L'agent pathogène responsable de cette maladie serait *Lasiodiplodia theobromae* (Mbenoun et al., 2008).



Fig. 7. Symptômes du die- back sur les feuilles de cacaoyer.
Cliché Feumba De Tchoua Le B. (2017)

I.4. 2. Insectes nuisibles de cacaoyers

Les déprédateurs de cacaoyers appartiennent à l'embranchement des insectes, des vertébrés. Ils attaquent toutes les parties de l'arbre telles les fleurs, chérelles, fruits, bourgeons, feuilles, branches, branchettes, tiges et racines. Ce sont des hexapodes ptérygotes broyeur,

hémimétaboles, piqueurs, suceurs et lécheurs. On distingue les polynéoptères, les oligonéoptères et les paranéoptères.

Dans le groupe des polynéoptères, seuls les Isoptères ou termites présentent une incidence pour la cacaoculture. Ils coupent les jeunes plants de moins de 2 ans au niveau des collets et racines. Le groupe des paranéoptères est constitué d'une part des thysanoptéroïdes telles les thysanoptères ou thrips au sein desquels la famille des thripidés (les *Selenothrips*) est très gênante et d'autre part des hémiptéroïdes qui regroupent les hémiptères : les hétéroptères et les homoptères. Les hémiptéroïdes comptent plusieurs familles parmi lesquelles les miridés (*Sahlbergella* du cacaoyer) et les Psyllides (*Mesohomotoma* du cacaoyer), dommageables pour le cacaoyer.

I.4. 2. 1. Hémiptères

Les mirides de cacaoyer souvent appelés punaises ou moustiques du cacaoyer, ou encore capsides appartiennent tous à l'ordre des hémiptères hétéroptères, à la sous famille des bryocorinae et à deux tribus : les Odoniellini et les Monaloniini. Ce sont des espèces principalement tropicales, phytophages. Ils occasionnent de graves lésions entraînant la formation de chancres sur les branches (Wheeler, 2000). Ce sont les ravageurs les plus importants du cacao sur le plan économique en Afrique de l'Ouest et centrale. On distingue deux groupes.

Le groupe des *Helopeltis* et *Monalonia*, appartenant à la tribu des Monaloniini. Leurs larves s'alimentent des cabosses et cherelles, occasionnant parfois un wilt sévère sur ces derniers.

Le groupe des *Sahlbergella singularis* et *Distantiella*, *Byocoropsis*, *Boxiopsis*, *Plantyngomirioides*, *Odeniella*, appartenant à la tribu des Odoniellini, dont les larves se nourrissent des cabosses, gourmands, branchettes, rameaux et occasionnent sur ces derniers des dégâts tels la nécrose sur des cortex des cabosses, sur des écorces de cacaoyers, la chute des jeunes cabosses, la formation des taches plus ou moins confluentes sur des cabosses matures, la déformation des fruits, la mort des pousses tendres, le brunissement des feuilles (chlorose) qui demeurent attachées au rameau (Williams, 1953; Taylor 1954; Kay 1961; Gibbs et al., 1966; Braudeau, 1969; Kumar et al., 1974). Par la suite, des champignons parasites tels les *Calonectria rigidiuscula* envahissent les points de prélèvement alimentaires (Crowdy 1947) et entraînent des nécroses qui donnent naissance aux écorces rugueuses appelées chancres qui entraînent le dessèchement progressif de l'organe, la destruction des coussinets floraux ou la

stérilité à peu près complète de l'arbre, puis la mort (Williams, 1953). Ils sont présents en Amérique latine, en Asie et en Afrique où les espèces *Sahlbergella singularis* Hagl, *Distantiella theobroma* (Dist.), *Monalonia*, *Helopeltis* Sign. causent des dégâts plus importants, avec des pertes de production estimées à 25 - 30 % (Lavabre et al., 1962) en Afrique de l'Ouest. En effet, sur les cabosses, la zone de piqûre de *S. singularis* prend alors la forme d'un bouchon noir de tissus morts, nettement différenciables des tissus sains alentour (Williams, 1953). En cas de piqûres multiples, ces zones peuvent se rejoindre pour former des crevasses dans le cortex des fruits (Fig. 8. a). les dégâts restent généralement superficiels et n'affectent pas significativement les fèves. Sur les chérelles, les piqûres entraînent des déformations ainsi que des dessèchements considérables des fruits en cours de croissance.



Fig. 8. Dégâts de *Sahlbergella singularis* sur le cacaoyer. a - piqûres sur une jeune cabosse avec formation de crevasses dans le cortex et déformation du fruit; b - chancre sur un rameau semi-aoûté ; c - chancres sur l'écorce d'une branche ; d - dessèchement des feuilles après piqûres des jeunes rameaux. (Cliché Babin R., 2009)

I.4. 2. 2. Les Homoptères : cochenilles ou coccides et les Psyllides (Le psylle)

Les cochenilles prélèvent du cacaoyer de la sève tout en les affaiblissant. Certains appelés cochenilles blanches telles les *Pseudococcus citris* Risso et *Ferrisia virgata* sont vectrices de maladies à virus : le Swollen Shoot présent en Afrique de l'Ouest. Les *ferrisia virgata* CKL., attaquent les bourgeons, les pousses et les fleurs dont ils stoppent le développement. Les espèces les plus importantes sont les *Formicococcus njalensis* Laing, *Planococcus citri* Risso et *Ferrisia Virgata* CKL. (Posnette et Strickland, 1951).

Le psylle (*Mesohomotoma tessmannii*) insère ses œufs dans les écailles de bourgeons où, les larves sécrètent une matière cireuse cotonneuse fixée près des nervures à la partie inférieure des feuilles. Ces insectes sont fréquents dans des pépinières de jeunes plants et dans des zones ombragées à couvert dense. Ils sont présents en Afrique.

I.4. 2. 3. Coléoptères nuisibles

On distingue les borers des tiges et les défoliateurs. Les coléoptères borers à l'exemple des *Glenea fasciata* s'attaquent généralement au collet des cacaoyers. La larve ronge les tissus conducteurs jusqu'au bois en laissant subsister une fine pellicule d'écorce. Elle provoque souvent une anhélation complète qui entraîne la mort des jeunes sujets. La femelle de *Tragocephala* fait une incision annulaire à la partie apicale de la branchette ou de la tige attaquée et fait un œuf dans la partie qui ne va pas tarder à se dessécher. A l'éclosion et après une dizaine de jours, la larve passe dans les tissus vivants creusant sa galerie de haut en bas s'il s'agit d'une tige, vers le centre s'il s'agit d'une branche. Elle évide l'intérieur de la tige et perce unilatéralement à différents niveaux des petits trous communiquant avec l'extérieur bouchés par des fibres de bois. Il est présent en Afrique, en Nouvelle Guinée, à Samoa, et à Java.

Les *Xyloborus* « *X. mortatti*, *X. ferrugineus* » quant à eux attaquent les arbres déjà débilités par d'autres causes. Ils sont présents dans le pacifique, en Afrique, en Asie. *X. ferrugineus* est dangereux en Amérique latine. Les curculionides ou weevil borer « *Eurodiscus ciconia* F. » sont des charançons fréquents au Brésil. Ils introduisent leurs œufs un à un dans l'écorce des troncs ou des branches des cacaoyers débilités par des attaques. Des larves creusent dans le bois des galeries pouvant atteindre 25 à 30 cm de long. En nouvelle guinée, *Pantorhytes plutus* et *Pantorhytes spp.* « weevil borer » sont de grandes importance économique.

Les coléoptères défoliateurs quant à eux sont signalés en grand nombre sur les cacaoyers en Afrique, en Amérique et en Océanie. La plupart d'entre eux sont des altises encore appelées

charançons. Ce sont des polyphages provenant du couvert forestier des plantations. Certaines espèces telles *Nodonota theobromae* au Brésil réduisent les feuilles à leurs seules nervures tandis qu'en Afrique, les *Menius* (*M. parvulus* Jac., *M. murrayi* Jac.) et *monolepta metallica* Jac. sont à l'origine des perforations plus ou moins régulières sur des limbes. *Isaniris thomsoni* F., *Isanates genneus* H., *Brychoata pusilla* Pasc., *Chelyophes hémispharicus* Mshl. quant à elles coupent les bordures des limbes.

I.4. 2. 4. Vertébrés parasites de cacaoyers

Les rats, les écureuils et singes constituent les vertébrés fréquemment rencontrés dans les parcelles de cacaoyers. Ces animaux sont attirés par la pulpe sucrée qui enveloppe les fèves fraîches de cacaoyer. Ils rongent les chérelles et les cabosses, extraient et sussent les graines, puis les disséminent dans les environs.

I.5. Résistance aux maladies

La résistance du cacaoyer aux diverses maladies est du type quantitatif, autrement dit, dépend du nombre de gènes de résistance que porte le matériel végétal. La sélection fondée sur le niveau d'attaque au champ nécessite plusieurs années d'observations et est par conséquent coûteuse. D'où la mise au point des tests d'évaluations précoces de la résistance intrinsèque sur des organes tels les fèves, les racines, les tiges et les feuilles.

Au champ, le niveau d'attaque des maladies peut être influencé par les phénomènes d'esquives. Ainsi, le taux de pourriture brune des cabosses peut s'expliquer en partie par la période de production des cabosses : une production en dehors de la saison des pluies entraîne un niveau d'attaque moindre. Les facteurs d'esquives, dans la mesure où ils sont génétiquement déterminés, peuvent être sélectionnés : la sélection des clones produisant surtout pendant la saison sèche. Cependant, dans certains pays, cette esquive peut être défavorable du point de vue agronomique (petites cabosses, faible production), ce qui renforce le besoin d'augmenter le niveau de résistance intrinsèque. Autre fois, des progrès ont résulté de l'utilisation de génotypes *Forastéro*, souvent plus tolérants aux maladies que les variétés traditionnelles « *Amelonado*, *Criollo*, *Trinitario* ».

Nombreux sont des problèmes rencontrés au cours de la sélection pour la résistance aux maladies : les difficultés d'évaluations du niveau de résistance aux maladies affectant plusieurs organes et provoquées par plusieurs espèces comme *Phytophthora spp.*, la fiabilité des tests précoces de résistance et la variabilité considérable du pouvoir pathogène des parasites (Wood

et Lass, 1985 ; Bartley, 1986). A ces obstacles, on note chez une plante pérenne, la complexité d'une sélection simultanée de plusieurs caractères quantitatifs (tolérance, qualité et productivité).

Cependant, il existe dans le matériel en collection et au sein des descendances hybrides, une variabilité génétique pour la résistance partielle aux maladies. Celle-ci a été exploitée avec succès dans certains programmes de sélection. La recombinaison des facteurs entre quelques bons géniteurs a permis l'identification des clones commerciaux productifs et résistants au Balai de sorcière (Toxopeus, 1985). Dans le programme réalisé par CEPLAC, IIHeus, BA, au Brésil, de nouvelles sources de résistances au *Balai de sorcière* ont été détectées entre les descendances d'accessions d'Amazonie brésilienne (Paim et al., 2006) et pourraient être importantes pour l'association de gènes de résistance d'une part et d'autre part pour renforcer la stabilité et la durabilité de la résistance à la maladie. Au Ghana, des tests précoces efficaces ont permis de sélectionner dans des années 70, des descendances exprimant des résistances partielles au *Swollen Shoot* (Lockwood, 1981).

Certains hybrides de clones ont été identifiés comme peu sensibles à *Phytophthora* (Paulin et al., 1994). Des clones affichant une tolérance ont été sélectionnés en Indonésie, et dans la banque de gènes internationale du cacao de la Trinité (McMahon et al., 2006 ; Iwaro, 2006). La stabilité de tolérance en fonction de souches d'agents pathogènes à laquelle elles sont confrontées a fait l'objet de divers travaux. Pour les souches et espèces de *Phytophthora*, peu d'interactions entre hôte et les parasites ont été mises en évidence par inoculation artificielle, et ce, malgré les différences de pouvoir pathogène. Certains clones, comme P 7, Pa 150, Sca 6 et ICS 89 sont assez tolérants (Enriquez et Soria, 1984) ; ce qui suggère que la résistance à *Phytophthora Spp.* pourrait elle aussi être assez stable.

I.6. Méthodes de lutte contre les maladies et les insectes

Parmi les maladies de cacaoyers, la pourriture brune des cabosses, constitue la maladie la plus redoutable, suivie du die-back qui décime les cacaoyers sans distinction de l'âge de l'arbre. La famille d'insectes piqueurs dominant de loin l'ensemble du groupe des insectes nuisibles aux cacaoyers est celle des mirides. Leurs dégâts, variables suivant les zones géographiques sont incontestablement les plus importants en Afrique. Pour ce qui est de la pourriture brune et les mirides, des campagnes de lutte sont régulièrement organisées pour la

réduction de leurs incidences. L'application des mesures prophylactiques, la lutte chimique et la lutte génétique constituent les moyens couramment utilisés contre ces fléaux.

I.6.1. Lutte agronomique ou prophylactique

Elle regroupe l'ensemble des consignes culturales qui visent la création de conditions défavorables au développement des ennemis de culture. Il s'agit, pour la pourriture brune, du respect des pratiques culturales visant à aérer la plantation et à réduire l'hygrométrie ambiante par le désherbage fréquent, le réglage de l'ombrage, des tailles régulières des cacaoyers et des récoltes sanitaires en tout début de floraison, suivi d'un ramassage systématique tout au long de l'année, des cabosses pourries et momifiées reconnues comme des potentielles sources d'inoculum secondaire (Partiot, 1984 ; Ndoumbé-Nkeng *et al.*, 2003). Selon ces derniers, l'action de cette récolte se traduit surtout par une diminution de la vitesse d'évolution de l'épidémie sur les fruits.

Les mesures prophylactiques contre les mirides sont basées sur la connaissance générale du milieu et l'élimination des plantes-hôtes qui sont principalement des Sterculacées et des Bombacacées, l'élimination des gourmands qui sont des pousses orthotropes sur lesquelles les mirides pondent les œufs et s'alimentent. Les cacaoyers doivent être taillés en veillant à ce que les frondaisons restent jointives. Un ombrage homogène doit être entretenu au-dessus de cacaoyers, par la plantation d'arbres à croissance rapide (Idowu *et al.*, 2001 ; Mpé, 2001 ; Padi *et al.*, 2001).

En somme, la gestion de l'ombrage des cacaoyères est un exercice complexe car un ombrage excessif peut favoriser le développement de maladies fongiques. Il convient par conséquent de trouver l'équilibre entre un ombrage relativement homogène et une bonne aération de la plantation qui peut réduire l'impact de cette maladie (Lass, 1985).

Toutefois, les mesures prophylactiques doivent être complétées par d'autres méthodes de luttés pour renforcer leur efficacité.

I.6.2. Lutte chimique

Les *ennemis* de cultures se sont montrés très sensibles à différentes matières actives, d'où l'usage des pesticides comme moyen courant de lutte contre ces derniers. Elle consiste en l'application des formulations fongicides et insecticides à intervalles réguliers et très fréquents par atomisation ou par pulvérisation (Goreng, 1970, 1974 ; Lavabre, 1977 a; Debert *et al.*, 2008). Ces formulations sont de deux types ; des formulations de contact qui après application restent et agissent en surface des organes récepteurs et des formulations systémiques encore

appelées pénétrantes qui ont la capacité de se retrouver à l'intérieur de l'organe récepteur après application. Aujourd'hui, les fongicides de contact couramment utilisés ont pour matière active l'oxyde de cuivre ou hydroxyde de cuivre et ceux dits systémiques sont fait à base de métalaxyl, béalaxyl ou de dimétomorphe.

Au Cameroun, les formulations fongicides étaient auparavant utilisées à raison de 12 applications par an pour les fongicides de contact (Muller, 1974) ou 8 applications par an pour les fongicides systémiques (Davous *et al.*, 1984 ; Despreaux *et al.*, 1988). Mais, les résultats des travaux menés par Ndoumbé-Nkeng *et al.*, en 2003 ont permis de réduire à 4 applications par an. Les quatre applications s'effectuant par alternance d'un fongicide de contact pendant la première saison de pluie et d'un fongicide systémique pendant la deuxième saison.

Par le passé, le DDT et le lindane ont permis une nette amélioration de la lutte chimique contre les mirides. Au regard de l'efficacité, de la sécurité et du coût des traitements, le lindane a longtemps surclassé tous les autres produits (Lavabre, 1963) et a par conséquent été recommandé à la fin des années 50 au Ghana et au Nigeria (Youdeowei, 1971b ; Entwistle, 1972), puis sur l'ensemble des pays d'Afrique de l'ouest. Toutefois, avec l'apparition de certaines lignées résistantes au lindane telles *Distantiella theobroma* et *Sahlbergella singularis*, des matières actives de la famille des organochlorés, dont l'aldrine et la dieldrine, ont été développées et se sont avérées efficaces mais très toxiques (Nguyen Ban, 1977). Les insecticides de la famille des carbamates pyréthrinoïdes comme le Baygon, le Sevin ou Carbaryl et le propoxur ont été utilisés et les deux premiers ont montrées des propriétés supérieurs au Lindane en Côte d'Ivoire (Lavabre *et al.*, 1965). Depuis quelques années, des matières actives de la famille des néonicotinoïdes, notamment le thiametoxam, l'imidaclopid et le bifenthin sont arrivées sur le marché des pesticides destinés à la cacao-culture. Ces matières actives présentent l'avantage d'être moins toxiques et fortement systémiques.

Les périodes d'applications de traitement correspondent aux périodes de propagation des mirides qui s'étalent de juin à octobre suivant les zones géographiques (Lavabre, 1960).

La nouvelle réglementation mise en place par l'Union Européenne a fixé une limite maximale des résidus « LMR » de pesticides dans les fèves de cacao marchand (Anonyme, 2008) et a interdit les matières actives comme l'endosulfan et le diazinon qui étaient encore recommandées et largement utilisées par les planteurs dans un passé récent.

Cette méthode présente des limites d'efficacité lorsque les applications sont faites juste avant les pluies car les produits sont facilement lessivés. La lutte chimique est le moyen le plus efficace mais est coûteux, contraignant et polluant.

I.6.3. Lutte génétique

La lutte génétique encore appelée variétale consiste à utiliser les variétés tolérantes aux attaques pour la mise en place des exploitations. Pour la plupart des cultures, ce moyen de lutte est considéré comme un axe majeur de la lutte intégrée contre de nombreux bioagresseurs (Mariau, 1996). Bien que la mise au point de ce matériel est une opération longue et coûteuse pour la recherche agronomique et surtout dans le cas des cultures pérennes, cette méthode permet d'augmenter durablement le rendement des exploitations d'une part et d'autre part, elle contribue à la préservation de la microflore et à la diminution de la pollution des eaux à travers la limitation des quantités de pesticides à pulvériser.

La sélection des variétés tolérantes s'effectue soit par comptage et / ou notation des dégâts des bioagresseurs sur des arbres ou parties des arbres, par des techniciens dans des parcelles clonales ou hybrides (Brun *et al.*, 1997 ; Sounigo *et al.*, 2003), soit par un screening variétal au moyen de tests en laboratoire ou en parcelle expérimentale.

En laboratoire, la sélection de cacaoyer contre la pourriture des cabosses repose sur l'évaluation de la résistance des génotypes après inoculation artificielle en conditions contrôlées des disques de feuilles ou de fruits adultes sains détachés, avec une suspension de zoospores calibrées à partir d'une souche de *Phytophthora megakarya*. Au champ, cette évaluation s'effectue à travers le prélèvement et le dénombrement des fruits atteints naturellement de la maladie ou artificiellement après inoculation des fruits attachés à l'arbre avec une suspension calibrée de zoospores, durant toute la durée de la campagne. Les données de taux de pourriture obtenues par variété permettent d'évaluer la résistance au champ (Nyasée, 1997). Des travaux menés, aucun clone ou famille n'a encore présenté une résistance totale à la pourriture brune (Nyasée, 1997 ; Nyassé *et al.*, 2002 ; Nyassé *et al.*, 2003, Sounigo *et al.*, 2003). Malgré le fait que les héritabilités pour la résistance mesurée au champ sont variables, il a été observé par Eskes *et al.* (1995) qu'elles peuvent être assez élevées. Ce qui suggère que la sélection pour la résistance à la pourriture brune peut être efficace. Les premiers travaux de sélection se sont heurtés à une mauvaise connaissance de l'agent pathogène. Aujourd'hui avec la découverte de plusieurs espèces de *Phytophthora*, une résistance durable est recherchée passant par une meilleure compréhension du déterminisme génétique, c'est à dire des facteurs géniques impliqués dans la détermination des caractères de résistance au *Phytophthora* (Flament, 1998).

Seulement, l'inoculation artificielle des fruits contribue à la destruction de ces derniers. Aussi, l'évaluation par cette méthode n'est possible que pendant les périodes de production. Avec les disques de feuilles, la manipulation est flexible car le matériel est disponible en tout

temps, en quantité et facile à transporter. L'évaluation peut se faire en toute période de l'année, près ou loin des lieux de récolte.

La lutte variétale contre les mirides est actuellement expérimentée dans plusieurs pays d'Afrique. Elle est basée sur l'évaluation de l'attractivité à travers les dommages observés sur le terrain ou lors des microtests en laboratoire, de l'appétence de divers génotypes de cacaoyer, ainsi que sur la capacité des génotypes à tolérer les attaques. Plusieurs travaux ont été menés par des chercheurs tels Dibog *et al.*, 2008 ; Bruneau de Miré et Lotodé (1974), Decazy et Lotodé (1975), Decazy et Coulibaly (1982), Nguyen-Ban (1994, 1998), Sounigo *et al.* (2003), et Babin *et al.* (2004), N'Guessan *et al.* (2005, 2006), Anikwe *et al.* 2009. Cependant, des tests de sélection de variétés tolérantes aux mirides basés sur la réaction à *Lasiodiplodia theobromae* ont été développés (N'Guessan *et al.* 2005 ; 2006 ; 2008)

I.6.4. Lutte biologique

La lutte biologique telle que définie par l'Office International de la Lutte Biologique, section régionale ouest-paléartique « OILB-SROP », est l'usage d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les incidents dus aux ennemis de cultures.

La maladie de la pourriture brune des cabosses de cacao peut être contrôlée par des micro-organismes antagonistes. Nwaga (1984) a montré que *Gliocladium roseum* produit des composés fongistatiques faiblement inhibiteurs de *P. palmivora*. Des espèces fongiques comme *Trichoderma SPP.* et *Collectotrichum SPP.* peuvent réduire l'intensité de la maladie. (Melnick *et al.*, 2006) a montré qu'il existe une forte probabilité qu'une résistance durable à la maladie puisse être induite par des bactéries non pathogènes comme le *Bacillus SPP.*

Les mirides de cacaoyers pourraient être contrôlés par des parasitoïdes de *Sahlbergella singularis*, mais leurs nombres et les taux de parasitisme enregistrés dans la nature sont peu, pour envisager de les utiliser en lutte biologique (Lavabre, 1977 b).

Les fourmis, extrêmement nombreuses et diversifiées représenteraient au moins 80 % de la biomasse animale dans les écosystèmes tropicaux (Davidson *et al.*, 2003 ; Philpott et Armbrrecht, 2006). Leur impact sur les maladies et ravageurs du cacaoyer a été étudié de manière assez approfondie et le potentiel des espèces dominantes comme agents de lutte biologique a été évalué en Asie et en Amérique latine (Way et Khoo, 1992 ; Majer et Delabie, 1993). L'introduction d'espèces exotiques a été envisagée dans certains pays à des fins de lutte biologique (Majer, 1994).

I.6.5. Autre moyen de lutte

Les extraits de certaines plantes telles que *Azadirachta indica* « neem », *Jatropha Curcas* « pourghère » et d'autres plantes locales ont montré leurs efficacités après un test en champ au Cameroun et au Ghana (Padi, 2003). Cependant, les résultats de certains de ces tests n'ont pas été valorisés.

Des mixtures à base de plantes cultivées et sauvages prélevées dans l'environnement sont généralement utilisées pour assainir les plantations des maladies et ravageurs dans leur ensemble. Les plantes cultivées sont le *Cannabis sativa* et le *Nicotiana tabacum* respectivement appelées chanvre, tabac et les plantes sauvages sont le *Guibourtia tessmannii* ; l'*Erythrophleum ivorense*, l'écorce de *Ceiba pentandra* et le *Pachyelasma tessmannii* très connues sur le nom de bubinga, tali, fromager, eyeck respectivement (Coulibaly *et al.*, 2002).

I.7. Économie du cacaoyer au Cameroun

I.7.1 Conditions naturelles

Le cacaoyer trouve les conditions naturelles favorables à son épanouissement sur toute une bonne partie du Cameroun. Toute la partie du sud d'Adamaoua, puisque les isothermes 32° en février pour les maxima et 15° en décembre pour les minimas, coïncident à peu de choses près avec la limite méridionale de l'Adamaoua (Fig. 9).

Les besoins en eau du cacaoyer sont ceux auxquels répondent les précipitations de la zone équatoriale. Avec 1 500 mm annuels de pluies atteints dans toute la zone située au sud de l'adamaoua, sauf dans le Mbam « Bafia », le Nyon-et-Mfoumou « Akonolinga » et à « Mbalmayo » où les précipitations sont moins mais au voisinage de 1400 mm et un isoète de 70 mm en moyenne durant les mois de décembre, janvier et février, placé nettement au sud des isothermes (15° et 32°). La zone septentrionale favorable à la culture de cacaoyer se limite au tracé qui part de Dschang, en direction de Yaoundé, suit le cours de la Sanaga jusqu'à quelques km en amont de Nachtigal, s'infléchit nettement vers le sud pour remonter ensuite en direction de Bertoua. Dans cette zone, le cultivateur établit lui-même un ombrage pour ses cacaoyers.



Fig. 9. Zones offrant des conditions naturelles favorables à la culture de cacao

I.7.2. Évolution de la filière

En 1876, 13 plants de cacao ont été introduits au Cameroun, mais l'impact de cette première introduction sur la culture du cacao dans le pays reste inconnu. Plus tard, en 1885, 322 plantes ont été introduites dans la région sud-ouest du pays et ont ensuite été utilisées comme sources de semences pour la culture du cacao dans cette région (Bartley, 2005).

À la veille de la première guerre mondiale, plus de 11 000 ha ont été plantés en cacao. Elle s'étendit jusqu'à Abong-Mbang et Batouri en passant par Douala, Kribi, Edéa, Ebolowa et Yaoundé. La culture a été propagée entre les années 1924 et 1925, et pratiquée partout dans le sud. Des organismes techniques furent créés tels la Station de Recherche de Nkoemvone chargée d'améliorer les méthodes culturales et le matériel végétal en 1949, les laboratoires de phytopathologie et d'entomologie chargés d'étudier et mettre au point les moyens de lutte contre les bioagresseurs. Outre le service d'agriculture, le S.E.M.A.C. « Secteur Expérimental de modernisation des cacaoyères » créé entre les années 1953, 1954 joua un rôle capital dans l'encadrement et la vulgarisation au cours de ces années (Marticou, 1963). En 1955, la caisse de stabilisation de prix a été mise sur pied, pour la protection des producteurs

contre les fluctuations de prix observées sur le marché local. En 1976, l'office National de Commercialisation des Produits de Base « ONCPB » est créé pour établir les règles de la commercialisation du cacao, du café et du coton chaque année. Il déterminait les barèmes de prix pour toutes les opérations de la chaîne de commercialisation.

Plusieurs organismes jouant le même rôle ont vu le jour et ont disparu suite à la crise des années 1990 : En 1986, la chute de cours pétroliers de l'ordre de 50%, associée à la concurrence de nouveaux pays producteurs sur le marché international entraîna la chute de prix de fèves de cacao de 1102 FCFA à 552 FCFA le Kilogramme en 1987 (Champaud, 1966). Ne pouvant plus garantir un minimum de prix aux planteurs de cacaoyer, l'ONCPB a été dissout en 1991 et la filière libéralisée avec la création de L'Office Nationale de Cacao et Café « ONCC ». Le Conseil Interprofessionnel de Cacao et Café « CICC » est créé par la suite pour représenter les intérêts des planteurs et l'état ne prélevant plus de taxe à l'exportation, ni impôt pour garantir le minimum aux producteurs s'est totalement retiré de la filière entre 1993 et 1994. Aujourd'hui, la filière est partagée entre plusieurs secteurs entre autre le privé « IITA, CICC, GIC, SIC Cacao, OLAM Cam, CACMACO, ... », le public « IRAD, CIRAD, MINADER, SODECAO, ONCC, FODECC, CTSCFCC, ... », les ONG et via aussi des aides extérieures « Union Européenne, Coopération française ».

Près de 8 millions de personnes vivent directement ou indirectement de l'économie cacaoyère, parmi lesquelles plus de 2 millions de planteurs. Dans le but de relever le faible pouvoir d'achat de la population rurale, le plan de relance et de développement de la filière cacao a prévu l'augmentation de la production cacaoyère à 600 000 tonnes de cacao à l'horizon 2030, avec une anticipation de la croissance moyenne de 3 % par an.

I.7.3. Principales zones de culture et évolution de la production

Le Centre-Sud et le Sud-Ouest sont les principales zones de production nationale (Champaud, 1966 ; Anonyme, 2010 ; Jagoret, 2011). La zone du Centre-Sud regroupe le bassin du centre et du sud. Dans le Centre, la culture du cacaoyer est pratiquée surtout dans les départements de la Lekié et des deux Mbam et ensuite dans la Haute Sanaga, le Nyong et Kellé, le Nyong et So'o, le Nyong et Mfoumou, la Mefou et Akono ; la Mefou et Afamba, et le Mfoundi. Le Bassin du Sud regroupe les départements du Dja et Lobo, la Vallée du Ntem, la Mvila et l'Océan.

La zone du Sud-Ouest avec un très fort potentiel de production regroupe actuellement le département de la Mémé et celui de Koupé Manengouba. Dans le passé, plusieurs centaines

d'hectares de plantations industrielles avaient été créées dans ces zones notamment à Ikiliwindi par Cadbury, à Tombel par la CDC et à Lobé par Pamol. Toutes ces plantations sont à ce jour très dégradées et certaines ont même disparu. En dehors de ces zones principales, la cacaoculture est pratiquée dans le centre et le sud du Mungo, puis dans le sud du pays bamiléké, principalement dans les départements du Haut Kam et du Ndé. En 2018, cette culture a été introduite dans l'Adamaoua et le département du Noun.



Fig. 10. Localisation des deux principales zones de culture de cacaoyers au Cameroun (Jagoret 2011)

De 1960 à la période de crise, l'évolution de la production dans les deux principales zones a présenté un contraste. La production du Sud-Ouest est passée de 17 000 à 52 000 tonnes pour une superficie totale inférieure à celle de bassin du Centre-Sud dont la production pendant toute cette période a oscillé entre 80 000 et 60 000 tonnes. Soit une contribution nationale allant de 22 % à 42 % pour le Sud-Ouest contre une régression de 78 % à 58 % pour le Centre-Sud (Champaud, 1966 ; ONCC, 2017).

En 2017, la zone du Sud-ouest s'est démarquée comme premier bassin national avec 45,45 % de la production commercialisée et le Cameroun a été le quatrième producteur mondial avec 290 000 tonnes de cacao marchand. Elle était suivie par les bassins du centre et Sud, avec des productions de 36,74 % et 7,82 % respectivement (ONCC, 2017). Selon Reuters (2019),

une chute de l'ordre de 32 % de production a été enregistrée dans la zone du Sud-ouest, suite à la crise sociopolitique qui a contraint les petits producteurs et entreprises cacaoyères comme Telcar Cocoa , Olam, Theobroma à une suspension de leurs activités.

Le Cameroun occupe le Cinquième rang mondial, puis le troisième des pays producteurs d'Afrique (Fig.11). Entre 2007-2008, 400 000 ha ont été cultivés pour une production estimée à environ 200 000 tonnes, équivalent à un revenu d'environ 200 milliards de F CFA (Anonyme, 2009). A l'issue de la campagne 2015-2016 à 2019, cette production est passée de 269 495 tonnes à 290 000 tonnes en 2020, avec 239 717 tonnes de fèves exportés (Anonyme, 2021 a). Avec une production qui tourne autour de ce tonnage, le pays évalue à environ 290 milliards de F CFA le chiffre d'affaire généré par la filière et 25,1 milliard de F CFA par an de recettes fiscales (Anonyme, 2021b).

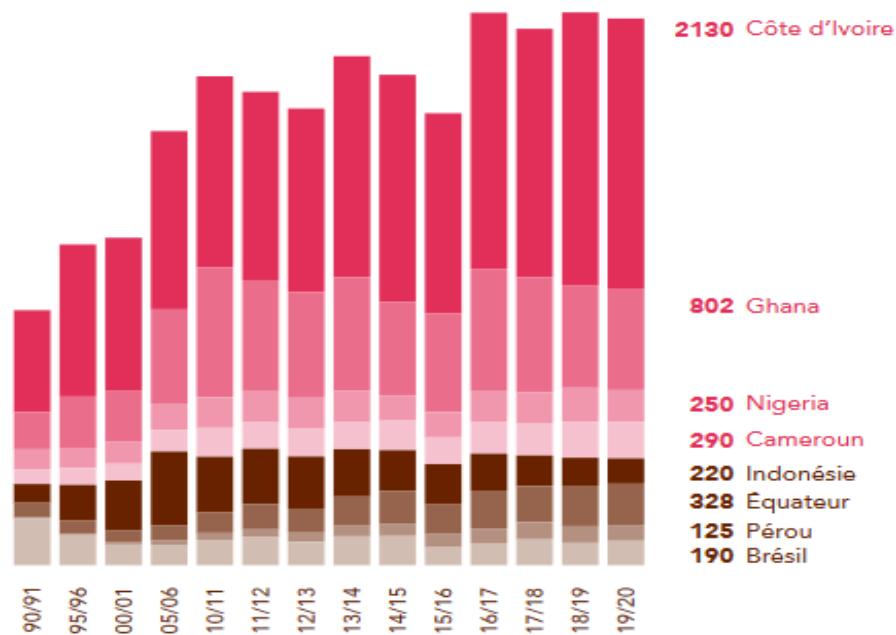


Fig. 11. Évolution de la production de cacao dans les cinq premiers pays producteurs entre 1970 et 2016

Incidé par la plus-value du prix de chocolat qui représente 95 % du prix de kilogramme de fèves de cacao marchand (Anonyme, 2018) et influencé par la fluctuation du prix de cacao marchand sur le marché international, le Cameroun a opté pour un développement de la consommation locale. Sa capacité de transformation des fèves est passée de 30 000 tonnes à 50 000 tonnes (Anonyme, 2020).

I.7.4. Espèces cultivées, maladies et ravageurs

L'ensemble des espèces observées dans les premières plantations sont des hybrides appartenant au groupe des *Forastero* : Amelonado à cabosses jaune, Cundeamor à cabosses rouges. Vers 1960, les paysans ont introduit dans leurs plantations les premiers clones de groupe génétique *Trinitario* et Haut Amazonien de type *Forastero*. De 1970 à nos jours, le matériel végétal cultivé au Cameroun est hétérogène. Des descendances de croisements entre différents groupes génétiques tels le Haut Amazonien, le *Trinitario* Hybrides et appartenant à des origines géographiques différentes ont été distribuées aux paysans (Paulin et Cilas, 1995)

Cependant, plusieurs maladies et ravageurs constituent des freins pour le développement de la cacao-culture. La pourriture brune des cabosses appelée encore Bibolo par les producteurs de la zone du centre et sud, puis la mort subite de cacaoyers à laquelle les paysans ont collé le nom Die-back, sont deux maladies couramment observées dans les plantations causées respectivement par *Phytophthora megakarya* et *Lasiodiplodia theobromae* (Mbenoun et al., 2008).

les insectes nuisibles couramment rencontrés dans les exploitations camerounaises sont de plusieurs groupes tels le groupe des coléoptères et des lépidoptères défoliateurs et foreurs de tiges donc les espèces ne présentent pas un impact réel sur l'économie du cacao ; le groupe des hémiptères avec en son sein le psylle qui s'alimente au détriment des bourgeons et des jeunes pousses de cacaoyers en pépinière et en plantation (Lavabre, 1970) ; la punaise considérée comme ravageurs dans le Sud-ouest (Anonyme, 1970) ; les mirides tels *Helopeltis*, *Sahlbergella singularis*, et *Distantiella theobroma*. Des attaques sévères sur cabosses dues à *Helopeltis* ont été observées (Decazy et Lotodé, 1975) ainsi que des pertes significatives dues à *Bathycoelia thalassina* dans la région du Sud-ouest du Cameroun (Anonyme, 1970). Auourd'hui, on note une prédominance des dégâts dus aux espèces *Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobroma* dans les exploitations (Babin et al., 2009).

I.7.5. Unité d'exploitation

Au Cameroun, la cacao-culture repose essentiellement sur les populations rurales vulnérables. Environ 400 000 familles de petits agriculteurs, soit environ 90% de producteurs. En effet, les superficies des unités de productions sont liées aux nombres de personnes actives dans la famille, généralement 1 à 3 personnes et par conséquent, elles sont de petites tailles de 1 à 3 ha (Anonyme, 2018).

