

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union - Discipline - Travail



Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la
Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ
JEAN LOROUGNON GUEDE

THÈSE DE DOCTORAT

FORMATION DOCTORALE

AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT TROPICAL

Mention : **Agriculture et foresterie tropicale**

Spécialité : **Génétique et amélioration des plantes**

THÈME :

EVALUATION DES HYBRIDES DE GENITEURS GUYANAIS DU
CACAOYER (*Theobroma cacao*. L) POUR L'AMELIORATION DE LA
PRODUCTION ET DE LA RESISTANCE A LA POURRITURE BRUNE
DES CABOSSES

Prénoms : Vanié Firmin

NOM : GOURE BI

JURY

Président : M. SORO Dogniméton, Professeur Titulaire,
Agropédologie, UJLoG

Directeur : M. AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur
Titulaire, Génétique, UJLoG

Co-Directeur : M. TAHI Gnion Mathias, Directeur de Recherche,
Génétique, CNRA

Rapporteur : M. BONNY Beket Séverin, Maître de Conférences,
Génétique, UNA

Examineur : M. POKOU Désiré, Maître de Recherche,
Génétique, CNRA

Examineur : Mme. TONESSIA Dolou Chalotte, Professeur
Titulaire, Phytopathologie, UJLoG

Soutenue le 20/12/2025

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	vii
AVANT-PROPOS	viii
REMERCIEMENTS	ix
LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABREVIATIONS	xii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiii
LISTE DES FIGURES.....	xv
LISTE DES ANNEXES.....	xvi
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	5
1.1. Histoire du cacaoyer (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	6
1.1.1. Taxonomie du cacaoyer.....	6
1.1.2. Caractéristiques du cacaoyer	7
1.1.2.1. Système racinaire du cacaoyer.....	7
1.1.2.2. Tige, tronc et branches du cacaoyer.....	7
1.1.2.3. Feuille du cacaoyer.....	7
1.1.2.4. Fleur du cacaoyer.....	8
1.1.2.5. Fruit et fèves du cacaoyer.....	9
1.1.3. Biologie du cacaoyer	11
1.1.3.1. Floraison	11
1.1.3.2. Pollinisation naturelle et artificielle	11
1.1.4. Fécondation	12
1.1.5. Diversité au sein du cacaoyer	12
1.1.6. Importance socio-économique et nutritionnelle	14
1.1.7. Facteurs climatiques et pédologiques influant la culture du cacaoyer.....	15
1.1.7.1. Facteurs climatiques.....	15
1.1.7.2. Facteurs pédologiques.....	15

1.2. Maladies et ravageurs du cacaoyer.....	16
1.2.1. Pourriture brune des cabosses.....	16
1.2.2. Balai de sorcière	17
1.2.3. Mirides.....	17
1.2.4. Pourridiés.....	18
1.2.5. <i>Swollen shoot</i> du cacaoyer.....	18
1.3. Amélioration génétique du cacaoyer	18
1.3.1. Modes de multiplication végétative du cacaoyer	18
1.3.2. Notion de génétique quantitative	19
1.3.3. Effets génétiques et environnementaux	19
1.3.4. Hétérosis	20
1.3.5. Héritabilité des caractères.....	22
1.3.6. Aptitudes générales et spécifiques à la combinaison.....	22
1.4. Maladie de la pourriture brune des cabosses.....	23
1.4.1. Description de la pourriture brune des cabosses	23
1.4.2. Différentes espèces de <i>Phytophthora spp</i>	24
1.4.3. Biologie du genre de <i>Phytophthora</i>	25
1.4.3.1. Symptômes de la maladie de pourriture brune des cabosses	27
1.4.3.2. Emergence de <i>Phytophthora</i> sur le cacaoyer	28
1.4.3.3. Mécanisme de la dispersion de <i>Phytophthora</i>	29
1.4.3.4. Aire de distribution de <i>P. megakarya</i> , hôtes sauvages et hôtes potentiels.....	30
1.4.3.5. Perte économique provoquée par le <i>Phytophthora</i>	31
1.4.3.6. Méthodes de lutte contre la pourriture brune de cabosses	31
1.4.3.6.4. Lutte génétique	32
1.5. Résistance génétique du cacaoyer à la pourriture brune des cabosses	33
1.6. Monographie de cacaoyer spontané guyanais	34
1.6.1. Nomenclature des clones Guyanais	34

1.6.2. Originalité et description du cacaoyer guyanais	34
1.6.3. Découverte et collection des cacaoyers spontanés Guyanais	36
1.6.4. Caractéristiques des clones guyanais.....	36
1.6.4.1. Caractéristiques technologiques et sensorielles.....	37
1.6.4.2. Compatibilité des clones Guyanais	37
1.6.4.3. Caractéristiques agronomiques	37
1.6.4.4. Résistance des clones Guyanais aux maladies et aux insectes	38
1.6.4.5. Diversité génétique et la structuration de cacaoyer Guyanais	40
1.6.4.6. Valeur des clones Guyanais en tant que géniteurs dans le programme de sélection de cacaoyer	40
1.6.4.7. Intérêt des clones Guyanais dans le programme de l'amélioration génétique du cacaoyer	42
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	45
2.1. Milieu d'étude	46
2.2. Matériel végétal utilisé pour comparer les populations d'hybrides du cacaoyer pour les caractères agronomiques.....	47
2.2.1. Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d'hybrides d'E6/5	47
2.2.2. Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d'hybrides de TO (Test Orientatif).....	49
2.3. Matériel végétal utilisé pour évaluer des populations d'hybrides à <i>Phytophthora</i> <i>megakarya</i> par le test sur disques foliaires	52
2.4. Choix du matériel fongique	53
2.5. Matériel végétal utilisé pour l'étude des paramètres génétiques.....	53
2.6 Méthodes	54
2.6.1. Evaluation des paramètres de production des populations d'hybrides	54
2.6.1.1. Dispositifs expérimentaux des essais E6/5 et TO	54
2.6.1.2. Evaluation des paramètres agronomiques	54
2.6.1.3. Paramètres technologiques liés aux fèves	56

2.6.2. Evaluation de la résistance des populations d'hybrides à <i>Phytophthora megakarya</i>	56
2.6.2.1. Préparation du matériel fongique	56
2.6.2.2. Collecte et préparation des échantillons de feuilles	57
2.6.2.3. Dispositif expérimental	57
2.6.2.4. Inoculation des disques foliaires	58
2.6.2.5. Echelle de classement des populations d'hybrides à <i>Phytophthora megakarya</i>	58
2.6.3. Détermination des paramètres génétiques	60
2.7. Analyse statistique des données	60
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	63
3.1 Résultats	64
3.1.1. Comparaison des populations du 1 ^{er} , du 2 ^{ème} cycle de brassage intragroupe avec les populations intergroupes, Guyanaises pour les caractères de production	64
3.1.1.1. Comparaison de trois populations de l'essai E6/5 pour les caractères de production	64
3.1.1.2. Comparaison des populations de l'essai TO pour les caractères de production	65
3.1.2. Comparaison des familles d'hybrides pour les caractères agronomiques	67
3.1.2.1. Comparaison des familles d'hybrides d'E6/5 pour les caractères agronomiques	67
3.1.2.2. Comparaison des familles d'hybrides de l'essai E6/5 pour les caractères liés aux fèves	69
3.1.2.3. Comparaison des familles d'hybrides de l'essai TO pour les caractères agronomiques	71
3.1.2.4. Comparaison des familles d'hybrides de l'essai TO pour les caractères liés aux fèves	72
3.1.3. Structuration des familles d'hybrides en fonction des caractères de production étudiés	75
3.1.3.1. Structuration des familles d'hybrides de la parcelle E6/5	75