I.8. Amélioration ou Sélection variétale au Cameroun

Les premiers travaux de recherche sur cacaoyer furent axés sur la sélection clonale en 1946 (Champaud, 1966). Des prospections dans des plantations locales permirent de sélectionner des phénotypes *Trinitario* et quelques Bas Amazoniens pour leurs bonnes productivités. Des graines, obtenues à partir de ces cacaoyers, ont été semées dans une station de recherche de l'IRCC à Nkoemvone et 489 arbres, issus de ces graines, ont été sélectionnés pour leur niveau de rendement. Ces arbres ont été utilisés pour la multiplication végétative, puis inclus dans la banque de gènes locale du cacao, avec un code SNK « Selection of Nkoemvone ». Des introductions de clones Haut Amazonien de génération G2 et *Trinitario* vinrent de Trinidad pour compléter cette collection. Des essais comparatifs en champ permirent de sélectionner 35 des meilleurs clones porteurs qui, furent multipliés végétativement à grande échelle et vulgarisés sous forme de boutures plagiotropes enracinées entre 1957 et 1968 (Paulin et Eskès, 1995 ; Paulin et Cilas, 1995). La forte mortalité des jeunes boutures installées au champ, puis la difficulté de distribution en grande quantité de boutures poussa à l'abandon de la sélection clonale au profit de la sélection d'hybrides. Dès 1959, les productions et distributions des hybrides commencèrent avec bien évidemment un ralentissement vers un arrêt des activités de la production et de la distribution des boutures avant 1970. On nota 350 croisements entre *Trinitario* locaux SNK et des clones importés ICS et Haut Amazonien UPA, issus d'une sélection effectuée à Trinidad et d'une expédition de collecte au Pérou (Paulin et Eskès, 1995). Les hybrides aux parents Hauts Amazoniens se montrèrent très intéressants et à partir des années 1970, des combinaisons entre Hauts Amazoniens et *Trinitario* furent sélectionnées pour leurs productivités et distribuées sous forme de semences à partir des champs semenciers biclonaux (Liabeuf, 1967 et Nya Ngatchou, 1984)

Sous la menace de la pourriture brune, des travaux ont été consentis sur l'amélioration génétique à la tolérance à cette maladie. Une étude de l'héritabilité de la résistance au champ a abouti à la mise en évidence de la supériorité du géniteur UPA 134 avec une bonne aptitude à la combinaison, conduisant à la réalisation de la combinaison UPA134 X SNK413, tolérante à la maladie (Despreaux et *al.*, 1989 ; Berry et Cilas, 1994).

Entre 1979 et 1989, des essais multi locaux permirent de distinguer 5 combinaisons à meilleures productivité « IMC 67 X SNK 109, SCA 6 X ICS 43, SNK 109 X IMC 67, SNK 16 X SCA 12, UPA 143 X SNK 10 » (N'gambi, 1989), 4 combinaisons présentant une supériorité pour la vigueur à jeune âge « SNK 48 X SCA 12, SNK 48 X IMC 60, T 79/887 X ICS 46, SCA 12 X ICS 6 » et 4 à productivité précoce « SCA 12 X SNK 416, SNK 48 X SCA 12, UPA 134

X SCA 6, SCA 6 X ICS 1 » (Saffana, 1982). Le souci d'obtenir des combinaisons plus tolérantes à la pourriture brune des cabosses que les combinaisons traditionnelles Haut Amazonien X Trinitario poussa à la réalisation d'un essai comparatif d'hybrides entre Haut Amazonien et 5 géotypes Catongo « IFC 1362, IFC 1363, IFC 1374, IFC 1375, IFC 1376 » en 1989 à Mengang. La productivité paraissait bonne mais des doutes subsistaient sur les données de récolte enregistrées depuis 1991 suite à la lecture du plan de la parcelle. Leurs réactions à la pourriture brune restent aussi inconnues (Paulin D., Cilas C., 1995).

Sur la base de l'hétérozygotie des parents responsables de la grande variabilité des descendances hybrides, des arbres ont été évalués individuellement dans les descendances à la station de Barombi-Kang, grâce au dispositif en randomisation totale de parcelles. De 1971 à 1974, des essais d'hybrides ont permis une sélection combinée « individu / famille » sur index, basée sur l'estimation de la valeur génétique des individus pour la production et la résistance à la pourriture brune a pu être réalisée dans les descendances issues des croisements entre les parents SNK 10, SNK 413, ICS 84, ICS 95, UPA 134, IMC 67 (Cilas, 1993).

Après une période de ralentissement des activités, le programme d'amélioration génétique du cacaoyer a repris réellement en 1995 avec la gestion de la collection, la sélection de cacaoyers pour la sortie variétale, sur des critères tels la résistance à *Phytophthora megakarya*, la productivité, la vigueur et la qualité de fèves. Au cours des années 2000, des activités ont été réalisées dans le cadre de la première phase du projet international financé par le CFC. En effet, un essai comparatif clonal a été installé à Barombi-Kang et un autre à Nkolbisson, pour les travaux de confirmation d'une vingtaine d'individus sélectionnés sur index « résistance / productivité / vigueur » dans un essai diallèle installée à Barombi-Kang. La collection de travail de l'IRAD a été enrichie par l'introduction de 25 clones internationaux, des familles hybrides produites par pollinisations manuelles ou introduites de Côte d'Ivoire. Des tests précoces sur feuille ont été effectués pour l'évaluation du niveau de résistance du matériel introduit à *Phytophthora megakarya*. Environ 40 hybrides ont été distribués pendant cette période. Ces hybrides étaient issus des parents d'origines Haut Amazonien G0, G1, G2, Bas Amazonien local SNK64, *Trinitario* locaux SNK10, SNK13, SNK16, SNK37, SNK48, SNK109, SNK450, SNK456, *Trinitario* introduits ICS43, ICS46, ICS95, *Criollo* ICS40, ICS60. Seulement, la qualité de ce matériel a posé assez de problèmes, en raison des semences issues de pollinisations libres dans les champs semenciers bi-clonaux et des combinaisons peu performantes qui ont semblé n'avoir été testées en essai comparatif d'hybrides. G0 « SCA12,

SCA6, IMC67 » ; G1 « T79/501, T79/467, T60/887, T60/1174 » ; G2 « UPA134, UPA143 » (Paulin D., Cilas C., 1995).

Depuis 2004 à nos jours, dans le cadre de la politique de relance de la filière cacao, le Cameroun a participé à un projet international de sélection participative du cacao (Eskes, 2011). Le programme d'amélioration s'est penché pour une recherche de variétés adaptées à l'environnement de production.

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Site d'étude

L'étude des performances agronomiques des descendances contrôlées a été menée à Bakoa et Kédia, deux villages du département de Mbam et Inoubou, une zone de transition entre forêt et savane. Cette zone est caractérisée par un régime pluviométrique bimodal, avec une valeur annuelle moyenne de 1300 mm, répartie sur 80 jours par an. Les sols, de type sable / limon et sable / argile sont légèrement acides (PH 6 - 6,7).

Les villages Bakoa, Edou et Lekie-Assy ont servi de site pour l'identification du matériel végétal à recommander. Les deux derniers villages appartiennent respectivement à la zone de forêt et transition forêt savane, et sont caractérisés par un régime pluvial bimodal, d'une valeur annuelle moyenne de 1500 mm pour le village Edou et 1300 pour Lékié Assi, réparti respectivement sur 90 et 84 jours par an. Les sols respectifs, de type Argileux /sablonneux et sablonneux/argileux, sont acides (pH 5,18).

Les parcelles sur lesquelles les cacaoyers ont été plantés ont été nettoyées au préalable. Les arbustes qui s'y trouvaient ont été abattus. Les cacaoyers observés ont été plantés à la fois avec des espèces fruitières pérennes telles le mélange des avocatiers (*Persea americana*), agrumes (*Citrus ssp.*), safoutiers (*Dacryodes edulis*) ou de palmier à huile (*Elaeis guineensis*) et sont exposés au soleil.

II.1.2. Matériel végétal

Neufs (09) descendances ont été développées et évaluées. Toutes ont été issues des fèves provenant de la pollinisation manuelle (sans isolement des boutons floraux), réalisées dans les jardins semenciers bi-clonaux de la station IRAD de Nkoemvone et de la SODECAO. T 79 / 501 est issu d'un croisement réalisé à Trinidad (Anonyme, 1976), entre les parents NA 32 x PA 7 (Motamayor et *al.*, 2008). L'UPA 143 est la descendance du croisement entre T 72/1436 et T 72 / 1433, effectué au Ghana (Anonyme, 1976). Les deux parents de l'UPA 143 sont issus d'un croisement réalisé à Trinidad, entre NA 32 et IMC 60, tous deux issus de la population d'Iquitos (Motamayor et *al.*, 2008).

Trois variétés de cacaoyers ont été comparées :

- la variété 14 (témoin B local) constituée de mélange de descendances libres obtenues à partir des cabosses récoltées sur des cacaoyers de type « cacao allemand », c'est-à-dire la variété traditionnelle cultivée au Cameroun, depuis plusieurs décennies avant la distribution des variétés commerciales améliorées. Les descendances de cette variété ont été obtenues à partir des cabosses récoltées dans plusieurs parcelles de planteurs à Bakoa.

- la variété 15 (témoin A, Hybride DL) qui est le mélange de descendance libres obtenues à partir des cabosses récoltées sur des cacaoyers de type « hybride », c'est-à-dire des descendance de pleins frères, distribuées au Cameroun depuis les années 1970 par la SODECAO. Ces descendance sont donc issues d'un ou plusieurs cycles de recombinaison entre cacaoyers vulgarisés et ont été obtenues à partir de cabosses récoltées dans des parcelles des planteurs de Bakoa ;

- la variété 19 constituée de mélange de six descendance présélectionnées sur la base de leurs performances agronomiques parmi les neuf descendance issues des croisements manuels réalisés sur le champ semencier : UPA 143 X SNK 64, IMC 67 X SNK 64, T 79/501 X SNK 109, SNK 109 X IMC 67, SNK 109 X T 79/501, SCA 12 X SNK 16. Ce mélange représente partiellement les descendance distribuées aux planteurs par la SODECAO depuis les années 1970.

Les détails sur les origines géographiques et génétiques des parents des 9 descendance sont indiqués dans le Tableau II. Ceux des descendance évaluées pour leur résistance à *Phytophthora megakarya* sont indiqués dans le tableau III. Les témoins A et B sont issus de quelques cabosses obtenues après pollinisation naturelle de cacaoyers choisis au hasard dans deux plantations : une plantation de cacaoyers hybrides distribués par la SODECAO (témoin A) et une plantation de cacaoyers traditionnels (cacao allemand) (témoin B).

Tableau II: Origines et caractéristiques des géniteurs des 9 descendance issues de croisements manuels et utilisées dans les parcelles d'essais de sélection

| N° Variété | Parent Femelle | | | Parent Mâle | | |
|---------------|----------------|----------------------|------------------|-------------|----------------------|------------------|
| | Nom | Origine géographique | Groupe génétique | nom | Origine géographique | Groupe génétique |
| 1 | IMC 67 | Pérou | Haut Amazonien | SNK 109 | Sud-Cameroun | Trinitario |
| 2 | IMC 67 | Pérou | Haut Amazonien | SNK 64 | Sud-Cameroun | Trinitario |
| 4 | SCA 12 | Pérou | Haut Amazonien | SNK 16 | Sud-Cameroun | Trinitario |
| 5 | SNK 109 | Sud-Cameroun | Trinitario | IMC 67 | Pérou | Haut Amazonien |
| 6 | SNK 109 | Sud-Cameroun | Trinitario | T 79/501 | Pérou | Haut Amazonien |
| 8 | T 79/501 | Pérou | Haut Amazonien | SNK 109 | Sud-Cameroun | Trinitario |
| 9 | T 79/501 | Pérou | Haut Amazonien | SNK 13 | Sud-Cameroun | Trinitario |
| 10 | T 79/501 | Pérou | Haut Amazonien | SNK 64 | Sud-Cameroun | Trinitario |
| 12 | UPA 143 | Pérou | Haut Amazonien | SNK 64 | Sud-Cameroun | Trinitario |

Tableau III : Origines et caractéristiques des géniteurs des parents des descendance libres (V 15).

| PARENTS FEMELLES | | | | | PARENTS MALES | | | | |
|------------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------------|---------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| Noms | Origine géographique | Groupe génétique | Type de matériel | Niveau de sensibilité | Noms | Origine géographique | Groupe génétique | Type de matériel | Niveau de sensibilité |
| AI/154 | Ghana | Bas Amazonien | | | EQX | Equateur | Trinitario | Cultivé | |
| BBK 109 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Moyennement Sensible | 3338 | | | | |
| BBK 1016 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Résistant | GU 255/V | Guyane française | Guyanais | Spontané | Résistant |
| BBK 1418 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Moyennement sensible | ICS 40 | Trinidad | Trinitario | Cultivé | Sensible |
| GU 144/C | Guyane française | Guyanais | Spontané | | ICS 89 | Trinidad | Trinitario | Cultivé | Résistant |
| IFC 303 | Côte d'Ivoire | Bas Amazonien | Cultivé | Sensible | IMC 67 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Moyennement sensible |
| IMC 67 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Moyennement sensible | MA 12 | Brésil | Haut Amazonien | Spontané | |
| MAN 15/2 | Brésil | Bas Amazonien | Cultivé | Sensible | MO 20 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Moyennement sensible |
| PA 4 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Sensible | NA 33 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Moyennement sensible |
| PA 7 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | | PA 7 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | |
| PA 13 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Moyennement résistant | PA 19 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Sensible |
| PA 107 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | | PA 70 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Résistant |
| POUND 7 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | | PA 107 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | |
| SCA 24 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Sensible | PA 121 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Résistant |
| SNK 12 | Cameroun | Trinitario | Cultivé | Sensible | PA 150 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Résistant |
| SNK 109 | Cameroun | Trinitario | Cultivé | Sensible | POUND 7 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | |
| SNK 608 | Cameroun | Hybride | Cultivé | Moyennement Sensible | SNK 13 | Cameroun | Trinitario | Cultivé | Sensible |
| SNK 614 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Résistant | SNK 64 | Cameroun | Trinitario | Cultivé | Moyennement Sensible |
| SNK 619 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Résistant | SNK 109 | Cameroun | Trinitario | Cultivé | Sensible |
| SNK 625 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Sensible | SNK 413 | Cameroun | Trinitario | Cultivé | Moyennement Sensible |
| T 60/78 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | | SNK 608 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Moyennement Sensible |
| T 60/887 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | | SNK 614 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Résistant |
| T 63/967 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | | SNK 620 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | Moyennement Sensible |
| T 79/501 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | Résistant | BBK 735 | Cameroun | Hybride | Sélectionné | |
| T 85/185 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | | T 17/524 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | |
| UPA 134 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | Résistant | T 17/924 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | |
| | | | | | T 60/78 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | |
| | | | | | T 79/501 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | Résistant |
| | | | | | T 85/87 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | |
| | | | | | T 85/185 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | |
| | | | | | T 85/799 | Ghana | Haut Amazonien | | |
| | | | | | IMC 67 | Pérou | Haut Amazonien | Spontané | Moyennement sensible |
| | | | | | UPA 134 | Ghana | Haut Amazonien | Sélectionné | Résistant |

L'identification des niveaux de sensibilités des géniteurs et de différentes combinaisons à la pourriture brune a nécessité des feuilles de cacaoyers semi-aoûtées, détachées des rameaux peu lignifiés, sur des jeunes plants issus des croisements manuels et des cabosses adultes vertes saines détachées des troncs de cacaoyers. Les jeunes plants étaient âgés de deux (2) ans et ont été élevés en pépinière pendant toute la durée des travaux, dans des conditions telles qu'ils étaient surveillés, arrosés pendant la saison sèche, ombragés correctement et protégés contre les dégâts des animaux. Pour éviter les effets des produits chimiques pouvant influencer le test, les semenciers n'ont reçu aucun traitement phytosanitaire durant toute la période de notre étude.

Le matériel biologique utilisé pour l'inoculation artificielle était une souche de *Phytophthora megakarya*, issu de la collection du laboratoire de phytopathologie de l'IRAD. Cette souche a été isolée à partir des cabosses naturellement infectées par la pourriture brune en champ et récoltées dans un verger du village Nkolkoumou, dans la région du centre au cours de la campagne cacaoyère 2017. Elle a été conservée à température ambiante, en mycothèque dans des piluliers sous forme d'explants de gélose immergés dans l'eau distillée stérile, et en absence de la lumière.

II.1.3. Autre Matériel

Le matériel agricole était constitué de sécateurs ; de sacs et étiquettes pour les récoltes, la distinction des échantillons des cabosses récoltées et la conservation des fèves, des mètres ruban pour mesurer les circonférences des troncs, des sacs filets et bacs pour les fermentations des échantillons, des séchoirs, le dickey-john et la balance pour mesurer respectivement les taux d'humidité et la masse des fèves.

II.2. Méthodes

II.2.1. Obtention des descendances

Les neuf (9) descendances issues de pollinisation manuelle sans isolement des fleurs fraîchement ouvertes. Les descendances évaluées par inoculation de disques de feuilles ont été issues de pollinisation manuelle avec isolement des boutons floraux. Les boutons floraux des fleurs femelles étaient isolés la veille avec de la moustiquaire. Sur des pieds mâles et à l'aide d'une pince, les pollens prélevés sur des fleurs fraîchement ouvertes étaient déposés sur le style des fleurs femelles isolées la veille, suivant la liste des croisements préétablis. Les fleurs pollinisées étaient recouvertes avec cette moustiquaire maintenue par des aiguilles. Toutes ces opérations se faisaient pendant les premières heures de la matinée. Des fèves issues des fleurs pollinisées qui avaient évolué en chérelles et ensuite en cabosses étaient semées directement en

pépinière et s'étaient développées en plantules après une période de 7 à 9 mois, puis transplantées dans des parcelles.

II.2.2. Caractérisation des parcelles agroforestières étudiées

II.2.2.1. Structure spatiale des parcelles

La conception spatiale adoptée pour les parcelles est celle de Bourgoing et Todem (2010 a, 2010 b) qui consiste à associer des cacaoyers avec les fruitiers exotiques ou des palmiers à huile (Fig.12) pour des densités respectives de 960 et 740 cacaoyers à l'hectare, puis 151 fruitiers et 126 palmiers. En effet, tous les emplacements des arbres étaient conformes au repère (x y). Les arbres étaient équidistants de 3 m sur les lignes et sur les colonnes pour les associations des cacaoyers avec les fruitiers. Chaque ligne d'association cacaoyer fruitier était suivie d'une ligne de cacaoyers. Dans les parcelles où des cacaoyers ont été associés aux palmiers à huile, on observait après chaque ligne de palmier 3 lignes de cacaoyers équidistants entre eux de 3 m et de 4 m avec les palmiers. La distance entre deux palmiers d'une même ligne était de 7 m (Bourgoing et Todem, 2010 b). L'emplacement du premier arbre, de coordonnées (X₀ Y₀) avec X₀ = 0 et Y₀ = 0 situé à l'un des angles de la parcelle, était donc considéré comme l'emplacement où la plantation a débuté afin d'évoluer sur l'ensemble de l'unité expérimentale. Les coordonnées X et Y de chaque cacaoyer ou espèce associée indiquent la position spatiale de ce dernier.

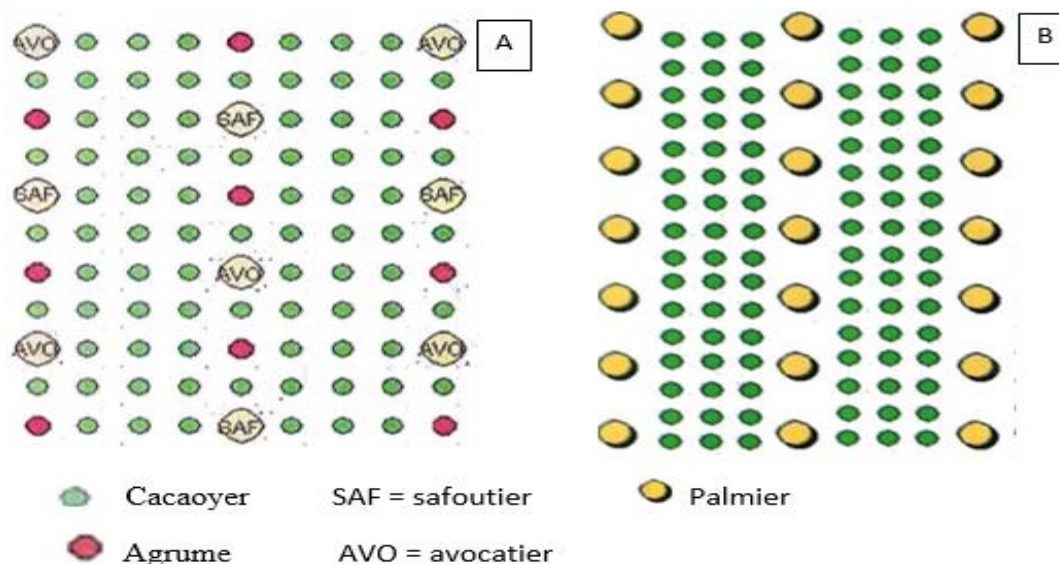


Fig. 12. Structure des parcelles : A - Association cacaoyers + fruitier (Bourgoing et Todem, 2010 a) ; B - Association cacaoyer + palmier à huile (Bourgoing et Todem, 2010 b)

II.2.2.2. Protocole d'installation des parcelles

Neuf (09) descendances ou hybrides de cacaoyers issus des croisements manuels et Trois (03) variétés de cacaoyers ont été installées respectivement sur douze (12) et huit (8) parcelles d'essais. Toutes les descendances et variétés n'ont pas été représentées sur une même parcelle, mais chacune des parcelles regroupait en moyenne 4 à 8 descendances pour le cas de l'étude des descendances ou deux (2) à trois (3) variétés pour l'étude des variétés (tableaux IV et V). Chaque descendance ou variété était représentée par un bloc « géographique » de 40 à 64 arbres, disposés sur deux (association fruitier) ou trois (association palmier) lignes de cacaoyers voisines. Chaque ligne d'association cacaoyer fruitier était suivie d'une ligne de cacaoyer. Les superficies des parcelles d'essais étaient comprises entre 1/3 et 1/4 hectare.

Tableau IV: Effectif de cacaoyers plantés représentant les neuf (9) descendants pleins frères (nommés dans la première colonne), dans chacune des douze parcelles d'essai.

| N° Parcelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | total |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Espèce associée | Palmier à huile | Fruitiers | Palmier à huile | Fruitiers | Palmier à huile | Fruitiers | Fruitiers | Fruitiers | Palmiers à huile | Fruitiers | Fruitiers | Fruitiers | |
| IMC 67 x SNK 109 | | | 63 | | 39 | 66 | 26 | 35 | 48 | 43 | 43 | 37 | 400 |
| IMC 67 x SNK 64 | 54 | 37 | 63 | 58 | 84 | 42 | 43 | 35 | 69 | 44 | 44 | 38 | 611 |
| SCA 12 x SNK 16 | 54 | | | 58 | | | 28 | 36 | 69 | | 43 | | 288 |
| SNK 109 x IMC 67 | | 40 | 63 | | | | 43 | | | | 43 | 36 | 225 |
| SNK 109 x T 79/501 | | 49 | | 29 | | 42 | | 36 | | 43 | | 35 | 234 |
| T 79/501 x SNK 109 | 54 | 50 | 63 | 58 | 84 | 42 | 29 | | | | 43 | | 423 |
| T 79/501 x SNK 13 | | 36 | 63 | 58 | | 42 | 43 | | | | 24 | | 266 |
| T 79/501 x SNK 64 | | | | | | | | 37 | 69 | 43 | 43 | 16 | 208 |
| UPA 143 x SNK 64 | 54 | 34 | | 59 | 72 | 42 | 29 | 35 | 30 | 43 | 43 | 35 | 476 |
| Total | 216 | 246 | 315 | 320 | 279 | 276 | 241 | 214 | 285 | 216 | 326 | 197 | 476 |

Tableau V: Effectif d'arbres plantés représentant les 3 variétés mise en place pour une étude comparative des productivités.

| Parcelle | Jean | Clément Lékiassy | Benoit | Marie - Thérèse | Gabriel | Ferdinand | Francois | Joseph |
|-----------------|-----------|------------------|-----------|-----------------|---------|-----------|-----------|--------|
| Espèce associée | Fruitiers | Fruitiers | Fruitiers | Fruitiers | Palmier | Fruitiers | Fruitiers | |
| Var 15 | 50 | 48 | 52 | 48 | 54 | | | |
| Var 14 | 50 | 48 | 52 | 48 | 54 | 50 | 103 | 50 |
| Var 19 | 100 | 48 | | 48 | | 50 | 104 | 50 |

II.2.3. Présélection des hybrides issus des fécondations contrôlées sur la base de leurs performances agronomiques

II.2.3.1. Adaptation des descendance à la zone de production

L'adaptation a été exprimée à travers les mortalités des cacaoyers installés en champ. Ont été classés parmi les arbres morts les emplacements d'arbres où les échantillons ont été absents. En effet, après l'installation des jeunes plants de cacaoyers dans différentes parcelles, certains n'avaient pas survécus au cours du temps. Les arbres morts au cours de la première année de plantation avaient été remplacés et les remplaçants faisaient partie de l'essai. Ceux qui étaient morts après la première année de plantation ont été exclus de l'essai. Ils ont été comptabilisés par parcelle et par descendance. Ces pertes ont été exprimées en pourcentage de mortalité (T_m) suivant la formule ci-dessus :

$T_m = (N_m/NP) \times 100$ où N_m est le nombre de cacaoyers morts et NP est l'effectif de cacaoyers planté.

II.2.3.2. Évaluation du nombre moyen de cabosses produites par arbre i (N_i).

Le nombre moyen de cabosses produites par arbre i (N_i) a été estimé par le nombre cumulé de cabosses matures mais non mûres, dénombrées après six comptages par an, à un intervalle de deux mois, au cours de la période allant de l'année 2011 jusqu'à la fin de 2017 (sept années de production), puis divisé par sept. Il a été décidé de ne compter que les cabosses non mûres, afin d'éviter le risque de compter les mêmes cabosses deux fois (les cabosses non mûres comptées mûrissent pendant les deux mois suivant leur comptage). Les nombres de cabosses enregistrées ont concerné d'une part les données obtenues uniquement sur les cacaoyers qui ont survécu au cours de la période d'observations, puis d'autre part des données enregistrées sur tous les cacaoyers plantés au début de l'essai.

Les nombres moyens de cabosses produites par arbre ont été estimés en production potentielle pour ce qui est des cabosses enregistrées uniquement sur des arbres qui ont survécu jusqu'à la fin des observations et en production réelle pour les cabosses de tous les arbres initialement plantés.

II.2.3.3. Détermination de la masse moyenne de cacao marchand par cabosse de la descendance (C_j) en g.

Un échantillonnage d'au moins 50 cabosses mûres récoltées sur au moins 20 arbres a été effectué par descendance. Les fèves fraîches extraites de ces cabosses ont été maintenues

dans des filets, respectivement par descendance et fermentées dans des bacs en bois, aux côtés et à la base perforés pour laisser couler le mucilage, durant une période de 5 à 6 jours. Pendant le séjour dans les bacs, les fèves ont été remuées à intervalle de deux jours. Ces fèves ont ensuite été séchées respectivement par descendance jusqu'à obtention d'un taux d'humidité de 6 %.

Après séchage, les fèves obtenues ont été pesées à l'aide d'une balance électronique sensible pouvant supporter des masses situées entre 0.05 et 2000 g. Pour chaque descendance, la masse obtenue a été répartie (divisée) par le nombre de cabosses échantillonnées ou encore récoltées et écabossées.

II.2.3.4. Évaluation de la production ou rendement annuel (Y) des hybrides

La méthodologie utilisée a été celle décrite par Tahi et *al.*, 2019, Jagoret et *al.*, 2017, qui permet d'évaluer les rendements des exploitations sans avoir effectué les récoltes, indépendamment du calendrier de récolte des agriculteurs.

La production a été calculée, pour chaque arbre individuel (i) appartenant à la descendance complète (j), à partir du nombre total de cabosses récoltées, écabossées et la masse de cacao par cabosse obtenue après extraction des fèves fraîches, fermentation et transformation en cacao marchand, à l'aide de la formule suivante:

$$Y_i = N_i \times C_j$$

Y_i = rendement annuel (g de cacao) de l'arbre i

N_i = nombre de cabosses produites annuellement par l'arbre i, aspirant à la descendance j.

C_j = masse de cacao par cabosse (g) de la descendance j

Pour chacun des facteurs « descendances, variété, parcelle », deux types de rendement ont été estimés : le rendement potentiel et le rendement réel. Les valeurs obtenues correspondent aux rendements par unité d'arbre sur la surface initialement plantée en cacaoyers.

II.2.3.4.1. Évaluation de la production annuelle potentielle

Le calcul de la production annuelle potentielle n'a concerné uniquement que les données obtenues sur les cacaoyers qui ont survécus au cours de la période d'observation. Le niveau de mortalité n'a pas affecté le niveau de production potentielle.

Cette méthodologie reflète le potentiel des descendances dans des conditions favorables.

II.2.3.4.2. Évaluation de la production annuelle réelle

Des données enregistrées sur tous les cacaoyers plantés au début de l'expérience ont été prises en compte. Le niveau de mortalité a affecté le niveau de production réelle. Dans le cas

des arbres morts avant la production d'une cabosse, une valeur de 0 a été enregistrée pour leur production et ces arbres ont été exclus du nombre d'arbres plantés.

. Cette estimation tient compte de la mortalité des arbres et reflète véritablement les performances agronomiques des descendants dans les conditions des exploitations.

II.2.3.5. Évaluation de la stabilité des productions des descendance ou stabilité phénotypique

Un même génotype cultivé dans de milieux différents est caractérisé par une importante fluctuation de rendements. Ainsi, est considéré comme génotype stable tout génotype dont la variation du rendement est moindre, lorsqu'il est cultivé sur différents sites. Alors, il est évident pour le bien être des exploitants d'une part et de la population consommatrice d'autre part, que le choix d'une variété à vulgariser soit basé sur la stabilité de son rendement (stabilité phénotypique).

La stabilité du rendement des descendance a été évaluée en calculant leur contribution à l'écovalence totale (Wricke, 1962), en se fondant sur la comparaison entre la valeur moyenne observée et la valeur moyenne prévue de chaque descendance dans chaque parcelle, calculée à l'aide de la formule suivante :

$$EY_{jk} = Y_{..} - Y_{j.} - Y_{.k} \text{ où}$$

EY_{jk} est le rendement moyen attendu ou prévu de la descendance j dans la parcelle k ;

$Y_{..}$ est la valeur de rendement moyen observée de toutes les descendance de toutes les parcelles ;

$Y_{j.}$ est la valeur de rendement moyen observée de descendance j dans toutes les parcelles ;

$Y_{.k}$ est la valeur moyenne observée de toutes les descendance de la parcelle k .

Pour chaque descendance, l'écovalence, qui estime la contribution de la descendance à la variabilité totale, a été calculée à l'aide de la formule suivante:

$$W_j = \sum (Y_{jk} - EY_{jk})^2 \text{ où}$$

W_j est l'écovalence de la descendance j ;

Y_{jk} est la valeur de rendement moyen observé de la descendance j dans la parcelle k ;

EY_{jk} est la valeur moyenne attendue du rendement de la descendance j dans la parcelle k .

En raison de la conception déséquilibrée, qui résulte de la présence des descendance de différents nombres dans différentes parcelles, chaque valeur W_j a été ajustée (aW_j), en utilisant la formule suivante :

$$aW_j = W_j / p_j \text{ où}$$

p_j est le nombre des parcelles dans lesquelles la descendance j est évaluée.

L'écovalence totale ajustée (aWT) a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$aWT = \sum aW_j$$

aW_j = écovalence ajustée de la descendance j

La contribution à l'écovalence totale de chaque descendance ($\% W$) a été calculée comme suit :

$$\% W_j = aW_j / aWT \times 100$$

II.2.3.6. Estimation de la productivité des catégories de croisement

Les origines génétiques des parents peuvent influencer les productivités selon que ces derniers sont utilisés dans le croisement comme parents femelles ou mâles. Ainsi, tous les croisements sont regroupés en catégorie, accompagnés de leurs moyennes et groupes de productivités.

II.2.3.7. Détermination du poids d'une fève de cacao marchand

Le grainage est un critère de sélection qui ne peut être négligé. Sur le marché de cacao marchand, elle peut constituer en effet un facteur de qualité. En effet, les acheteurs et les fabricants de chocolat peuvent moins apprécier ou solliciter les petites fèves, d'une masse moyenne inférieure à un gramme.

Ainsi, à partir de chaque échantillon décrit précédemment, un sous-échantillon de 100 fèves a été pondéré, afin d'évaluer le poids moyen d'une fève.

II.2.3.8. Évaluation de la vigueur des cacaoyers

Pour chaque descendance, la vigueur a été évaluée à travers la mesure de la circonférence du tronc de chaque cacaoyer et dans toutes les parcelles, à l'aide d'un mètre ruban. La méthodologie adoptée a été celle de Lotodé (1971), qui consiste à effectuer des mesures à un (1) mètre du sol. Pour les cacaoyers présentant deux troncs, les mesures considérées étaient les moyennes des mesures obtenues sur les deux troncs.

II.2.3.9. Estimation de la fertilité ovulaire

La fertilité ovulaire qui est généralement le taux de transformation des ovules en graines est considérée dans le cas du cacaoyer, comme le taux de transformation de l'ovule fécondé en graine. Ainsi, les charges de chacune des chérelles issues de quatre (4) descendances telles 4 ; 5 ; 6 et 12 ont été étudiées et comparées à celles des cabosses respectives. Pour chaque

descendance, au moins 50 chérelles ont été récoltées sur au moins 20 arbres. Les chérelles inférieures à 5 cm de longueur ont été disséquées après 10 à 20 mn d'immersion dans l'eau bouillante et les plus grosses ont été directement ouvertes. Ces chérelles ont été ouverts au niveau des sillons intermédiaires grâce à une lame de bistouri et les ovules fécondés ont été observés et comptabilisés.

II.2.4. Identification du matériel végétal performant

Six (6) descendance (IMC 67 X SNK 109 ; SNK 109 X IMC 67 ; SNK 109 X T 79/501 ; IMC 67 X SNK 64 ; SCA 12 X SNK 16 et UPA 143 X SNK 64) présélectionnées par comparaison des performances agronomiques dans douze (12) parcelles d'essais, installées dans les villages Kédia et Bakoa, ont été constituées en une seule variété (V 19) et comparées avec les variétés 14 et 19, sur la base de leurs productivités et taux de survie. Les Trois types de variétés ont été comparés dans huit (8) parcelles d'essai installées à Bakoa, Kédia, Edou et Lekie Assy. Le taux de survie a été estimé en nombre de cacaoyers vivant par variété et par parcelle, suivant l'effectif planté. Les cacaoyers crevés à la première année de plantation et remplacés dès la campagne suivante ont été considérés dans l'essai et il a été exclu ceux qui ont crevé à partir de la deuxième année de plantation. La détermination de la productivité a été couplée à la comparaison des variétés. Ainsi, la comparaison a concerné les variétés 14 et 15, 14 et 19, puis les variétés 15 et 19. Les productivités potentielles et réelles ont été estimées. Les valeurs obtenues correspondaient aux productivités par unité d'arbre sur la surface initialement plantée en cacao.

II.2.5. Détermination du système d'association le plus pertinent

En raison de l'existence d'une seule parcelle à association palmier à Kédia, les parcelles installées à Bakoa ont été retenues pour la comparaison des productivités des cacaoyers par type d'association. Ce sont les parcelles 1 ; 2 ; 4 ; 5 à association avec les fruitiers et 3 ; 6 ; 7 associées avec les palmiers à huile.

II.2.6. Évaluation de la sensibilité du matériel végétal testé aux bioagresseurs

II.2.6.1. Caractérisation de l'état sanitaire des hybrides testés

Cette caractérisation vise à identifier les maladies et ravageurs qui ont affecté les cacaoyers dans ces systèmes innovants de plantation, ainsi que les potentiels agents pathogènes responsables de ces maladies. Elle s'est faite par observation visuelle des symptômes sur les cacaoyers installés dans les essais. Les principaux maladies et ravageurs observés ont été

mentionnés, par notation sur une fiche d'enquête descriptive préétablie, suivant leurs emplacements.

L'identification des dégâts des mirides sur les arbres a été effectuée par observation visuelle de taches cumulées, dues aux piqûres des insectes sur les branchettes et rameaux des cacaoyers accessibles à l'observation (zone comprise entre le sol et 2,5 m de hauteurs). Les dégâts dus aux borers de tiges et défoliateurs ont été observés sur les troncs, les branches et les feuilles.

Les parcelles ont été visitées à intervalle de deux mois, durant toute la période d'observation. Les cacaoyers soupçonnés d'être atteints de maladie de die-back ont été identifiés. L'évolution de leurs états physiologiques a été suivie dès l'apparition des symptômes jusqu'à leurs morts.

La présence de la pourriture brune a été observée à travers des taches brunes sur la surface de certaines cabosses attachées aux troncs de cacaoyers. Les surfaces tachetées évoluaient grandissantes à partir des fronts de croissance avec le temps.

II.2.6.2. Isolement et identification microscopique de l'agent pathogène responsable de die-back

II.2.6.2.1. Milieu PDA

Le milieu PDA a été nécessaire pour la culture de souches d'agents pathogènes. En effet, une masse de 200 g de pomme de terre crue, préalablement épluchée a été préparée avec de l'eau distillée et écrasée. Grâce au papier filtre, la pâte a été pressée et la solution obtenue a été versée dans un bécher de 1000 ml. Le contenu a été complété avec de l'eau distillée jusqu'à obtention d'une solution de 1000 ml. 15 g de dextrose et 15 g d'agar y ont été respectivement ajoutés et la solution a été autoclavée à 120 °C pendant 20 mn, puis conservée dans le réfrigérateur.

II.2.6.2.2. Milieu eau gélosée

La préparation de milieu gélosée est effective grâce à 20 g d'agar dissoute dans 1000 ml d'eau distillée bouillante et stérilisée à l'autoclave à 120 °C pendant 20 mn. Ce milieu a été nécessaire pour la purification de souches et la culture des monospores des agents pathogènes.

II.2.6.2.3. Isolement et purification du potentiel agent pathogène responsable de die-back

Des petits fragments de bois de longueurs comprises entre 10 à 15 cm ont été prélevés dans six (6) parcelles différentes, sur les cacaoyers symptomatiques et conservés dans des sacs plastiques propres et transparents. Ces prélèvements ont été prélevés au niveau des fronts de croissance de la maladie (partie affectée à moitié). Ces fragments ont été ensuite ramenés après 48 h au laboratoire de Phytopathologie de l'IRAD où ils ont de nouveau été fragmentés en plusieurs petites pièces de 1,5 à 2 cm de côté. Ils ont été désinfectés premièrement à l'alcool à 70 °C pendant 2 mn et ensuite avec l'hypochlorite de sodium pendant 5 mn. Chaque parcelle était représentée par 3 fragments. Après trois (03) rinçages à l'eau distillée, ces fragments ont été maintenus sur le sopalin, au niveau de la hotte pour assurer le séchage, puis placés dans des boîtes de Pétrie contenant du PDA et incubés à température ambiante. Cinq (05) jours plus tard, les colonies fongiques émergeant des fragments de bois ont été purifiées par repiquages successifs sur milieu gélosé. En effet, les premiers prélèvements ont été effectués sur les fronts de croissance des mycéliums qui s'étaient développés sur le milieu PDA et ont fait l'objet du premier repiquage sur milieu gélosé. Un second repiquage sur milieu gélosé a été effectué suite au prélèvement sur front de croissance des mycéliums émergeant du premier repiquage. Ensuite, un troisième repiquage a été effectué à partir des mycéliums émergeant du deuxième. Ces repiquages ont été effectués à intervalle d'une semaine.

II. 2.6.2.4. Obtention des cultures de monospores d'agent pathogènes isolés

Pour induire la sporulation et obtenir des isolats de spores uniques, chaque type de colonie a été traité différemment.

Un fragment d'isolat issu de culture pure semblable à *Lasiodiplodia theobromae* a été déposé dans des boîtes de Pétrie contenant de l'eau gélosée et des fragments stérilisés de nervures principales issues de feuilles saines de cacaoyers. Ces boîtes ont ensuite été incubées à température ambiante, sous lumière fluorescente pendant 21 jours. Sur de l'eau distillée déposée sur une lame de verre, des fructifications obtenues sur des nervures y ont été transférées et disséminées à l'aide d'un cure-dent, puis observées au microscope. Les spores identifiées ont été transférées dans des boîtes de Pétrie contenant de l'eau gélosée solidifiée pour assurer leur croissance. Après germination des spores, des prélèvements ont été effectués et transférés dans des boîtes de Pétrie contenant du PDA, puis placées à incubation pendant 7 jours, suivant

la recommandation de Shah et *al.* (2010). Ces cultures de spores uniques ont été utilisées pour l'identification morphologique.

Par contre, les colonies du genre *Fusarium* ont été incubées pendant quatre (4) jours, sans introduction des fragments de nervures dans les boîtes de Pétrie.

II. 2.6.2.5. Identification morphologique des isolats

Grâce à un microscope de type Perflex Science, sur lequel a été incorporée une caméra Toup Cam, les caractéristiques morphologiques des conidies ont été observées et les images ont été capturées. Les longueurs et largeurs des conidies ont été mesurées à l'aide d'un micromètre fixé sur le microscope. La couleur, la forme, la présence ou non des septa ont été observées.

II.2.6.3. Évaluation des niveaux de sensibilité des descendances vis-à-vis des mirides

L'ampleur des dégâts cumulés sur les cacaoyers a été évaluée par observation de l'étendue de dommages sur les branchettes et rameaux. Le mode de notation adopté pour quantifier l'ampleur de dégâts ou de dommages cumulatifs dus aux mirides sur un cacaoyer planté a été celui de Sounigo et *al.* (1994), basé sur une échelle de notation variant de 0 à 4 où :

- 0 représente l'absence de piqûres ou zéro dommage sur les branchettes et troncs ;
- 1 représente les points de piqûres accompagnés de taches superficielles observées sur 25 % de la surface de tronc et branchettes ;
- 2 indique les taches superficielles observées sur 50 % de la surface du tronc et des branchettes ;
- 3 traduit les taches superficielles observées 75 % de la surface du tronc et des branchettes ;
- 4 est égale aux taches superficielles observées sur presque tout le tronc et les branchettes.

II.2.6.4. Détermination de la relation entre les teneurs en eau des branchettes et l'attractivité des descendances aux mirides

Les branchettes semis-aoûtées et sur lesquelles les flushes ne sont plus présents ont été prélevées sur des arbres, suivant les descendances. Les longueurs des branchettes ont servi de paramètre pour quantifier l'augmentation de la biomasse. L'eau libre des tissus a été évaluée par pesées avec une balance de sensibilité égale à 0,1 mg, avant et après séchage au soleil des branchettes jusqu'à obtention d'un taux d'humidité de 7 %. Le bilan hydrique a été donné par la formule $T = P_f - P_s / L$ dans laquelle :

Pf = poids frais en mg

Ps = poids sec en mg

L = longueur de la branchette en cm.

II.2.6.5. Identification des géniteurs et combinaisons hybrides intéressants pour la tolérance à *Phytophthora megakarya*.

II.2.6.5.1. Régénération de la souche de *P. megakarya*.

Etant donné qu'une souche perd son pouvoir d'agressivité au fur et à mesure qu'elle vieillit, il a été nécessaire de la régénérer pour qu'elle ait la même possibilité de produire des spores, afin que les conditions de test soient identiques. De ce fait, des cabosses adultes vertes saines ont été lavées à l'eau courante, puis désinfectées à l'alcool à 95 °C. Une blessure d'environ un centimètre de profondeur a été réalisée à l'aide d'un emporte-pièce de 8 mm de diamètre dans le cortex équatorial des fruits. Des explants de gélose portant des filaments mycéliens ont été prélevés des piluliers de conservation et déposés dans les blessures qui par la suite, ont été recouvertes de coton hydrophile imbibé d'eau distillée. Les cabosses ainsi contaminées ont été entreposées dans des bacs plastiques recouverts de couvercles opaques pour créer l'obscurité favorable au développement du champignon. Ces bacs ont été mis à incuber en condition d'humidité saturante à une température comprise entre 24 et 26 °C. Ainsi cette souche a été renouvelée chaque semaine comme décrite précédemment, en prélevant l'explant sur l'une des cabosses infectées la semaine antérieure, au niveau du front de croissance de la maladie. Avant ledit prélèvement, le front de croissance a été désinfecté grâce au coton imbibé d'alcool à 95 °C et l'épicarpe dégagé à l'aide d'un bistouri.

II.2.6.5.2. Préparation et disposition des disques de feuilles

A l'aide d'un emporte-pièce, des disques de 15 mm de diamètre ont été découpés des feuilles prélevées sur des descendances la veille (Fig. 13 A1) et leurs faces supérieures déposées contre le papier buvard, reposant au-dessus d'une éponge de 0,5 cm d'épaisseur disposée au fond de chaque bac (Fig. 13 A2). Chaque ligne de disque représentait un génotype. Chaque bac recevait au préalable 150 ml d'eau distillée pour éviter le dessèchement des disques et rendre le limbe plus réceptif aux inoculations. Les conditions d'humidité saturante ont été créées par une lame vitrée recouvrant chaque bac.

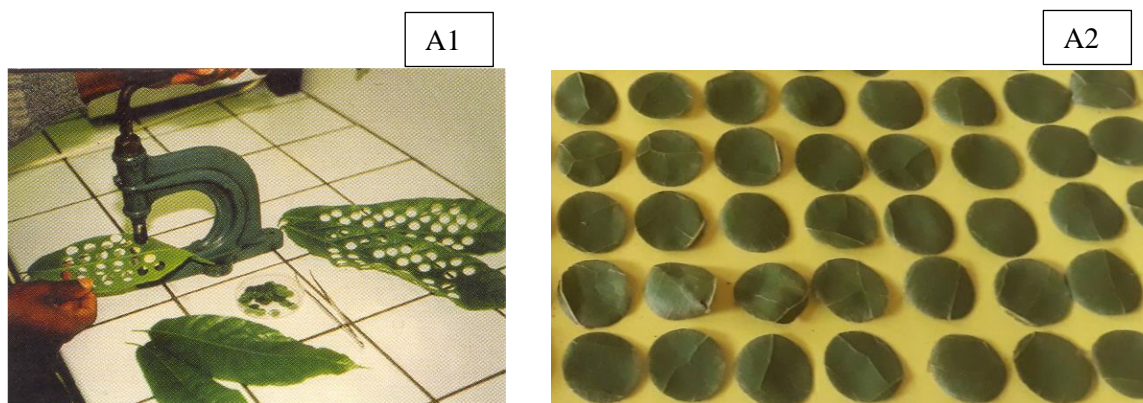


Fig. 13. Préparation des bacs : A1 - Découpage des disques foliaires ; A2 – Disposition dans les bacs.

II.2.6.5.3. Production de l'inoculum, inoculation et incubation des disques foliaires

Après un séjour d'une semaine dans l'enceinte d'incubation, on a observé la pourriture des cabosses, caractérisée par une tache brune qui a évolué autour du point initialement infecté et sur laquelle ont apparu des spores de couleur blanchâtre. Sur ces cabosses infectées, les spores ont été prélevées au niveau des fronts de croissance du champignon par le biais d'un pinceau (Fig. 14 A1) et déposées dans des béchers de 10 ml contenant de l'eau distillée. La libération de zoospores a été favorisée par un choc thermique, en soumettant le mélange à une température de 4 °C pendant 5 mn dans un réfrigérateur, puis à température ambiante dans une enceinte noire pendant 30 mn. La suspension a été calibrée grâce au microscope à une concentration de $3 \text{ à } 4 \times 10^5$ zoospores / ml à partir de 1ul de zoospores déposé sur une cellule de Malassez.

Après le dépôt des disques foliaires dans les bacs et calibrage de la suspension à $3-4 \times 10^5$ zoospores / ml, les surfaces inférieures des disques ont reçu chacune, au niveau de son centre, 10 ul de cette solution en utilisant une micropipette Eppendorf PZ (Fig. 14 A2). Après l'inoculation, les bacs ont été recouverts et incubés à une température ambiante dans une chambre noire pendant 5 jours.

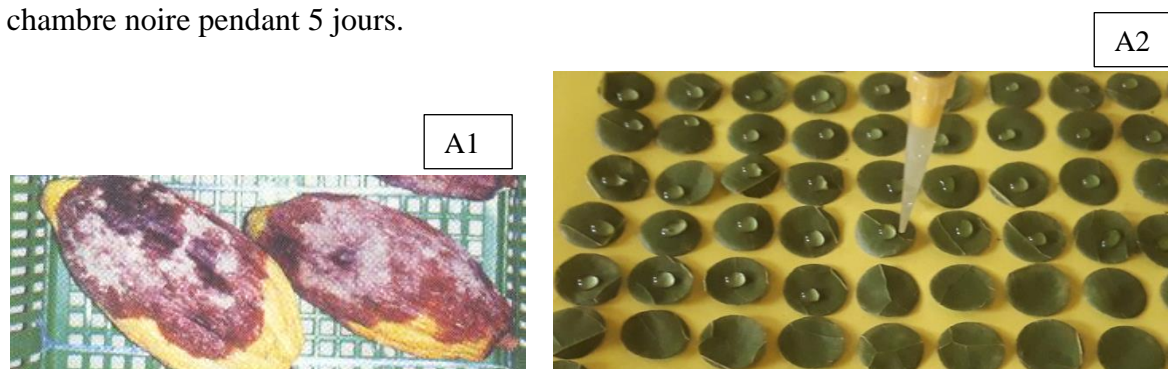


Fig. 14. Inoculation des disques : A1 – Renouvellement de la souche sur cabosse ; A2 – Dépôt de solution calibrée sur les disques foliaires.

II.2.6.5.4. Évaluation de l'évolution des nécroses sur les disques foliaires

L'observation des symptômes a été réalisée 5 jours après l'inoculation. La présence des symptômes révélait l'infection réussie par l'agent pathogène, son aptitude à pénétrer dans les tissus de l'hôte et à s'y développer (Nyassé, 1997). Le mode d'évaluation du degré d'évolution des nécroses était basé sur une échelle de sensibilité mise au point par Nyassé (1993) et Nyassé et *al.* (1995).

- Absence de symptômes : 0
- Points de pénétration (petits points souvent isolés) : 1
- Points en réseau (nombreux points qui tendent à se toucher) : 2
- Tache en réseau (elle résulte de la confluence des points précédents) : 3
- Tache marbrée (elle présente un contour irrégulier et sa couleur est caractéristique de la pourriture) : 4
- Tache vraie (son contour est plus net avec une coloration brune plus foncée) : 5

II.2.7. Analyses statistiques

Le tableur Excel a été utilisé pour le traitement des données obtenues et la réalisation des graphiques des différentes variables.

Les données obtenues dans différentes parcelles ont été traitées avec les logiciels SAS (Statistical Analysis System) et ont été soumises à une analyse de variance à deux facteurs, sur les valeurs de rendement, de vigueur, et de sensibilité des arbres individuels. Ceci, en utilisant le modèle suivant :

$$y_{ijk} = \mu + g_i + p_j + s_{ij} + e_{ijk} \text{ où}$$

y_{ijk} est le rendement de l'arbre k du descendant i dans la parcelle j ,

μ est la moyenne générale,

g_i est l'effet de la descendance i ,

p_j est l'effet de la parcelle j ,

s_{ij} est l'interaction entre g_i et p_j ,

e_{ijk} est l'effet résiduel.

Le classement des descendances suivant les variables étudiées a été possible grâce au test de comparaison multiple des moyennes de Newman-Keuls au seuil de 5 %. La représentation des emplacements des arbres atteints de die-back a été faite grâce à une analyse statistique descriptive du logiciel XLSTAT version 5.03.

Au niveau de l'arbre, le développement végétatif influe sur la production. Pour tenir compte de cet effet, une analyse de variance a été réalisée avec les variables production / Vigueur, sur les moyennes des hybrides.

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats

III.1.1. Performances agronomiques des hybrides issus des fécondations contrôlées

III.1.1.1. Adaptation des descendance d'hybrides à la zone de production

Des variations importantes ont été observées au niveau des mortalités au sein des hybrides et dans les parcelles. Dans les parcelles 1, 6, 11, la totalité des effectifs de chacun des croisements UPA 143 x SNK 64, IMC 67 x SNK 109 et T 79/501 x SNK 13 a végété. Cependant, la croissance des effectifs des descendance de cacaoyers plantées dans les différentes parcelles d'essais a été accompagnée des pertes donc les pourcentages variaient d'une descendance à l'autre et d'une parcelle à l'autre (Tableau VI).

Le plus faible taux a été enregistré par la descendance IMC 67 X SNK 109 tandis que les taux les plus élevés ont été observés chez les descendance T 79/501 X SNK 64 et T 79/501 X SNK 109 avec pour valeurs respectives 33,65 et 34, 27 %. Pour les croisements réciproques, on a noté un taux de mortalité différent : SNK 109 X IMC 67 et IMC 67 X SNK 109 ont présenté des taux de 28,44 et 14,25 % respectivement, puis SNK 109 X T 79/501 et T 79/501 X SNK 109 ont présenté des taux de 23,93 et 34,27 % respectivement. Les parcelles 5 et 10 ont enregistré les plus forts taux de mortalité, de valeurs respectives 44,44 et 36,57 %. Le taux le plus faible de valeur 4,9 % a été affiché par la parcelle 11. Au regard de l'effectif total des cacaoyers plantés, 2395 plants ont survécu et 754 plants ont crevé. Soit un taux de 24 % de mortalité.

Tableau VI : Effectif de cacaoyers survivants et morts, puis pourcentages des mortalités par descendance et parcelle

| Variété | N° Parcelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Total | Pourcentage de mort |
|----------------------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|-------|---------------------|
| | Espèce associée | B Palmiers à huile | B Fruitières | B Palmiers à huile | B Fruitières | B Palmiers à huile | B Fruitières | B Fruitières | K Fruitières | K Palmiers à huile | K Fruitières | K Fruitières | K Fruitières | | |
| 1 IMC 67 x SNK 109 | Survivant | | | 57 | | 28 | 64 | 20 | 34 | 46 | 30 | 43 | 21 | 343 | |
| | mort | | | 6 | | 11 | 2 | 6 | 1 | 2 | 33 | 0 | 16 | 77 | 14,25 |
| 2 IMC 67 x SNK 64 | Survivant | 44 | 23 | 50 | 46 | 51 | 40 | 32 | 31 | 62 | 36 | 42 | 33 | 490 | |
| | mort | 10 | 14 | 13 | 12 | 33 | 2 | 6 | 4 | 7 | 8 | 2 | 5 | 121 | 19,80 |
| 4 SCA 12 x SNK 16 | Survivant | 52 | | | 30 | | | 24 | 26 | 51 | | 37 | | 220 | |
| | mort | 2 | | | 28 | | | 4 | 10 | 18 | | 6 | | 68 | 23,61 |
| 5 SNK 109 x IMC 67 | Survivant | | 28 | 41 | | | | 24 | | | | 41 | 27 | 161 | |
| | mort | | 12 | 22 | | | | 19 | | | | 2 | 9 | 64 | 28,44 |
| 6 SNK 109 x T 79/501 | Survivant | | 36 | | 9 | | 41 | | 35 | | 31 | | 26 | 178 | |
| | mort | | 13 | | 20 | | 1 | | 1 | | 12 | | 9 | 56 | 23,93 |
| 8 T 79/501 x SNK 109 | Survivant | 46 | 33 | 30 | 49 | 25 | 31 | 21 | | | | 43 | | 278 | |
| | mort | 8 | 17 | 33 | 9 | 59 | 11 | 8 | | | | 0 | | 145 | 34,27 |
| 9 T 79/501 x SNK 13 | Survivant | | 25 | 39 | 49 | | 34 | 34 | | | | 22 | | 203 | |
| | mort | | 11 | 24 | 9 | | 8 | 9 | | | | 2 | | 63 | 23,68 |
| 10 T 79/501 x SNK 64 | Survivant | | | | | | | | 28 | 43 | 18 | 40 | 9 | 138 | |
| | mort | | | | | | | | 9 | 26 | 25 | 3 | 7 | 70 | 33,65 |
| 12 UPA 143 x SNK 64 | Survivant | 54 | 30 | | 43 | 51 | 42 | 20 | 32 | 28 | 22 | 42 | 20 | 384 | |
| | mort | 0 | 4 | | 16 | 21 | 0 | 9 | 3 | 2 | 21 | 1 | 15 | 92 | 19,32 |
| Total de survivant | | 196 | 175 | 216 | 226 | 155 | 252 | 175 | 186 | 230 | 137 | 310 | 136 | 2395 | |
| Total de mort | | 20 | 72 | 98 | 94 | 124 | 25 | 66 | 28 | 55 | 79 | 16 | 61 | 754 | 24 |
| Pourcentage de mort | | 9,25 | 29,26 | 31,11 | 29,37 | 44,44 | 9,05 | 27,38 | 13,08 | 19,29 | 36,57 | 4,9 | 31 | 24 | |

III.1.1.2. Production moyenne annuelle des descendance hybrides (Y)

III.1.1.2.1. Moyenne annuelle de cabosses produites par descendance d'hybrides et par an (Ni)

D'un hybride à l'autre, une variation des moyennes de productions en nombre de cabosses a été observée. Ces moyennes varient de 16,81 à 26,7 et de 12,18 à 20,96 pour les niveaux de rendements annuels potentiel et réel respectivement. Les productions moyennes les plus faibles telles 16 cabosses ; 12 à 14 cabosses correspondent respectivement à la production potentielle et réelle enregistrée chez les descendance T 79/501 X SNK 64 ; UPA 143 X SNK 64. Les combinaisons SNK 109 X IMC 67 et IMC 67 X SNK 109 ont fourni des productions moyennes plus élevées de 27 ; 21 et 20 cabosses respectivement.

L'analyse de variance à deux facteurs pour le rendement potentiel et réel a montré des effets hautement significatifs pour les facteurs parcelles et descendance (P < 0,0001) et une interaction hautement significative (P < 0,0001) entre les deux facteurs, mais faible que l'effet parcelle. Ce résultat a conduit à un classement des hybrides par le test de Newman-keuls au seuil de 5 %. Ce classement a montré que les productions potentielle et réelle de la descendance SNK 109 x IMC 67 ont été supérieures aux productions des huit (8) autres descendance. Elles ont été respectivement de 26,7 et 20,96 cabosses par arbre. L'observation montre qu'il existe un groupe de descendance donc le niveau de production potentielle, bien que significativement moins faible que celui du croisement SNK 109 X IMC 67 est resté significativement plus élevé que ceux des croisements IMC 67 X SNK 64, UPA 143 X SNK 64, et T 79/501 X SNK 64 avec des niveaux de productions potentielles respectifs de 19,78 ; 17,85 ; 16,81 cabosses/arbre. Le classement des variétés pour leurs niveaux de production réelle montre un groupe constitué des descendance SNK 109 X IMC 67 ; IMC 67 X SNK 109 ; SNK 109 X T 79/501 ; T 79/501 X SNK 13 avec un niveau de productions respectives de 20,96 ; 20,41 ; 18,73 ; et 18,41 cabosses /arbre, significativement plus élevé que celui de toutes les autres descendance. Dans ce classement, la descendance T 79/501 X SNK 64 est la moins productive, avec un niveau de 12,18 cabosses/arbre (Tableau VII).

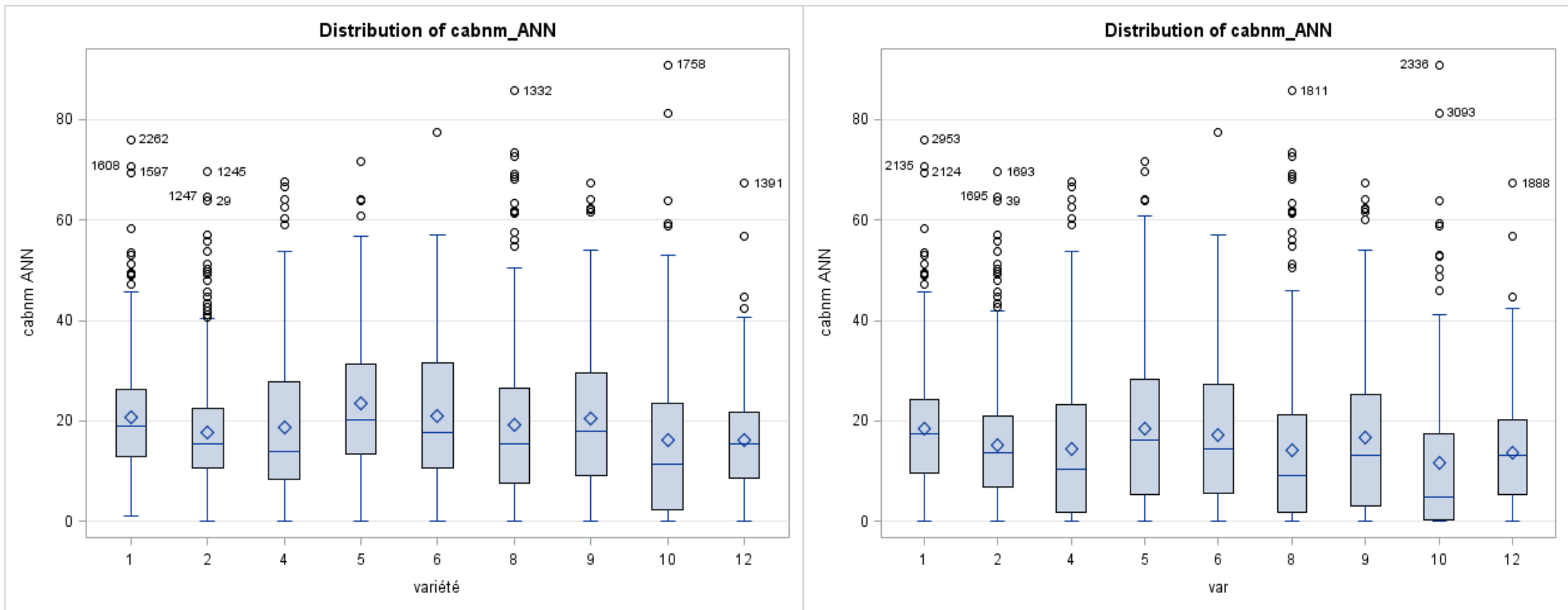
Tableau VII : Classement des descendance selon leurs niveaux de production moyenne annuelle potentielle et réelle en nombre de cabosses / arbre.

| N° variété | Parent femelle | Parent mâle | Cabosses non mûres potentielles | | Cabosses non mûres réelles | |
|------------|----------------|-------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | | | Nombre de cacaoyers vivants | Moyenne de cabosses/arbre | Nombre de cacaoyers plantés | Moyenne de cabosses/arbre |
| 5 | SNK 109 | IMC 67 | 161 | 26,7 a | 225 | 20,96 a |
| 6 | SNK 109 | T 79/501 | 178 | 22,63 b | 234 | 18,73 ab |
| 1 | IMC 67 | SNK 109 | 343 | 23,11 b | 400 | 20,41 a |
| 9 | T 79/501 | SNK 13 | 203 | 22,74 b | 266 | 18,41 ab |
| 8 | T 79/501 | SNK 109 | 278 | 21,11 bc | 423 | 15,9 c |
| 4 | SCA 12 | SNK 16 | 220 | 20,72 bcd | 288 | 16,19 c |
| 2 | IMC 67 | SNK 64 | 490 | 19,78 cd | 611 | 16,47 b |
| 12 | UPA 143 | SNK 64 | 384 | 17,85 d | 476 | 14,6 cd |
| 10 | T 79/501 | SNK 64 | 138 | 16,81 d | 208 | 12,18 d |

N.K: Newman–Keuls au seuil de 5 %

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents.

Au sein d'une même descendance hybride, certains arbres ont présenté un comportement atypique vis à vis de la production des cabosses. En effet, à l'intérieur des hybrides IMC 67 X SNK 109 ; IMC 67 X SNK 64, T 79/501 X SNK 109 ; T 79/501 X SNK 64 et UPA 143 X SNK 64 par exemple, certains arbres se sont nettement distingués par leurs productions abondantes. Ils ont enregistré des productions potentielles de 1597 à 2262 ; 1245 ; 1332 ; 1758 ; 1391 cabosses et réelles de 2124 à 2953 ; 1693 ; 1811 ; 2336 à 3093, 1888 cabosses respectivement (Fig. 15).



A = Distribution de cabosses non mûres annuelle potentielle par descendance
 descendance

B = Distribution de cabosses non mûres annuelle réelle par

Fig. 15. Distribution moyenne des cabosses non mûres par descendance

III.1.1.2.2. Moyenne annuelle de masse de cacao marchand par cabosse (Cj) et par descendance en (g) par cabosse

Il a été observé une variabilité entre les masses moyennes des fèves de cacao marchand suivant les descendance (Tableau VIII). Les descendance issues de IMC 67 x SNK 109 et IMC 67 x SNK 64 ont présenté des fèves qui ont mesuré respectivement 57,8 et 51,3 g de CM / cabosses. SNK 109 × T 79 / 501 ; UPA 143 × SNK 64 ; SNK 109 × IMC 67 ; T 79 / 501 × SNK 109 ; SCA 12 × SNK 16 ont produit des masses comprises entre 40 et 46 g de CM / cabosse. Les faibles masses ont été enregistrées chez les variétés T 79 / 501 x SNK 64 ; T 79/501 × SNK 13 qui ont produit en moyenne 38 et 35,3 g de cacao marchand par cabosse respectivement.

Tableau VIII : Production moyenne annuelle de fèves de cacao marchand (CM) par cabosse de chaque descendance (g / cabosse).

| N° variété | Parent femelle | Parent mâle | Nombre de cabosse dont les fèves ont été prélevées | Masse totale de fèves obtenue (g) | Masse moyenne de cacao par cabosse (Cj en g) |
|------------|----------------|-------------|--|-----------------------------------|--|
| 1 | IMC 67 | SNK 109 | 53 | 3064 | 57,8 |
| 2 | IMC 67 | SNK 64 | 121 | 6208 | 51,3 |
| 4 | SCA 12 | SNK 16 | 137 | 5508 | 40,2 |
| 5 | SNK 109 | IMC 67 | 43 | 1832 | 42,6 |
| 6 | SNK 109 | T 79/501 | 55 | 2525 | 45,9 |
| 8 | T 79/501 | SNK 109 | 59 | 2478 | 42 |
| 9 | T 79/501 | SNK 13 | 174 | 6143 | 35,3 |
| 10 | T 79/501 | SNK 64 | 41 | 1558 | 38 |
| 12 | UPA 143 | SNK 64 | 171 | 7576 | 44,3 |

III.1.1.2.3. Production moyenne annuelle de masse de cacao marchand par arbre i de chaque descendance hybride en (g) par arbre

Des variations de productions moyennes en fèves de cacao marchand par arbre ont été observées entre les descendance (Tableau IX), et ont conduit à l'analyse de variance pour leurs comparaisons. Ces masses évoluent de 639 à 1336 g, puis de 403 à 1180 g pour les niveaux de productivités annuelles potentielles et réelles respectivement. La descendance T 79/501 X SNK 64 a présenté des niveaux de productions moyennes les plus faibles avec des masses de 634 g et 463 g correspondant respectivement à la production potentielle et réelle. Les niveaux les plus élevés ont été présentés par la descendance IMC 67 X SNK 109.

Les résultats de l'analyse de variance à deux facteurs pour la productivité potentielle et réelle ont montré des effets hautement significatifs pour les facteurs ' parcelle et variété ' ($P <$

0,0001). Les interactions entre ces facteurs ont été hautement significatives ($P < 0,0001$). Cependant, les valeurs associées aux interactions entre ces facteurs ont été beaucoup plus faibles que celles associées à la descendance et à la parcelle. D'où la comparaison des croisements par le test de Newman-keuls au seuil de 5 % qui a montré que la descendance IMC 67 X SNK 109 a été significativement plus productive que les autres. Elle a fourni un niveau de productivité annuelle potentielle et réelle de 1336 et 1180 g de cacao marchand par arbre, respectivement. Par ailleurs, certaines descendances se sont montrées significativement plus productives que T 79/501 X SNK 109 avec un niveau de production annuelle potentielle, variant de 1015 à 1140 g de cacao marchand par arbre et réelle variant de 845 à 893 g de cacao marchand par arbre. Il s'agit de IMC 67 X SNK 64, SNK 109 X T79 / 501 ; SNK 109 X IMC 67. Un groupe de descendances a été significativement plus productif que T 79/501 X SNK 64, montrant un niveau de production annuelle potentielle variant entre 791 et 887 g de cacao marchand par arbre et réelle variant entre 647 et 668 g de cacao marchand par arbre. Ce groupe est constitué des hybrides UPA X SNK 64, T 79/501 X SNK 13, SCA 12 X SNK 16 et T 79/501 X SNK 109.

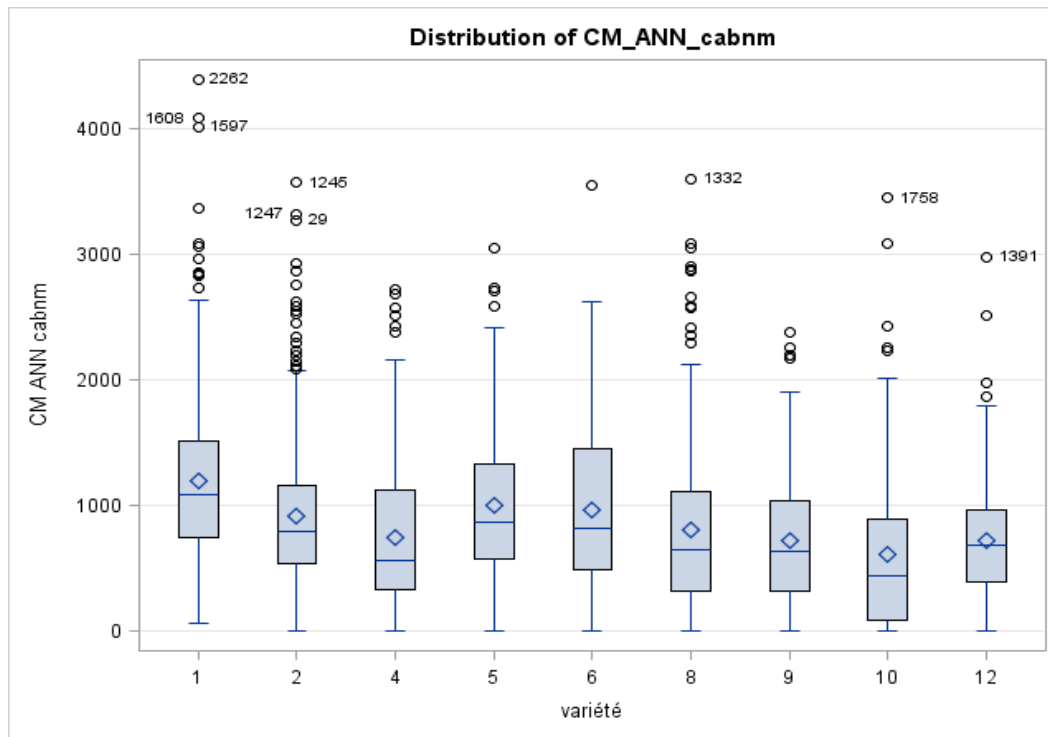
Tableau IX: Classement des descendances selon leurs niveaux de production moyenne potentielle et réelle en cacao marchand (CM).

| N° variété | Parent femelle | Parent mâle | Nombre de cacaoyers vivants | production potentielle (g CM / arbre) | Nombre de cacaoyers plantés | production réelle (g CM / arbre) |
|------------|----------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | IMC 67 | SNK 109 | 343 | 1336 a | 400 | 1180 a |
| 5 | SNK 109 | IMC 67 | 161 | 1140 ab | 225 | 893 b |
| 6 | SNK 109 | T 79/501 | 178 | 1039 b | 234 | 860 b |
| 2 | IMC 67 | SNK 64 | 490 | 1015 b | 611 | 845 b |
| 8 | T 79/501 | SNK 109 | 278 | 887 c | 423 | 668 c |
| 4 | SCA 12 | SNK 16 | 220 | 833 c | 288 | 651 c |
| 9 | T 79/501 | SNK 13 | 203 | 803 c | 266 | 650 c |
| 12 | UPA 143 | SNK 64 | 384 | 791 c | 476 | 647 c |
| 10 | T 79/501 | SNK 64 | 138 | 639 c | 208 | 463 c |

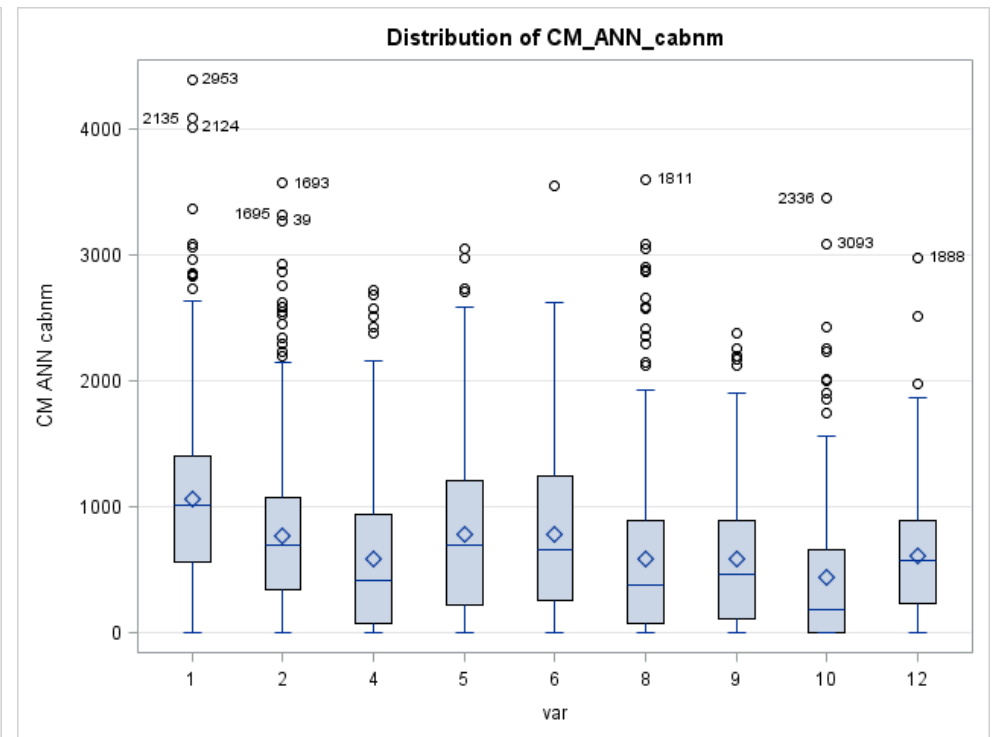
N.K: Newman-Keuls au seuil de 5 %

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents.

La représentation visuelle des productions des arbres au sein des descendances a affiché des arbres atypiques, qui ont fourni des grandes masses de cacao marchand contrairement à leurs semblables. Des productions potentielles de 1507 à 2262 ; 1245 ; 1332, 1758 ; 1391 g de fèves et réelles de 2963 ; 1693 ; 1811 ; 3093 ; 1888 g de fèves ont été observées sur certains arbres. Ces arbres appartenaient aux hybrides IMC 67 X SNK 109, IMC 67 X SNK 64, T 79/501 X SNK 109, T 79/501 X SNK 64 et UPA 143 X SNK 64 respectivement (Fig. 16).



A = Distribution de production de cacao marchand annuelle potentielle par descendance



B = Distribution de production de cacao marchand annuelle réelle par descendance

Fig. 16 : Distribution moyenne de production de cacao marchand annuelle par descendance

III.1.1.3. Stabilité des productions des descendance ou stabilité phénotypique

III.1.1.3.1. Stabilité des productions potentielles

Pour toutes les descendance, on a observé un niveau élevé de variabilité entre les parcelles pour les productions potentielles (Tableau X). Dans la parcelle 8, la valeur de l'hybride IMC 67 X SNK 109 observée (540 g de cacao marchand par arbre) a été très inférieure à celle attendue (949 g de cacao marchand par arbre) contrairement aux valeurs de la parcelle 9 où la valeur observée a été nettement supérieure à celle attendue. Ces différences élevées ont conduit à une contribution élevée de cet hybride à l'écovalence totale de 14,7 %.