3.1.3.2. Structuration des familles d'hybrides de l'essai de TO en fonction des caractères de production étudiés	77
3.2. Classement des populations pour la sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i> mesurée par le test sur disques foliaires au laboratoire	80
3.2.1. Classement des populations de l'essai E6/5 pour la sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	80
3.2.2. Classement des populations de l'essai TO pour la sensibilité foliaire à <i>P. megakarya</i>	81
3.2.3. Classement des familles d'hybrides pour la sensibilité foliaire à <i>P. megakarya</i> mesurée par le test sur disques foliaires au laboratoire	82
3.2.3.1. Classement des familles d'hybrides de l'essai E6/5 pour la sensibilité foliaire à <i>P. megakarya</i>	82
3.2.3.2. Classement des familles d'hybrides de l'essai TO pour la sensibilité foliaire à <i>P. megakarya</i>	84
3.2.4. Classement des géniteurs impliqués dans les croisements des essais E6/5 et TO pour la sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	87
3.2.4.1. Classement des géniteurs de l'essai E6/5 pour la sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	87
3.2.4.2. Classement des géniteurs de l'essai TO pour la sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	88
3.2.5. Corrélation entre le taux de cabosses pourries au champ, le rendement potentiel annuel, et la sensibilité foliaire à <i>P. megakarya</i>	91
3.3. Paramètres génétiques des caractères mesurés	91
3.3.1. Aptitudes générales et aptitudes spécifiques à la combinaison	91
3.3.2. Variances génotypiques et phénotypiques des caractères	92
3.3.3. Héritabilité des caractères	93
3.3.4. Aptitudes générales à la combinaison des géniteurs et aptitudes spécifiques à la combinaison des hybrides	93
3.3.4.1. Aptitudes générales à la combinaison des géniteurs du factoriel 6 x 3	93

3.3.4.2. Aptitudes spécifiques à la combinaison des hybrides du factoriel 6 x 3	94
3.4. Discussion	96
CONCLUSION	103
REFERENCES.....	106
ANNEXES	a

DEDICACE

Je dédie cette thèse :

- A la mémoire de mon père, VANIE Bi Bernard et à ma mère, Lou Naye.
- A ONENE Désirée, ma chère et tendre chérie, pour son soutien indéfini et pour l'amour incontournable qu'elle me porte malgré les difficultés de la vie que nous avons vécues lors de ce travail. Que son aboutissement soit pour toi source de joie intarissable et de réconfort.
- A mes chers enfants, Bi TRA Elie, DOUE Esther, ABDOUL Kader et VANIE Lou Marie Nèlle Kéren, mes sources de joie quotidienne.
- A mes chers frères et sœurs, pour vos soutiens sans cesse renouvelés.
- A la famille du « Renouveau Charismatique Catholique de Côte d'Ivoire » de la paroisse Saint Jean Baptise d'Abobo, Saint Joseph de Daloa, Saint Jean Bosco de Korhogo, Saint Padre Pio de Dabou et enfin Sainte Famille de Divo; je dis un grand merci pour les bons moments que j'ai passé avec vous. Je pense notamment à ma mère spirituelle AKOUA Assiala Elisabeth, Bergère du Renouveau Charismatique Catholique Sainte Famille de Divo pour ses soutiens.

AVANT-PROPOS

Cette étude présente les résultats de ma thèse au sein de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE (UJLoG), portant sur l'amélioration génétique du cacaoyer (*Theobroma cacao L.*) en Côte d'Ivoire.

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre du projet Programme Quantité-Qualité-Croissance (2QC) financé par Le Conseil du Café-Cacao (CCC) à travers le Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole (FIRCA). Les activités ont été réalisées au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Divo. Depuis la fin de l'année 2024, le projet a été piloté et financé par Le Conseil du Café-Cacao jusqu'à la fin de l'élaboration de ce mémoire, en passant par la phase de rédaction de deux articles et sept communications scientifiques.

Notre travail, qui a porté sur le thème « Evaluation des hybrides issus des géniteurs guyanais du cacaoyer pour l'amélioration de la production et de la résistance à la pourriture brune des cabosses » a permis d'évaluer des hybrides guyanais à travers les caractères de production et de résistance à la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire.

REMERCIEMENTS

Les travaux présentés dans ce document sont le fruit d'une collaboration entre deux institutions, l'Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ (UJLoG) et le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA). Mes premiers remerciements sont adressés aux Professeurs ci-dessous pour les facilités administratives qu'ils m'ont accordées en vue de mon inscription en thèse :

- Professeur ADOHI Krou Viviane, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé ;
- Professeur SORO Dogniméton, Vice-Président chargé de la pédagogie et de la vie Universitaire, qui malgré ses charges administratives, a bien voulu accepter de présider le jury pour l'évaluation finale de ma thèse ;

- Professeur KONE Issiaka, Vice-President chargé de la Recherche, Innovation Technologique et les Relations Exterieures (RITRE) de l'Université Jean Lorougnon Guédé ;

J'exprime ma reconnaissance à ces personnes qui ont contribué de façon directe ou indirecte à l'aboutissement de ce mémoire de thèse. Ce sont :

- Professeur SANGARE Abdourahamane, Directeur Général du CNRA pour m'avoir accordé sa confiance en m'autorisant à faire un stage au CNRA.

- Professeur AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire en génétique et amélioration des plantes. Après l'obtention de mon diplôme de master, Professeur AKAFFOU Doffou Sélastique a réitéré sa confiance à mon endroit en autorisant mon inscription en thèse. Malgré ses charges académiques et administratives, il a assuré avec intérêt et dévouement son rôle de Directeur de thèse. Je le remercie du fond du cœur pour les orientations qu'il a apporté à ce document et ses conseils qui m'ont permis de terminer sa rédaction.

- Docteur TAHI Gnion Mathias, Directeur en charge de la recherche et de la lutte contre le changement climatique (DRCC), Codirecteur de Thèse. J'avoue qu'il a été d'un apport considérable dans la réalisation de mes travaux. Ses sages conseils et ses soutiens m'ont permis de tenir bon durant ces années passées à ses côtés.

- Docteur KOUASSI Kouassi Clément, Maître de conférences, Directeur de l'UFR de l'Agroforesterie. Je voudrais lui témoigner ici, ma reconnaissance pour sa disponibilité et ses conseils.

- Professeur AYOLIE Koutoua, Directeur de Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole (LAPA), pour la confiance placée en moi pour m'avoir accepté dans son laboratoire.

- Professeur BOYE Mambé Auguste Denise, qui m'a adopté depuis la Licence 2, comme un petit frère. Cher Professeur, cher grand frère, je vous dis infiniment merci pour tous les bienfaits à mon égard.

- Docteur BONNY Beket Séverin, Maître de Conférences à l'UNA, rapporteur de cette thèse et Docteur KOFFI N'Dodo Boni Clovis, Maître de Conférences à UJLoG pour leurs importantes contributions qui ont permis un avis favorable de la commission scientifique.

- Professeur TONESSIA Dolou Charlotte, Professeur titulaire, ex-Directrice de l'UFR de l'Agroforesterie, qui a été la mère protectrice et responsable de la première promotion du parcours Agriculture et Foresterie dont je fais partie à l'UJLoG. Je voudrais lui témoigner ici, ma profonde reconnaissance pour ses sollicitudes. J'exprime ma gratitude au Docteur POKOU Désiré, Maître de Recherche au CNRA, tous deux qui ont accepté d'évaluer ce travail.

- Aux Enseignants-chercheurs du laboratoire de Génétique d'UJLoG, notamment: Docteurs GORE Bi Boh Nestor, YAO Kouakou Abessika Georges, ANZARA Gnigouan Kadio Guy Roland, et AKAZA Moroh Joseph pour leurs remarques et suggestions qui m'ont aidé à améliorer mon travail.

- Docteur N'GUSSAN François, Directeur régional du CNRA à Gagnoa, pour ses soutiens dans la réalisation des travaux de ma Thèse.

Je suis redevable à Docteur KONE Boaké, ex Conseiller du Directeur Général du CNRA à la retraite, il m'a toujours pris comme son fils. Je ne saurais trouver les mots exacts pour vous dire merci, pour les conseils et encouragements que vous m'avez accordés.

Je remercie Docteur COULIBALY Klotioloma, Maître de Recherche en Phytopathologie, Directeur de la Station de Recherche du CNRA de Divo, pour m'avoir accepté dans son laboratoire de Bingerville. Je vous suis reconnaissant pour tous les moyens financiers, matériels et les conseils que vous m'avez donnés pour le bon accomplissement de ce travail.

Je remercie Docteur N'GUESSAN Walet Pierre, Chargé de Recherche en Phytopathologie, Chef de Programme Cacao au CNRA. Merci infiniment pour vos conseils et votre disponibilité à l'égard de tous les Doctorants du CNRA de Divo.

Je n'oublie pas l'ensemble des chercheurs du laboratoire de Génétique du CNRA, notamment Docteurs GUIRAUD Brigitte, TREBISSOU Caudou pour leurs soutiens. J'exprime particulièrement ma gratitude à Docteur GUIRAUD Brigitte qui m'a adopté depuis lors, comme un petit frère. Chère Docteur, chère grande soeur, je vous dis infiniment merci pour tous les bienfaits à mon égard.