Dans les parcelles 2 ; 3 ; 11 ; et 12, la descendance émise à partir de SNK 109 × IMC 67 a montré une valeur de production potentielle moyenne observée respective de 824 ; 995 ; 1077 et 959 g de cacao marchand par arbre, faible que celle prévue. Cette valeur a été beaucoup plus faible (1541 g de cacao marchand par arbre) dans la parcelle 12, ce qui a donné une contribution plutôt élevée à l'écovalence totale de 13,9 %.

Les valeurs de productions observées (1127 et 862 g CM) chez le croisement SNK 109 X T 79 / 501 ont été considérablement supérieures à celles attendues (801 et 753 g de cacao marchand par arbre) dans les parcelles 2 et 8 alors qu'elles ont été semblables pour les parcelles 4 ; 6 ; 10 et 12. Ces valeurs ont donné une contribution plutôt faible (5,2 %).

Pour la descendance issue de IMC 67 × SNK 64, les valeurs de rendement moyen observées (1138 ; 1889 et 985 g de cacao marchand par arbre) ont été beaucoup plus élevées que celles prévues dans les parcelles 4 ; 7 et 10, alors que l'inverse a été observé dans les parcelles 2 et 5 avec des productions observées respectives de 555 et 575 g de cacao marchand par arbre contre les valeurs attendues de 777 et 854 g de cacao marchand par arbre respectivement. La contribution à l'écovalence totale a été moyenne (9,6 %).

Le croisement T 79/501 × SNK 109 a donné une descendance qui a montré une valeur moyenne de production potentielle beaucoup plus élevée (1346 g de cacao marchand par arbre) que celle prévue (936 g de cacao marchand par arbre) dans la parcelle 3, tandis que la situation inverse a été présentée par la parcelle 6 où la production potentielle observée a été plus inférieure (491 g de cacao marchand par arbre) que celle prévue (836 g de cacao marchand par arbre). La contribution à l'écovalence a été de 10,4 %.

La descendance issue de SCA 12 × SNK 16 a présenté une valeur de rendement moyenne observée (1841 g de cacao marchand par arbre) beaucoup plus élevée que la valeur

prévue (1572 g de cacao marchand par arbre) dans la parcelle 7, La contribution à l'écovalence a été plus faible (3,2 %).

Le niveau de production potentielle présenté par la descendance T 79/501 X SNK 13 a été beaucoup plus faible (501 ; 578 et 1331 g de cacao marchand par arbre) dans les parcelles 3, 6 et 7 respectivement que celle prévue (851 ; 752 et 1542 g de cacao marchand par arbre). Cette situation a été inverse dans les parcelles 8 et 11 où on a observé 865 et 1088 g de cacao marchand par arbre respectivement contre 674 et 870 g de cacao marchand par arbre attendue. Les parcelles 2, 3 et 6 ont donné des valeurs moyennes inférieures à la moyenne (803 g de cacao marchand par arbre) des parcelles.

Chez la descendance issue de l'UPA 143 × SNK 64, les productions potentielles moyennes observées (909 ; 559 et 1019 g de cacao marchand par arbre) correspondent respectivement aux valeurs des parcelles 5 ; 8 et 11. Elles sont beaucoup plus élevées que celles prévues (553 ; 631 ; 405 et 859 g de cacao marchand par arbre) respectivement. Par contre, ces production observées (727 ; 1353 et 469 g de cacao marchand par arbre) sont beaucoup moins élevées dans les parcelles 1 ; 7 et 9 respectivement. Sept des onze parcelles sur lesquelles la descendance a été évaluée ont donné des moyennes inférieures à la moyenne (791 g de cacao marchand par arbre) des parcelles. La contribution à l'écovalence totale a été moyenne (11,7 %).

La descendance du croisement T 79/501 × SNK 64 a donné des valeurs potentielles observées (410 ; 845 et 1758 g de cacao marchand par arbre) beaucoup plus supérieures que celles prévues (252 ; 725 ; et 1041 g de cacao marchand par arbre) dans les parcelles 8 ; 9 et 12 respectivement. Les parcelles 10 et 11 ont présenté la situation inverse avec des productions respectives observées (184 et 532 g de cacao marchand par arbre) beaucoup plus inférieures à celles attendues (501 ; 706 g de cacao marchand par arbre). La contribution à l'écovalence a été très élevée (22 %). Les parcelles 8 ; 10 et 11 ont présenté des valeurs moyennes inférieures à la moyenne (639) des parcelles.

Tableau X : Valeurs de productions potentielles observées et prévues des descendance dans chaque parcelle (g / arbre).

| Descendance | Rendement potentiel | Parcelle | | | | | | | | | | | Moyenne | |
|--------------------|---------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | 12 |
| IMC 67 × SNK 109 | Observé | | | 1225 | | 1039 | 1439 | 1889 | 540 | 1836 | 1098 | 1356 | 1685 | 1336 |
| | prévu | | | 1385 | | 1175 | 1285 | 2075 | 949 | 1421 | 1197 | 1403 | 1738 | |
| | différence | | | -160 | | -136 | 154 | -186 | -409 | 415 | -99 | -47 | -53 | |
| IMC 67 × SNK 64 | Observé | 1041 | 555 | 986 | 1138 | 575 | 886 | 1889 | 568 | 1061 | 985 | 1179 | 1325 | 1015 |
| | prévu | 834 | 777 | 1064 | 884 | 854 | 964 | 1755 | 629 | 1101 | 876 | 1082 | 1417 | |
| | différence | 207 | -222 | -78 | 251 | -279 | -78 | 134 | -61 | -40 | 109 | 97 | -92 | |
| SCA 12 × SNK 16 | Observé | 570 | | | 647 | | | 1841 | 458 | 817 | | 983 | | 833 |
| | prévu | | | | 705 | | | 1572 | 446 | 918 | | 899 | | |
| | différence | -82 | | | -58 | | | 269 | 12 | -101 | | 84 | | |
| SNK 109 × IMC 67 | Observé | | 824 | 995 | | | | 2066 | | | | 1077 | 959 | 1140 |
| | prévu | | 901 | 1188 | | | | 1880 | | | | 1207 | 1541 | |
| | différence | | -77 | -193 | | | | 186 | | | | -130 | -582 | |
| SNK 109 × T 79/501 | Observé | | 1127 | | 938 | | 959 | | 862 | | 854 | | 1538 | 1039 |
| | prévu | | 801 | | 911 | | 987 | | 753 | | 900 | | 1440 | |
| | différence | | 326 | | 27 | | -28 | | 209 | | -46 | | 98 | |
| T 79/501 × SNK 109 | Observé | 843 | 539 | 1346 | 767 | 789 | 491 | 1613 | | | | 1007 | | 887 |
| | prévu | 706 | 649 | 936 | 759 | 726 | 836 | 1627 | | | | 954 | | |
| | différence | 137 | -110 | 410 | 8 | 63 | -345 | -14 | | | | 53 | | |
| T 79/501 × SNK 13 | Observé | | 488 | 501 | 865 | | 578 | 1331 | | | | 1088 | | 803 |
| | prévu | | 564 | 851 | 674 | | 752 | 1542 | | | | 870 | | |
| | différence | | -76 | -350 | 191 | | -174 | -211 | | | | 218 | | |
| T 79/501 × SNK 64 | Observé | | | | | | | | 410 | 845 | 184 | 532 | 1758 | 639 |
| | prévu | | | | | | | | 252 | 725 | 501 | 706 | 1041 | |
| | différence | | | | | | | | 158 | 120 | -317 | -174 | 717 | |
| UPA 143 × SNK 64 | Observé | 727 | 687 | | 669 | 909 | 674 | 1353 | 559 | 469 | 675 | 1019 | 1246 | 791 |
| | prévu | 810 | 553 | | 664 | 631 | 740 | 1531 | 405 | 877 | 652 | 859 | 1193 | |
| | différence | -117 | 134 | | 5 | 278 | -66 | -178 | 154 | -408 | 23 | 160 | 53 | |
| Moyenne | | 783 | 726 | 1013 | 836 | 803 | 913 | 1704 | 577 | 1050 | 825 | 1031 | 1366 | 964 |

III.1.1.3.2. Stabilité des productions réelles

Toutes les descendance ont présenté des variabilités élevées entre les productions observées et attendues (Tableau XI). Les valeurs observées de 528 ; 1807 et 989 g de cacao marchand par arbre ont été présentées par les parcelles 8 ; 9 et 12 respectivement et correspondent à celles de la descendance issue de IMC 67 × SNK 109. Ces valeurs sont très différentes de celles attendues (911 ; 1280 et 1391 g de cacao marchand par arbre respectivement) et ces différences élevées se sont traduites par une contribution élevée à l'écovalence totale de 26,2 %.

Le niveau de production réelle observé chez SNK 109 × IMC 67 était plus élevé (1207 et 1072 g de cacao marchand par arbre) ou semblable (758 et 771 g de cacao marchand par arbre) à la moyenne de la valeur (893 g de cacao marchand par arbre) de la parcelle dans toutes les

parcelles évaluées, sauf dans la parcelle 2 qui présentait une moyenne inférieure (689 g de cacao marchand par arbre). La contribution a été faible (5,9 %).

La descendance issue de SNK 109 × T 79/501 a fourni une valeur moyenne de production réelle observée beaucoup plus élevée (973 et 869 g de cacao marchand par arbre) que celle prévue (664 et 577 g de cacao marchand par arbre) dans les parcelles 2 et 8. Dans la parcelle 4, la production réelle observée (353 g de cacao marchand par arbre) a été très faible que celle attendue (685 g de cacao marchand par arbre). La contribution de cette descendance à l'écovalence totale a été élevée (11,5 %). Cette descendance n'a montré une valeur de production réelle observée inférieure à la valeur moyenne (860 de cacao marchand par arbre) de la parcelle que dans le cas de la parcelle 4.

La valeur moyenne attendue (679 et 644 g de cacao marchand par arbre) de production réelle de IMC 67 × SNK 64 a été supérieure à la valeur moyenne de production réelle observée (402 et 438 g de cacao marchand par arbre) dans les parcelles 2 et 5. La contribution à l'écovalence totale a été moyenne (10,2 %).

Dans les parcelles 2 ; 5 et 6, la descendance de T 79/501 × SNK 109 a montré un niveau de production réelle beaucoup plus faible (406 ; 403 et 404 g de cacao marchand par arbre) que la valeur moyenne (668 g de cacao marchand par arbre) de la parcelle. La contribution à l'écovalence a été faible (7,6 %).

Les productions réelles observées de la descendance issues de SCA 12 × SNK 16 ont été moins importantes dans les parcelles 4 (365 g de cacao marchand par arbre) et 9 (623 g CM) que celles prévues (486 et 747 g de cacao marchand par arbre) respectivement. La contribution à l'écovalence a été plus élevée (8,6 %) que celle de la production potentielle. Évaluée dans six parcelles, cette descendance a montré une valeur de production moyenne inférieure à la valeur moyenne (651 g de cacao marchand par arbre) de la parcelle dans les parcelles 2, 3 et 6.

La descendance issue du croisement T 79/501 X SNK 13 a montré une valeur de production réelle beaucoup plus élevée (770 g de cacao marchand par arbre) que celle prévue (490 g de cacao marchand par arbre) dans la parcelle 4, alors que dans les parcelles 3 et 6, les productions observées (327 et 493 g de cacao marchand par arbre) ont été moins que celles prévues (626 et 725 g de cacao marchand par arbre) respectivement. La contribution à l'écovalence totale a été moyenne (9,2 %). Le niveau de production réelle présenté a été beaucoup plus faible que la valeur moyenne (650 g de cacao marchand par arbre) dans trois parcelles (2, 3 et 6).

Chez la descendance issue de l'UPA 143 × SNK 64, la parcelle 5, 8 et 11 ont présenté des valeurs de production réelle moyenne observée (519 ; 512 et 1028 g de cacao marchand par arbre) respectivement beaucoup plus élevée que celle prévue (452 ; 399 et 887 g de cacao marchand par arbre) respectivement. Les parcelles 7 ; 9 et 12 ont présenté des valeurs inverses avec les moyenne observées (951 ; 471 et 747 g de cacao marchand par arbre) beaucoup plus faibles que celles prévues (1157 ; 767 et 879 g CM) respectivement. La contribution à l'écovalence totale a été moyenne (10,9 %). Quatre des onze parcelles où elle a été évaluée ont donné des valeurs moyennes inférieures à la moyenne (647) des parcelles.

L'hybride émis à partir de T 79/501 × SNK 64 a affiché une valeur de production réelle moyenne observée (337 et 1124 g de cacao marchand par arbre) beaucoup plus élevée que celle attendue (194 et 674 g de cacao marchand par arbre) dans les parcelles 8 et 12. La situation inverse a été observée dans les parcelles 10 et 11 où les productions prévues (254 et 682 g de cacao marchand par arbre) ont été plus élevées que celles observées (158 et 495 g de cacao marchand par arbre) respectivement. La contribution à l'écovalence a été moyenne (10 %). Les parcelles 8 et 10 ont présenté une production moyenne beaucoup plus faible que la valeur moyenne (463) des parcelles.

Tableau XI : Valeurs de productions réelles observées et prévues des descendants dans chaque parcelle.

| Descendance | Rendement réel | Parcelle | | | | | | | | | | | | Moyenne |
|--------------------|----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| IMC 67 × SNK 109 | Observé | | | 1136 | | 906 | 1418 | 1462 | 528 | 1807 | 779 | 1356 | 989 | 1180 |
| | prévu | | | 1154 | | 965 | 1254 | 1669 | 911 | 1280 | 970 | 1400 | 1391 | |
| | différence | | | -18 | | -59 | 164 | -207 | -383 | 527 | -191 | -44 | -402 | |
| IMC 67 X SNK 64 | Observé | 890 | 402 | 831 | 930 | 438 | 868 | 1405 | 502 | 1004 | 874 | 1194 | 1183 | 845 |
| | prévu | 805 | 679 | 834 | 699 | 644 | 934 | 1350 | 591 | 960 | 651 | 1079 | 1071 | |
| | différence | 85 | -277 | -3 | 231 | -206 | -66 | 55 | -89 | 44 | 223 | 115 | 112 | |
| SCA 12 × SNK 16 | Observé | 549 | | | 363 | | | 1578 | 336 | 623 | | 848 | | 651 |
| | prévu | 591 | | | 486 | | | 1136 | 378 | 747 | | 867 | | |
| | différence | -42 | | | -123 | | | 442 | -42 | -124 | | -19 | | |
| SNK 109 × IMC 67 | Observé | | 689 | 758 | | | | 1207 | | | | 1072 | 771 | 893 |
| | prévu | | 712 | 867 | | | | 1383 | | | | 1113 | 1105 | |
| | différence | | -23 | -109 | | | | -176 | | | | -41 | -334 | |
| SNK 109 × T 79/501 | Observé | | 973 | | 353 | | 947 | | 862 | | 632 | | 1200 | 860 |
| | prévu | | 664 | | 685 | | 919 | | 577 | | 636 | | 1057 | |
| | différence | | 309 | | -332 | | 28 | | 285 | | -4 | | 143 | |
| T 79/501 × SNK 109 | Observé | 735 | 406 | 724 | 669 | 403 | 404 | 1257 | | | | 1006 | | 668 |
| | prévu | 594 | 468 | 624 | 489 | 434 | 723 | 1139 | | | | 869 | | |
| | différence | 141 | -62 | 100 | 180 | -31 | -319 | 118 | | | | 137 | | |
| T 79/501 × SNK 13 | Observé | | 438 | 327 | 770 | | 493 | 1106 | | | | 1000 | | 650 |
| | prévu | | 470 | 626 | 490 | | 725 | 1140 | | | | 871 | | |
| | différence | | -32 | -299 | 280 | | -232 | -34 | | | | 129 | | |
| T 79/501 × SNK 64 | Observé | | | | | | | | 337 | 548 | 158 | 495 | 1124 | 463 |
| | prévu | | | | | | | | 194 | 562 | 254 | 682 | 674 | |
| | différence | | | | | | | | 143 | -14 | -96 | -187 | 450 | |
| UPA 143 × SNK 64 | Observé | 728 | 628 | | 503 | 719 | 674 | 951 | 512 | 471 | 407 | 1028 | 747 | 647 |
| | prévu | 612 | 487 | | 507 | 452 | 741 | 1157 | 399 | 767 | 459 | 887 | 879 | |
| | différence | 116 | 141 | | -4 | 267 | -67 | -206 | 113 | -296 | -51 | 141 | -132 | |
| Moyenne | | 725 | 600 | 755 | 619 | 565 | 854 | 1270 | 512 | 880 | 571 | 1000 | 992 | 781 |

III.1.1.4. Productivité des catégories de croisement

Suivant les origines génétiques, deux groupes de production nettement différents ont été observés suivant les origines génétiques des descendance (Tableau XII). En effet, avec des niveaux moyens de productions potentielle et réelle de 900,6 et 729,14 respectives, les hybrides issues des croisements entre Haut Amazonien X Trinitario se sont montrés significativement moins productifs que les descendance issues des croisements contraires, donc les niveaux moyens de production enregistrées ont été 1089,5 g de cacao marchand par arbre dans le cas de production potentielle et 876,5 g de cacao marchand par arbre dans le cas de production réelle.

Tableau XII: Classement des productions suivant l'origine génétique des descendance

| Catégories de croisement | Croisement | Production potentielle | Moyenne de la catégorie | Production réelle | Moyenne de la catégorie |
|--------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| H X T | IMC 67 X SNK 109 | 1336 | 900,6 b | 1180 | 729,14 b |
| | T 79/501 X SNK 109 | 887 | | 668 | |
| | T 79/501 X SNK 64 | 639 | | 463 | |
| | IMC 67 X SNK 64 | 1015 | | 845 | |
| | SCA 12 X SNK 16 | 833 | | 651 | |
| | UPA 143 X SNK 64 | 791 | | 647 | |
| | T 79/501 X SNK 13 | 803 | | 650 | |
| T X H | SNK 109 X IMC 67 | 1140 | 1089,5 a | 893 | 876,5 a |
| | SNK 109 X T 9/501 | 1039 | | 860 | |

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-keuls à 5 %. H = Haut Amazonien T = Trinitario

III.1.1.5. Nombre moyen de graines par cabosse et poids moyen d'une fève de cacao marchand (CM)

Une variation des moyennes a été enregistrée suivant les descendance (Tableau XIII). La descendance IMC 67 X SNK 109 a présenté des fèves dont la masse moyenne par unité était 1,4 g. Une valeur supérieure aux moyennes des unités de fève des hybrides IMC 67 X SNK 64 ; SNK 109 X T79/501 ; UPA 143 X SNK 64 qui ont enregistré chacune 1,3 g. Les descendance SCA 12 X SNK 16 ; T 79/501 X SNK 13 et T 79/501 X SNK 64 ont produit des graines de faibles masses moyennes, pesant 1,1 g par unité. Les croisements réciproques ont présenté des niveaux de production variables.

Les hybrides SNK 109 X IMC 67 et T 79/501 X SNK 109 ont produit moins de fèves de cacao marchand que leurs réciproques. Parmi les croisements où T 79/501 a été considéré comme parent femelle, des différences en nombres de graines par cabosse ont été observées. Des descendance T 79/501 X SNK 109, T 79/501 X SNK 64 et T 7 /501 X SNK 13 ont produit des cabosses qui ont fourni respectivement une moyenne de 35 ; 34 ; 54 et 32 fèves. De même, les croisements dont IMC 67 est considéré comme femelle, ont présenté des variations où IMC 67 X SNK 109 a une moyenne de 41,2 fèves contre 39,46 observées pour le croisement IMC 67 X SNK 64.

Tableau XIII: Moyennes de nombre de fève par unité de cabosse et de masse par unité de fève

| N° descendance | Parent femelle | Parent mâle | Masse moyenne cacao/cabosse (g) | Nombre moyen de fève par cabosses | Masse moyenne d'une fève (g) |
|----------------|----------------|-------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | IMC 67 | SNK 109 | 57,8 | 41,2 | 1,4 |
| 2 | IMC 67 | SNK 64 | 51,3 | 39,46 | 1,3 |
| 4 | SCA 12 | SNK 16 | 40,2 | 36,54 | 1,1 |
| 5 | SNK 109 | IMC 67 | 42,6 | 35,5 | 1,2 |
| 6 | SNK 109 | T 79/501 | 45,9 | 35,3 | 1,3 |
| 8 | T 79/501 | SNK109 | 42 | 35 | 1,2 |
| 9 | T 79/501 | SNK 13 | 35,3 | 32 | 1,1 |
| 10 | T 79/501 | SNK 64 | 38 | 34,54 | 1,1 |
| 12 | UPA 143 | SNK 64 | 44,3 | 34,07 | 1,3 |

III. 1.1.6. Vigueur adulte au collet des descendance hybrides

La distribution des mesures au sein de chaque descendance a montré des individus aux caractères atypiques, présentant aussi bien des circonférences tant petites comprises entre 12 et 18 cm, que grandes situées au-delà de 54 cm (Fig. 17).

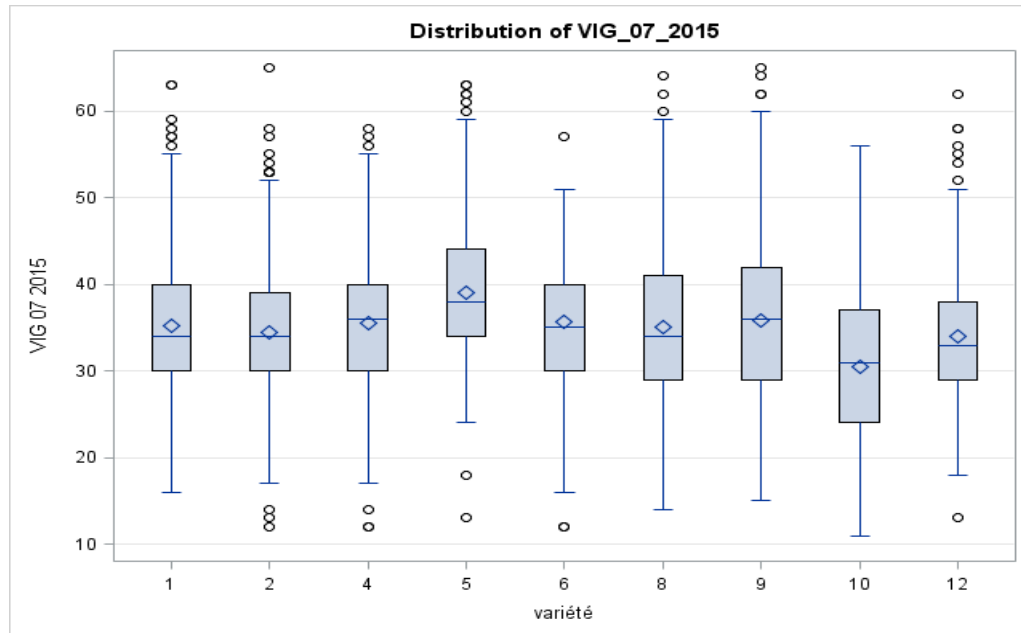


Fig. 17. Distribution des circonférences au sein des descendance en Cm

Entre les différentes descendance, une variation de distribution de vigueurs a été observée et a conduit à l'analyse de variance pour la comparaison des moyennes. Les résultats de l'analyse de variance à deux facteurs ont montré des effets hautement significatifs pour les facteurs descendance et parcelle. De même, l'interaction entre ces deux facteurs était hautement significative, mais présentait un effet inférieur à celui de la variété. Ainsi, la réalisation du classement des variétés (Tableau XIV) selon le test de Newman-keuls au seuil de 5 % a présenté trois groupes de croisements significativement différents. Le premier constitué de la descendance SNK 109 X IMC 67 de valeur moyenne égale à 39,01cm, significativement plus vigoureux que toutes les descendance. Le deuxième groupe dont la mesure moyenne varie de 33,94 à 35,80 cm, est significativement plus vigoureux que la descendance T 79 / 501 X SNK 64 de valeur moyenne 30,5255 cm classée dans le troisième groupe. Il est constitué des descendance T 79/501 X SNK 13 ; SNK 109 X T 79/501 ; SCA 12 X SNK 16 ; IMC 67 x SNK 109 ; T 79/501 X SNK 109; IMC 67 X SNK 64; UPA 143 X SNK 64.

Tableau XIV: Classement des descendanceles suivant leurs vigueurs adultes

| N° de descendance | Parent femelle | Parent mâle | Circonférence moyenne du tronc (cm) |
|-------------------|----------------|-------------|-------------------------------------|
| 5 | SNK 109 | IMC 67 | 39,0133 a |
| 9 | T 79/501 | SNK 13 | 35,8040 b |
| 6 | SNK 109 | T 79/501 | 35,6095 b |
| 4 | SCA 12 | SNK 16 | 35,5459 b |
| 1 | IMC 67 | SNK 109 | 35,2391 b |
| 8 | T 79/501 | SNK 109 | 35,0940 b |
| 2 | IMC 67 | SNK 64 | 34,5041 b |
| 12 | UPA 143 | SNK 64 | 33,9416 b |
| 10 | T 79/501 | SNK 64 | 30,5255 c |

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-keuls au seuil de 5 %.

III.1.1.7. Relation entre production en cacao marchand (CM) et la vigueur, suivant les descendanceles

Avec 39 cm de circonférence au collet, la descendance de SNK 109 × IMC 67 a présenté une production potentielle et réelle de 1140 et 893 g CM / arbre respectivement, inférieure à celle produite par IMC 67 × SNK 109. En effet, l'hybride IMC 67 × SNK 109 a été le plus productif avec une production potentielle et réelle de 1336 et 1180 g CM / arbre respectivement, mais dispose un collet moyennement vigoureux que sa réciproque. Les hybrides émis par SNK 109 × T 79/501 et IMC 67 × SNK 64 ont affiché une moyenne respective de 35,2 et 35,8 cm de circonférence aux collets, semblables à celle de la descendance émise par SNK 109 × IMC 67. Les descendanceles T 79/501 × SNK 13 ; SCA 12 × SNK 16 et T 79/501 × SNK 109 qui ont présenté des moyennes de circonférence sensiblement semblables à celles de SNK 109 × T 79/501 et IMC 67 × SNK 64 ont affiché des productions moyennes sensiblement égales et variant de 803 à 887 g CM / arbre dans le cas des productions potentielles, puis de 650 à 668 g CM / arbre dans le cas des productions réelles. T 79/501 × SNK 64 a été la moins productive et a présenté la plus petite circonférence.

Dans la corrélation (Tableau XV) entre la production en cacao marchand (CM) et la vigueur, les hybrides IMC 67 × SNK 109 ; SNK 109 × T 79/501 ; IMC 67 × SNK 64 ; SNK 109 × IMC 67 ont été les plus intéressants.

Tableau XV: Classement des descendance suivant la relation entre la productivité et la vigueur adulte

| N° de descendance | Parent femelle | Parent mâle | PROD/VIG CM calculé à partir des CAB NM |
|-------------------|----------------|-------------|---|
| 5 | SNK 109 | IMC 67 | 25,549 b |
| 6 | SNK 109 | T 79/501 | 26,265 b |
| 1 | IMC 67 | SNK 109 | 33,068 a |
| 9 | T 79/501 | SNK 13 | 18,957 cd |
| 8 | T 79/501 | SNK 109 | 21,54 c |
| 4 | SCA 12 | SNK 16 | 19,872 cd |
| 2 | IMC 67 | SNK 64 | 25,577 b |
| 12 | UPA 143 | SNK 64 | 20,725 c |
| 10 | T 79/501 | SNK 64 | 17,239 d |

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-keuls au seuil de 5 %.

III.1.1.1.8. Fertilité ovulaire

Pour une descendance donnée, le nombre d'ovules fécondés par chérelle est variable. Pour toutes les descendance confondues, cette variation est comprise entre 30 et 55 ovules fécondés. De même, les nombres moyens d'ovules fécondés varient d'une descendance à l'autre (Tableau XVI). Les résultats ont également montré que les nombres moyens de fèves obtenus par cabosses sont significativement inférieurs aux nombres moyens d'ovules fécondés dans les chérelles. En effet, les résultats comparés des variables (nombre moyen d'ovules fécondés par chérelle et fèves par cabosse) des descendance 5 ; 6 ; 4 ; et 12 ont montré respectivement 7 ; 10 ; 6 et 7 ovules fécondés qui n'ont pas évolués jusqu'au stade de la fève, conduisant ainsi à une différence entre les taux de fertilités des descendance testées. Les descendance 4 et 12 ont présenté un même taux de fertilité (83 %), supérieur à celui de l'hybride 6 qui était de 77 % et inférieur à celui de la variété 4 qui était de 84 %.

Tableau XVI: Comparaison des nombres moyens d'ovules fécondés par chérelle et de fèves par cabosse

| N° descendance d'hybrides | Parent femelle | Parent mâle | Nombre moyenne d'ovules fécondés / chérelle | Nombre moyen de fèves / cabosse | Nbre d'ovules non fécondées | Fertilité ovulaire (%) |
|---------------------------|----------------|-------------|---|---------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 5 | SNK 109 | IMC 67 | 42,72 | 35,5 | 7 | 0,83 |
| 6 | SNK 109 | T 79/501 | 45,55 | 35,3 | 10 | 0,77 |
| 4 | SCA 12 | SNK 16 | 43,2 | 36,54 | 7 | 0,84 |
| 12 | UPA 143 | SNK 64 | 40,8 | 34,07 | 4 | 0,83 |

III.1.2. Matériel végétal performant

III.1.2.1. Taux de survie des différentes variétés par essais

Des trois (3) expérimentations réalisées, une variation considérable a été notée, pour les niveaux de survie des variétés, influençant ainsi les taux de survies des cacaoyers par parcelle qui ont varié entre 43 et 68 %. Pour chaque variété, l'effectif total planté n'a pas survécu. Avec un taux de survie variant entre 54 et 45 % au cours des tests un (1) et deux (2), la variété 14 a présenté assez de pertes comparativement à la variété 15 qui a enregistré le taux de survie le plus élevé avec des valeurs qui ont oscillé entre 62 à 64 % durant les tests deux (2) et trois (3). Les taux présentés par la variété 19 étaient intermédiaires à ceux des variétés 14 et 15. En générale, le taux de survie était plutôt faible pour toutes les variétés, surtout dans le cas de la variété traditionnelle. (Tableau XVII).

Tableau XVII: Pourcentages de survie des variétés et parcelle

| Essais | Variétés | Effectif d'arbres plantés | Effectif d'arbres vivants | Taux de survie |
|--------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| 1 | 14 (Traditionnelle = Témoins A) | 206 | 111 | 54 % |
| | 15 (Hybride hétérogène = Témoins B) | 199 | 128 | 64 % |
| 2 | 14 (Traditionnelle) | 262 | 120 | 45 % |
| | 19 (6 hybrides contrôlés) | 293 | 172 | 59 % |
| 3 | 15 (Hybride hétérogène) | 160 | 99 | 62 % |
| | 19 (6 hybrides contrôlés) | 202 | 106 | 52,5 % |

III.1.2.2. Productivité comparée des variétés Allemande (V 14) et hybride hétérogènes (V 15) issus de fécondation libre (DL)

Associées dans cinq (5) parcelles différentes dénommées Bakoa Gabriel, Bakoa Jean, Ngat Benoit, Lekie-Assy Clément, Kedia Marie-Thérèse, la variété 14 a fourni respectivement une production potentielle de 223,527; 665,154; 322,030; 381,691; 234,025 g / arbre et réelle de 96,582; 416,779; 291,360; 357,256; 103,204 g / arbre. Dans le même ordre, la variété 15 a donné des productions potentielles de 438,773; 1117,567 ; 788,220; 536,187; 374,202 g / arbre et réelles de 441,243; 696,140; 572,408; 456,672; 288,948 g / arbre (Fig. 18).

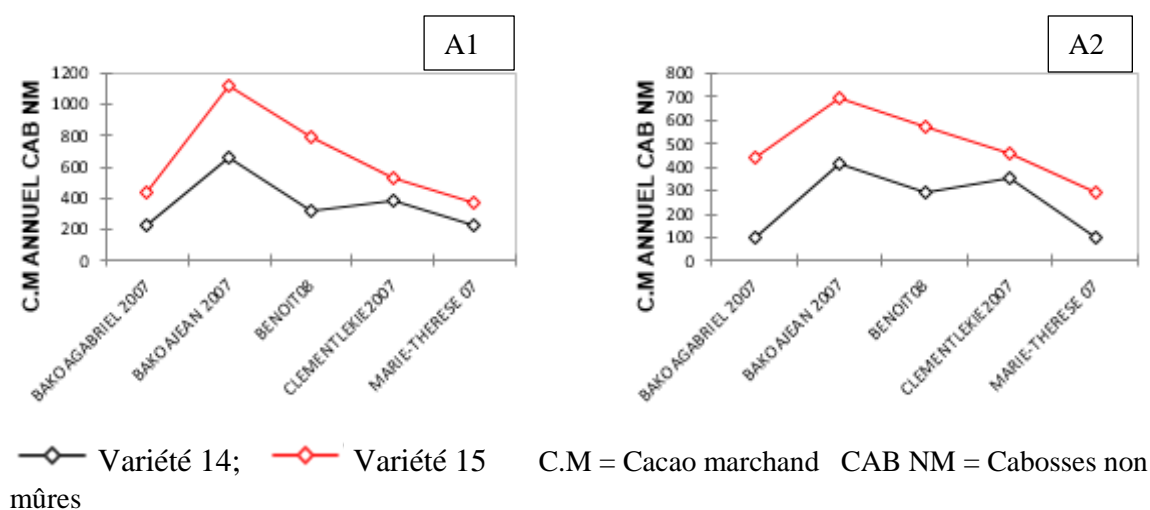
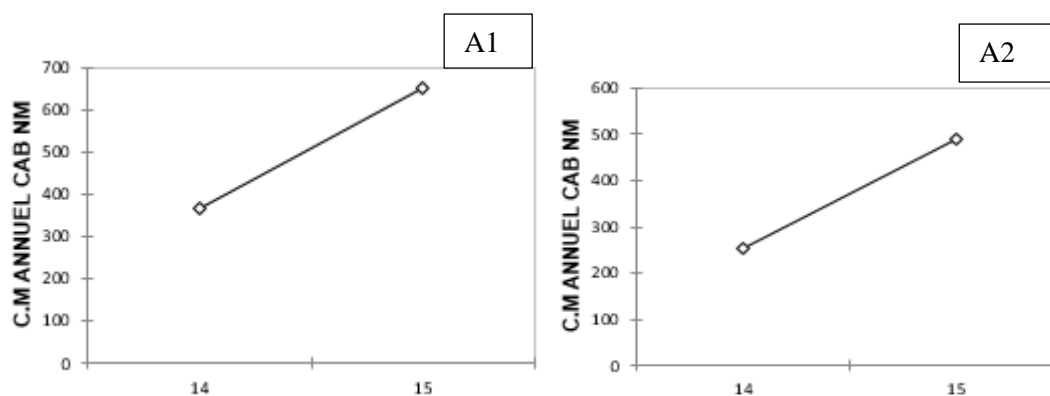


Fig. 18. Productivité moyenne des variétés 14 et 15 par parcelle: A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle

De ces résultats, les moyennes respectives des productivités potentielles des parcelles étaient 331,150; 891,361; 555,125; 458,939; 304,114 g / arbre et celles des réelles étaient 268,912; 556,459; 431,884; 406,964; 196,076 g / arbre. Les moyennes potentielles et réelles par variété étaient 365,285 et 253,036 g / arbre respectivement pour la variété 14, puis 650,990 et 491,082 g / arbre respectivement pour la variété 15 (Fig. 19).



14 = Variété 14 ; 15 = Variété 15 C.M = Cacao marchand CAB NM = Cabosses non mûres

Fig. 19. Productivités moyennes des variétés 14 et 15 pour l'ensemble des parcelles: A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle

L'analyse de variance à deux facteurs pour le rendement potentiel et réel a montré des effets hautement significatifs pour les facteurs parcelles et variétés ($P < 0,0001$) et des interactions hautement significatives ($P < 0,0001$) entre les deux facteurs, mais avec des valeurs de 2,22 et 1,460 pour la production potentielle et réelle respectivement, faibles que l'effet parcelle et variété. Ce résultat a conduit à un classement des parcelles et variétés par le test de Newman-keuls au seuil de 5 %.

En termes de productivité potentielle des parcelles, une (1) parcelle a été significativement plus productive que toutes les autres. Cette dernière a enregistré 891,361 g CM / arbre. Deux (2) d'entre elles ont significativement moins produit, avec des moyennes variant entre 304,114 et 331,150 g CM / arbre et deux autres ont présenté des productions intermédiaires. Pour ce qui était des productivités réelles, trois (3) parcelles ont été semblables (556,459; 431,884 et 406,964 g CM / arbre) et significativement supérieures que les deux (2) dernières (268,912 et 196,076 g CM / arbre) (Tableau XVIII).

Tableau XVIII: Classement des parcelles suivant les productions des variétés 14 et 15

| Identité des parcelles par village | Nombre de cacaoyers vivants | Production potentielle (g de cacao / arbre) | Nombre de cacaoyers plantés | Production réelle (g de cacao / arbre) |
|------------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|--|
| Bakoa Gabriel | 50 | 331,150 c | 108 | 268,912 b |
| Bakoa Jean | 48 | 891,361 a | 88 | 556,459 a |
| Ngat Benoit | 36 | 555,125 b | 45 | 431,884 a |
| Lékié-assi Clément | 58 | 458,932 b | 80 | 406,964 a |
| Kedia Marie-Thérèse | 47 | 304,114 c | 84 | 196,076 b |

Avec des moyennes de productivité potentielle et réelle de 365,285 et 253,036 g par arbre, la variété locale (V14) a été significativement moins productive que les hybrides (V15). En effet, les hybrides (V15) sont issus des cabosses des parcelles paysannes et ont fourni des masses potentielle et réelle de 650,990 et 491,082 g par arbre (Tableau XIX).

Tableau XIX : Classement des variétés 14 et 15

| Variété | Effectif d'arbres vivants | Production potentielle (g de cacao / arbre) | Effectif d'arbres plantés | Production réelle (g de cacao / arbre) |
|---------|---------------------------|---|---------------------------|--|
| 14 | 111 | 365,285 b | 206 | 253,036 b |
| 15 | 128 | 650,990 a | 199 | 491,082 a |

III.1.2.3. Productivité comparée des variétés Allemande (V 14) et hybrides présélectionnés issus de fécondation contrôlées (V 19)

Les variétés 14 et 19 ont été plantées dans quatre (4) parcelles telles Bakoa Jean, Lekie-Assy Clément, Edou Ferdinand, Edou François. Dans ces dernières, il a été observé des productions potentielles respectives de 776,013; 445,306; 300,477; 328,992 g / arbre et réelles de 486,242; 447,191; 142,918; 162,278 g / arbre qui correspondaient à celles de la variété 14. La variété 19 a présenté respectivement des productions potentielles de 891,843; 715,681; 689,478; 691,174 g / arbre et réelles de 465,809; 639,44 ; 439,712; 509,980 g / arbre (Fig. 20).

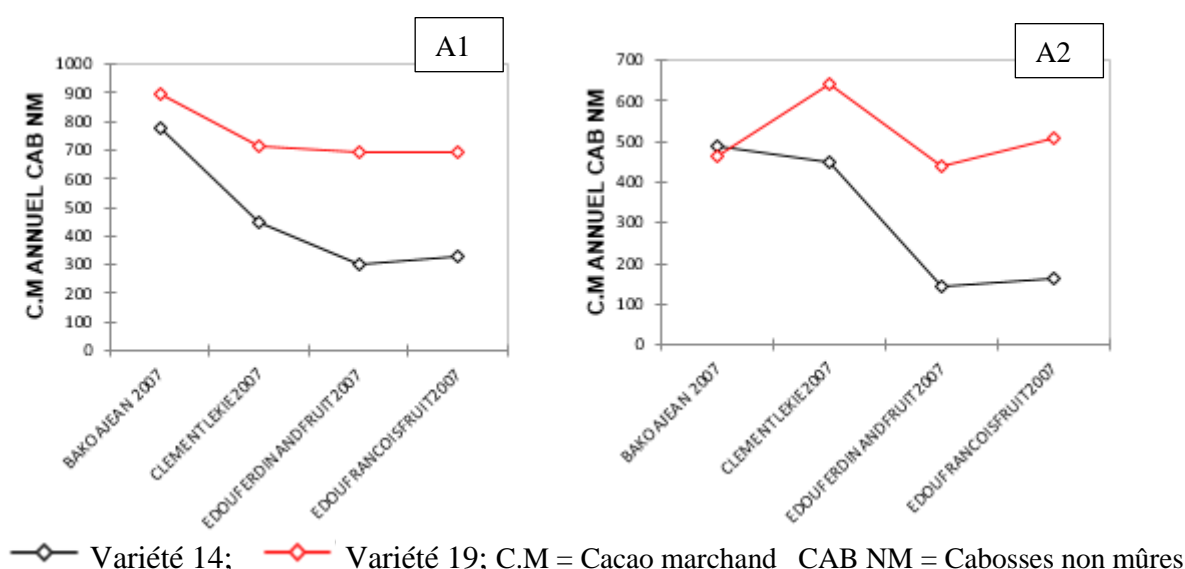
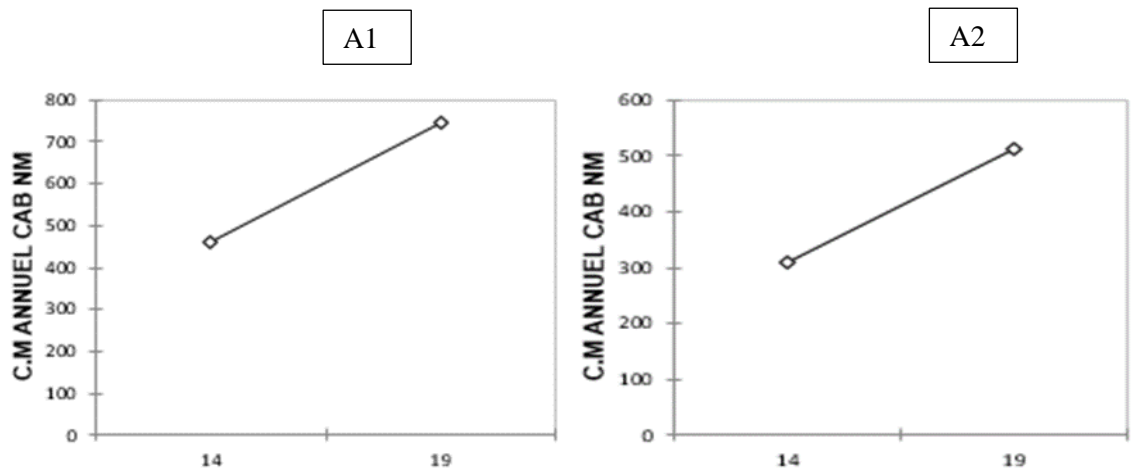


Fig. 20. Productivités moyennes des variétés 14 et 19 par parcelle: A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle

Les valeurs 833,928; 580,494; 494,977 et 510,083 g / arbre ont constitué les moyennes potentielles par parcelle et 476,025; 543,315; 291,315; 336,129 g / arbre étaient les productions moyennes réelles par parcelle. La variété 14 a montré des moyennes de production potentielle et réelle de 462,697 et 309,657 g / arbre respectivement ; et la variété 19 a enregistré des moyennes de 747,044 et 513,735 g / arbre respectivement (Fig. 21).



14 = Variété 14 ; 19 = variété 19 ; C.M = Cacao marchand CAB NM = Cabosses non mûres

Fig. 21. Productivités moyennes des variétés 14 et 19 pour l'ensemble des parcelles : A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle

Les résultats de variance des productivités potentielles et réelles ont montré des effets hautement significatifs pour les facteurs parcelles et variétés ($P < 0,0001$) et des interactions hautement significatives ($P < 0,0001$) entre les deux facteurs. Seulement, avec des valeurs de 2,994 et 5,130 pour les productions potentielle et réelle respectivement, ces interactions ont été faibles que l'effet parcelle et variété et ont conduit à un classement des parcelles et variétés suivant le test de Newman-keuls au seuil de 5 %.

Deux (2) groupes de parcelles ont été identifiés dans le cas des productions potentielles. L'un des groupes a été constitué de la parcelle de Bakoa Jean, significativement différente des trois (3) dernières parcelles constitutives du second groupe. Au regard des productions réelles, les parcelles de Bakoa Jean et Lekie-Assy Clément ont formé le premier groupe, avec des productions respectives de 476,025 et 543,315 g / arbres significativement plus élevées que les productions de 291,315 et 336,129 g / arbre présentées par Edou Ferdinand et Edou François respectivement (Tableau XX).

Tableau XX: Classement des parcelles suivant les productions des variétés 14 et 19

| Identité des parcelles par village | Nombre de cacaoyers vivants | Production potentielle (g de cacao / arbre) | Nombre de cacaoyers plantés | Production réelle (g de cacao / arbre) |
|------------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|--|
| Bakoa jean | 62 | 833,928 a | 131 | 476,025 a |
| Lekie-Assy Clement | 58 | 580,494 b | 69 | 543,315 a |
| Edou ferdinandfruit | 75 | 580,494 b | 174 | 291,315 b |
| Edou francoisfruit | 97 | 510,083 b | 181 | 336,129 b |

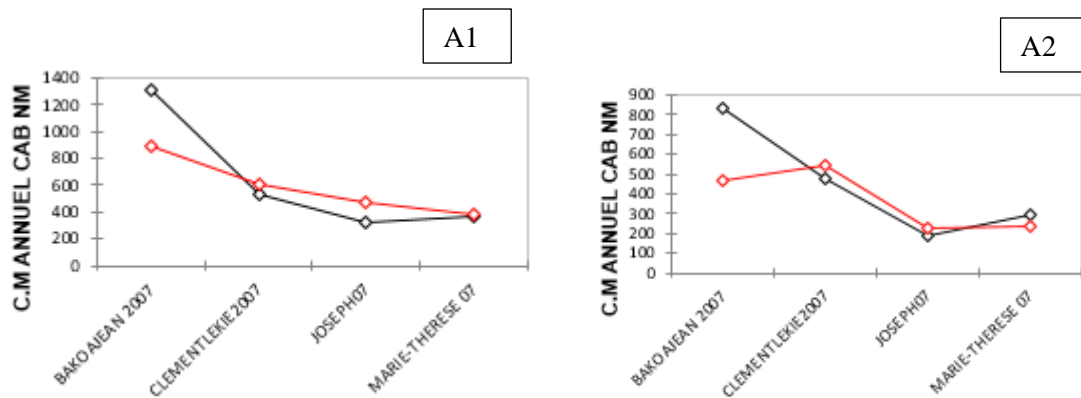
Avec les productions moyennes potentielle et réelle de 462,697 et 309,657 g / arbre respectivement enregistrées par la variété 14, celle – ci a été significativement inférieure et classée dans les deuxièmes groupes de production, contrairement à la variété 19 qui a été classée dans le premier groupe au vue des valeurs élevées observées à différents niveaux de production (Tableau XXI).

Tableau XXI: Classement des variétés 14 et 19

| | Effectif d'arbres vivants | Production potentielle (g de cacao / arbre) | Effectif d'arbres plantés | Production réelle (g de cacao / arbre) |
|------------|---------------------------|---|---------------------------|--|
| Variété 14 | 120 | 462,697 b | 262 | 309,657 b |
| Variété 19 | 172 | 747,044 a | 293 | 513,735 a |

III.1.2.4. Productivité comparée des variétés hybrides hétérogènes (V 15) et hybrides issus de fécondations contrôlées (V 19)

Il a été observé dans les parcelles dénommées Jean, Clément, Joseph et Marie – Thérèse des productions potentielles respectives de 1303,828 ; 536,187; 317,322; 374,202 g CM / arbre et réelles de 828,728; 474,997; 183,328; 288,948 g CM / arbre. Ces valeurs ont été enregistrés par la variété 15 d'une part et d'autre part, la variété 19 a enregistré respectivement des productions potentielles de 891,843; 613,441; 472,14 ; 379,260 g CM / arbre et réelles de 465,809; 548,091; 224,870; 231,970 g CM / arbre (Fig. 22).

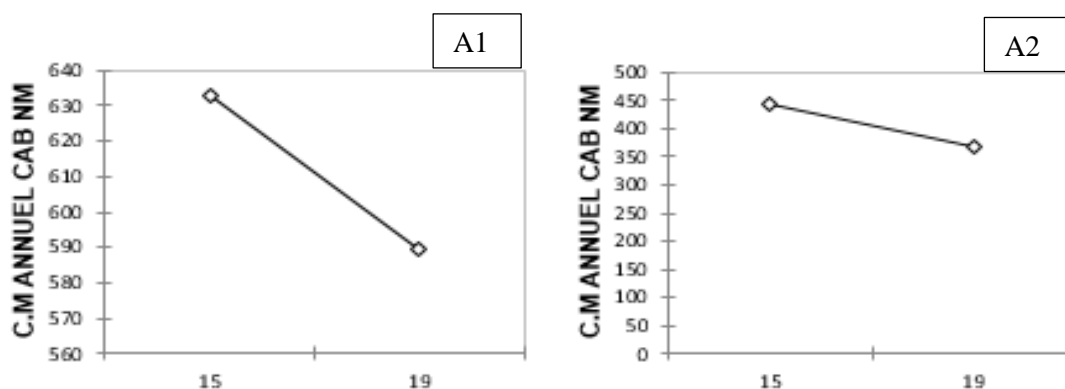


—◇— Variété 15; —◇— Variété 19; C.M = Cacao marchand CAB NM = Cabosses non mûres

Fig. 22. Productivités moyennes des variétés 15 et 19 par parcelle : A1 – Productivité potentielle ;

A2 – Productivité réelle

Les moyennes de production potentielles par parcelle étaient respectivement 1097,836 ; 574,814; 394,731; 376,731 g CM / arbre et celles des productions réelles étaient respectivement 647,268; 511,543; 204,099; 260,459 g CM / arbre. Des valeurs de 632,885 et 444 g CM / arbre ont été enregistrées et correspondaient respectivement aux moyennes de production potentielle et réelle de la variété 15. Les moyennes de production potentielle et réelle de la variété 19 étaient 589,171 et 367,685 g CM / arbre respectivement (Fig. 23).



15 = Variété 15 ; 19 = variété 19 ; C.M = Cacao marchand CAB NM = Cabosses non mûres

Fig. 23. Productivités moyennes des variétés 15 et 19 pour l'ensemble des parcelles : A1 – Productivité potentielle ; A2 – Productivité réelle.

Des effets hautement significatifs pour les facteurs parcelles et variétés ($P < 0,0001$) et des interactions hautement significatives ($P < 0,0001$) entre les deux facteurs ont été présentés par les résultats de variance des productivités potentielles et réelles. Les interactions entre les deux facteurs s'étaient révélées faibles que l'effet parcelle et variété, tant pour les productions potentielles $F \ll 4,625 \gg$ que réelles $F \ll 4,820 \gg$. Ceci ayant conduit à un classement des parcelles et variétés suivant le test de Newman-keuls au seuil de 5 %.

Les productions potentielles et réelles ont présenté chacune deux groupes de parcelles. Pour la production potentielle, la parcelle de Baboa Jean a constitué le premier groupe, significativement plus productive que les trois (3) autres, avec une moyenne de 1097,836 g CM / arbre. Un deuxième groupe constitué des parcelles significativement moins productives que celle de Jean, avec des productions comprises entre 574,814 et 376,731 g CM / arbre (Tableau XXIX). En ce qui concerne la production réelle, les valeurs 647,268 et 511,543 g CM / arbre enregistrées respectivement par les parcelles de Bakoa Jean et Lekie-Assy Clément ont classé ces derniers dans le premier groupe, significativement plus productive que les parcelles de Joseph et Marie-Thérèse qui ont été classées dans le second groupe avec des productions respectives de 204,099 et 260,459 g / arbre (Tableau XXII).

Tableau XXII: Classement des parcelles suivant les productions des variétés 15 et 19

| Identité des parcelles par village | Nombre de cacaoyers vivant | Production potentielle (g de cacao / arbre) | Nombre de cacaoyers plantés | Production réelle (g de cacao / arbre) |
|------------------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|--|
| Bakoa Jean | 60 | 1097,836 a | 130 | 647,268 a |
| Lekie-Assy Clément | 48 | 574,814 b | 61 | 511,543 a |
| Bakoa Joseph | 40 | 394,731 b | 87 | 204,099 b |
| Kekia Marie-therese | 57 | 376,731 b | 84 | 260,459 b |

Les productions moyennes potentielles des variétés 15 et 19 ont été semblables tout comme les moyennes de productivité réelle et ont conduit les deux (2) variétés dans un même groupe (Tableau XXIII).

Tableau XXIII: Classement des variétés 15 et 19

| | | Effectif d'arbres vivants | Production potentielle (g de cacao / arbre) | Effectif d'arbres plantés | Production réelle (g de cacao / arbre) |
|---------|----|---------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Variété | 15 | 99 | 632,885 a | 160 | 444,000 a |
| | 19 | 106 | 589,171 a | 202 | 367,685 a |

III.1.3. Système de culture le plus pertinent (Performance agronomique de chaque système d'association)

III.1.3.1. Production moyenne annuelle de cacao marchand par arbre i de chaque parcelle en (g) par arbre

Un niveau élevé de variation a été observé entre les parcelles pour leurs niveaux de production potentielle et réelle (Tableau XXIV). La parcelle sept (7) s'est montrée significativement plus productive que toutes les onze autres, avec des productions potentielle et réelle respectives de 1704 et 1270 g de cacao marchand par arbre.

Au regard de la production potentielle, la parcelle douze (12) a présenté un rendement de 1366 g de cacao marchand par arbre, significativement moins productive que la parcelle sept (7) et plus productive que les dix autres. Un groupe de parcelles s'est montré significativement moins productive que la parcelle douze (12) et plus productive que le groupe constitué des parcelles quatre (4), dix (10), cinq (5) et un (1) qui a affiché des productions comprises entre 836 et 783 de cacao marchand par arbre : il s'agit du groupe constitué des parcelles neuf (9), onze (11), trois (3) et six (6) avec des productions de 1050, 1031, 1013 et 836 g de cacao marchand par arbre respectivement. Avec une production de 726 g de cacao marchand par arbre, la parcelle deux (2) s'est montrée significativement moins productive que la parcelle une (1) qui a enregistré une production de 783 de cacao marchand par arbre et plus productive que la parcelle huit (8) qui a affiché une production potentielle de 577 g de cacao marchand par arbre.

Les parcelles onze (11), douze (12) et neuf (9) ont affiché des niveaux de productions réelles de 1000, 992 et 880 de cacao marchand par arbre respectivement, significativement plus élevés que celles des parcelles six (6) et trois (3) dont les productions réelles présentées sont 854 et 755 de cacao marchand par arbre respectivement. La production réelle de la parcelle une (1) a été significativement plus élevée que celle de la parcelle trois (3) et significativement moins élevée que celle de la parcelle quatre (4). Avec des productions réelles respectives de

600 et 571 g de cacao marchand par arbre, les parcelles deux (2) et dix (10) se sont montrées significativement moins productives que la parcelle quatre (4) qui a présenté une production réelle de 619 g de cacao marchand par arbre. Les parcelles cinq (5) et huit (8) se sont montrées significativement moins productives que toutes les autres parcelles.

Tableau XXIV: Classement des parcelles selon leurs niveaux de production potentielle et réelle en cacao marchand (CM).

| Plot id | Village | Association | Nombre d'arbres plantés | % Mortalité | Production potentielle (g de cacao / arbre) | Production réelle (g de cacao / arbre) |
|---------|---------|-----------------|-------------------------|-------------|---|--|
| 7 | Bakoa | fruitier | 241 | 27 | 1704 a | 1270 a |
| 12 | Kedia | fruitier | 197 | 31 | 1366 b | 992 b |
| 9 | Kedia | Palmier à huile | 285 | 19 | 1050 c | 880 bc |
| 11 | Kedia | fruitier | 326 | 5 | 1031 c | 1000 b |
| 3 | Bakoa | Palmier à huile | 315 | 31 | 1013 c | 755 cd |
| 6 | Bakoa | fruitier | 276 | 9 | 913 cd | 854 c |
| 4 | Bakoa | fruitier | 320 | 29 | 836 de | 619 ef |
| 10 | Kedia | fruitier | 216 | 37 | 825 de | 571 fg |
| 5 | Bakoa | Palmier à huile | 279 | 44 | 803 de | 565 g |
| 1 | Bakoa | Palmier à huile | 216 | 9 | 783 de | 725 de |
| 2 | Bakoa | fruitier | 246 | 29 | 726 e | 600 fg |
| 8 | Kedia | fruitier | 214 | 13 | 577 f | 512 g |

Newman–Keuls au seuil de 5 %

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents.

III.1.3.2. Comparaison de l'adaptation et productivités par type d'association

Les taux de mortalités des deux types d'association diffèrent légèrement. 23,76 % ont été enregistrées chez les parcelles fruitières contre 28,26 % chez les palmiers à huile. Les niveaux de production annuelle potentielle et réelle observés ont présenté des variations suivant les modes d'associations. Les moyennes de productivité potentielle et réelle étaient de 894 et 735 g en cacao marchand par arbre dans des parcelles en association avec les fruitiers contre 827 et 655 g dans les associations aux palmiers à huile (Tableau XXV).

Les résultats de l'analyse globale à deux facteurs ont montré que l'effet de la culture en association est plus élevé ($F = 63,7$ et $40,8$) que l'effet de la variété ($F = 15,2$ et $19,8$), mais l'interaction entre les deux facteurs s'est montrée plus faible ; d'où le classement des deux types d'associations par Newman-keuls au seuil de 5 %. Ce classement a montré que les productions des parcelles avec fruitiers étaient significativement élevées que celles associées aux palmiers.

Tableau XXV: Classement des types d'associations en fonction des productions potentielle et réelle en g CM / arbre.

| Type association | Nombre de parcelles | Effectifs de cacaoyers plantés | % mortalité | Production potentielle (g CM / arbre) | Production réelle (g CM / arbre) |
|------------------|---------------------|--------------------------------|-------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Arbre fruitier | 4 | 1083 | 23,76 | 894 a | 735 a |
| Palmier à huile | 3 | 810 | 28,26 | 827 b | 655 b |

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-keuls au seuil de 5 %.

III.1.4. Sensibilité du matériel végétal testé aux bio-agresseurs

III.1.4.1. Caractéristiques des cacaoyers vis - à - vis de leur état sanitaire

III.1.4.1.1. Maladies et dégâts des ravageurs

On a observé sur des cacaoyers des dégâts (Fig. 24) des insectes nuisibles entre autres des feuilles vertes réduites en partie, ceux dont les collets, branches et les tiges présentaient des petits trous bouchés par des fibres de bois et laissaient couler un liquide gluant. Sur certaines branches, l'écorce était rongée jusqu'au bois (Fig. 24 a) et pouvait être complète sur toute la circonférence de la branche. Ces dégâts ont conduit à la mort de certains cacaoyers. Ces phénomènes indiquaient ainsi la présence des coléoptères nuisibles tels les borers des tiges et les défoliateurs. 25 % des parcelles ont subi les dégâts de ces insectes. La présence des psylles a été observé sur des jeunes rameaux (Fig. 24 d) et chérelles (Fig. 24 e).

Des lésions superficielles ont été observées sur les rameaux, les branchettes, accompagnées des nécroses sur les écorces et la mort des poussées tendres, le brunissement (chlorose) des feuilles qui restaient toujours attachées aux arbres. L'ampleur des dommages dépendait des niveaux d'agressions. Les surfaces des écorces présentaient aussi des taches isolées ou des croutes issues des piqûres répétées (Fig. 24 b). Des piqûres multiples ont été observées sur les cabosses. Certaines zones de piqûres se rejoignaient pour former des crevasses

dans le cortex des fruits (Fig. 24 c). Ce fléau a été observé sur toutes les parcelles étudiées (100 %) et a été attribué aux mirides.



Fig. 24. Symptômes des dégâts des insectes nuisibles : a – trous creusés par les borers ; b – chancres occasionnés par les piqûres des mirides sur la branchette ; c – présence des psylles sur les rameaux

Des feuilles décolorées ont été observées chez certains cacaoyers pendant les périodes sèches prolongées. Cette décoloration virait progressivement à la couleur jaune qui conduisait les feuilles à un dessèchement, suivi de leur détachement de l'arbre. Cet aspect a été attribué à un stress hydrique. La parcelle 1 à Kédia en est la parfaite illustration, car installée à proximité d'une rivière et suivant le gradient, les lignes de cacaoyers proches de la rivière ne présentaient pas ces signes.

Au regard des maladies, la pourriture brune ne s'était pas véritablement exprimée sur les parcelles. Cependant, Les cacaoyers ont été affectés par le die-back. Différentes parcelles parcourues au cours de cette étude ont présenté des emplacements vides de cacaoyers, dus à la mort des arbres. Certains arbres sont morts de manière spectaculaire. Parmi les cacaoyers

présentant des troncs et feuilles fraîches, il a été régulièrement observé un ou plusieurs cacaoyers physiquement inquiétant (Fig. 25). Le cacaoyer nouvellement infecté présente des feuilles avec deux couleurs différentes. Le rameau infecté porte des feuilles vert pâle (Fig. 25 a) tandis que toutes les autres feuilles de la plante ont maintenu leur couleur initiale vert foncé. Au cours des jours suivants, on observe la progression de l'infection dans le sens descendant (du haut vers la base du cacaoyer). En effet, la généralisation de l'infection sur toutes les parties de cacaoyer est caractérisée par le virement progressif de la couleur initiale des feuilles au vert pâle, qui jaunissent par la suite, se sèchent et restent fixées à l'arbre (Fig. 25 b). Il s'en suit aussitôt un dessèchement progressif des branchettes vers les racines de cacaoyers, conduisant à la mort de l'arbre. La coupe transversale des parties infectées a montré des taches noires sur le transept (Fig. 25 c) et la coupe longitudinale a montré des traits fins ou stries de couleur noire. La fréquence d'apparition de cette maladie dans les parcelles a été de 100 %.

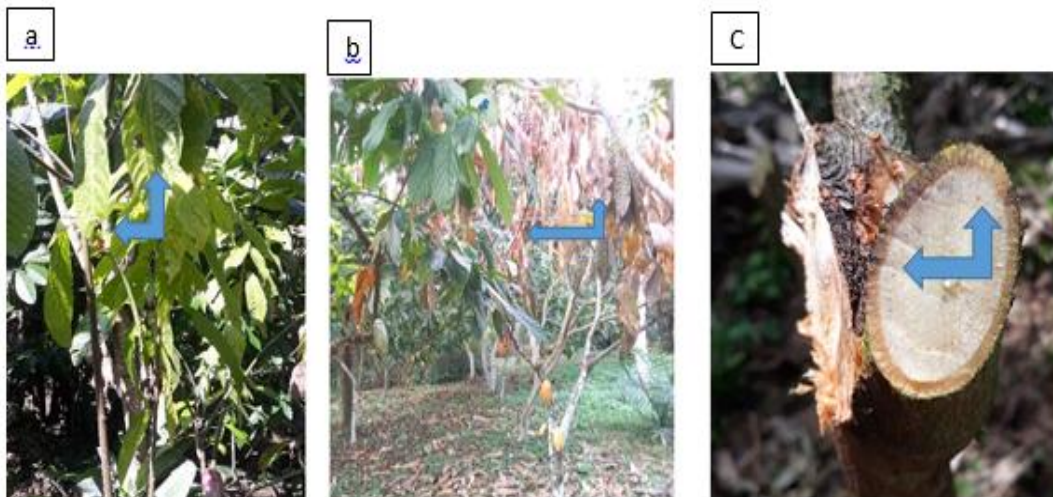


Fig. 25. Manifestation visuelle du die-back : a - feuilles vert pâle ; b - feuilles en cours de dessèchement ; c- points noir

III.1.4.1.2. Agents pathogènes identifiés sur les cacaoyers atteints de die-back

Après ensemencement dans des boîtes de Pétri, la purification de colonies émergentes par repiquages successifs (trois repiquages à intervalle d'une semaine) a conduit à l'obtention de deux types de cultures pures. En effet, 36 cultures ont été effectuées. Dès les deux premiers jours qui suivaient le repiquage, tous les isolats avaient un aspect identique (un mycélium blanchâtre). Mais, durant le séjour des boîtes de Pétri dans l'enceinte d'incubation, certains isolats ont présenté des colonies qui ont changé de couleur, allant de gris clair à gris foncé. On a conclu qu'on avait à faire à deux agents pathogènes différents. L'observation microscopique des colonies de mycélium blanc cotonneux qui avaient évolué avec le temps au blanc crémeux

avaient montré des conidies en forme de fuseau (Fig. 26), caractéristiques du genre *Fusarium*. Des colonies qui avaient virés au gris, avaient été ensemencées sur milieu à eau gélosée et en présence des fragments de nervures de feuilles de cacaoyers. Des fructifications avaient été observées sur ces fragments entre deux et trois semaines d'incubation. Les observations microscopiques de ces fructifications présentaient des conidies immatures et matures, appartenant à l'espèce *lasiodiplodia theobromae*. Elles étaient de formes cylindriques à ovoïdes. Les conidies immatures étaient hyalines, granulées, aseptées et présentaient une paroi mince. Les conidies matures étaient de couleur brune et présentaient une paroi épaisse, avec présence de stries longitudinales et d'un septa qui divisait la cellule en deux.

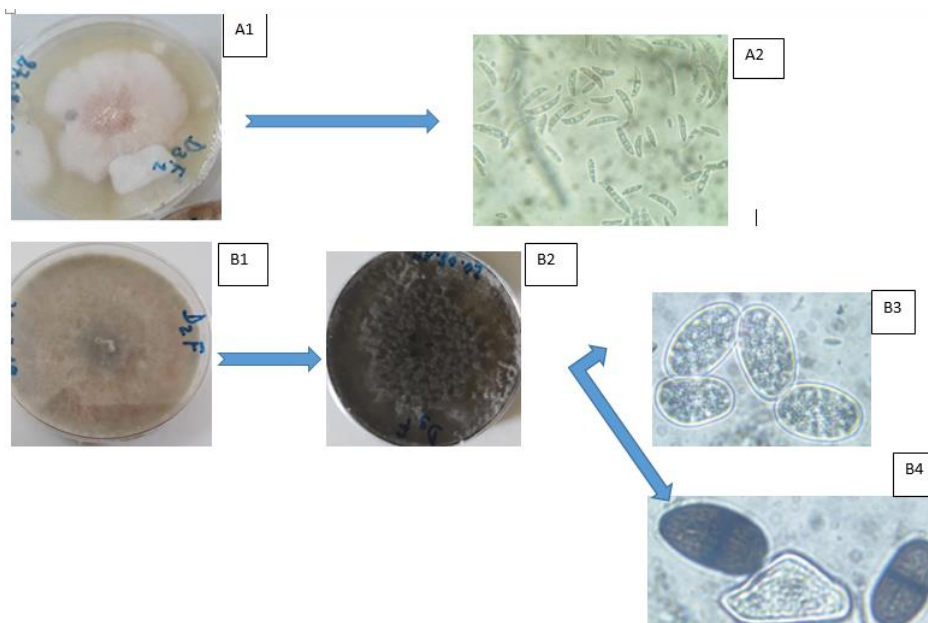


Fig. 26. Identification d'agents pathogènes. A1 - colonies de mycélium blanc cotonneux ; A2 - Conidies du genre *Fusarium*. B1 – colonie pure blanchâtre ; B2 – colonie pure qui a virée au gris ; B3 – Conidies immatures du genre *lasiodiplodia theobromae*; B4 – Conidies matures du genre *lasiodiplodia theobromae*.

III. 1.4.2. Sensibilité des descendance vis-à-vis des mirides

III.1.4.2.1. Distribution des dégâts des mirides au sein de chaque descendance

Chacune des descendance plantées présente des plages de différents degrés de dégâts, bien que la distribution pour chacune des descendance soit découpée en 4 zones ou quartiles de même effectif. Pour des descendance 1 (IMC 67 x SNK 109) ; 2 (IMC 67 x SNK 64); 4 (SCA 12 x SNK 16) et 9 (T 79 / 501 x SNK 13), un quart (1 / 4) de cacaoyers de chacune de ces variétés ont montré un niveau d'attaque situé entre 3 et 4 ; et trois quart (3 / 4) ont montré un niveau d'attaque compris entre 2 et 3. Dans la descendance 4 (SCA 12 x SNK 16), un arbre s'est montré atypique, avec un degré d'attaque nul (0).

Les arbres des descendance 5 (SNK 109 x IMC 67) ; 6 (SNK 109 x T 79/501) et 10 (T 79/501 x SNK 64) ont présenté des niveaux d'attaques compris entre 2 et 3. La descendance 8 (T 79/501 x SNK 109) a présenté un quart (1/4) d'arbres faiblement affectés, de degré situé entre 1 et 2, puis trois quart (3 / 4) moyennement affectés de degré compris entre 2 et 3 (1 / 2 affectés de degré 3 et 1 / 4 de degré 2). Un quart d'arbres de la descendance 12 (UPA 143 x SNK 64) a été faiblement affecté, avec une valeur d'attaque comprise entre 0 et 2. Dans ce groupe, un arbre a présenté un degré d'attaque nul (0), atypique par rapport à ses frères. La moitié (1 / 2) des arbres de cette descendance a été moyennement atteinte, avec un degré compris entre 2 et 3 et le dernier quart (1 / 4) des arbres avait un niveau d'attaque compris entre 3 et 4.

La représentation visuelle montre une différence de degrés d'attaques entre les descendance (Fig. 27). En effet, la moyenne de dégâts varie d'une descendance à l'autre. Toutes les descendance ont offert chacune une distribution dissymétrique d'autant plus que les médianes sont écartées des moyennes. Les moustaches des descendance 1 (IMC 67 x SNK 109) ; 2 (IMC 67 x SNK 64) ; 4 (SCA 12 x SNK 16) et 9 (T 79/501 x SNK 13) s'étendaient de l'écart interquartile au degré maximum « médiane inférieure à la moyenne » tandis que la descendance 8 s'étendait de l'écart interquartile vers le degré minimum « médiane supérieure à la moyenne ». Seule la descendance 12 (UPA 143 x SNK 64) a une distribution qui s'étale à la fois au degré minimum et maximum. Deux descendance ont présenté des cacaoyers atypiques de degré 0. Il s'agit des descendance 4 (SCA 12 x SNK 16) et 10 (T 79/501 x SNK 64).

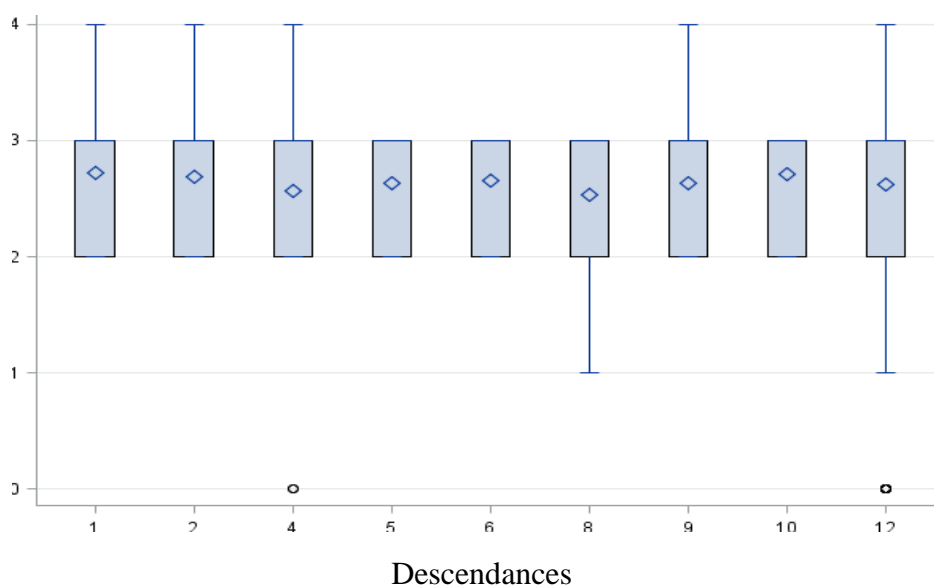


Fig. 27. Distributions de niveaux d'attaques dus aux mirides au sein de chaque descendance

III.1.4.2.2. Comparaison des moyennes de dégâts dus aux mirides dans des descendance

Les résultats de l'analyse de variance ont montré des effets hautement significatifs pour les facteurs descendance et parcelle, et pour l'interaction entre les deux facteurs. Seulement, l'effet de l'interaction faible ($F= 5$) donne la possibilité à une comparaison.

La comparaison des descendance (Tableau XXVI) présente un groupe comprenant les descendance IMC 67 X SNK 109 et T 79/501 X SNK 64 significativement plus attaquées que toutes les autres, avec des niveaux moyens d'attaques de 2,72 et 2,70 respectivement. Une descendance a été significativement moins attaquée que la descendance T 79/501 X SNK 64 et significativement plus attaquée ou plus sensible aux attaques que la variété SNK 109 X T 79/501 : c'est la descendance IMC 67 X SNK 64 dont le niveau moyen d'attaque est 2,68.

Un troisième groupe d'hybrides a été significativement plus attaqué que la descendance SCA 12 X SNK 16 qui a enregistré une moyenne d'attaques de 2,56 et significativement moins affecté que la descendance IMC 67 X SNK 64. Ce sont les descendance UPA 143 X SNK 64 ; T 79/501 X SNK 13 ; SNK 109 X IMC 67 et SNK 109 X T 79/501 avec des niveaux moyens d'attaques de 2,62, 2,63, 2,63 et 2,65 respectivement. Avec un niveau moyen d'attaque de 2,53, la descendance T 79/501 X SNK 109 a été significativement moins affectée que toutes les autres.

Des différences importantes ont été observées entre les croisements réciproques. La descendance issue de IMC 67 X SNK 109 (Haut Amazonien et Trinitario) a présenté une sensibilité moyenne d'attaque de 2,72 supérieure à celle observée pour la descendance issue de SNK 109 X IMC 67 (Trinitario et Haut Amazonien) où la sensibilité moyenne était 2,63. La descendance issue de SNK 109 X T 79/501 (Trinitario et Haut Amazonien) a montré une sensibilité moyenne d'attaque de 2,65 élevée que celle de T 79/501 X SNK 109 (Haut Amazonien et Trinitario) dont la sensibilité moyenne était 2,53.

Tableau XXVI : Classement des descendance selon leurs niveaux d'attaques par des mirides.

| N° descendance | Parent femelle | Parent mâle | Moyenne de sensibilité |
|----------------|----------------|-------------|------------------------|
| 1 | IMC 67 | SNK 109 | 2,72595 a |
| 10 | T 79/501 | SNK 64 | 2,70803 a |
| 2 | IMC 67 | SNK 64 | 2,68672 ab |
| 6 | SNK 109 | T 79/501 | 2,65089 abc |
| 5 | SNK 109 | IMC 67 | 2,63333 abc |
| 9 | T 79/501 | SNK 13 | 2,63317 abc |
| 12 | UPA 143 | SNK 64 | 2,62069 abc |

| | | | |
|---|----------|---------|------------|
| 4 | SCA 12 | SNK 16 | 2,56422 bc |
| 8 | T 79/501 | SNK 109 | 2,53383 c |

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-keuls à 5 %.

III. 1.4.2.3. Relation entre le groupe génétique des parents et les niveaux d'attaques de mirides de leurs descendance

A l'intérieur de chaque catégorie de croisement (Haut Amazonien X Trinitario) et (Trinitario X Haut Amazonien), les descendance appartiennent à différents groupes allant de la plus à la moins sensible à l'attaque (Tableau XXVII). Mais la comparaison des deux catégories de croisement a montré des niveaux de sensibilités semblables vis-à-vis des mirides.