Je remercie vivement les autres docteurs du programme Cacao de la station du CNRA de Divo, Docteurs DIBI Ggbe Françoise, ASSI Evelyne et KOUAME Norbert.

Je remercie les doctorants du Centre de Calculs pour leur soutien moral et affectif. Il s'agit notamment de KOUAME Stanislas, ATCHI Mathurin, ABOUDOU Diallo, KOFFI Stanislas, GBEULI Anicet, COULIBALY Sounta et MEMEL Mari Edite.

J'associe à ces remerciements Messieurs MOUNOU Pierre, Didier BAZEMO, KOUASSI Georges et les autres techniciens de la station du CNRA de Divo pour leur implication dans mes travaux et leur sympathie. J'ai eu beaucoup de plaisir à travailler avec eux.

Je remercie sincèrement M. COULIBALY Bakary, Technicien Supérieur, et à M. TOURE Laurent, Auxiliaire de Recherche au Laboratoire de Phytopathologie CNRA de Bingerville pour les efforts et sacrifices consentis lors la réalisation de ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur SÉKOU Aïdara, pour son appui scientifique et ses encouragements.

Je remercie vivement Monsieur SANOGO Tidiane qui a été la première personne à m'accueillir quant je suis arrivé à Divo.

Que dire de Docteur DIGBE Thomas et LOUEYE Modeste mes amis de longue date, à qui j'exprime ici toute ma reconnaissance pour tous les bienfaits à mon égard à Daloa.

Mes remerciements vont également à l'endroit de mon grand frère BI GORE, ex-Cdex de la station de Sassandra pour ses soutiens et ses conseils.

Je tiens à remercier spécialement Monsieur ASSI Attiapo Pepin que j'ai l'habitude d'appeler le Père, un modèle de l'homme avec qui j'ai partagé toutes mes joies et mes peines lors de mes travaux de Thèse. Merci d'avoir été là pour ton soutien moral et financier.

À toi Sandrine Okayo MINAKOU ma confidente, ma coéquipière de thèse, avec toi j'ai partagé toutes les étapes de cette aventure, le terrain, les beaux moments comme les mauvais, je te remercie pour ta fidélité et ta compagnie.

Je remercie grandement ma chérie ONENE Kokro Linda Désirée pour son amour, sa patience, son assistance et tous les efforts consentis pour m'accompagner dans cette épreuve avec ma belle-mère LIGUE Djegba Sidonie.

À mes enfants pour mes absences incessantes : VANIE Lou Marie Noëlle, Elielo, DOUE Esther et GOURE Bi Tra Elie. Je vous aime de tout mon cœur.

Enfin, je remercie mes frères et soeurs pour leurs soutiens au cours de toutes ces années de peine car sans vous, je n'en serais pas là aujourd'hui. Il s'agit de : TOH Bi Frederic, TOH Lou Colette, TOH Lou Hélène, TOH Bi Gilbert, TOH Lou Delphine, TOH Bi Eric, TOH Bi Tah Oscar.

LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABREVIATIONS

AGC	: Aptitude Générale à la Combinaison
ANOVA	: Analysis of Variance / Analyse de variance
ASC	: Aptitude Spécifique à la Combinaison
BA+T ₁	: Bas amazonien et de Trinitario du premier cycle
BA+T ₂	: Bas amazonien et de Trinitario du deuxième cycle
CCC	: Conseil du Café-Cacao
CNRA	: Centre National de Recherche Agronomique
CSSV	: Cocoa Swollen Shoot Virus (Virus du gonflement des tiges du cacaoyer)
FIRCA	: Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles
GU	: Guyanais
HA ₁	: Hauts Amazonien du premier cycle
HA ₂	: Hauts Amazonien du deuxième cycle
ICCO	: International Cocoa Organization
Ntotcab	: Nombre Total de Cabosses
Nfn	: Nombre de Fèves normales par cabosse
PIB	: Produit Intérieur Brut
Pmff	: Poids moyen de fèves fraîches par cabosse
Pm1fs	: Poids moyen d'une fève sèche
Rpa	: Rendement potentiel annuel
Rpvig	: Rapport production vigueur
Sf	: Sensibilité foliaire
SRR	: Sélection Récurrente Réciproque
Tcp	: Taux de cabosses pourries
UJLoG	: Université Jean Lorougnon Guédé
Vig	: Vigueur végétative

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Sélection en fonction des aptitudes à la combinaison.....	23
Tableau II : Matériel végétal utilisé pour la comparaison des populaions du cacaoyer.....	47
Tableau III : Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d’hybrides du cacaoyer de la parcelle E6/5.....	48
Tableau IV : Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d’hybrides du cacaoyer de la parcelle TO.....	50
Tableau V : Parents des familles d’hybrides du cacaoyer d’E6/5 pour la sensibilité à <i>Phytophthora megakarya</i>	52
Tableau VI : Parents des familles d’hybrides du cacaoyer de TO pour la sensibilité à <i>Phytophthora megakarya</i>	52
Tableau VII : Croisements du factoriel incomplet 6 x 3 impliquant des géniteurs guyanais et les géniteurs du premier cycle de brassage intra Haut-Amazonien et Bas Amazonien d’E6/5	53
Tableau VIII : Comparaison de trois populations du cacaoyer de l’essai E6/5 avec le témoin pour six caractères de production.....	66
Tableau IX : Comparaison de six populations du cacaoyer de l’essai TO avec le témoin de référence pour six caractères de production	66
Tableau X : Comparaison des 25 familles d’hybrides du cacaoyer de l’essai E6/5 pour cinq caractères agronomiques	68
Tableau XI : Comparaison de 25 familles du cacaoyer de l’essai E6/5 pour les caractères liés aux fèves.....	70
Tableau XII : Comparaison de 44 familles d’hybrides du cacaoyer de l’essai TO pour cinq caractères agronomiques	72
Tableau XIII : Comparaison de 44 familles d’hybrides du cacaoyer de l’essai TO pour les caractères liés aux fèves	73
Tableau XIV : Variabilité des composantes principales des hybrides de la parcelle E6/5	76
Tableau XV : Variabilité des composantes principales des hybrides de la parcelle de TO ...	79
Tableau XVI : Classement des populations du cacaoyer de l’essai E6/5 pour leur sensibilité foliaire à <i>P. megakarya</i> mesurée en condition d’inoculation artificielle au laboratoire	81
Tableau XVII : Classement des populations du cacaoyer de l’essai TO pour leur sensibilité foliaire à <i>P. megakarya</i> mesurée en condition d’inoculation artificielle au laboratoire	82
Tableau XVIII : Classement de 25 familles d’hybrides du cacaoyer de l’essai E6/5 en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	83

Tableau XIX : Classement de 44 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai TO en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	85
Tableau XX : Classement de 19 géniteurs des familles d'hybrides de l'essai E6/5 en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	88
Tableau XXI : Classement de 28 géniteurs des familles d'hybrides de l'essai TO en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	90
Tableau XXII : Coefficients de corrélations de rang de Spearman entre le taux de cabosses pourries, le rendement potentiel annuel et la note de sensibilité foliaire à <i>Phytophthora megakarya</i>	91
Tableau XXIII : Aptitudes générales à la combinaison des géniteurs des hybrides guyanais de la parcelle E6/5.....	92
Tableau XXIV : Rapport des variances d'Additivité sur les variances Génétiques, coefficients de variation génétique, coefficient de variation phénotypique et héritabilités des caractères évalués	93
Tableau XXV : Comparaison des géniteurs des hybrides guyanais de la parcelle E6/5 suivant leurs valeurs d'AGC pour les caractères mesurés.	94
Tableau XXVI : Comparaison des hybrides guyanais de l'essai E6/5 suivant leurs valeurs d'ASC pour les caractères mesurés.	95