Tableau XXVII: Classement des catégories de croisement selon leurs niveaux d'attaques par les mirides.

| Catégories de croisement | Croisement | Moyenne du croisement | Moyenne de la catégorie |
|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| H X T | IMC 67 X SNK 109 | 2,72595 | 2,63894 a |
| | T 79/501 X SNK 109 | 2,53383 | |
| | T 79/501 X SNK 64 | 2,70803 | |
| | IMC 67 X SNK 64 | 2,68672 | |
| | SCA 12 X SNK 16 | 2,56422 | |
| | UPA 143 X SNK 64 | 2,62069 | |
| | T 79/501 X SNK 13 | 2,63317 | |
| T X H | SNK 109 X IMC 67 | 2,63333 | 2,64211 a |
| | SNK 109 X T 9/501 | 2,65089 | |

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-keuls à 5 %.

H = Haut Amazonien, T = Trinitario

III. 1.4.2.4. Relation entre la teneur en eau des branchettes des descendance et l'attractivité aux mirides.

L'analyse des données obtenues à partir des branchettes prélevées a donné des différences significatives entre les descendance pour leurs teneurs en eau (Tableau XXVIII). Le croisement T79/501 X SNK13 appartenant au groupe de descendance moyennement attractives a émis des branchettes riches en eau au même titre que les descendance issues des croisements IMC67 X SNK109 et T79/501 X SNK64 qui par contre ont été les plus attractifs aux mirides. Ces trois descendance appartiennent au groupe qui a porté des branchettes aux teneurs en eau significativement supérieures à celle de T79/501 X SNK109 donc la valeur

moyenne a été 0.1599833 mg / cm. Un deuxième groupe a été constitué des descendance dont les teneurs moyennes des branchettes ont été significativement inférieures à 0.165151 mg / cm et supérieures à 0.1188914 mg / cm. Il s'agit du groupe des croisements T79/501 X SNK109, SNK109 X IMC67, SCA12 X SNK16, IMC67 X SNK64 et SNK109 X T79/501. Avec une teneur moyenne de 0.1188914 mg / cm, les descendance de croisement UPA143 X SNK64 ont montré que leurs branchettes étaient plus pauvres en eau alors que la descendance a été moyennement sensible aux mirides. Dans le deuxième groupe, T79/501 X SNK109 qui apparaissait comme la descendance la moins sensible aux mirides a présenté des branchettes plus riches en eau que celles issues des croisements UPA143 X SNK64.

Tableau XXVIII: Classement des descendance en fonction de la teneur

| N° descendance | Parent femelle | Parent mâle | Groupe d'attractivité | Moyenne de teneur en eau (mg/cm) |
|----------------|----------------|-------------|-----------------------|----------------------------------|
| 9 | T79/501 | SNK13 | abc | 0.1864537 a |
| 1 | IMC67 | SNK109 | a | 0.1812043 a |
| 10 | T79/501 | SNK64 | a | 0.165151 a |
| 8 | T79/501 | SNK109 | c | 0.1599833 ab |
| 5 | SNK109 | IMC67 | abc | 0.1563970 ab |
| 4 | SCA12 | SNK16 | bc | 0.1525202 ab |
| 2 | IMC67 | SNK64 | ab | 0.1521952 ab |
| 6 | SNK109 | T79/501 | abc | 0.1438430 ab |
| 12 | UPA143 | SNK64 | abc | 0.1188914 b |

III.1.4.3. Sensibilité des géniteurs et combinaisons hybrides constitutives des variétés vis-à-vis de *Phytophthora megakarya*

III.1.4.3.1. Évolution des nécroses sur les disques foliaires incubés

Cinq (5) jours après incubation des disques contaminés, ces derniers ont présenté des points de pénétration, à des échelles variables qui ont révélé ainsi leurs infections par le *P. megakarya* (Fig. 28).

A l'intérieur de chaque expérimentation, l'analyse de variance montre que les effets répétitions « bacs » sont faibles par rapport aux effets « descendance ». De même, l'interaction entre les deux facteurs est beaucoup plus faible que l'effet descendance. Ce qui a conduit à un groupement de toutes les expérimentations pour une analyse globale.

L'analyse de variance à deux (2) facteurs montre des effets hautement significatifs pour les facteurs 'descendance' et 'expérimentation' ($P < 0.0001$). L'interaction entre ces facteurs est hautement significative ($P < 0.0001$).

Le classement (Tableau XXIX) a montré que la descendance T 85/185 x T 60/78 a été significativement plus sensible que toutes les autres. D'autres descendances ont été très sensibles, significativement plus sensibles que BBK 109 X SNK 608. C'étaient SNK 12 X PA 150 ; IFC 303 X PA 121 ; T 63/967 X T 17/924 ; SNK 625 X BBK 735 ; BBK 1418 X MO 20 ; T 60/78 X T 85/185 ; SNK 619 X PA 7 ; SNK 109 X IMC 67 ; PA 13 X P 19 et T 63/967 X T 17/524. Ce résultat n'est pas étonnant dans la mesure où la plupart de ces descendances ont été sélectionnées pour leur productivité plutôt que pour leur résistance à la pourriture brune des cabosses.

Un troisième groupe identifié a été moins sensible que SNK 12 X PA 150 et plus sensible que BBK 1418 X T 79/501. Les descendances de croisements avaient une moyenne de sensibilité comprise entre 3,393 et 3,133. C'étaient BBK 109 X SNK 608 ; SNK 625 X SNK 620 ; PA 4 X P 7 ; UPA 134 X SNK 413 ; T 60/887 X ICS 89 ; AI154 X T 60/78 ; BBK 1016 X PA 7 ; SNK 625 X NA 33 et GU 144/C X EQX 3338. Le quatrième groupe a associé les descendances qui étaient significativement plus sensibles que GU 144/C X EQX 3338 et moins sensibles que BBK 1016 X SNK 608, avec des moyennes de sensibilité situées entre 3,126 et 2,970. T 60/78 X T 85/87 et T 60/887 X NA 33 constituaient le cinquième et sixième groupe respectivement.

Le septième groupe a été celui des descendances significativement moins sensibles que T 60/887 X NA 33 et plus sensibles que SNK 608 X PA 70. Les descendances retrouvées dans ce groupe étaient TEMOIN B (LOCAL) ; IMC 67 X SNK 109 ; SCA 24 X SNK 614 et MAN 15/2 X T 85/799. Un groupe de descendances a été significativement plus tolérant que toutes les autres descendances. C'était le groupe constitué de PA 107 X ICS 40 ; PA 150 ; (POUND 7 X PA 150) X IMC 67 ; PA 107 X MA 12 et PA 107 X SNK 614. Ce sont trois (3) croisements avec PA 107 comme parent femelle et un (1) croisement trois (3) voies avec 3 parents résistants. Un autre a été significativement plus tolérant que MAN 15/2 X T 85/799. Il a été constitué de SNK 608 X PA 70 ; T 60/887 X MO 20 ; SNK 614 X PA 7 ; SNK 614 X SNK 608 ; SCA 6 ; TEMOIN A (HYB) ; SNK 614 X SCA 24 ; SNK 413 ; UPA 143 X SNK 64 et PA 7 x SNK 614.

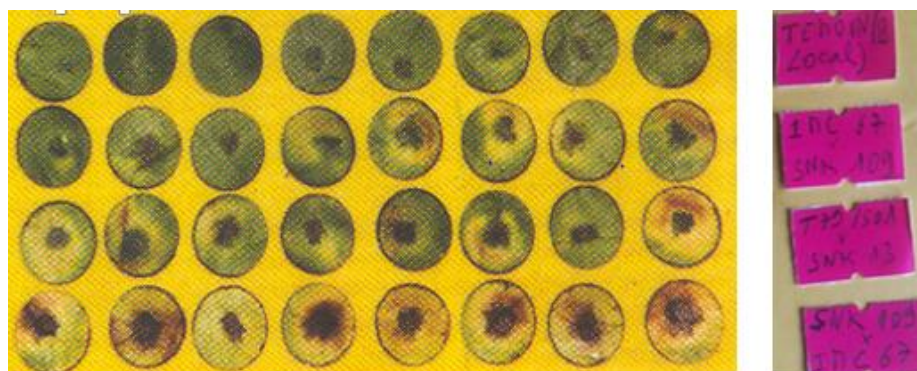


Fig. 28. Disques foliaires présentant des symptômes d'infection.

Tableau XXIX: Classement des descendances et clones selon leurs niveaux de sensibilité à *P. megakarya*

| Modalité | Moyenne estimée | Groupes | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| PA 107 * SNK 614 | 1,978 | A | | | | | | | |
| PA 107 * MA 12 | 1,978 | A | | | | | | | |
| (POUND 7 * PA 150)*IMC 67 | 2,141 | A | | | | | | | |
| PA 150 | 2,345 | A | B | | | | | | |
| PA 107 * ICS 40 | 2,381 | A | B | C | | | | | |
| PA 7 * SNK 614 | 2,400 | A | B | C | D | | | | |
| UPA 143 * SNK 64 | 2,501 | | B | C | D | | | | |
| SNK 413 | 2,519 | | B | C | D | | | | |
| SNK 614 * SCA 24 | 2,526 | | B | C | D | | | | |
| TEMOIN A (HYB) | 2,595 | | B | C | D | | | | |
| SCA 6 | 2,596 | | B | C | D | | | | |
| SNK 614 * SNK 608 | 2,644 | | B | C | D | | | | |
| SNK 614 * PA 7 | 2,658 | | B | C | D | | | | |
| T 60/887 * MO 20 | 2,722 | | | C | D | | | | |
| SNK 608 * PA 70 | 2,754 | | | | D | | | | |
| MAN 15/2 * T 85/799 | 2,844 | | | | D | E | | | |
| SCA 24 * SNK 614 | 2,852 | | | | D | E | | | |
| IMC 67 * SNK 109 | 2,867 | | | | D | E | | | |
| TEMOIN B (LOCAL) | 2,872 | | | | D | E | | | |
| T 60/887 * NA 33 | 2,886 | | | | D | E | F | | |
| T 60/78 * T 85/87 | 2,911 | | | | D | E | F | G | |
| BBK 1016 * SNK 608 | 2,970 | | | | D | E | F | G | H |
| BBK 1016 * GU 255/V | 3,000 | | | | D | E | F | G | H |
| SNK 619 * SNK 64 | 3,007 | | | | D | E | F | G | H |
| T 60/887 * SNK 413 | 3,009 | | | | D | E | F | G | H |
| GU 144 * NA 33 | 3,104 | | | | D | E | F | G | H |
| SNK 625 * PA 107 | 3,106 | | | | D | E | F | G | H |
| T 79/501 * SNK 13 | 3,111 | | | | D | E | F | G | H |
| AI/154 * T 85/185 | 3,120 | | | | D | E | F | G | H |
| BBK 1418 * T 79/501 | 3,126 | | | | D | E | F | G | H |
| GU 144/C * EQX 3338 | 3,133 | | | | D | E | F | G | H |
| SNK 625 * NA 33 | 3,141 | | | | | E | F | G | H |
| BBK 1016 * PA 7 | 3,237 | | | | | E | F | G | H |
| AI154 * T 60/78 | 3,237 | | | | | | F | G | H |
| T 60/887 * ICS 89 | 3,244 | | | | | | | G | H |
| UPA 134 * SNK 413 | 3,279 | | | | | | | | H |
| PA 4 * P 7 | 3,341 | | | | | | | | H |

| | | | |
|---------------------|-------|---|---|
| SNK 625 * SNK 620 | 3,392 | H | |
| BBK 109 * SNK 608 | 3,393 | H | |
| SNK 12 * PA 150 | 3,481 | | I |
| IFC 303 * PA 121 | 3,486 | | I |
| T 63/967 * T 17/924 | 3,535 | | I |
| SNK 625 * BBK 735 | 3,544 | | I |
| BBK 1418 * MO 20 | 3,548 | | I |
| T 60/78 * T 85/185 | 3,581 | | I |
| SNK 619 * PA 7 | 3,640 | | I |
| SNK 109 * IMC 67 | 3,641 | | I |
| PA 13 * P 19 | 3,644 | | I |
| T 63/967 * T 17/524 | 3,719 | | I |
| T 85/185 * T60/78 | 3,956 | | J |

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-keuls au seuil de 5%

III.1.4.3.2. Relation entre la résistance des parents et celles de leurs descendance

Des moyennes de sensibilité à *P. megakarya* significativement différentes entre elles ont été enregistrées entre les catégories de croisement (Tableau XXX). Trois (3) grands groupes essentiels de sensibilité à la maladie ont été identifiés. Néanmoins, des descendance comparables ont été observées, bien qu'appartenant à des catégories de croisements différents. Ces descendance étaient SNK 608 X PA 70 ; SNK 614 X SNK 608 ; UPA 143 X SNK 413 ; SCA 24 X SNK 614 et IMC 67 X SNK 109.

Tableau XXX: Différentes catégories de croisements avec leurs notes et leurs groupes

| Catégories | Croisements | moyenne des croisements | Groupe des catégories |
|------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| R X R | BBK 1016 X GU 255/V | 3 cdef | a |
| | BBK 1418 X T 79/501 | 3.126 cdef | |
| | POUND 7 X PA 150 | 2.141 a | |
| R X MS | SNK 608 X PA 70 | 2.754 bc | ab |
| | SNK 614 X SNK 608 | 2.644 bc | |
| | BBK 1016 X SNK 608 | 3.189 bcde | |
| | SNK 619 X SNK 64 | 3.007 bcde | |
| | UPA 143 X SNK 413 | 2.508 bc | |
| R X S | IFC 303 X PA 121 | 3.485 ef | b |
| | SCA 24 X SNK 614 | 2.852 bc | |
| | SNK 12 X PA 150 | 3.481 def | |
| | SNK 614 X SCA 24 | 2.526 ab | |
| | T 79/501 X SNK 13 | 3.111 cde | |
| S X MS | IMC 67 X SNK 109 | 2.867 bc | b |

N.B : R = Résistant, S = Sensible, MS = Moyennement sensible

III.2. Discussion

Les méthodes d'évaluations de comportements des combinaisons d'hybrides et variétés de cacaoyers en milieu réel ou paysan, ont montré une variabilité au niveau des mortalités, rendements, grosseurs des fèves, vigueurs des troncs, fertilités ovulaires et des attaques par les bio-agresseurs. Ces variabilités ont été observées tant au niveau des descendances qu'au niveau des parcelles.

Des variations des taux de mortalités ont été enregistrées entre les parcelles et entre les descendances. S'il existait les arbres de hauteur pour servir de couverture sur les cacaoyers, cette variation serait attribuée au niveau d'ombrage. Seulement, tous les cacaoyers ont été installés sur des espaces dépourvus d'arbres d'ombrage. En effet, les espèces pérennes associées devant fournir l'ombrage ont été plantées la même année que les cacaoyers avec lesquels ils grandissent ensemble. Les hauteurs de ces arbres n'ont pas été suffisantes pour jouer le rôle de couverture. Ainsi, les différences observées seraient attribuées soit aux types de croisements utilisés qui présenteraient peut-être des différences de capacités à se maintenir en absence de l'ombrage d'une part et d'autre part, sur des sols moyennement riches à pauvres.

L'hybride IMC67 X SNK 109 a enregistré le plus faible taux de mortalité (14 %) et s'est ainsi présenté comme descendance la plus adaptée à la zone limite de culture de cacaoyer. Avec le taux de mortalité de 34 % enregistré par les descendances 79/501 X SNK 109 et T 79/501 X SNK 64, ces dernières se sont faiblement adaptées. Dans l'ensemble, les moyennes de mortalité pour les parcelles et les descendances ont été similaires et égales à 24 %. Cependant, un niveau bas de survie a été également observé dans les parcelles traditionnelles de cacaoyer et explique d'une part, la stratégie adoptée par les agriculteurs, consistant à planter les cacaoyers à très haute densité, pour aboutir à une densité d'environ 1.100 arbres / ha après quelques années. D'autre part, les planteurs effectuent régulièrement des remplacements des cacaoyers morts lors de l'entretien des exploitations. En fait, comme avaient décrit Burle, (1961) et Braudeau, (1969), le cacaoyer est une plante d'ombre dont le développement optimal exige d'une part une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 1 500 et 2 500 mm de pluies ou encore un sol riche et profond lorsque la pluviométrie varie entre 1100 à 1200 mm de pluie. Or cette zone d'étude est généralement constituée de sol pauvre, couverte par un régime pluviométrique bimodal, avec une valeur annuelle moyenne de 1 300 mm. Aussi, les cacaoyers ont été exposés au soleil dès les premières années de plantations et sont ainsi soumis aux conditions rudes, au regard du changement de climat que nous observons aujourd'hui. Ainsi, la pluviométrie, la teneur en eau des sols, la capacité d'absorption d'eau par les racines de

cacaoyers, la biomasse des racines fines, la litière foliaire qui couvre le sol et contribue à minimiser l'évaporation d'eau du sol, le flux de dioxyde de carbone dans le sol pourraient expliquer en partie, les taux de mortalités observés au niveau des parcelles et descendances. Il n'en demeure pas moins que ces facteurs concourent aussi en faveur de la croissance en diamètre des cacaoyers.

Les différences de fructifications observées entre les descendances montrent que le nombre de fleurs transformées en fruits ou cabosses n'a pas été le même chez tous les descendances de croisements. Cette différence pourrait être attribuée à l'action d'un mécanisme physiologique d'auto - régulation du nombre de fruits arrivant à maturité pour un génotype donné et à l'aptitude des fleurs de ce dernier vis-à-vis de la pollinisation ; c'est à dire au dépôt de pollens compatible sur les styles des fleurs d'une part et d'autre part au nombre minimal de graines pour qu'une jeune chérelle ne dessèche et tombe comme l'avait décrit Mossu en (1990). Les descendances SNK 109 X IMC 67 et T 79/501 X SNK 13 ont produit plus de cabosses et moins de cacao marchant contrairement à IMC 67 X SNK 109 et IMC 67 X SNK 64 qui ont produit moins de cabosses et plus de cacao marchant. Cette situation qui a été aussi illustrée par le sens de croisement serait liée aux origines génétiques des parents dont sont issues ces descendances. Les cabosses issues des hybrides ont présenté une moyenne de 32 à 41 fèves, montrant ainsi certaines cabosses avec un léger écart de 1 à 3 fèves comparativement aux résultats des travaux de Enriquez et Parades (1989) qui ont montré que le fruit de cacaoyer présente une moyenne de 30 à 40 fèves de cacao, puis de Bastide et Sounigo (1993) qui ont trouvé une moyenne de 31 à 38 graines par cabosse. De plus, des variations en nombres moyens de graines ont été observées dans des descendances issues de même parent femelle. En effet, parmi les croisements où T 79/501 et IMC 67 ont été considérés comme parent femelle ; la pollinisation a été plus complète chez les descendances T 79/501 X SNK 109 et IMC 67 X SNK 109. En revanche, le géniteur SNK 109 serait intéressant lorsqu'il est considéré comme parent mâle.

Les comparaisons des nombres de graines par cabosse avec les nombres de graines potentiels compris entre 40 et 45 que comportent les chérelles ont montré que tous les ovules fécondés ne sont pas arrivés à maturité. Donc, le remplissage des cabosses en graines n'est pas effectif chez les descendances de cacaoyers utilisées dans les essais. Les graines manquantes seraient le résultat de non croissance de certains ovules fécondés étant donné que les fèves plates ont été observées dans chaque échantillon mais n'ont pas été comptabilisées. Ainsi, la faible ou forte production en nombre moyen de fèves enregistrées par cabosse d'une

descendance testée pourrait être la conséquence de nombre d'ovules fécondés dans l'ovaire de la fleur de cette dernière. Les résultats confirment ceux de Nguyen-Ban (1994) qui a démontré une différence de niveaux de pollinisations, suite à une mauvaise évolution de certains ovules fécondés. Dans l'ensemble, toutes les descendance de croisements ont présenté une différence de fertilité ovarienne de part leurs différences en nombre de fèves, généralement compris entre 2 à 7 fèves par cabosse, similaires aux résultats présentés par les travaux de Lachenaud (1991). Aussi, les travaux de Lockwood et Edwards (1980) et Lachenaud (1991) ont révélé une régression linéaire quant à la relation entre le nombre d'ovule par ovaire et le nombre de fèves par cabosse, traduisant ainsi une pollinisation insuffisante chez le cacaoyer. Il est donc certain que parmi les descendance utilisées, T 79/501 est le parent femelle donc le minimum d'ovules fécondés dans son ovaire et qui a évolué jusqu'à obtention de fèves est 32. Ce nombre est supérieur ou égale à 41 ovules pour le parent femelle IMC 67.

Aucun rapport ne peut être déduit entre le remplissage des cabosses en graines et la masse d'une fève. En effet, on pouvait s'attendre à avoir des fèves de petites masses pour les cabosses contenant assez de fèves, mais on a constaté que les hybrides IMC 67 X SNK 109 et T 79/501 X SNK 13 ont présenté des cabosses de 41 et 32 graines respectivement, avec une masse moyenne respective de 1,4 et 1,1 g par unité de graine. En plus, les descendance IMC 67 X SNK 64 et SNK 109 X T 79/501 ont présenté des fèves de même masse, avec des niveaux de remplissages différents. La moyenne de masse par unité de fève de chaque descendance est supérieure à 1 g, donc intéressant pour les chocolatiers qui généralement ne sollicitent pas les petites fèves, d'une masse moyenne inférieure à un gramme. Ainsi, les valeurs obtenues de la granulométrie, reconnue comme caractère plus héritable à travers les travaux similaires effectués par Loopez et Enriquez (1987), puis Cilas et *al.* (1989) semblent encourager à poursuivre les travaux de croisement des géniteurs utilisés pour ces évaluations.

Pour chaque descendance, la variabilité des rendements a été observée d'une parcelle à l'autre. Malgré ce haut niveau de variabilité, il a été possible de classer les neuf (9) descendance pour leur niveau de rendement. Quatre (4) d'entre elles telles IMC 67 X SNK 109 ; IMC 67 X SNK 64 ; SNK 109 X T79/501 et SNK 109 X IMC 67 ont présenté des rendements significativement plus élevés que les cinq (5) autres. Dans ce groupe, la descendance issue de IMC 67 X SNK 109 a été caractérisée par une importante fluctuation de rendements et a été considérée comme moins stable. Cependant, avec son rendement qui a été nettement supérieur à celui des trois (3) autres descendance assez productrices et stables, elle devrait être libérée. Bien que l'évaluation, fondée sur sept (7) années consécutives de

production, puisse être considérée comme suffisamment fiable pour recommander la dissémination des descendances chez les agriculteurs, il serait intéressant de poursuivre l'évaluation des descendances dans les mêmes parcelles d'essai au cours d'une période plus longue, afin d'estimer leur longévité et leur stabilité en rendement au fil du temps comme l'ont fait Tahiri et *al.* (2019) lors de ses travaux de sélection.

De plus, la conception agronomique adoptée dans les parcelles expérimentales diffère fortement de la gestion agronomique traditionnelle qui prévaut au Cameroun telle que décrite par Jagoret et *al.* (2017). Dans les essais, les cacaoyers ne sont soumis qu'à un ombrage temporaire fourni par les tiges de maïs et de bananiers-plantains pendant les premières années après la plantation. L'ombrage plus fort, susceptible d'être fourni par les palmiers à huile ou les arbres fruitiers, n'est pas encore effectif. Cette gestion agronomique diffère du système traditionnel qui consiste généralement à planter des cacaoyers sous ombre permanent, fourni par des arbres de forêts et fruitiers déjà bien développés. Dans ces conditions, nous avons tendance à sélectionner des descendances adaptées aux conditions de faibles ombrages, pouvant supporter les conditions climatiques plus dures où la température et l'évaporation sont plus élevées. Mais, les données ne prédisent pas nécessairement les performances agronomiques de ces descendances dans d'autres régions productrices de cacao du pays, où les conditions pédologiques et climatiques prévalant sont différentes de celles du Mbam. Le niveau de rendement pourrait être différent, ce qui pourrait avoir un impact sur la production fruitière.

La différence significative observée entre les niveaux de productivités des descendances issues de croisements réciproques IMC 67 × SNK 109 et SNK 109 × IMC 67 ; T 79/501 × SNK 109 et SNK 109 × T 79/501 confirmerait l'existence d'effets réciproques pour ce caractère de productivité, démontré par Després et *al.* (1989), dans un essai parallèle réalisé au Cameroun, et dans une expérience diallelle menée au Ghana par Padi et Ofori (2020). Les résultats de ces croisements indiquent que, dans les parcelles de jardins semenciers bi-clonaux mis en place avec des clones T 79/501 et SNK 109, les cabosses récoltées sur T 79/501 doivent être utilisées pour la production de cacao tandis que seules celles récoltées sur SNK 109 doivent être utilisées comme sources de matériel végétal pour les agriculteurs

Toutes les descendances hybrides de la catégorie de Trinitario × Haut Amazonien ont été très intéressantes pour leurs productivités. Bien que le niveau moyen de production entre les Haut Amazonien × Trinitario ait été moins intéressant par rapport à celui de sa réciproque, il faudrait réaliser d'autres tests avec des catégories de croisements équilibrés en nombre de descendances. En effet, le résultat qui a été présenté par le croisement Haut Amazonien ×

Trinitario correspond à celui d'un ensemble de sept (7) descendances de croisements, contre deux descendances hybrides de la catégorie de Trinitario × Haut Amazonien. Cependant, des productivités très intéressantes ont été observées au sein des hybrides de la catégorie Haut Amazonien × Trinitario.

Les descendances issues de SNK 109 × IMC 67 se sont avérées plus vigoureuses sur les sols marginaux de la région de Mbam, contrairement aux descendances issues de T 79/501 × SNK 64 qui ont présenté la moyenne de vigueur la plus faible. Le groupe constitué des descendances IMC 67 × SNK 109 ; IMC 67 × SNK 64 ; SNK 109 × T79/501 ; SCA 12 × SNK 16 ; T 79/501 × SNK 109 ; T 79/501 × SNK 13 ; UPA 143 × SNK 64 a présenté une capacité de croissance intermédiaire. Les résultats de la corrélation entre la production en cacao marchand et la vigueur des cacaoyers ont présenté les hybrides IMC 67 × SNK 109 ; SNK 109 × T 79/501 ; IMC 67 × SNK 64 ; SNK 109 × IMC 67 comme les plus intéressantes. On pourrait donc admettre que la production d'un arbre ne dépendrait pas de la circonférence du tronc. Les descendances UPA 143 X SNK 64 ; SCA 12 X SNK16 bien qu'ayant des rendements en cacao marchand sensiblement inférieurs à ceux des quatre (4) premiers sont restées très intéressantes pour leurs masses moyennes en unité de fève qui est 1,3 et 1,1 g respectivement. De plus, SCA 12 X SNK16 a enregistré un nombre considérable de fèves (36) par cabosse. Ces deux descendances devraient être présélectionnées.

La variété 14 dite traditionnelle (cacao allemand), comparée à V 15 et V 19, a toutefois présenté des taux de survie et des rendements faibles. Les rendements potentiels et réels de la variété 14 ont varié de 402,5 à 514 Kg / ha et de 281 à 343 Kg / ha pour le potentiel et réel respectivement. Ces faibles performances contrastent avec le haut niveau de rendement couramment observé pour cette variété, lorsqu'elle est cultivée dans des parcelles traditionnelles, dans des conditions de fort ombrage. D'où le milieu ouvert serait défavorable au développement harmonieux de cette variété. Évaluées individuellement et pour une densité de 1 111 cacaoyers à l'hectare, six (6) descendances de cacaoyers ont présenté des niveaux de rendements annuels très variables situés entre 925,463 et 1484,296 Kg / ha pour le potentiel, puis entre 723,261 et 1311 kg / ha pour le rendement réel. Groupés en une seule variété dite Variété 19, des rendements moyennes annuels potentiel et réel ont varié de 654,59 à 828 Kg / ha et 493 à 585 Kg / ha respectivement, similaire aux rendements potentiel et réel donc les variations ont été entre 703,3 à 723 Kg / ha et 493,3 à 545,5 kg / ha respectifs, fournis par la variété 15 issue de mélange de descendances obtenues à partir des cabosses récoltées sur des cacaoyers de type « hybride ». Au regard des productivités individuelles de chacune des

descendances de la variété 19, ce résultat serait dû à la présence des hybrides UPA 143 X SNK 64 et SCA 12 X SNK16, aux productivités moyenne à faible, retenus sur la base de leurs masses en unité de graine. Des descendances aux productivités élevées seraient présentes au sein de la variété 15.

Onze (11) parcelles ont présenté des niveaux de productivités potentielles compris entre 726 et 1704 g CM / arbre et sept (7) parcelles ont présenté des niveaux de productivités réelles situés entre 725 et 1270 g CM / arbre. Cinq (5) autres ont présenté une productivité réelle variant entre 512 et 619 g CM / arbre, similaire ou légèrement inférieure à celle des parcelles traditionnelles qui est de 560 g CM / arbre. Ces valeurs correspondent aux rendements annuels potentiels qui varient de 806,5 à 1893 Kg de CM / ha dans le cas des rendements potentiels, de 850 à 1411 Kg de CM / ha dans le cas des rendements réels, pour une densité de 1111 cacaoyers à l'hectare, contre 622 kg de CM / ha, habituellement observés pour la même densité, dans les parcelles traditionnelles adultes qui ont été installées dans la même région (Jagoret et *al.*, 2017).

La moyenne de mortalité enregistrée par l'association avec les fruitiers est de 24 %, significativement inférieure à la moyenne observée chez les associations avec les palmiers à huile qui est de 28 %. Les différences observées pourraient être attribuées aux systèmes arboricoles de chaque type de parcelle. Au regard des mécanismes fournis par le système arboricole et qui peuvent atténuer les impacts de certains événements sur les parcelles, les disparités de taux de mortalité entre les deux systèmes pourraient être le résultat des effets d'arbres associés sur les disponibilités des sols en eau et dioxyde de carbone, sur les quantités de litière pouvant jouer le rôle de barrière à l'évaporation. La culture intercalaire des cacaoyers avec des palmiers à huile s'est traduite par un niveau de rendement moyen en cacao inférieur à celui des cacaoyers intercalés avec des arbres fruitiers. Ce résultat est lié à la configuration des types de parcelles. En effet, les valeurs de 894 et 735 g CM / arbre correspondent respectivement à 869 et 714,5 Kg CM / ha qui sont des rendements potentiel et réel respectivement, pour une densité de 972 cacaoyers à l'hectare dans le cas des associations avec les fruitiers. Puis les valeurs 827 et 655 g CM / arbre correspondent respectivement à 612 et 485 kg CM / ha qui sont des rendements potentiel et réel respectivement, pour une densité de 740 cacaoyers dans le cas des associations avec les palmiers. Donc le nombre de plants de cacaoyers des parcelles associées aux fruitiers est supérieur à ceux associés aux palmiers à huile. Excepté le rendement réel des parcelles associées avec le palmier, tous ces rendements ont été supérieurs à ceux des parcelles traditionnelles. Cependant, ces résultats devraient être confirmés, car ils ont été obtenus sur un petit nombre de parcelles. La baisse du rendement du

cacao pourrait être contre balancée par les revenus de l'huile de palme qui est beaucoup plus facile à commercialiser au niveau du village que les fruits obtenus des avocatiers, agrumes et safoutiers. En effet, les systèmes fruitiers et palmiers prévoient respectivement 151 fruitiers et 122 plants de palmier à l'hectare. Les quantités de fruits produits et régimes de noix récoltés sur les parcelles d'essais sont énormes et incitent les revendeurs à visiter quotidiennement les villages pour se ravitailler. Mais, il serait intéressant d'évaluer les tonnages d'huile et les quantités de fruits produits afin de dégager le niveau d'importance de chaque type de parcelle.

L'état sanitaire des exploitations a révélé la présence des bioagresseurs accompagnés des dégâts importants, dus aux mirides et à la maladie de die-back. La méthode d'isolement et de purification en conditions contrôlées, en utilisant les explants soupçonnés d'être atteints de die - back a révélé la présence de *Lasiodiplodia theobromae* et de *Fusarium sp.* Ce résultat est similaire à celui obtenu en 2008 et 2020 par Mbenoun et *al.* et Mvondo respectivement. La maladie commence par un cacaoyer, quel que soit son emplacement dans l'exploitation et la descendance, puis progresse vers d'autres emplacements.

La distribution des piqûres des mirides sur les cacaoyers a été variable suivant les descendances, traduisant ainsi une différence d'attractivité de ces dernières vis-à-vis des mirides. Ces résultats ont été similaires à ceux des travaux effectués par Nguyen-Ban (1994), puis par Badegana et *al.* (2006), qui ont montré une différence d'attractivité entre différents types de clones. Cette variation de comportement serait certainement due à un ou plusieurs paramètres endogènes aux cacaoyers. En effet, les cacaoyers ont constitué une source alimentaire pour les mirides reconnus comme des insectes piqueurs suceurs. Ces derniers ont prélevé leurs aliments à travers l'écorce par insertion de leurs stylets ou pièces buccales. Les enfoncements de ces pièces ont été suivis de petites ponctions de sèves qui ont laissé apparaître des taches superficielles sur les parties piquées. Soit, le miride retire rapidement ses stylets si l'écorce qui constitue le support alimentaire offre une certaine résistance à leurs pénétrations, soit il peut prélever de la nourriture entre les parois cellulaires dans le cas contraire. Le prélèvement abondant entraîne la destruction des cellules, l'effondrement du tissu sous-jacent et la formation d'une dépression au niveau de la ponction. Il apparaît donc que l'écorce des cacaoyers qui est le support de nutriments recherchés par les mirides, n'offre pas les mêmes possibilités en quantité d'aliment. En revanche, les variabilités des ampleurs des attaques observées suivant les descendances seraient liées aux quantités variables de nutriments que disposerait l'écorce de chacune des descendances. Il est donc évident que lorsque les mirides est dans un milieu constitué de plusieurs cacaoyers, il fait le choix de celui sur lequel il préfère se nourrir. Donc,

plus une descendance dispose des ressources alimentaires, plus il est préféré par les mirides qui occasionnent des dommages importants sur son écorce. D'autre part, les valeurs de teneur en eau des branchettes présentées par les descendances T79/501 X SNK109 ; T79/501 X SNK13 et SCA12 X SNK16 semblent justifier leurs niveaux d'attractivités aux mirides. Et, si on admet que l'eau occupe une place privilégiée dans le métabolisme et le potentiel de reproduction des piqueurs-suceurs comme l'ont démontré les travaux de Cross (1967) et Darko (1968.), on peut déduire que l'ampleur des dégâts est dépendant en partie de la disponibilité hydrique de la descendance. Il est donc incontestable qu'au-delà de la quantité de nutriments et la teneur en eau, l'attractivité de la plante hôte soit aussi influencée par d'autres facteurs endogènes à la plante.

Une (1) seule descendance de croisement telle T 79/501 X SNK 109 a été très intéressante pour la tolérance aux piqûres des mirides. Ce qui a semblé confirmer les plaintes des paysans au cours de nombreuses enquêtes menées auprès d'eux. En effet, l'échantillonnage installé dans les essais est faiblement représentatif des hybrides vulgarisés. La forte différence de comportement observée entre les descendances des combinaisons réciproques IMC 67 X SNK 109 et SNK 109 X IMC 67, puis SNK 109 X T 9/501 et T 79/501 X SNK 109 montrerait un lien entre le niveau d'attractivité des descendances et celui de leurs parents, d'où la nécessité de conduire une étude sur la détermination du niveau de sensibilité des clones parentaux. L'origine génétique des parents semble ne pas influencer sur la sensibilité de matériel végétal à l'attaque des mirides. Les descendances appartenant à une même catégorie de croisement ont présenté des niveaux des sensibilités variables (T 79/501 X SNK 109 ; IMC 67 X SNK 109). Ces résultats obtenus sont considérés comme fiables car à l'issue de certaines études de niveaux de dommages des mirides sur les clones, menées par Sounigo et *al.* (1994), puis N'Guessan et *al.*, 2005. Nguyen-Ban (1994), les résultats indiquaient que la sensibilité ou la tolérance de cacaoyers aux mirides variait d'un génotype à l'autre à l'intérieur d'un même groupe. En effet, les descendances sont issues des parents hauts amazoniens et de Trinitarios SNK de génotypes différents. Ceci démontre l'intérêt d'une plantation hétérogène, constituée de plusieurs descendances ou clones tolérants ou peu attractifs aux mirides, si celles-ci ont de bonnes caractéristiques agronomiques ou encore si elles sont intégrées dans un programme de sélection pour incorporer les gènes de tolérance dans des variétés appropriées.

La manifestation mineure de la pourriture des cabosses dans les parcelles serait le fait du mode de culture adopté qui est favorable à un microclimat rude défavorable au développement de l'agent pathogène responsable de la pourriture brune. En revanche,

l'infection en conditions contrôlées des disques de feuilles sur un grand nombre de descendances de pleins frères, parmi lesquelles figurent plusieurs descendances vulgarisées a montré une variabilité dans la sensibilité des différentes descendances vis-à-vis de *Phytophthora. megakarya*.

Les clones PA 150, SNK 413, SCA 6 utilisés comme témoins tolérants l'agent pathogène se sont montrés également tolérants et ont confirmé ainsi la réussite et la fiabilité du test. Les données enregistrées ont été contradictoires quant au niveau de sensibilité du matériel végétal cultivé chez les planteurs. En effet, le niveau de sensibilité assez élevé des descendances hybrides SNK 109 x IMC 67, IMC 67 x SNK 109 et T 79/501 x SNK 13, communément vulgarisées par la Société de Développement du Cacao, a semblé confirmer la forte sensibilité de ces derniers, souvent rapportée par les planteurs de cacao camerounais, au cours de nombreuses enquêtes menées auprès d'eux. Par contre, le faible niveau de sensibilité observé sur le Témoin A (Hyb) a semblé infirmer cette tendance. Ce témoin A, consiste en une descendance libre issue de quatre (4) cabosses prélevées sur un arbre choisi au hasard dans une plantation d'hybrides vulgarisés. Cet échantillon n'est donc que faiblement représentatif des hybrides vulgarisés et il est possible que les cabosses aient été récoltées sur un arbre résistant. D'ailleurs, le même type de témoin, mais issu d'un plus grand nombre de cabosses, prélevées sur plusieurs arbres, avait montré un niveau de sensibilité élevé, au cours d'une autre série de tests d'inoculation sur feuille effectuées en 2007 par Sounigo et *al.*. En revanche, le niveau moyen de sensibilité du témoin B (cacao allemand) a semblé être en accord avec les commentaires recueillis chez les planteurs sur ce type de matériel végétal.