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Fleurs de cacaoyer	9
Figure 2 : Cacaoyer en production à la station du CNRA de Divo, Côte d'Ivoire.....	10
Figure 3 : Couleurs des fèves de cacaoyer à l'état frais selon les différents génotypes.....	10
Figure 4 : Hétérosis du meilleur parent, ou hétérosis du sélectionneur, et l'hétérosis parent-moyen, ou hétérosis du généticien	21
Figure 5 : Cycle de reproduction de <i>Phytophthora</i>	26
Figure 6 : Pied de cacaoyer portant des cabosses atteintes de pourriture brune	28
Figure 7 : Cabosses au sol atteintes de pourriture brune dans une parcelle au Cameroun.....	30
Figure 8 : Principales formes de cabosses chez le cacaoyer <i>Theobroma cacao</i> L.....	35
Figure 9 : Schéma de sélection récurrente réciproque du cacaoyer en Côte d'Ivoire	44
Figure 10 : Localisation géographique de la station du CNRA de Divo.....	46
Figure 11 : Quelques étapes du test d'inoculation sur des disques foliaires au laboratoire ...	59
Figure 12 : Progression des symptômes sur les disques foliaires selon l'échelle de Blaha ...	59
Figure 13 : Biplot de corrélation de l'analyse en composantes principales indiquant les relations entre les hybrides du cacaoyer de la parcelle E6/5.....	76
Figure 14 : Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique de 25 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai E6/5	77
Figure 15 : Biplot de corrélation de l'analyse en composantes principales indiquant les relations entre les hybrides du cacaoyer de la parcelle TO	79
Figure 16 : Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique des hybrides du cacaoyer de la parcelle TO	80

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de récolte des données agronomiques au champ.....	b
Annexe 2 : Fiche de récolte de 100 fèves de cacao marchand par famille.....	c
Annexe 3 : Fiche de la grille de lecture du test feuilles.....	d
Annexe 4 : Quelques matériels et étapes de l'étude technologique.....	f
Annexe 5: Quelques étapes pour l'évaluation des populations face à <i>Phytophthora megakarya</i>	g

INTRODUCTION

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une plante pérenne appartenant à la famille des Malvacées (Alverson *et al.*, 1999). Il est cultivé pour les fèves de ses cabosses, qui servent à la fabrication du chocolat ainsi que de divers produits pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires (Ndoungue, 2020). Le cacaoyer provient des forêts tropicales humides de l'Amérique du centre et du sud (Ouattara, 2015). Il fut introduit en Afrique, précisément en Côte d'Ivoire vers 1888 dans la région Est du pays (Ojebowa, 2021). Soixante-dix pourcent (70%) de la production mondiale de cacao provient de l'Afrique de l'Ouest. La Côte d'Ivoire et le Ghana en sont les principaux pays producteurs (ICCO, 2013). Depuis 1977, la Côte d'Ivoire s'est positionnée comme le premier producteur mondial de cacao marchand avec 40 % de la production mondiale tous les ans (ICCO, 2025). Toutefois, la campagne agricole 2023-2024, a enregistré une baisse de la production nationale, qui a été de 1 674 000 tonnes, représentant 37 % de l'offre mondiale (ICCO, 2025).

Malgré cette baisse de production, le secteur du cacao en Côte d'Ivoire contribue à hauteur de 15 % du Produit Intérieur Brut (PIB), 40 % des recettes d'exportations (ICCO, 2014). Sur le plan social, le secteur du cacao fait vivre environ 6 millions de personnes (Kanaté *et al.*, 2025). Bien que ces performances soient honorables pour la Côte d'Ivoire, la cacaoculture ivoirienne est confrontée à plusieurs contraintes de production : le faible niveau d'utilisation du matériel végétal amélioré (Koua *et al.*, 2018), le vieillissement du verger et la baisse de la fertilité des sols (Assiri *et al.*, 2009), le changement climatique et la forte pression parasitaire (Kouamé *et al.*, 2014). Cette dernière est due aux facteurs biotiques marqués par l'action des maladies et des insectes ravageurs du cacaoyer (Freud *et al.*, 2000). Parmi ces maladies, le swollen shoot constitue actuellement l'une des maladies virales la plus dommageable qui entraîne une baisse importante de la production et même la mort des cacaoyers sur une durée allant de 1 à 3 ans (Cilas *et al.*, 2015). En Côte d'Ivoire, une étude épidémiologique a relevé un taux de mortalité de 27,6 % et une prévalence de 26,97 % dans les foyers de la maladie (Kouakou, 2014). En plus du swollen shoot, une autre maladie moins connue, la pourriture brune, des cabosses affecte énormément la cacaoculture en Côte d'Ivoire depuis la découverte de *Phytophthora megakarya*, l'espèce de *Phytophthora* la plus agressive au champ (Koné *et al.*, 1998). En effet, quatre espèces de *Phytophthora* ont été reconnues comme responsables de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer mais deux d'entre elles revêtent une importance majeure (Vos *et al.*, 2003). Il s'agit de *P. palmivora*, l'espèce la plus répandue, que l'on trouve dans tous les bassins de production de cacao, et de *P. megakarya* l'espèce la plus nuisible, qui est exclusivement présente en Afrique centrale et de l'ouest (Ndoungue, 2020). En Côte d'Ivoire, les pertes de récolte dues à la pourriture brune des cabosses sont estimées à près de 44 % (Kouakou *et al.*,

2012). Dans les zones les plus touchées par la maladie, les pertes peuvent atteindre 80 % de la récolte (Koua *et al.*, 2018).

Face à cette forte pression exercée par le *Phytophthora*, plusieurs méthodes de lutte ont été appliquées, au nombre desquelles, la lutte chimique, la lutte agronomique, la lutte biologique et la lutte génétique. La lutte chimique, la plus utilisée par les producteurs, présente l'inconvénient d'être coûteuse et polluante pour l'environnement. La recherche de source de résistance des cacaoyers à la pourriture brune des cabosses s'avère donc nécessaire. Dans cette optique, des prospections ont été réalisées en Guyane et ont abouti à l'identification d'un nouveau matériel végétal appelé Guyanais (GU), qui s'est révélé résistant à la pourriture brune (Lachenaud *et al.*, 2007). Une partie de ce nouveau matériel génétique a été introduite dans plusieurs pays producteurs en Afrique, notamment au Cameroun, au Togo, au Ghana et en Côte d'Ivoire. Au Ghana où les clones GU ont été utilisés comme géniteurs dans des croisements, les résultats ont montré que certaines descendances guyanaises étaient meilleures que les meilleures variétés actuellement utilisées pour le rendement des fèves et la résistance à la pourriture brune des cabosses (Ofori, 2020).

En Côte d'Ivoire, peu de croisements impliquant des clones GU comme géniteurs ont été réalisés. Ainsi, jusqu'ici, aucun des hybrides actuellement vulgarisés ne comporte un parent Guyanais car l'aptitude des clones GU à améliorer leurs descendances n'ayant pas été étudiées. En vue d'apprécier l'intérêt des clones GU pour l'amélioration des caractères d'intérêts agronomiques, des essais d'hybrides impliquant des croisements ayant pour certains, des clones GU comme parents, ont été mis en place à la Station de recherche du CNRA à Divo.

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la durabilité de la cacaoculture en Côte d'Ivoire par la sélection d'un parent guyanais induisant un hybride à la fois haut producteur et résistant à la pourriture brune des cabosses. De cet objectif général, se dégagent les deux questions de recherche suivantes :

1. Les croisements impliquant un parent Guyanais améliorent-ils la production des hybrides du cacaoyer ?
2. Les croisements impliquant un parent Guyanais améliorent-ils le niveau de résistance des hybrides du cacaoyer à la pourriture brune des cabosses ?

Les objectifs spécifiques de cette thèse sont de :

- Sélectionner des hybrides performants (hauts producteurs et résistants à la pourriture brune des cabosses) ayant un parent Guyanais;

- Identifier les meilleurs géniteurs Guyanais afin de les insérer dans le programme de l'amélioration génétique du cacaoyer;
- Déterminer la contribution de l'effet génétique des caractères liés à la production et de résistance à la pourriture brune des cabosses.

Le plan proposé du mémoire pour répondre à ces questions, a été subdivisé en trois grandes parties. La première partie concerne la revue bibliographique, celle-ci porte sur les généralités sur le cacaoyer, les différentes espèces responsables de la pourriture brune des cabosses et une généralité sur les clones Guyanais. La deuxième partie se rapporte aux expérimentations réalisées lors de nos travaux, elle présente d'une part, les sites d'études, et d'autre part, pour chaque étude, le matériel végétal et les méthodologies. Enfin, la troisième partie se consacre aux résultats, la discussion, la conclusion et les perspectives de nos travaux.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1.1. Histoire du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.)

Le cacaoyer, *Theobroma cacao* Linnée est originaire des forêts tropicales humides de l'Amérique du centre et du sud. Il représente la seule espèce cultivée du genre *Theobroma* à titre commercial (Zhang *et al.*, 2011). Le cacaoyer est cultivé pour ses fèves que les Mayas et les Aztèques utilisaient comme monnaies d'échange et comme boisson destinée aux cérémonies et aux rituels. L'histoire des Aztèques renseigne que déjà au 14^e siècle, les fèves de cacao étaient utilisées dans la préparation d'une boisson appelée « xocoalt ». Le nom « chocolat » aujourd'hui mondialement adopté tire son origine de cette appellation (Burle, 1962).

Après la découverte du cacaoyer, sa domestication et sa culture ont débuté il y a 2000 à 3000 ans, par les civilisations précolombiennes, en particulier par les Mayas et les Aztèques. Dès la fin du XVI^{ème} siècle, se fut le point de départ de l'extension de la culture du cacaoyer dans la plupart des régions tropicales du monde. D'abord, la culture s'est étendue en Amérique centrale, en Amérique du sud et dans les îles Caraïbes puis en Asie au 17^e siècle. L'intérêt pour le cacao prend véritablement son envol lorsque les espagnols apprécièrent pour la première fois le goût du mélange « xocoalt » et sucre. En 1737, Carl Von Linnée a baptisé le cacaoyer *Theobroma cacao* L., « theos » signifiant dieu et « broma », breuvage, en grec (Loor, 2007). Les premières semences de cacaoyers ont été cultivées en Afrique en 1857, dans la provenance de Surinam. Vers la fin de 19^e siècle, elles sont arrivées au Ghana par les missionnaires suisses. Les premières cacaoyères ont été établies en Côte d'Ivoire entre 1895 et 1905. Sa culture à grande échelle a débuté en 1912 à l'Est du pays à la frontière avec le Ghana (Burle, 1962).

1.1.1. Taxonomie du cacaoyer

Le cacaoyer est une plante pérenne principalement allogame, présentant un taux élevé d'auto-incompatibilité due à un système gaméto-sporophytique (Knight & Rogers, 1955; Lanaud, 1987; Royaert *et al.*, 2011). Il appartenait à la famille des Sterculiacées et a été reclassé récemment dans la famille des Malvacées (Alverson *et al.*, 1999; Whitlock *et al.*, 2001). C'est une espèce diploïde ($2n = 2x = 20$) qui a un petit génome (0,4pg/1C) (Argout *et al.*, 2011). Le genre *Theobroma* a été décrit par Linné en 1737. La monographie complète a été publiée par Cuatrecasas (1964). Ce genre a été subdivisé selon cet auteur, en 6 sections et 22 espèces. Sa classification a été basée sur le mode de germination, l'architecture des arbres et les caractères des fruits et des fleurs. Herman *et al.* (2010) ont défini la taxonomie du cacaoyer comme indiqué ci-dessous :

Règne	: Végétal
Embranchement	: Spermaphytes
Division	: Magnoliophyla
Classe	: Dicotylédone
Ordre	: Malvale
Famille	: Malvaceae
Genre	: <i>Theobroma</i>
Espèce	: <i>Theobroma cacao</i> L.

1.1.2. Caractéristiques du cacaoyer

1.1.2.1. Système racinaire du cacaoyer

Le cacaoyer, cultivé à partir de semences, possède un système racinaire pivotant et une couronne de racines latérales superficielles. La majorité de son système racinaire se limite aux 50 premiers centimètres du sol et dans un rayon de 5 à 6 m autour de l'arbre (Mossu, 1990). Le cacaoyer issu de bouture a un système racinaire latéral. Cependant, une ou plusieurs de ces racines peuvent se développer verticalement et former un ou des petits pivots (Mossu, 1990). L'absence de vrai pivot chez le cacaoyer issu de bouture ralentit son développement végétatif et le rend plus sensible à la sécheresse (Opoku-Ameyaw *et al.*, 2010).

1.1.2.2. Tige, tronc et branches du cacaoyer

Chez le jeune plant, la tige croît verticalement. Elle porte des bourgeons et des feuilles. Le développement de ces bourgeons donne naissance à des branches plagiotropes qui formeront la couronne (Snoeck & Lambot, 2009). Chez le plant âgé, le tronc et les branches portent une écorce peu épaisse de couleur brune grisâtre. Ils portent des bourgeons, des feuilles et des fruits. L'arbre mesure entre 4 et 7 mètres de hauteur en culture (Opoku-Ameyaw *et al.*, 2010).

1.1.2.3. Feuille du cacaoyer

Les premières feuilles se forment à l'extrémité de la tige (axe orthotrope) du jeune plant. Elles partent d'un massif de 5 bourgeons axillaires disposés en couronne. Les feuilles du cacaoyer sont persistantes. Elles sont grandes (20 à 30 cm de long et 7 à 12 cm de large) avec une forme simple, lancéolée ou oblongue. La feuille du cacaoyer est pointue et penninervée. Son implantation se fait selon une phyllotaxie distincte sur les axes plagiotropes et rayonnante sur l'axe orthotrope (Daymond *et al.*, 2021). Les feuilles juvéniles du cacaoyer ont une coloration

variant du vert très clair à diverses nuances du rouge suivant la variété et la teneur d'anthocyanes qu'elles contiennent. Elles deviennent vertes à l'état adulte (Vera, 1987). Les stomates sont répartis sur la face inférieure des feuilles. Leur densité est dépendante de l'intensité lumineuse à laquelle est soumise la feuille. L'intensité lumineuse affecte la taille, l'épaisseur et la teneur en chlorophylle des feuilles. Les feuilles sous ombrage sont plus grandes et plus vertes que celles directement exposées à la lumière (Wood, 1973; Loor, 2007).

1.1.2.4. Fleur du cacaoyer

Les inflorescences du cacaoyer sont portées sur le tronc et sur les branches. Les premières fleurs apparaissent sur les arbres âgés d'au moins trois ans. Les fleurs peuvent être seules ou réunies en petits groupes. Elles se forment sur des « coussins floraux » à l'aisselle d'anciennes cicatrices foliaires. Ces coussins floraux vont donner des boutons floraux, des fleurs et enfin des fruits. La fleur de cacaoyer est hermaphrodite. Elle est de petite taille (0,5 à 1 cm de diamètre) avec un pédoncule de 1 à 3 cm. Elle se compose de cinq sépales blancs ou teintés de rose, soudés à leur base pour le calice et de cinq pétales constituant la corolle qui alternent avec les sépales (Demol, 2002). Les pétales sont très étroits à la base puis concave par la suite pour former la cuculle de couleur blanche (Loor, 2007).

L'ovaire est composé de cinq loges contenant chacune de six à dix ovules. Le style tubulaire est terminé par cinq stigmates. L'androcée est composé de cinq étamines cachées par les pétales. Les pétales alternent avec cinq staminodes stériles. Les étamines sont recourbées vers les pétales pour que l'anthère qui comporte quatre sacs polliniques soit logée à l'intérieur de la cuculle de chaque pétale. Chez la fleur du cacaoyer, les anthères sont logées dans les cuculles des pétales et les stigmates entourés par les staminodes. Cette disposition des organes floraux ne facilite pas la pollinisation naturelle du cacaoyer (Figure 1).