La forte différence de niveau de sensibilité entre les croisements réciproques SNK 109 X IMC 67 et IMC 67 X SNK 109 où le premier a été plus sensible que le deuxième (croisement réciproque) a montré que le parent SNK 109 serait avantageux d'être utilisé comme géniteur. Les résultats de l'analyse sur l'effet « type de croisement » a montré une variabilité entre les croisements d'une même catégorie aussi forte que la variabilité entre différentes catégories. Ainsi, sur les trois descendances issues de croisements entre deux (2) parents tolérants, une seule a été tolérante alors que deux autres ont été sensibles. Aussi, des descendances sensibles et tolérantes ont été observées dans les quatre (4) catégories de croisements. Ceci a montré que le choix des parents n'est pas suffisant pour assurer de la tolérance d'une descendance et confirme l'intérêt de tester chaque descendance. De plus, ces résultats ont semblé être en contradiction avec l'héritabilité de ce caractère, qui a été mise en évidence par plusieurs auteurs (Paulin et Lachenaud, 2006, Iwaro et *al.*, 2006). Néanmoins, le nombre de croisements testés par catégorie a été trop faible pour en tirer des conclusions définitives.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Conclusion

Les croisements testés ont exprimé des comportements différents vis-à-vis des paramètres évalués. Les descendance ont présenté des taux de mortalités variables conduisant au moyen de 24 %. Donc les hybrides peuvent être considérés comme adaptés aux conditions climatiques rudes, capables de supporter une exposition prolongée au soleil, sans ombrage suffisant. Avec le plus faible taux de mortalité, la descendance IMC 67 X SNK 109 est considérée comme la mieux adaptée que toutes les autres. Elle a une moyenne de circonférence du tronc intermédiaire et égale à 35,5 cm. Les plus forts taux ont été affichés par T 79/501 X SNK 109 et T 79/501 X SNK 64 avec des moyennes de circonférences respectifs intermédiaire et plus faible, soit 35 et 30 cm. La descendance de SNK 109 X IMC 67 a présenté la vigueur la plus importante qui est de 39 cm. La masse moyenne de cacao par arbre ne dépend pas du nombre moyen de cabosses par arbre. Certaines descendance telles T 79/501 X SNK 64 ; IMC 67 X SNK 64 ; UPA 143 X SNK 64, moins productives en nombre moyen de cabosses ont donné des masses moyennes importantes de cacao marchand que celle de la descendance T 79/501 X SNK 13, plus productive en cabosses par arbre. Les descendance IMC 67 X SNK 109 ; IMC 67 X SNK 64 ont fourni les plus grandes masses moyennes en cacao par cabosse.

Les descendance aux rendements élevés telles IMC 67 X SNK 109 ; SNK 109 X IMC 67 ; SNK 109 X T 79/501 et IMC 67 X SNK 64, ainsi que UPA 143 X SNK 64 et SCA 12 X SNK16 aux masses intéressantes devraient être présélectionnées pour la comparaison avec d'autres variétés. Cependant, le niveau élevé de variabilité devrait être pris en compte lors de la communication d'informations aux agriculteurs sur le niveau de rendement attendu de ces descendance. Cette information ne devrait pas seulement comprendre la valeur moyenne de production, mais aussi la gamme de valeurs qui pourraient être observées pour chaque descendance. Les valeurs des rendements à communiquer aux agriculteurs devraient être celles du rendement réel, compte tenu de l'écovalence élevée de IMC 67 × SNK 109, afin de réduire les désagréments qui pourraient naître de l'utilisation d'une seule descendance. Les productivités fournies par les hybrides ont aboutis à la mise en évidence de la supériorité du géniteur SNK 109 avec une bonne aptitude à la combinaison. Chacune des fèves issues des descendance utilisées a fourni une masse supérieure à 1 gramme, recherchée sur le marché de cacao. Une fertilité incomplète a été observée chez toutes les descendance testées.

La variété traditionnelle s'est faiblement adaptée en plein soleil comparativement aux variétés 15 et 19. Cependant, les taux de survie des variétés 15 et 19 sont similaires à ceux observés dans les plantations traditionnelles. Leurs rendements ont été semblables et considérables, supérieurs à celui des exploitations traditionnelles (V 14). Les descendance

UPA 143 X SNK 64 et SCA 12 X SNK16 devraient être exclues de la variété 19 et les quatre (4) descendances de hautes productivités devraient être recommandées aux agriculteurs. Ainsi, la création d'hybrides entre clones appartenant à des groupes génétiques différents serait intéressante pour l'amélioration génétique du cacaoyer au Cameroun. Les cacaoyers ont été plantés la même année que les arbres pérennes associés, sur des zones marginales et ces espèces pérennes n'ont pas atteint des hauteurs suffisantes pour jouer ce rôle de couverture. Ainsi, on a tendance à sélectionner le matériel adapté aux conditions rudes.

L'agro forêt développé sur les parcelles a présenté une moyenne de survie de 24 % de cacaoyers. Les plus forts ou faibles taux ont été enregistrés dans les associations avec les fruitiers tout comme avec les palmiers. Donc la gestion agronomique adoptée sur ces zones de savane et jachères, aurait fourni plusieurs mécanismes qui ont atténué les impacts des événements météorologiques extrêmes que nous observons à ce jour. Dans les associations avec les fruitiers, la moyenne de mortalité et la productivité en cacao marchand ont été respectivement moins importantes et plus intéressantes. Dans le même ordre, ces valeurs ont été renversées dans les associations palmiers. Les données des rendements obtenus de chacune des associations sont supérieures à celles des parcelles traditionnelles. Les différents systèmes expérimentés sont basés sur la diversification des produits de récolte qui jouerait en faveur de la réduction de la vulnérabilité des moyens de subsistance des agriculteurs aux conditions rudes de leurs milieux de vie et offrirait ainsi aux paysans de nouvelles options de productions à travers l'utilisation des terres marginales. Ces systèmes pourraient aussi résoudre les problèmes fonciers au niveau des familles et communautés.

Sur ces jeunes parcelles, les mirides et la maladie de die-back ont constitué les seuls ennemis de culture les plus redoutables. Ces bioagresseurs n'ont pas été spécifiques à une seule descendance. Les mirides ont opéré par choix alimentaire préférentiel, plus ou moins liés aux teneurs en eau des descendances. La comparaison du sens de croisement Haut Amazonien X Trinitario et sa réciproque a montré que celle-ci est très loin de présenter une influence sur l'ampleur de dégâts dus aux mirides. La manifestation de la pourriture brune des cabosses dans les essais a été moindre. La méthode d'évaluation de sensibilité par inoculation des disques de feuilles a montré une susceptibilité des descendances pleines frères à la maladie de pourriture des cabosses. Les descendances UPA 143 X SNK 64 ont été moins sensibles alors que SNK 109 X IMC 67 ; IMC 67 X 109 et T 79/501 X SNK 13 ont été plus sensibles à *Phytophthora megakarya*. lors du test précoce en laboratoire.

Recommandations

Afin de minimiser les mortalités au sein de chaque descendance ou encore dans les parcelles en création, il est souhaitable d'effectuer un certain nombre de travaux au cours de l'année n-1 ou n-2, qui précéderont la mise en place des cacaoyers. En effet, le paysan pourrait planter à l'avance des arbres d'associations de son choix, en tenant compte des besoins des populations, pour assurer l'ombrage permanent sur les cacaoyers durant toute la vie de l'exploitation d'une part et d'autre part pour diversifier les revenus. Il pourrait apprêter les trous pour la mise en place des cacaoyers. Ces trous pourront recevoir des feuilles mortes qui se décomposeront grâce à l'action des bactéries du sol, pour laisser une litière favorable à une meilleure reprise et croissance des jeunes plantules de cacaoyers. Il faudrait être prudent avec la sortie des variétés à haut rendement en cacao marchand identifiées dans l'étude. Elles devraient être réservées aux agriculteurs de la zone d'étude qui ont l'intention de planter leurs parcelles sans ombre permanente ou sous une ombre permanente légère.

Les arbres qui ont présenté un comportement atypique de productivité assez élevée doivent être multipliés sous forme de clone pour s'assurer des croisements futurs, susceptibles de donner des descendance intéressantes. Les paysans devraient exploiter des terres marginales de savane, en respectant l'un des protocoles d'association expérimenté. Il devrait adopter le recepage des parties de cacaoyers atteintes de die – back comme une des méthodes de contrôle de cette maladie. Les meilleurs géniteurs observés serviront à effectuer des croisements, dans le cadre du programme de sélection. Il est recommandé d'arrêter la libération des cinq autres descendance, en raison de leur faible rendement. Quatre (4) descendants de IMC 67 × SNK 109, SNK 109 × IMC 67, IMC 67 × SNK 64 et SNK 109 × T 79/501 doivent être disséminées aux agriculteurs de la région de Mbam et Inoubou et introduites dans d'autres zones de transition forêt-savane, avec des conditions climatiques similaires et où du cacao est actuellement cultivé, dans les régions du Centre et de l'Est du pays. Au regard des résultats de production et vigueur, le matériel issu de la descendance SNK 109 × IMC 67, particulièrement vigoureux et ayant une production intéressante, serait plus adapté aux conditions du milieu mais ne pourrait pas être conseillé pour la culture intensive, en plantation de haute densité. En revanche, les matériels issus des croisements IMC 67 × SNK 109 ; SNK 109 × T 79/501 ; IMC 67 × SNK 64 qui se sont avérés productifs et moyennement vigoureux pourraient être utilisés en plantation de haute densité.

Ce résultat indique que, dans les parcelles de jardins semenciers bi-clonaux mis en place avec des clones T 79/501 et SNK 109, les cabosses récoltées sur T 79/501 doivent être utilisées

pour la production de cacao tandis que seules celles récoltées sur SNK 109 doivent être utilisées comme sources de matériel végétal pour les agriculteurs.

Perspectives

Afin de comprendre d'avantage les comportements des descendances des croisements testés, il serait impératif de mener des études complémentaires telles :

- Évaluer la performance agronomique des cinq (5) autres descendances commerciales vulgarisées par la SODECAO;
- Étudier les composantes endogènes aux variétés de cacaoyers et leurs incidences sur le choix des mirides, pour justifier clairement l'ordre préférentiel des variétés de cacaoyer présentés par nos travaux ;
- Évaluer les productivités des fruitiers et palmiers à huile dans des systèmes agroforestiers innovants à base de cacaoyers ;
- Présélectionner des clones et des descendances de cacaoyers à l'aide d'un test précoce d'évaluation de la résistance à *Lasiodiplodia*. en pépinière.
- Comparer le rendement de 4 descendances les plus productives sélectionnées parmi les neuf actuellement évaluées, à celui des variétés 14 et 15.
- Etude de niveau de sensibilité des clones parentaux vis-à-vis des mirides.

BIBLIOGRAPHIE

- Alverson W.S., Whitlock B. A., Nyffeler R., Bayer C. et Baum D.A. (1999). Phylogénie du noyau Malvales: preuve à partir des données de séquence ndhF. *Am J Bot*, 86 (10), 1474-1486.
- Aime and Phillips-M. 2005. Genetic variability of *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) (Agaricales- Marasmiaceae) in varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.)
- Anikwe JC., Omoloye AA., Aikpokpodion PO., Okelana FA., Eskes AB., 2009. Evaluation of resistance in selected cocoa genotypes to the brown cocoa mirid, *Sahlbergella singularis* Haglund in Nigeria. *Crop Protection* 28:350–355.
- Anonyme 2008b. Pesticide résiduels on cocoa beans. ICCO Press Releases.
- Anonyme 1970. La punaise verte des cabosses du cacaoyer *Bathycoelia thalassina*
- Anonyme 1976. Note sur le Matériel Génétique Végétal Représenté dans les Collections de Cacaoyers de l'IFCC en Côte d'Ivoire ; 1976. Site en ligne : <https://www.> (Consulté le 18 avril 2021).
- Anonyme 2008. Pesticide résiduels on cocoa beans. ICCO Press Releases.
- Anonyme 1970. La punaise verte des cabosses du cacaoyer *Bathycoelia thalassina*
- Anonyme 1976. Note sur le Matériel Génétique Végétal Représenté dans les Collections de Cacaoyers de l'IFCC en Côte d'Ivoire ; 1976. Site en ligne : <https://www.> (Consulté le 18 avril 2021).
- Anonyme 2002. World cocoa foundation. Cocoa manual, Crop Protection Compendium, CAB International).
- Anonyme 2006. Annual report 2005-2006. International Cocoa Organization. <http://www.icco.org>.
- Anonyme 2007. Annual report 2006-2007 International Cocoa Organization. <http://www.icco.org>.
- Anonyme 2009. Annual report 2009-2010. International Cocoa Organization. <http://www.icco.org>.

- Anonyme 2010. Annual report 2009-2010. International Cocoa Organization.
<http://www.icco.org>.
- Anonyme 2018. Rapport annuel ICCO. Quartely Bulletin of Cocoa Statistics Vol. XLIII, No. 3, Cocoa year 2017-2018.
- Anonyme 2020. Rapport annuel ICCO. 2019-2020. International Cocoa Organization.
<http://www.icco.org>.
- Anonyme 2021a. Rapport annuel ICCO. 2020-2021. International Cocoa Organization.
<http://www.icco.org>.
- Anonyme, 2021b. Atelier de consultation sur la production du cacao. MINADER. Août 2021.
P. 1.
- Babin R., Sounigo O., Dibog L., Nyassé S., 2004. Field tests for antixenosis and tolerance of cocoa towards mirids. *Ingenic Newsletter* 9: 45-50.
- Babin R., Cilas C., Sounigo O., Dibog L., Nyassé S. 2009. Contribution à l'amélioration de la lutte contre le miride du cacaoyer *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera : Miridae). Influence des facteurs agro-écologiques sur la dynamique des populations du ravageur. Thèse université MONTPELLIER III - PAUL VALÉRY.
- Bastide P., Sounigo O. (1993). Production de semences hybrides de cacaoyer en Côte-d'Ivoire Essais de différentes pollinisations manuelles.
- Bartley B. G., 1986. Cacao, *Theobroma cacao*. In: Breeding for durable resistance in perennial crops. Rome, Italie, FAO, Plant Production and Protection Papers n° 70, P. 25 – 42.
- Bartley B.G. (2005). La diversité génétique du cacao et son utilisation. Cabi.
- Bartley B.G.D., 2006. The Genetic Diversity of Cacao and its Utilization. pp. 268-278.
- Berry D. et Cilas C., 1994. Etude génétique de la réaction à la pourriture brune des cabosses chez des cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) issus d'un plan de croisement diallèles. *Agronomie*, 14 : 599-609.
- Besse J., 1975. La sélection générative du cacaoyer en Côte d'Ivoire : bilan et orientation des recherches en 1975. In. International Cocoa Research conference 5 th – Indian, Nigeria, 1-9 sept.

- Blaha G. et Lotode R., 1976. Un critère primordial de sélection du cacaoyer au Cameroun : La résistance à la pourriture brune des cabosses (*Phytophthora palmivora*). Café, cacao, thé, 20 : 97-115.
- Burle L., 1961. Le cacaoyer. Tome premier. Paris, France, Larose, 316 p.
- Brasier C.M. et Griffin M.J., 1979. Taxonomy of *phytophthora palmivora* on cocoa. Trans. Br. Mycol. Soc. 72 : 111-143.
- Brasier C.M., Griffin M.J. and Maddison A.C., 1981. The cocoa black pod *phytophthora*. In : Epidemiology of *phytophthora* on cocoa in Nigeria. Gregoriy, P.H. and Maddison, A.C. (eds.), *Phytopathological paper* N° 25, CMJ, Kew, Surrey, England. 31-50.
- Braudeau J., 1969. Le cacaoyer. Collection Techniques agricoles et productions tropicales. Paris, France, Maisonneuve et Larose, 304 p.
- Bruneau De Miré Ph., Lotodé R., 1974. Comportement de familles hybrides de cacaoyers, soumises aux attaques d'Homoptères. Café, Cacao, Thé 18(3):187-192.
- Bourgoing R., Todem H., 2010a. Association du cacaoyer avec les fruitiers. Systèmes expérimentaux en caocaculture. Guide technique, Montpellier : CIRAD, 2010. 82 p.
- Bourgoing R., Todem H. 2010b. Association du cacaoyer avec le palmier ou le cocotier. Systèmes expérimentaux en cacaoculture. Guide technique, Montpellier : CIRAD, 2010. 110 p.
- Burle L., 1961. Le Cacaoyer. Maisonneuve et Larose Paris 1961- 62, 2 vol. 675 p.
- Brun L.A., Sounigo O., Coulibaly N., Cilas C. 1997. Méthodes d'analyse pour l'étude du cacao (*Theobroma cacao* L.) susceptibilité aux mirides. *Euphytica* 94: 349-359.
- Cheesman E.E., Pound F.J., 1934. Further notes on criteria of Annual Report on Cacao research, 1933, p. 21-24.
- Cheesman E.E., 1944. Notes sur la nomenclature, la classification et les relations possibles des populations de cacao. *Agriculture Tropicale*, 22: 144-159
- Cleaver K., 1992. Déforestation de la forêt pluviale d'Afrique occidentale et centrale: les causes agricoles et démographiques, et quelques solutions. *Dans: Conservation des forêts pluviales d'Afrique occidentale et centrale*. Cleaver K., Munasinghe M., Dyson M., Egli

- N., Penker A., Wencelius F. (eds). Washington, Etats-Unis, Banque mondiale/Union internationale pour la conservation de la nature: 65-78.
- Champaud J., 1966. L'économie cacaoyère du Cameroun. *Cahiers Orstom, série Sciences humaines* 3 : 105-124.
- Cilas C., Duchemin C., Lotode R. 1989. L'amélioration génétique de la qualité de cacaoyer Etude de la granulométrie. *Café, Cacao, Thé*, 33, no 1, pp 3-8.
- Cilas C., 1993. Estimation des variances génétiques et des héritabilités pour différents plans de croisements. Séminaire de biométrie et de génétique quantitative. Montpellier, France. 12-14 Septembre, pp. 71-88.
- Cilas C., and Despréaux D., 2004. L'amélioration de la résistance du cacaoyer aux maladies de *Phytophthora*. CIRAD France.167p.
- Cuatrecasas J., 1964. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma* Buletin of the United States National Museum, Smithsonian Institution (Washington), vol. 35, n° 6, p. 379-614.
- Coe S.D. et Coe M.D., 1996. La véritable histoire du chocolat. Londres, Royaume-Unie, Thames and Hudson, 280 p.
- Cope F. W., 1962. The mechanism of pollen incompatibility in *Theobroma cacao* heredity, 17, P.157-182.
- Coulibaly O., Mbila D., Sonwa D.J., Adesina A., Bakala J., 2002. Répondre à la crise économique en Afrique sub-saharienne: Nouvelles stratégies de gestion des ravageurs développées par les agriculteurs dans les plantations de cacao du sud du Cameroun. *Revue de la lutte intégrée contre les ravageurs* 7: 165-172.
- Cross D. J., 1967. Measurement of water stress. *Ann. Rep. CRI*. pp 92-94.
- Darko F. A., 1968. Seasonal changes in mired potential fecundity. . *Rep. CRI*. Pp 51-53.
- Crowdy SH., 1947. Observations on the pathogenicity of *Calonectria rigidiuscula* (Berk & Br.) Sacc. On *Theobroma cacao* L. *Annals of Applied Biology* 34:45-59.
- Dakwa J.T., 1988. A serious outbreak pod disease in marginal area of Ghana. Proc. Intern. Cocoa research Conf., Santo Domingo, Dominican Republic, 447-452.
- Davidson D.W., Cook S.C., Snelling R.R., Chua T.H., 2003.

- Deberd P.; Mfegue C.V., Tondje P.R., BON M.C., Ducamp M., Hurard C., Begoude B. A. D., Ndoumbe Nkeng M., Hebbar P. K., Cilas C., 2008. Impact of environmental factors chemical fungicide and biological on cocoa pod production dynamics and black pod disease (*P. megakarya*) in Cameroun. *Biol control*. PP. 149 – 159.
- Decazy B., Lotodé R., 1975. Comportement de familles hybrides de cacaoyers soumis aux attaques de *Helopeltis* Sign. *Café Cacao Thé* 19 : 303-306.
- Decazy B, Coulibaly N., 1982. Comportement de cultivars de cacaoyers à l'égard de quelques insectes déprédateurs: possibilité d'une sélection précoce des cacaoyers tolérants. In: Proceedings of the 8th International Cocoa Research Conference, 18-23 October 1981, Cartagena, Colombia. Cocoa Producers' Alliance, Lagos, Nigeria. pp. 685-688.
- Demol J., 2002. L'amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicale. Ed. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 560 P.
- Despreaux D., Cambrony D., Clement D., Nyassé S. et Partot M., 1988. Etude de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun : définition de nouvelles méthodes de lutte. In : 10^e conférence internationale sur la recherche cacayère, 407-412.
- Despreaux D., Clément D., Partiot M., 1989. La pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun : mise en évidence d'un caractère de résistance au champ. *Agronomie* 9: 683-691.
- Dibog L., Babin R., Amang A Mbang J., Decazy B., Nyassé S., Cilas C., Eskes A.B., 2008. Effect of genotype of cocoa (*Theobroma cacao*) on attractiveness to the mirid *Sahlbergella singularis* (Hemiptera: Miridae) in the laboratory. *Pest Management Science* 64: 977-980
- Dixon J., Gulliver A., Gibbon D., 2001. Farming Systems and Poverty. Improving farmers livelihoods in a changing world. Rome, Italie, Fao, 413 p.
- Dzahini-Obiatey H, Domfeh O, Amoah FM (2010). Review : Over seventy years of a viral disease of cocoa in Ghana : From researchers' perspective. *Afr. J. Agric. Res.* 5 (7) : 476-485.
- Efombagn M.I.B., 2012. Analyse prospective de l'offre et de la demande en semences de cacaoyer au Cameroun : période 2012 – 2020. Document IRAD.

- End M. J., Wadsworth R. M., Hadley P., 1992. The international cocoa germplasm data -base. In: International workshop on conservation, characterization and utilization of cocoa genetic resources in the 21 st century. Port of Spain, Trinité-et-Tobago, CRU, p. 48-52.
- Enriquez G.A., et Soria A.J., 1984. Mejoramiento genético para resistencia a cinco enfermedades del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE, serie materiales de Enseñanza n° 9, 26p.
- Enriquez G. A., 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE. TURRIALBA, COSTA RICA. (239 p).
- Enriquez G. A. et Parades A., 1989. *El cultivo del cacao*. Serie *cultivos* mayores no 4, Universitat estatal a distancia, San José. Costa Rica.
- Engels B., 1983. A systematic description of cacao clones. 2. The discriminative value of qualitative characteristics and the tropical compatibility of the discriminative value of quantitative and qualitative descriptors. *Euphytica*, 32: 719 – 733.
- Eskes A. B., Paulin D., Clement D., N’goran J. A. K., Sounigo O., Lachenaud P., Cilas C., Berry D., Yagmpam A., 1995. Selection methods applied and genetic knowledge generated in cocoa breeding strategies. Reading, Royaume-Uni, University of Reading, p. 41 – 57.
- Eskes A. B., 2011. Collaborative and participatory approaches to cocoa variety improvement. Final report of the CFC/ICCO/Bioversity project on “Cocoa Productivity and Quality Improvement: a Participatory Approach” (2004-2010).
- Eskes et Lanaud, 1997. *Theobroma cacao*. In : L’Amélioration des plantes tropicales, CIRAD, ORSTOM. Pp. 141-165.
- Entwistle P.F. 1972. Pests of Cocoa. Longman Group Ltd, London, 779p.
- Flament M.H., 1998. Cartographie génétique des facteurs impliqués dans la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à *Phytophthora megakarya* et à *Phytophthora palmivora*. Thèse de Doctorat, ENSAM, Montpellier, 113 p.
- Gibbs DG, Pickett AD. 1966. Feeding by *Distantiella theobromae* (Dist.) (Heteroptera: Miridae) on cocoa: the effects of water stress in the plant. *Bulletin of Entomological Research* 57:159-169.

- Graham M.K., 1991. Biological control of *Helopeltis* spp in mature cocoa by the black ant (*Dolichoderus bituberculatus*) and the cocoa mealybug (*Planococcus lilacinus*). The Planter, Kuala Lumpur 67: 543-546.
- Griffon M., 1999. Développement durable et agriculture : la révolution doublement verte. Cahiers Agricultures 8: 259-267.
- Gorenz A.M., 1970. Chemical control of black pod: Fungicides. In: *Phytophthora* disease of cocoa. Gregory, P.H., editor, Longman, London. pp. 235-268.
- Gorenz A.M., 1974. Field spraying for control of *Phytophthora* pod rot. Annual Report of Cocoa research Institute of Niheria, 1968-1969, p. 52.
- Hallé N., 1961. Flore du gabon.
- Hamon Perla, Seguin Marc, Perrier Xavier et Gglaszmann J. C., 1999. Diversité génétique des plantes tropicales cultivées.
- Hanak Freud E., Petithuguenin P., Richard J., 2000. Les champs du cacao. Un défi de compétitivité Afrique-Asie. Paris, France, Karthala, 210 p.
- Herrich-Schaeffer. Institut Français du Café et du Cacao et autres plantes stimulantes IFCC, Centre de Recherche du Cameroun, Yaoundé, 6p.
- Iwaro A.D., 2006. Evolution du gain génétique dans un programme d'amélioration du matériel génétique visant à la résistance à la maladie de la pourriture brune des cabosses. In : 15^e Conférence Internationale Sur la recherche Cacaoyère. p. 9.
- Idowu O. L., Olejade K. T. M., Adebola P.O., 2001. Cocoa IPM research and implementation in Nigeria. Proceedings of the West Africa Regional Cocoa IPM Workshop, Janny Vos and Peter Neuenschwander Eds. Cotonou, Benin, CPL Press, pp. 67-70.
- Jagoret, P., Michel, I., Ngnogué, H. T., Lachenaud, P., Snoeck, D., Malézieux, E., 2017. Structural characteristics determine productivity in complex cocoa agroforestry systems. Agronomy for sustainable development, 37(6), 60.
- Jagoret, 2011. Analyse et évaluation de systèmes agroforestiers complexes sur le long terme : Application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au Centre Cameroun. Thèse de Doctorat, Montpellier SUPAGRO.

- Kay D. 1961. Die-back of cocoa. West African Cocoa Research Institute Technical Bulletin. No. 8. 20pp.
- Kébé I.B., Koffié K., N'guessan K.F., 2006. Le *Swollen shoot* en Côte d'Ivoire . In : 15^e Conférence Internationale Sur la recherche Cacaoyère. p. 66.
- Khoo K.C., Chung G.F., 1989. Use of the black cocoa ant to control mirid damage in cocoa. The planter, Kuala Lumpur 65 : 370-383.
- Knight R., Rogers H., 1955. Recent introductions to West Africa of *Theobroma cacao* and related species. I. A review of the first ten years. The Empire Journal of Experimental Agriculture (Londres), vol. 23, n° 90, p. 113-125.
- Kouakou K, Kébé BI, Kouassi N, Aké S, Cilas C, Muller E (2012). Geographical distribution of Cacao swollen shoot virus molecular variability in Côte d'Ivoire. Plant Dis. 96 : 1445-1450.
- Kumar R., Ansari A.K., 1974. Biology, immature stages and rearing of cocoa-capsids (Miridae:Heteroptera). Zoological Journal of the Linnean Society 54(1):1-29.
- Lachenaud P., 1991. Facteurs de la fructification chez le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) : influence sur le nombre de graine par fruit. Thèse de Doctorat, INAP-G, France, 188 p.
- Lanaud C., 1987. Nouvelles données sur la biologie du cacaoyer : diversité des populations, système d'incompatibilité, haploïdes spontanés ; leurs conséquences pour l'amélioration génétique de cette espèce. Thèse, université Paris Sud, Orsay, France, 106 p.
- Lass R.A., 1985. Diseases. In: cocoa. (Wood, G.A.R. and Lass, R.A., editors) 4^e édition , Longman. pp. 265-365.
- Lavabre E.M., 1960. Recherches sur une méthode économique de contrôle des mirides du cacaoyer. *Café Cacao Thé* 4 : 16-25.
- Lavabre E. M., Decelle J., Debord P., 1962. Recherches sur les variations des populations de Mirides en Côte d'Ivoire. *Café Cacao Thé* 6 : 287-295.
- Lavabre E.M., 1963. Le problème de la résistance des Mirides (capsides) au lindane et les insecticides de remplacement. *Café Cacao Thé* 7 : 108-112.
- Lavabre E.M., Piart J., Nguyen Ban J., 1965. Résultats des essais d'insecticides en laboratoire et en plein champ contre les mirides des cacaoyers. Conférence interne sur les recherches agronomiques cacaoyères. Abidjan, Côte d'Ivoire, pp 143-148. Muller, 1974

- Lavabre E.M., 1970. Insectes nuisibles des cultures tropicales (cacaoyer, caféier, colatier, poivrier, théier). G.-P. Maisonneuve et Larose, Paris, 276p.
- Lavabre E.M., 1977a. Importance économique des mirides dans la cacaoculture mondiale. Les mirides du cacaoyer. E.M. Lavabre Ed., G.-P. Maisonneuve et Larose, Paris, pp 139-153.
- Lavabre E.M., 1977b. Perspectives d'avenir: Les mirides du cacaoyer. E.M. Lavabre Ed., G.-P. Maisonneuve et Larose, Paris, pp 343-350. Lavabre, 1960
- Liabeuf J., 1967. Etat des travaux pour la sélection du cacaoyer au Cameroun et perspectives d'avenir. II conférence internationale pour la recherche cacaoyère, Bahia, Brésil, P. 86 – 92.
- Lockwood G. et Edwards D. F., 1980. Determination of pod and bean character in progeny trials with cocoa. Tropical agriculture (Trinidad), vol 57, n° 4, 289 -300.
- Lockwood G., 1981. Genetic aspects of resistance to cocoa swollen shoot virus in Ghana. Annals of Applied Biology, 98: 131-141.
- Losch B., Fusillier J.L., Dupraz, P. 1991. Stratégies des producteurs en zone caféière et cacaoyère du Cameroun. Quelles adaptations à la crise ? Collection DSA n°12, DSACIRAD, Montpellier, France.
- Loor Solorzano, R. G., 2007. Contribution à l'étude de la domestication de la variété de cacaoyer Nacional d'Équateur : recherche de la variété native et de ses ancêtres sauvages. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, SUPAGRO, France, 201p.
- Lopez B.O. et Enriquez G.A., 1987. Herencia del peso seco y de la forma de la semilla de cacao. 10^e conférence internationale sur les recherches cacaoyères. PP 691-4. lowland tropical rainforest canopies. Science 300 : 969-972.
- Lotodé R., 1971. Possibilité d'amélioration de l'expérimentation sur cacaoyer, Café ; Cacao, Thé (Paris), Vol. XV Nr 2-Avril/Juin 1977 – p.91 – 104.
- Majer J.D., Delabie J.H.C., 1993. An evaluation of Brazilian cocoa farm ants as potential biological control agents. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 10 : 43-49.

- Majer J.D., 1994. Introduction of ants as potential biological control agents, with particular reference to cocoa. *Harvest* 16 : 1-4.
- Mariau D., Ed., 1996. Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Editions Repères du CIRAD, Montpellier, 200p.
- Martico M., 1963. Les structures agricoles du Centre-Cameroun, 67 p. Chambre d'Agriculture, de l'Élevage et des Forêts du Cameroun.
- Mbenou M., Momo Z. E. H., Samuel G., Nsouga A. F., and Nyasse S., 2008. Dieback due to *Lasiodiplodia theobromae*, a new constraint to cocoa production in Cameroun *plant pathology*, 57: 381-386 eutsa,
- McMahon P.J., Wahab A., Susilo A., Purwantara A., Sulistyowati E., et Keane P.J., 2006. Sélection pour la qualité et la résistance à la maladie de la pourriture brune des cabosses, aux foreurs de tige de cacaoyer et à la trachéomycose du cacaoyer au Sulawesi, en Indonésie. In : 15^e Conférence Internationale Sur la recherche Cacaoyère. P.10.
- Meinhardt L. W., Rincones J., Bailey B. A., Aime M. C., Griffith G. W., Zhang D., Pereira D. A. G., 2008. *Moniliophytophthora pernicioso*, the causal agent of witches broom disease of cacao: What's new from this old foe?. *Mol. Plant Pathol.* 9(5). Pp. 577 – 588.
- Melnick R. L., Bailey B.A., Maximova S., Gultinan M.J., Backman P.A., 2006. *Bacillus spp.* Induit une résistance systémique aux maladies du cacaoyer. In : 15^e Conférence Internationale Sur la recherche Cacaoyère. P. 210.
- Metcalf C. R. et Chalk L. 1950. *Anatomy of the Dicotyledons*. Vol. 1 Clarendon Press, Oxford, 243 - 245.
- Muller E., 2016. Cacao Swollen Shoot Virus (CSSV): history, biology, and genome, In *Cacao diseases: a history of old enemies and new encounters*. Eds. Bailey B.A. & Meinhardt L.W., pp. 337-358. Springer 630pp.
- Motamayor, J.C.; Lachenaud, P.; Wallace, J.; Loo, R.; Kuhn, D.N.; Brown, S.; Schnell, R.J. , 2008. Différenciation géographique et génétique des populations de l'arbre à chocolat amazonien (*Theobroma cacao* L). *PLoS ONE* 2008, 3, e3311.
- Motamayor J.C., Risterucci A., Lopez P., Ortiz C., Moreno A. et Lanaud C. (2002). La domestication du cacao I: l'origine du cacao cultivé par les Mayas.
- Mossu G., 1990. Le cacaoyer. Maisonneuve et Larose, Paris. 160 p.

- Mpé J.M., 2001. Integrated management of cocoa mirids in Cameroon. In: Proceedings of the West Africa Regional Cocoa IPM Workshop, Janny Vos and Peter.
- Muller R.A., Lotodé R., Njomou E., 1969. Appréciation de l'efficacité des fongicides contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer due à *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. dans les contributions naturelles. Essai de mise au point d'une méthode rapide. Café Cacao Thé 130 (1): 34-54.
- Muller R.A., 1974. Effects of prophylactic measures of the dissemination of *Phytophthora*. In: *Phytophthora* diseases of cacao (PH Gregoriy, ed), Longman, Londres, Royaume-Unis. pp. 169-178.
- Muller E., Jacquot E., Yot P., 2001. Early detection of cacao swollen shoot virus using the polymerase chain reaction. J. Virol. Methods 93 (1 – 2), pp. 15 – 22.
- Mvondo N.D., 2020. Essais de quelques méthodes de lutte contre le dieback du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I. 67-70 P.
- Ndoubé-Nkeng M., Cilas C., Nyemb E., Nyassé S., Bieysse D., Flri A. and Sache I., 2003. Impact of removing diseased pods on cocoa black pod caused by *Phytophthora megakarya* and cocoa production in Cameroun. Crop Protection 1 (3).
- Niemenack N., Awah T. M., Lieberei R., 2012. Establishment of suspension culture in *Theobroma cacao* and polyamines associated with cacao embryogenesis. Plant Growth Regul. 67 (1), PP. 1 – 8.
- N'gambi, 1989. Rapport interne Institut de Recherche Agricole devenu Institut de Recherche Agricole pour le Développement.
- N'Guessan KF, Eskes AB, Lachenaud P., 2005. Etude de la résistance du cacaoyer aux mirides: classification des grands groupes de cacaoyers en fonction de leur niveau de résistance et de sensibilité. In: Proceedings of the 14th International Cocoa Research Conference, 13-18 October 2003, Accra, Ghana. pp. 559-565.
- N'Guessan FK, Eskes AB, Lachenaud P., 2006. Résistance des principaux groupes génétiques de cacaoyer (*Theobroma cacao*) aux mirides (*Sahlbergella singularis*) en Côte d'Ivoire. Sciences et Nature 3(1):19-27.
- N'Guessan KF, N'Goran JAK, Eskes AB., 2008. Resistance of cacao (*Theobroma cacao* L.) to *Sahlbergella singularis* (Hemiptera: Miridae): investigation of antixenosis,

- antibiosis and tolerance. *International Journal of Tropical Insect Science* 28 (4): 201–210.
- Nguyen Ban J., 1977. La lutte chimique contre les mirides du cacaoyer. In : Les mirides du cacaoyer. E.M. Lavabre Ed., G-P. Maisonneuve et Larose, Paris, pp 257-278.
- Nguyen-Ban J., 1994. Nouvelle technique de sélection de cacaoyers tolérants aux attaques de ravageurs. In: Actes de la 11ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère. 18-24 July 1993, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. Cocoa Producers' Alliance, Lagos, Nigeria. pp. 229-235.
- N'Guyen-Ban, J., 1998. Nouvelle technique de criblage et de sélection des cacaoyers pour la résistance aux mirides. *Insect Sci. Appl.* 18 (2), 119–127.
- Nyassé S., Despréaux D., Cilas C., 2002. Validity of a leaf inoculation test to assess the resistance to *Phytophthora megakarya* in a cocoa (*Theobroma cacao* L.) diallel mating design. *Euphytica* 123: 395-399.
- Nyassé S., Efombagn M.I.B. and Eskes A.B., 2003. Selection for resistance to black pod disease and yield gains prediction by use of selected cocoa varieties in Cameroun. *Plant Genetic Ressources* 1 (2-3) : 157-160.
- Nyassé S., 1997. Etude de la diversité de *Phytophthora megakarya* et caractérisation de la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à cet agent pathogène. Thèse de Doctorat, Institut national polytechnique, Toulouse, France, 133 p.
- Nwaga D., 1984. Contribution à l'amélioration génétique de la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à la pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora spp.* : Mémoire DEA-Ecophysiologie et Génétique végétale, Rennes, 54 p.
- Ofori, A. ; Padi, F.K., 2020. Reciprocal differences and combining ability for growth and yield components in cacao (*Theobroma cacao* L.): A case of recommended cacao varieties in Ghana. *Euphytica*, 216, 193, doi :10.1007 / S10681-020-02729-0.
- O.N.C.C., 2017. Renforcer la compétitivité de cacao et augmenter le revenu des producteurs de cacao en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale. Pp. 33.
- Oro Z. F., 2001. Analyse des dynamiques spatiales et épidémiologie moléculaire de la maladie du swollen shoot du cacaoyer au Togo. Thèse de doctorat. Université de Montpellier SupAgro, France. 262.