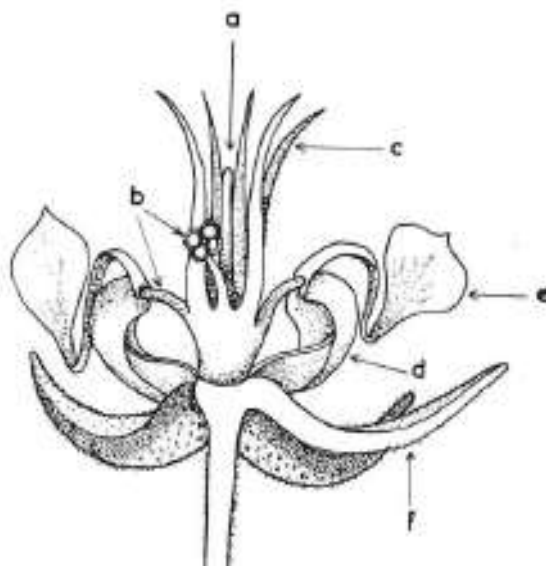


Figure 1 : Fleurs de cacaoyer (Loor, 2007)

(a) : le style, (b) : les anthères, (c) : les staminodes, (d et e) : la cuculle et la ligule (des pétales), (f) le sépale

1.1.2.5. Fruit et fèves du cacaoyer

Le fruit du cacaoyer appelé « cabosse » est relié au tronc ou aux branches maîtresses par un fort et court pédoncule (Figure 2). Les cabosses présentent une grande diversité de couleurs, formes et tailles, qui dépendent de l'origine génétique de l'arbre et de l'état de mûrissement du fruit. Les cabosses sont généralement de couleur verte ou rouge avant maturité et jaune, rouge ou orangé à maturité. Une cabosse mûre peut mesurer de 15 à 25 cm de long, 10 à 15 cm de large et son poids moyen varie entre 200 et 800 grammes. Chaque cabosse est protégée par une enveloppe extérieure dure et épaisse (le cortex de la cabosse) et contient entre 30 à 60 graines appelées fèves réparties dans 5 à 8 sillons longitudinaux. Une même cabosse peut contenir à la fois des fèves blanches et des fèves violettes en fonction du pollen qui a fécondé la fleur. Sa croissance et sa maturation nécessitent entre 5 et 7 mois. En général le fruit du cacaoyer, arrive à maturité entre 5 et 7 mois après la floraison (Mossu, 1990).

La graine ou la fève de cacao mesure de 2 à 4 cm de longueur, de 1 à 1,7 cm de largeur et de 0,7 à 1,2 cm d'épaisseur. Elle est recouverte d'un mucilage sucré et légèrement acidulé. La couleur de la fève de cacao varie du blanc au violet foncé suivant le génotype (Figure 3). Elle est constituée de deux cotylédons entre lesquels il y a un embryon (Mossu, 1990). Le nombre moyen de fèves par cabosse constitue un indicateur important dans l'appréciation de la productivité des génotypes de cacaoyers (Lachenaud, 1991).

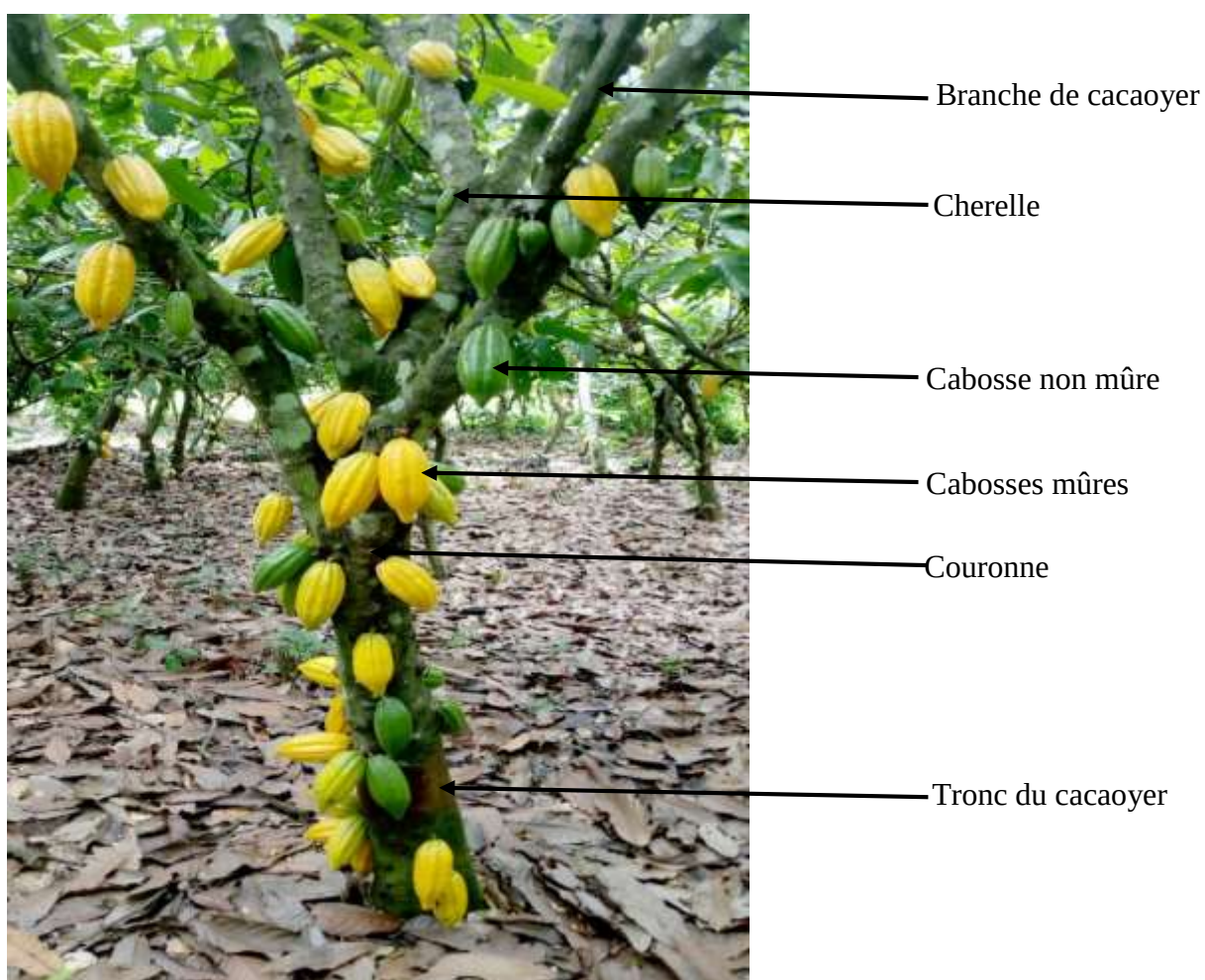


Figure 2: Cacaoyer en production à la station du CNRA de Divo, Côte d'Ivoire (Guiraud *et al.*, 2021)



Figure 3: Couleurs des fèves de cacaoyer à l'état frais selon les différents géotypes (Porney, 2016)

1.1.3. Biologie du cacaoyer

1.1.3.1. Floraison

Le cacaoyer commence à fleurir entre deux et cinq ans. La floraison est influencée par l'origine génétique de l'arbre (Mossu *et al.*, 1981; Paulin *et al.*, 1984), l'éclairement et les régimes thermiques et hydriques (Alvim, 1965; Boyer, 197). L'ouverture de la fleur commence généralement tard dans l'après-midi et se termine tôt le matin. Les grains de pollen sont de petite dimension (16 à 23 microns). L'ovaire renferme une quarantaine d'ovules (Demol, 2002).

1.1.3.2. Pollinisation naturelle et artificielle

La pollinisation est le déplacement du grain pollen de l'étamine jusqu'au stigmate. Le pollen peut être issu d'une même fleur ou d'une fleur d'un autre cacaoyer.

La pollinisation naturelle du cacaoyer est essentiellement assurée par les insectes, principalement par de petits moucheron parmi lesquels figurent plusieurs espèces du genre *Forcipomya* (Posnette, 1950 ; Young, 1985). Le vent y parvient difficilement, puisqu'il faudra déplacer le pollen gluant et compact jusqu'au stigmate (Paulin *et al.*, 1984). Le cacaoyer produit annuellement des milliers de fleurs mais seulement une dizaine de fruits sont formés. En effet, un grand nombre de fleurs produites par le cacaoyer chute précocement avant ou après la fécondation, ce qui donne à penser qu'une pollinisation plus efficace pourrait augmenter la production (Parvais *et al.*, 1977).

La disposition des pièces florales chez le cacaoyer facilite la pollinisation artificielle. En effet, le pollen peut naturellement être mis en contact avec le stigmate grâce à l'intervention humaine. Les boutons floraux prêts à s'ouvrir sont décelables par la taille qu'ils atteignent à la veille de leur ouverture. Les boutons floraux à polliniser et ceux sur lesquels sera prélevé le pollen devront être isolés à l'aide de manchon d'isolement à la veille de la pollinisation. Le manchon d'isolement est un tube en matière plastique d'environ 5 cm de longueur et de 15 cm de diamètre, dont l'une des extrémités est fixée à l'arbre et l'autre fermée avec un tissu à mailles très serrées permettant les échanges gazeux mais empêchant toute pénétration d'insectes et de pollen étranger. Le lendemain de l'isolement, une fois les fleurs ouvertes, la pollinisation va consister à frotter le pollen et les anthères de la fleur mâle sur le stigmate de la fleur femelle (Braudeau, 1970). Trois jours après la pollinisation, les manchons sont retirés des fleurs. Les cabosses qui en résulteront seront récoltées en moyenne cinq mois plus tard.

1.1.4. Fécondation

La germination du grain de pollen sur le stigmate, la pénétration du tube pollinique dans le style et son développement jusqu'au sac embryonnaire de l'ovule s'effectuent au plus tard 24 heures après la pollinisation. Les tubes polliniques pénètrent simultanément dans les ovules de la fleur. La fusion des gamètes est complète trois jours après la pollinisation (Loor, 2007). Après l'arrivée du tube pollinique dans le sac embryonnaire, le premier noyau mâle fusionne avec celui de l'oosphère pour former le zygote alors que le second noyau mâle s'accole aux deux noyaux polaires pour former le noyau triploïde de l'endosperme.

Chez le cacaoyer, des phénomènes d'incompatibilité empêchent souvent le bon déroulement de la fécondation et entraînent une chute importante des fleurs pollinisées. Dans le processus de fécondation les gamètes viennent en contact les uns des autres dans le sac embryonnaire. C'est en ce moment que l'incompatibilité se manifeste en empêchant la fusion des gamètes. Lanaud *et al.* (2017) ont montré que les croisements incompatibles étaient toujours caractérisés par la présence dans l'ovaire de 25,5 à 100 % d'ovules pour lesquels la fusion des gamètes n'a pas eu lieu. Alors, la seule présence de 25 % d'ovules non fécondées peut être responsable de la chute des fleurs. Le phénomène d'incompatibilité revêt une très grande importance pour tous les travaux de sélection effectués sur le cacaoyer. L'auto-incompatibilité a l'avantage de maintenir dans une population, une grande variabilité génétique et une sélection clonale dans cette population à plus de chance de succès (Braudeau, 1969).

1.1.5. Diversité au sein du cacaoyer

La classification de la diversité génétique de l'espèce *Theobroma. cacao* L. a été proposée par Morris (1882) et par Cheesman (1944). Les cacaoyers sont repartis en 10 groupes génétiques, regroupés en trois groupes morpho-géographiques traditionnellement cultivés à l'échelle mondiale : Criollo, Forastero et Trinitario qui est un croisement naturel entre Criollo et Forastero. Ces groupes sont à la base de la première classification du cacaoyer. Aujourd'hui, des outils plus performants ont permis d'obtenir une meilleure connaissance de la diversité génétique et de sa structuration (Bartley, 2005). Cependant, cette ancienne représentation de la diversité génétique chez *Theobroma. cacao* a été maintenue et est encore largement utilisée malgré son imprécision (Motamayor, 2001).

La répartition variétale dépend des continents, principalement en raison de l'adaptation du matériel végétal, aux parasites et aux ravageurs des cultures. Ainsi, les Criollo et les Trinitario sont majoritairement cultivés en Amérique centrale et en Amérique latine tandis que les Forastero, dont l'Amelonado, sont les principaux cacaoyers cultivés en Afrique de l'Ouest à

cause de la vigueur des arbres et de leur résistance aux maladies (Thresh *et al.*, 1988).

- **Les Criollo**, qui signifie « indigène » dans la langue locale, proviennent d'une région s'étendant du Mexique à la Colombie et au Venezuela. Ils constituent la variété la plus anciennement cultivée. Actuellement on les retrouve également aux Antilles, en Colombie et à Madagascar. Ces Criollo « modernes » sont des hybrides, plus ou moins introgressés par les Forastero (Motamayor *et al.*, 2002). La structure génétique de cette variété est plus proche de celle des Trinitario, bien que certains individus présentent des caractéristiques similaires aux anciens Criollo cultivés en Amérique centrale et au Mexique (cotylédons blancs). Certains cacaoyers Criollo montrent une grande diversité morphologique, mais une diversité génétique très limitée (Motamayor *et al.*, 2002). Les cabosses des Criollo sont rouges ou vertes avant leur maturité, généralement allongées, avec des sillons profonds, leur péricarpe est verruqueux et mince, tandis que le mésocarpe est également mince et peu lignifié. Les Criollo de type « *Porcelana* », présents au Venezuela, se caractérisent de cabosses lisses pointues et peu allongées. Les fèves sont dodues, presque rondes avec des cotylédons blancs ou légèrement pigmentés. Ils produisent du cacao fin, très aromatique avec une légère amertume, et sont utilisés en chocolaterie pour la fabrication de produits de luxe. Malgré leurs excellentes qualités, leur culture est très limitée aujourd'hui en raison de leur faible vigueur et de leur sensibilité aux maladies. Ils représentent 1 à 3 % de la production mondiale (Loor, 2007 ; Oro, 2011).

- **Les Forastero**, qui signifie « étranger » en espagnol sont originaire de l'est de la cordillère des Andes, dans la région comprenant le nord du Brésil jusqu'au Guyane (Cuatrecasas, 1964). Ils regroupent tous les autres types de cacaoyers « non Criollo ». Ils ont été divisés en deux sous-groupes : les Bas Amazoniens et les Hauts Amazoniens. Les forastero Bas Amazoniens, incluant le type amelonado sont largement cultivés en Afrique de l'Ouest, se distinguent par une faible diversité génétique, une bonne vigueur et une productivité élevée. L'amelonado est le plus cultivé chez les forasteros depuis 1950 (Motamayor *et al.*, 2003). La précocité et l'hétérosis très souvent remarqués chez la descendance, tous les programmes de l'amélioration en Afrique et en Amérique sont aujourd'hui basés sur l'amelonado. Par ailleurs, presque tous les programmes de sélection menés sur le cacaoyer se concentrent exclusivement sur les forasteros ou trinitarios, qui représentent aujourd'hui 75 à 80 % de la production mondiale. Les forastero Hauts Amazoniens présentent une grande variabilité génétique. Ils sont très résistants aux maladies et aux insectes, mais présentent généralement de petites fèves (Brunt *et al.*, 1964). Les cacaoyers amazoniens présentent un grand intérêt en raison de leurs caractéristiques de vigueur et de précocité remarquables. Selon Dias (2001), les « hybrides

amazoniens » (issus du croisement entre un clone amazonien et un clone non amazonien) sont encore plus intéressants car ils affichent souvent une hétérosis exceptionnelle.

- **Les Trinitario**, originaires de l'île de Trinidad, sont des populations hybrides de cacaoyers. Leur origine réside dans un croisement naturel entre les Criollo plantés au XVII^e siècle par les colons espagnols à Trinidad et les cacaoyers importés de la Basse Amazonie (Pound, 1938). Ils ont rapidement été cultivés dans divers pays d'Amérique centrale et du Sud, tels que la Colombie, le Venezuela et l'Équateur, ainsi que dans quelques pays de l'Afrique et de l'Asie du Sud-Est. Ces hybrides naturels sont très hétérogènes. Ils offrent une bonne résistance aux maladies et représentent actuellement environ 20 à 25% de la production mondiale (Loor, 2007 ; Oro, 2011).

1.1.6. Importance socio-économique et nutritionnelle

Depuis longtemps, le marché du cacao s'est établi comme un secteur commercial d'une grande importance à l'échelle mondiale. Il sert de matière première pour la production de divers produits dans l'industrie alimentaire (confiserie, boissons), ainsi que dans les secteurs cosmétique et pharmaceutique. Actuellement, la production du cacao en Afrique est estimée à 2,8 millions de tonnes tandis que la production mondiale s'élève à environ 3,9 millions de tonnes (ICCO, 2014). La production mondiale de cacao a constamment augmenté depuis 1970, principalement grâce à l'expansion des surfaces cultivées et à l'amélioration des rendements, qui atteignent aujourd'hui entre 250 et 400 kg/ha pour les cacaoyers que l'on trouve en milieu paysan selon Assiri *et al.* (2016) et, plus de deux tonnes à l'hectare pour les variétés améliorées issues du programme de sélection du cacaoyer en Côte d'Ivoire (Tahi *et al.*, 2017). En effet, le cacao est si important qu'il se classe au troisième rang, après le sucre et le café, sur le marché mondial des matières premières. La grande valeur de la culture du cacaoyer repose principalement sur la fabrication et le commerce du chocolat, qui est devenu un produit très recherché sur le marché mondial, représentant ainsi un enjeu commercial majeur (Loor, 2007). La consommation mondiale de cacao en tonnes au cours de la période 2023-2024 a été d'environ 4,65 millions de tonnes, avec une légère baisse anticipée de 4,8% par rapport à la saison précédente. En 2023-2024, l'Europe a été le premier continent consommateur de chocolat au monde avec près de 50% de la demande globale (ICCO, 2025). Le chocolat occupe la première place dans le commerce mondial de la confiserie estimé à plus de 80 milliards de dollars américains par an (Vos *et al.*, 2003).