- Padi B., Ackonor J.B., Opoku I.Y., 2001. Cocoa IPM research and implementation in Ghana. In: Proceedings of the West Africa Regional Cocoa IPM Workshop, Janny Vos and Peter Neuenschwander Eds. Cotonou, Benin, CPL press, pp 54-62.
- Padi B., 2003. Cocoa Research in Ghana – Capsid IPM Strategy. *GRO-Cacao* 4 :4-5.
- Painter R.H. 1951. Insect Resistance in Crop Plants. The MacMillan Co., New York. 520pp.
- Paulin D., 1994. Les méthodes de sélection du cacaoyer. In : Traitements statistiques des essais de sélection-stratégies d'amélioration des plantes pérennes. In : séminaire de biométrie et génétique quantitative, 12-14. Sept. 1994, Montpellier, France, 243-257.
- Paulin D., Mossu G., Lachenaud P. Cilas C., 1994. La sélection du cacaoyer en côte d'Ivoire. Analyse du comportement de 62 hybrides dans quatre localités. *Café Cacao Thé* (Paris), 37, n° 1, pp 3-20
- Paulin, D., Eskes, A., 1995. Le cacaoyer : stratégies de sélection. *Plantations, recherche, développement*, 2(6), 5-18
- Paulin D., Cilas C., 1995. Rapport de Sélection du cacaoyer au Cameroun. CP n° 394
- Paulin D. et Lachenaud Ph., 2006. Evaluation des cacaoyers spontanés de Guyane française pour leurs résistances à *Phytophthora megakarya*. In : 15^e Conférence Internationale Sur la recherche Cacaoyère. p. 106.
- Partiot M., 1984. Epidémiologie de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun. In : première réunion du groupe international de travail sur les maladies à *Phytophthora* du cacao, Lomé, Togo, 20-22 février 1984. Montpellier, France, URAD-CP, 25-53.
- Petithuguenin P. et Roche G., 1995. Equateur : la filière cacao, bilan et perspectives. *Plantation, Recherche, Développement*, 2(4) : 15-26.
- Philpott S.M., Armbrrecht I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology* 31 : 369-377.
- Posnette A. F. et Strickland A. H., 1951. Virus diseases of cacao in West Africa, techniques of insect transmission. *Ann. Appl. Biol.*, 35 (1), 785 (1951).
- Pound F.J., 1932 . Studies of fruitfulness in cacao. 1: a note on the abscission of the flower, 2: evidence of partial sterility 1st annual report on cacao research, 1931. Trinidad (24 – 28).

- Pound F.J., 1933. Criteria and methods of selection in cacao. Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad), Annual Report on Cacao research 2. P. 27-29 (1932).
- Pound F.J., 1934. The progress of selection. 3rd annual report on cacao research (Trinidad), 7-11.
- Pound F.J., 1935. The completion of selection. 4rd annual report on cacao research (Trinidad), 7-16.
- Pound F.J., 1938. Cacao and Witches' broom disease (*Marasmius pernicius*) of South America, with notes on other species of Theobroma. Yuille's Printerie, Port of Spain, Trinidad and Tobago, 9-49. (Reprinted 1982), *Archives of Cocoa Research* 1, 21-64.
- Preuss P., 1901. Expension nach central-und Sudamerika 1899/1900.
- Rapport d'ATP. 2007. La filière cacao au Cameroun, problèmes et perspectives d'avenir P. 10.
- Saffana S., 1982. Effet du précédent cultural et du sol sur l'expression des caractères de productivité de quelques familles d'hybrides du cacaoyer. Mémoire de fin d'études, ENSA Yaoundé, 51 p.
- Samuels, G.J., Ismaiel, A., Rosmana, A., Junaid, M., Guest, D., McMahon, P., Keane, P., 2012. Vascular Streak Dieback of cacao in Southeast Asia and Melanesia: *In planta* detection of the pathogen and a new taxonomy. *Fungal Biol.* 116 (1), pp. 11-23.
- Shah M. D., Verma K. S., Singh K., and Kaur R., 2010. Morphological, pathological and molecular variability in *Botryodiplodia theobromae* (*Botryosphaeriaceae*) isolates associated with die – back and bark canker of pear tree in Punjab, India. *Gent. ? ol. Res.* 9, (2) PP 12 – 17; 12 – 28.
- Soria J., 1970a. Principal varieties of cocoa cultivated in tropical America. *Cocoa Growers' Bulletin*, n° 19: 12-21.
- Soria J., 1970b. the present statut and perspectives for cocoa cultivars in Latin America. *Proceedings of the tropical Region American Society for horticultural Science*, 14.
- Soria J., 1978. The breeding of cacao (*Theobromae cacao* L.), *Tropical Agriculture research series*, n° 11, mars, p. 161-168.
- Taylor DJ. 1954. A summary of the results of capsid research in the Gold Coast. *West African Cocoa Research Institute Technical Bulletin* 1:1-20.

- Sounigo O., Coulibaly N., Brun L., N’Goran J., Cilas C., Eskes A.B., 2003. Evaluation of resistance of *Theobroma cacao* L. to mirids in Côte d’Ivoire: results of comparative progeny trials. *Crop Protection* 22: 615-621.
- Tahi G.M., Trebissou C.I., Ribeyre F., Guiraud B.S.H., N’da Pokou D., Cilas C., **2019**. Variation in yield over time in a cacao factorial mating design: Changes in heritability and longitudinal data analyses over 13 consecutive years. *Euphytica*, 215, 1–12.
- Talbot P.H.B. et Keane P.J., 1971. *Oncobasidium* : a new genus of tulasnelloid fungi. *Aust. J. Bot.* 19 : 203-206.
- Tarjot M., 1969. Etude de la résistance des cacaoyers à la pourriture brune des cabosses due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. *Café Cacao Thé* 13 (4) : 297-309
- Tilman D., Cassman K., Matson P., Naylor R., Polasky S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418 : 671-677.
- Torquebiau E.F., 2002. Les associations agroforestières et leurs multiples enjeux. *Bois et Forêts des Tropiques* 271: 23-34.
- Toxopeus H., 1985. Botany, types and population in cocoa. In: *Cocoa* (4th ed.), G.A.R. Wood et R.A. Lass éd., Londres, Royaume-Uni, Longman, p. 11-37.
- Vogel M., 1975. Recherche du déterminisme du rythme de croissance du cacaoyer. *Café, Cacao, Thé*, vol. XIX, n° 4, p. 265-290.
- Way M.J., Khoo K.C., 1989. Relationships between *Helopeltis theobromae* damage and ants with special reference to Malaysian cocoa smallholdings. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 6: 1-11.
- Way M.J., Khoo K.C., 1991. Colony dispersion and nesting habits of the ants, *Dolichoderus thoracicus* and *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae), in relation to their success as biological control agents on cocoa. *Bulletin of Entomological Research* 81: 341-350.
- Way M.J., Khoo K.C., 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology* 37: 479-503.
- Young A.M., 1994. *The chocolate tree*. Washington, United States, Smithsonian Institution Press, 200 p.

- Wheeler A.G. Jr., 2000a. Plant bugs(Miridae) as plant pests. In: Heteroptera of economic importance, De Carl W. Schaefer & Antônio Ricardo Panizzi Eds, CRC Press, USA, pp 37-83.
- Williams G. 1953. Field observations on the cacao mirids, *Sahlbergella singularis* Hagl. and *Distantiella theobroma* (Dist.), in the Gold Coast. Part I. Mirid damage. *Bulletin of Entomological Research* 44: 101-119.
- Wood G.A.R. et Lass R.A., 1985. Cocoa. Essex, United Kingdom, Longman Scientific and technical, 620 p.
- Wood G.A.R., 1991. A history of early cocoa introductions. *Cocoa growers Bul.* 44: 7-12.
- Wricke G., 1962. Tjber eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen.
Z Pflanzenzuchtg 47, 92–96.
- Youdeowei A., 1971b. Resistance of cocoa capsids to insecticides in use in Nigeria. *Cocoa Grower's Bulletin* 16 : 15-20.
- Young A.M., 1994. The chocolate tree: a natural history of cacao. Washington, Etats-Unis, Smithsonian Institution Press, 200 p.
- Wricke, G. Tjber eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen.
Z Pflanzenzuchtg 1962, 47, 92–96.
- Youdeowei A., 1971b. Resistance of cocoa capsids to insecticides in use in Nigeria. *Cocoa Grower's Bulletin* 16 : 15-20.
- Zarrillo S., Gaikwad N., Lanaud C., Powis T., Viot C., Lesur I., Fouet O., Argout X., Guichoux E., Salin F. (2018). L'utilisation et la domestication de *Theobroma cacao* au milieu de l'Holocène dans la haute Amazonie. *Nat EcolEvol*, 2 (12), 1879.

ANNEXES

Annexe :1. Informations du les sites

| Village | Bakoa | Kedia | Edou | Lekie Assy |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Département | Mbam et Inoubou | Mbam et Inoubou | Mefou et Afamba | Lekie |
| Paysage | Forêt/savane | Forêt/savane | forêt | forêt |
| Précipitations annuelles (mm) | 1,300 | 1,280 | 1,470 | 1,280 |
| Précipitations (jours) 84 85 90 84 | 84 | 85 | 90 | 84 |
| Type de sol | Sable/limon | Sable/argile | Argile /sable | Sable/argile |
| PH | 6.71 | 6.01 | 5.18 | 5.75 |
| Rapport matière organique/ argile | 0.16 | 0.12 | 0.1 | 0.07 |

Annexe : 2. Résultats anova de l'effet de la variété sur le nombre de Mort

> summary anova

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

Varietes 8 767 95.82 0.936 0.494

Residuals 59 6039 102.36

Annexe 3 : Estimation des variables mesurées

| variable | valeur mesurée | comptage bimestriel des cabosses sur chaque arbre | évaluation du poids moyen de cacao marchand par cabosse de chaque descendance | calcul moyenne | mortalité prise en compte |
|------------------------|---|---|---|---|---------------------------|
| CAB NM POTENTIELLES | nombre de cabosses non mûres | oui | non | nb cab non mûres total/nb arbres vivants | NON |
| CAB NM REELLES | nombre de cabosses non mûres | oui | non | nb cab non mûres total/nb arbres plantés | OUI |
| CM cab NM POTENTIELLES | cacao marchand calculé sur la base des cabosses non mûres | oui | oui | (nb cab NM * poids moyen de cacao marchand par cab de la variété)/nb arbres vivants | NON |
| CM cab NM REELLES | cacao marchand calculé sur la base des cabosses non mûres | oui | oui | (nb cab NM * poids moyen de cacao marchand par cab de la variété)/nb arbres plantés | OUI |

Annexe 4 : Analyse de variance de nombre de cabosses produites par arbre

a. Production potentielle en nombre de cabosses

Analyse Type III Sum of Squares :

| Source | DDL | Type III SS | Moyenne quadratique | Valeur F | Pr > F |
|--------------------|-----|-------------|---------------------|----------|--------|
| Parcelle | 11 | 62205.61424 | 5655.05584 | 42.15 | <.0001 |
| variété | 8 | 5373.86282 | 671.73285 | 5.01 | <.0001 |
| Parcelle X variété | 48 | 33270.43084 | 693.13398 | 5.17 | <.0001 |

b. Production réelle en nombre de cabosse

Analyse Type III Sum of Squares:

| Source | DDL | Type III SS | Moyenne quadratique | Valeur F | Pr > F |
|--------------------|-----|-------------|---------------------|----------|--------|
| Parcelle | 11 | 52313.04205 | 4755.73110 | 30.25 | <.0001 |
| variété | 8 | 7086.45640 | 885.80705 | 5.64 | <.0001 |
| Parcelle X variété | 48 | 38439.99407 | 800.83321 | 5.09 | <.0001 |

Annexe 5 : Analyse de variance de la production de cacao marchand par arbre

a. Production potentielle de CM

Analyse Type III Sum of Squares:

| Source | DDL | Type III SS | Moyenne quadratique | Valeur F | Pr > F |
|--------------------|-----|-------------|---------------------|----------|--------|
| Parcelle | 11 | 122617423.3 | 11147038.5 | 41.45 | <.0001 |
| variété | 8 | 47661179.9 | 5957647.5 | 22.15 | <.0001 |
| Parcelle X variété | 48 | 65836021.7 | 1371583.8 | 5.10 | <.0001 |

b. Production réelle de CM

Analyse Type III Sum of Squares:

| Source | DDL | Type III SS | Moyenne quadratique | Valeur F | Pr > F |
|--------------------|-----|-------------|---------------------|----------|--------|
| parcelle | 11 | 104743309.3 | 9522119.0 | 30.40 | <.0001 |
| variété | 8 | 66645018.6 | 8330627.3 | 26.60 | <.0001 |
| Parcelle X variété | 48 | 81123412.4 | 1690071.1 | 5.40 | <.0001 |

Annexe 6 : Contribution relative de chaque descendance à la l'écovalence total (%)

| variety | % of total ecovalence | |
|------------------|-----------------------|--------------|
| | Potential yield | Actual yield |
| IMC 67 * SNK 109 | 13.1 | 26.2 |
| SNK 109 * IMC 67 | 16.5 | 5.8 |

| | | |
|--------------------|------|------|
| SNK 109 * T 79/501 | 7.1 | 11.9 |
| IMC 67 * SNK 64 | 4.9 | 6.7 |
| T 79/501 * SNK 109 | 8.4 | 7 |
| SCA 12 * SNK 16 | 3 | 9.3 |
| T 79/501 * SNK 13 | 8.6 | 8 |
| UPA 143 * SNK 64 | 7.7 | 8.4 |
| T 79/501 * SNK 64 | 30.7 | 16.7 |

Annexe 7 : Analyse de variance de la vigueur adulte

Analyse Type III Sum of Squares

| Source | DDL | Type III SS | Moyenne quadratique | Valeur F | Pr > F |
|--------------------|-----|-------------|---------------------|----------|--------|
| Parcelle | 11 | 21518.97565 | 1956.27051 | 35.72 | <.0001 |
| variété | 8 | 2126.33599 | 265.79200 | 4.85 | <.0001 |
| Parcelle X variété | 48 | 11785.27260 | 245.52651 | 4.48 | <.0001 |

Annexe 8 : Analyse de variance relation entre production et vigueur adulte

Analyse Type III Sum of Squares

| Source | DDL | Type III SS | Moyenne quadratique | Valeur F | Pr > F |
|--------------------|-----|-------------|---------------------|----------|--------|
| Parcelle | 11 | 58744.79758 | 5340.43614 | 35.97 | <.0001 |
| variété | 8 | 37536.60373 | 4692.07547 | 31.61 | <.0001 |
| Parcelle X variété | 48 | 35637.77827 | 742.45371 | 5.00 | <.0001 |

Annexe 9 : Taux de survie des cacaoyers par parcelle

Expérimentation 1

| Parcelle | Planté | Vivant | Taux de survie |
|------------------------|--------|--------|----------------|
| BAKOAJEAN 2007 | 108 | 50 | 46 % |
| CLEMENTLEKIE2007 | 88 | 48 | 55 % |
| EDOUFERDINANDFRUIT2007 | 45 | 36 | 8 % |
| EDOUFRANCOISFRUIT2007 | 80 | 58 | 73 % |
| MARIE-THERESE 07 | 84 | 47 | 56 % |

Expérimentation 2

| Parcelle | Planté | Vivant | Taux de survie |
|------------------------|--------|--------|----------------|
| BAKOAJEAN 2007 | 131 | 62 | 47 % |
| CLEMENTLEKIE2007 | 69 | 58 | 84 % |
| EDOUFERDINANDFRUIT2007 | 174 | 75 | 43 % |
| EDOUFRANCOISFRUIT2007 | 181 | 97 | 53,6 % |

Expérimentation 3

| Parcelle | Nombre de cacaoyers planté | Nombre de cacaoyers vivant | Taux de survie |
|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| BAKOAJEAN 2007 | 130 | 60 | 46 % |
| CLEMENTLEKIE2007 | 61 | 48 | 78,7 % |
| JOSEPH07 | 87 | 40 | 46 % |
| MARIE-THERESE 07 | 84 | 57 | 68 % |

Annexe 10 : Comparaison des variétés 14 – 15

Analyse de variance de la productivité réelle (C.M ANNUEL CAB NM)

:

Analyse Type III Sum of Squares (C.M ANNUEL CAB NM) :

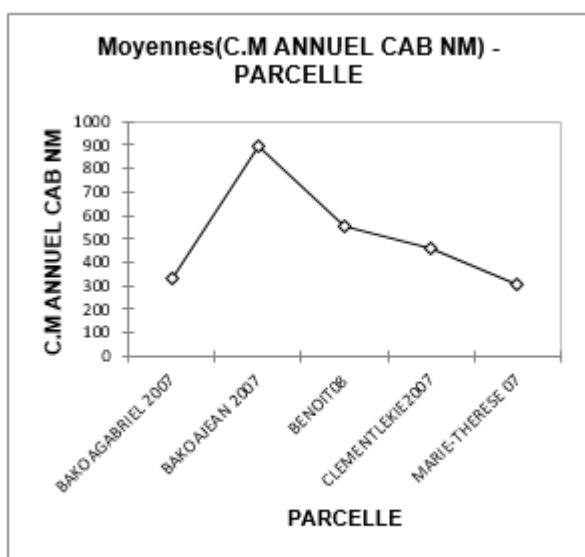
| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|--------------|-----|------------------|--------------------|--------|--------------------|
| PARCELLE | 4 | 6954011,751 | 1738502,938 | 12,708 | < 0.0001 |
| VAR | 1 | 5243168,945 | 5243168,945 | 38,326 | < 0.0001 |
| PARCELLE*VAR | 4 | 799034,356 | 199758,589 | 1,460 | 0,214 |

Analyse de variance de la productivité réelle (C.M ANNUEL CAB NM)

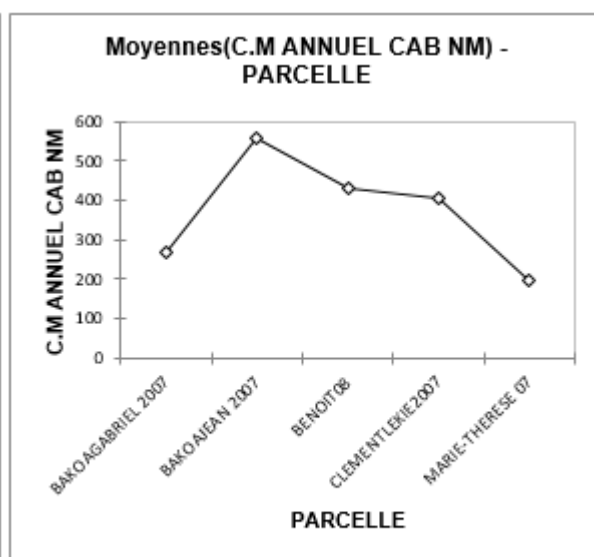
Analyse Type III Sum of Squares (C.M ANNUEL CAB NM) :

| Source | DD L | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|--------------|------|------------------|--------------------|------------|-------------|
| PARCELLE | 4 | 10393632,794 | 2598408,198 | 20,34 3 | < 0.0001 |
| VAR | 1 | 4527450,470 | 4527450,470 | 35,44 5 | < 0.0001 |
| PARCELLE*VAR | 4 | 1135970,706 | 283992,677 | 2,223 | 0,067 |

Moyennes de productivité des parcelles



Productivité potentielle



Productivité réelle

Annexe 11 : Comparaison des variétés 14 – 19

Analyse de variance de la productivité réelle (C.M ANNUEL CAB NM)

Analyse Type III Sum of Squares (C.M ANNUEL CAB NM) :

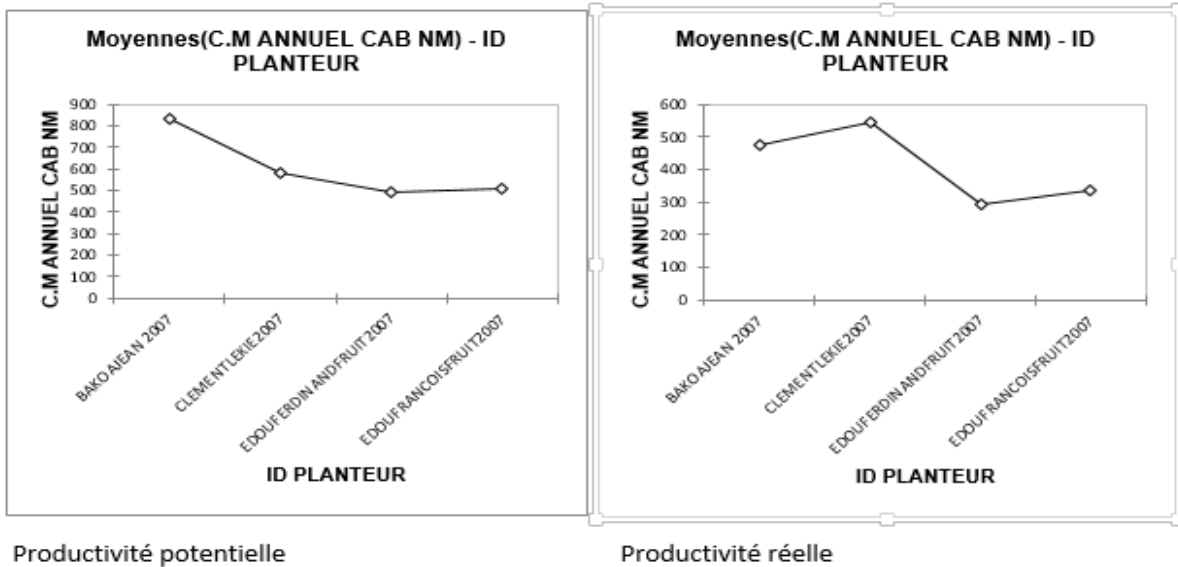
| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|-----------------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| ID PLANTEUR | 3 | 4585722,483 | 1528574,161 | 9,142 | < 0.0001 |
| VAR | 1 | 4801140,802 | 4801140,802 | 28,713 | < 0.0001 |
| ID PLANTEUR*VAR | 3 | 2676987,028 | 892329,009 | 5,337 | 0,001 |

Analyse de variance de la productivité potentielle (C.M ANNUEL CAB NM)

Analyse Type III Sum of Squares (C.M ANNUEL CAB NM) :

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|-----------------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| ID PLANTEUR | 3 | 4743630,208 | 1581210,069 | 9,199 | < 0.0001 |
| VAR | 1 | 5362059,500 | 5362059,500 | 31,194 | < 0.0001 |
| ID PLANTEUR*VAR | 3 | 739715,934 | 246571,978 | 1,434 | 0,233 |

Productivité moyenne des parcelles



Annexe 12 : Comparaison des variétés 15 – 19

Analyse de variance de la productivité réelle (C.M ANNUEL CAB NM)

Analyse Type III Sum of Squares (C.M ANNUEL CAB NM)

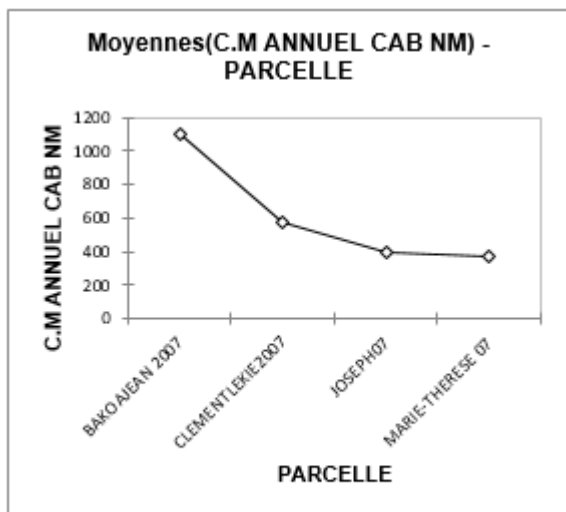
| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|--------------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| PARCELLE | 3 | 12647665,289 | 4215888,430 | 20,955 | < 0,0001 |
| VAR | 1 | 480114,210 | 480114,210 | 2,386 | 0,123 |
| PARCELLE*VAR | 3 | 2909198,186 | 969732,729 | 4,820 | 0,003 |

Analyse de variance de la productivité potentielle (C.M ANNUEL CAB NM)

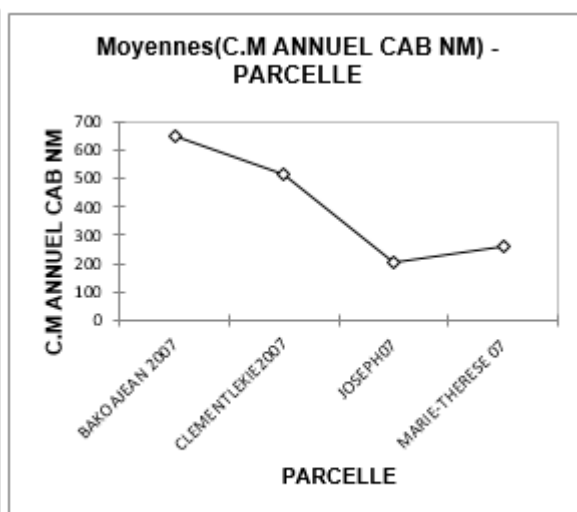
Analyse Type III Sum of Squares (C.M ANNUEL CAB NM)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|--------------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| PARCELLE | 3 | 18378270,712 | 6126090,237 | 33,967 | < 0,0001 |
| VAR | 1 | 94048,886 | 94048,886 | 0,521 | 0,471 |
| PARCELLE*VAR | 3 | 2502553,188 | 834184,396 | 4,625 | 0,004 |

Productivité moyenne des parcelles



Production potentielle



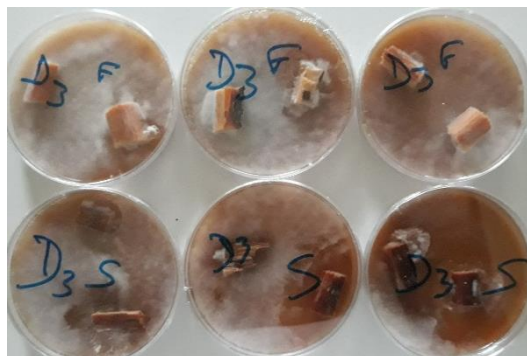
Production réelle

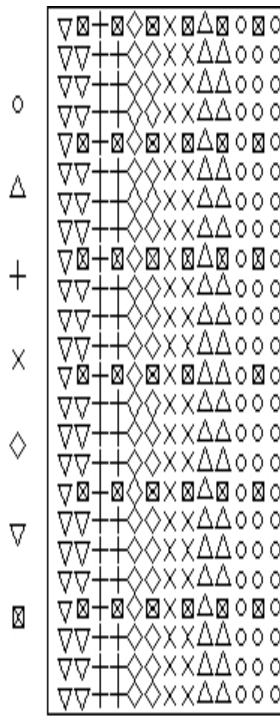
Annexe 13 : Résultat anova de la production de cacao marchand par type d'association

| | Production potentielle | Production réelle |
|------------------------------|------------------------|-------------------|
| Variété | 15.2 ** | 19.1 ** |
| Type d'association | 63.7 ** | 40.8 ** |
| Variété X Type d'association | 8.2 ** | 3.3 ** |

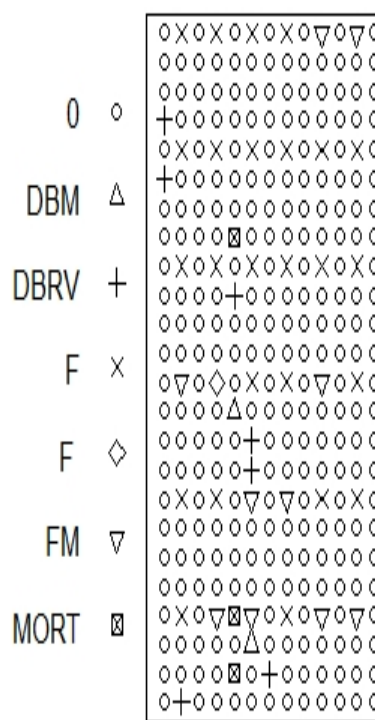
** = hautement significatif

Annexe 14 : Isolement des pathogènes (Emergence des colonies fongique)

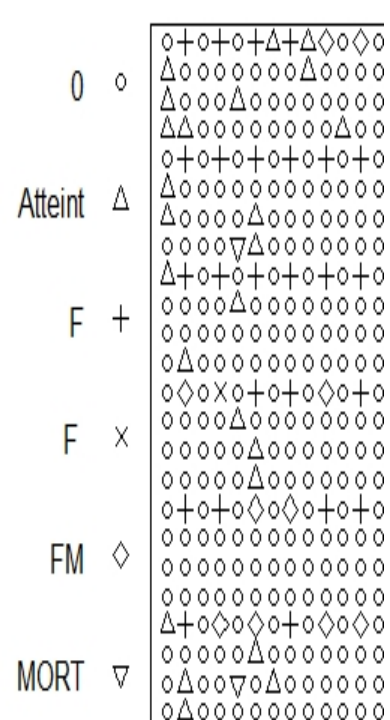




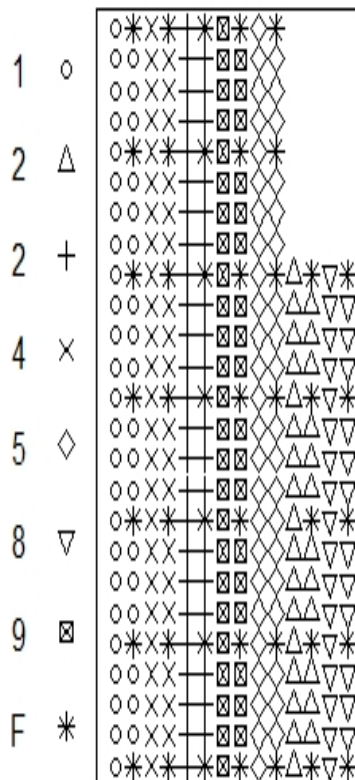
Parcelle Michel
date



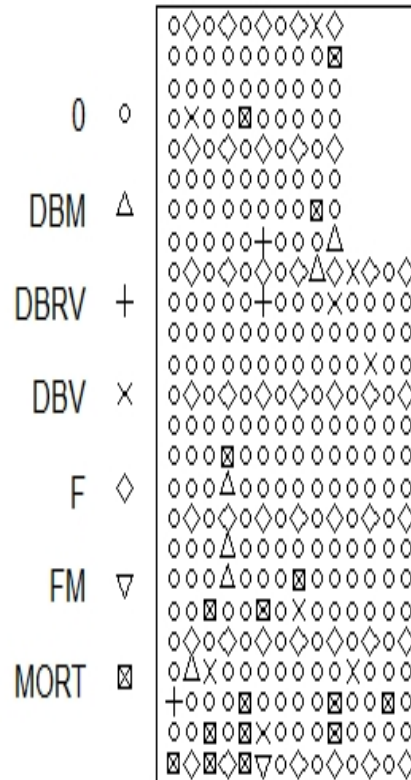
état à la date 2



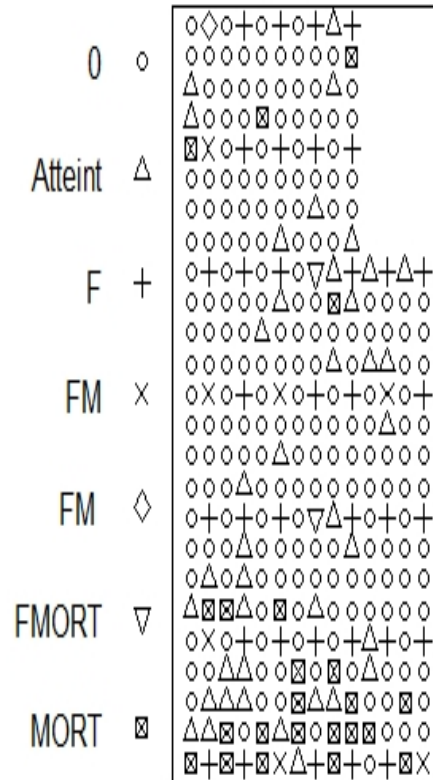
Bilan à la dernière



Parcelle Robert
date



état à la date 2



Bilan à la dernière

Annexe 16. Analyse de variance de l'attaque des mirides

Analyse Type III Sum of Squares

| Source | DDL | Type III SS | Moyenne quadratique | Valeur F | Pr > F |
|--------------------|-----|-------------|---------------------|----------|--------|
| Parcelle | 11 | 69.38477944 | 6.30770722 | 28.69 | <.0001 |
| variété | 8 | 7.14295364 | 0.89286921 | 4.06 | <.0001 |
| Parcelle X variété | 48 | 53.67657298 | 1.11826194 | 5.09 | <.0001 |

Annexe 17 : ANOVA Teneur en fonction de la descendance

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-------------|-----|--------|----------|---------|--------------|
| Descendance | 8 | 0.0802 | 0.010029 | 4.266 | 9.49e-05 *** |
| Residuals | 198 | 0.4655 | 0.002351 | | |

Annexe 18 : Calibrage de la suspension de zoospores par le billet d'une cellule de Malassez

Description d'une cellule de Malassez

La cellule de Malassez est formée de 2 quadrillages comprenant chacun 100 rectangles. Chaque rectangle correspond à 20 cellules. Chaque cellule a une surface de 0,0025 mm² et une profondeur de 0,2 mm.

Détermination du volume d'un quadrillage de la cellule

Le volume d'un quadrillage est égal au volume d'un rectangle multiplié par le nombre total de rectangles.

$$\begin{aligned}\text{Volume d'un quadrillage} &= 100 (20 \times 0,0025 \times 0,2) \\ &= 1 \text{ mm}^3 \\ &= 10^{-3} \text{ ml}\end{aligned}$$

Détermination du nombre de zoospore par ml

L'unité de mesure de la cellule de Malassez est le rectangle. N zoospores / rectangle correspond en moyenne à 100 × N zoospores / quadrillage, soit 100 × N zoospores / 10⁻³ ml ou N × 10⁵ zoospores / ml.

Calibrage de l'inoculum

Le calibrage se fait à travers la formule $C_i V_i = C_f V_f$; où C représente les concentrations, V les volumes, i est mis pour initial(e) et f pour final(e). La concentration finale désirée est obtenue après dilution par une quantité d'eau distillée stérile donnée.

Annexe 19 : Analyse de variance de la sensibilité dans les descendance et dans les répétitions pour chaque expérimentation

Expérimentation 1

Analyse Type I Sum of Squares :

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|------------------------|-----|------------------|--------------------|--------|--------|
| DESCENDANCE | 46 | 552,761 | ##### | 18,421 | 0,0001 |
| REPETITION | 2 | 6,586 | 3,293 | 5,048 | 0,007 |
| DESCENDANCE*REPETITION | 92 | 93,604 | 1,017 | 1,560 | 0,001 |

Expérimentation 2

Analyse Type I Sum of Squares :

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|------------------------|-----|------------------|--------------------|--------|--------|
| DESCENDANCE | 46 | ##### | 8,634 | 12,106 | 0,0001 |
| REPETITION | 2 | ##### | 9,462 | 13,267 | 0,0001 |
| DESCENDANCE*REPETITION | 90 | ##### | 1,336 | 1,873 | 0,0001 |

Expérimentation 3

Analyse Type I Sum of Squares :

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|------------------------|-----|------------------|--------------------|--------|--------|
| DESCENDANCE | 45 | ##### | 12,561 | 17,435 | 0,0001 |
| REPETITION | 2 | 2,243 | 1,122 | 1,557 | 0,211 |
| DESCENDANCE*REPETITION | 89 | ##### | 1,993 | 2,767 | 0,0001 |

Annexe 20. Analyse globale de variance de la sensibilité dans les descendance et répétitions

ANOVA à deux facteurs

Analyse Type I Sum of Squares :

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|------------------------|-----|------------------|--------------------|---------|----------|
| DESCENDANCE | 49 | 1278,177 | 26,085 | 35,613 | < 0,0001 |
| REPETITION | 2 | 353,961 | 176,980 | 241,623 | < 0,0001 |
| DESCENDANCE*REPETITION | 88 | 260,252 | 2,957 | 4,038 | < 0,0001 |

Annexe 21 : Analyse des différences entre les expérimentations

REPETITION / Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

| Contraste | Différence | Différence standardisée | Valeur critique | Pr > Diff | Significatif |
|--------------------------|------------|-------------------------|-----------------|-----------|--------------|
| 09/09/2017 vs 27 AOUT 17 | 0,605 | 19,363 | 2,344 | 0,0001 | Oui |
| 09/09/2017 vs 03/09/2017 | 0,168 | 4,819 | 1,960 | 0,0001 | Oui |
| 03/09/2017 vs 27 AOUT 17 | 0,437 | 12,540 | 1,960 | 0,0001 | Oui |

| Modalité | Moyenne estimée | Groupes |
|------------|-----------------|---------|
| 09/09/2017 | 3,271 | A |
| 09/03/2017 | 3,104 | B |
| 27 AOUT 17 | 2,667 | C |

Annexe 22 : Analyse de variance de la sensibilité entre les catégories de croisement

ANOVA à deux facteurs

Analyse type 1 Sun of Squares:

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr >F |
|--------------------------------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| Répétition | 2 | 119,282 | 59,641 | 62,525 | < 0,0001 |
| Type de croisement | 3 | 42,826 | 14,275 | 14,966 | < 0,0001 |
| Répétition* Type de croisement | 6 | 7,650 | 1,275 | 1,337 | 0,237 |