En Côte d'Ivoire, la production du cacao joue un rôle primordial dans la prospérité de l'économie ivoirienne. Au plan social, la cacaoculture emploie plus d'un million de planteurs et génère de nombreux postes dans les secteurs secondaire et tertiaire. Au plan économique,

le cacao représente environ 40% des recettes d'exportations, contribue à 15% de Produit Intérieur Brut et 10 % des recettes publiques (ICCO, 2015). En 2020, le cacao a confirmé son statut de première source de devises de la Côte d'Ivoire avec des revenus d'exportation atteignant près de 2971 milliards FCFA, soit environ 5,4 milliard de Dollars, selon les données de la direction en charge des statistiques du ministère ivoirien de l'économie et des finances (Konandi, 2021). La Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de cacao, représentant plus de 40 % de l'offre mondiale en 2017, suivie par le Ghana, dont la production avoisine 800 000 tonnes, soit 18 % de l'offre mondiale (ICCO, 2017). Sur le plan environnemental, la culture du cacaoyer permet de lutter contre l'érosion et contribue au maintien de la biodiversité et de la reconstitution du sol (Braudeau, 1969).

1.1.7. Facteurs climatiques et pédologiques influençant la culture du cacaoyer

1.1.7.1. Facteurs climatiques

Le climat intervient directement sur la croissance et le développement du cacaoyer. Les principaux facteurs climatiques agissant sur le cacaoyer sont la température, la pluviométrie, l'humidité atmosphérique et la lumière (Mosu, 1990). Les températures optimales pour la croissance du cacaoyer sont comprises entre 18°C et 32°C. En effet, en dessous de 10°C, la plante peut être endommagée ou tuée, et au-delà de 32°C, la croissance de la plante est ralentie (Ayi, 2017). La pluviométrie influence significativement le rendement annuel des cacaoyers car ceux-ci sont très sensibles à une déficience hydrique. Les pluies doivent être abondantes et surtout bien réparties tout au long de l'année. La pluviométrie favorable est généralement comprise entre 1200 et 2000 mm de pluie par an. Une saison sèche marquée, en augmentant le taux d'évaporation du sol et l'intensité de la transpiration de l'arbre, perturbe défavorablement le métabolisme de la plante. La culture du cacaoyer nécessite une humidité relativement élevée, souvent à 100 % la nuit, elle descend vers 70-80 % le jour, parfois moins en saison sèche pendant laquelle la frondaison des arbres présente un aspect caractéristique où toutes les feuilles sont pendantes. Au stade de jeune culture, un ombrage provisoire relativement dense, ne laissant traverser que 50 % de la lumière totale, est indispensable pendant les premières années de cultures des jeunes cacaoyers. L'ombrage provisoire sera diminué progressivement au fur et à mesure du développement du cacaoyer (Mossu, 1990).

1.1.7.2. Facteurs pédologiques

Tous les sols ne sont pas favorables à la culture du cacaoyer. La connaissance des caractéristiques physico-chimiques des sols permet de déterminer l'aptitude à la culture du cacaoyer. Les sols favorables au cacaoyer doivent être aérés et bien drainés avec une

profondeur minimale de 1,5 m. Une structure homogène permettant une bonne rétention en eau. Le pH du sol doit être proche de la neutralité (entre pH 6,5 et pH 7), avoir une bonne teneur en matière organique dans la couche superficielle et répondre à un équilibre ionique des principaux éléments nutritifs, notamment : N, P, K, Ca et Mg. Chez le cacaoyer, les carences et les déficiences minérales entraînent des anomalies foliaires notamment une réduction de la taille des feuilles et des jaunissements du limbe qu'il ne faut pas confondre avec les symptômes provoqués par les maladies virales (Braudeau, 1969).

1.2. Maladies et ravageurs du cacaoyer

1.2.1. Pourriture brune des cabosses

La pourriture brune des cabosses, curieusement dénommée « black pod » par les auteurs anglophones est une maladie du cacaoyer causée par le *Phytophthora*. Elle cause près de 80 % de pertes de récoltes en Afrique, 20 à 25 % de pertes de récoltes au Brésil et 50 % de pertes au Costa Rica (Oro, 2011). La maladie est caractérisée par l'apparition sur le cortex d'une petite tache translucide, qui brunit en 24-48 heures. La tâche s'étend plus ou moins rapidement selon la sensibilité du cacaoyer. Pendant la période humide, elle se recouvre après quelques jours, d'un feutrage de mycélium blanc qui révèle la présence du champignon. La germination des zoospores nécessite la présence de l'eau ; c'est pourquoi la contamination débute souvent à l'apex du fruit retenant une gouttelette d'eau pendante dans laquelle les zoospores peuvent se déplacer, germer et infecter le fruit (Braudeau, 1969). L'infection débute par une pénétration des zoospores (germées) dans l'épiderme. La germination des zoospores peut se produire également dans l'eau retenue sur les fruits au niveau de l'attache du pédoncule ou entre deux cabosses jointives. Après une dizaine de jours, la maladie progresse à l'intérieur de la cabosse et détruit les fèves qui deviennent impropres à la commercialisation. Les cabosses attaquées, restent attachées à l'arbre sous forme momifiées (Coulibaly *et al.*, 2023).

Quatre espèces de *Phytophthora* ont été identifiées comme parasites de la pourriture. Cependant, *P. palmivora* Butl et *P. megakarya* ont une importance majeure (Vos *et al.*, 2003). En Côte d'Ivoire, les pertes de récolte dues à la pourriture brune dépassent 20 % dans la zone Sud humide où les pluies annuelles sont supérieures à 1500 mm (Kouakou, 2014). Les moyens de lutte contre la pourriture brune sont l'application de mesures prophylactiques associées à la lutte chimique raisonnée et la sélection de cacaoyers résistants aux parasites responsables (Tahi *et al.*, 2006).

1.2.2. Balai de sorcière

Il s'agit d'une maladie essentiellement présente en Amérique du Sud où elle provoque d'importantes pertes de production allant de 30 à 100 % (Vos *et al.*, 2003). L'agent responsable de cette maladie est appelé *Crinipelis perniciosa*. Il s'attaque à tous les tissus méristématiques en développement : jeunes pousses, bourgeons floraux et cherelles.

Les jeunes pousses infectées par ce parasite prennent un aspect caractéristique de diamètre supérieur aux tissus sains et présentent une prolifération de ramifications latérales appelées balai. Ces balais meurent au bout de 4 à 6 semaines et bien qu'ils puissent facilement être détachés lorsqu'ils sont complètement secs, ils subsistent assez longtemps sur les arbres. Les cabosses attaquées n'atteignent jamais la maturité car elles sèchent aussitôt et pourrissent sur le cacaoyer. Les méthodes de luttent consistent à l'emploi de fongicides associés à l'enlèvement et à la destruction de tous les balais apparaissant sur les arbres. Toutefois, la sélection de variétés ou de clones résistants à la maladie reste le meilleur moyen de lutte efficace (Kouakou, 2014).

1.2.3. Mirides

Les mirides (souvent appelées capsides) sont un groupe d'insectes qui vivent en Afrique occidentale et centrale. Les mirides (*Sahlbergella singularis* Hagl) constituent la principale menace parasitaire du cacaoyer. Cette famille d'insectes piqueurs domine de loin l'ensemble du groupe des insectes nuisibles aux cacaoyers. Les lésions provoquées par les mirides donnent accès à divers champignons pouvant obstruer les vaisseaux (Wood & Lass, 1989). Chaque piqûre se traduit par une tache allongée sur les petites branches ou des taches plus ou moins rondes sur les cabosses. L'espèce la plus nuisible, *Sahlbergella singularis*, s'attaque principalement aux branches, aux gourmands, aux petites branches, aux cabosses et provoquent des chancres qui entraînent à la longue le dessèchement de l'organe. Dans cette situation, les dégâts peuvent être importants dans la mesure où les piqûres sont généralement associées à des champignons (*Calonectria rigidiuscula*) dont l'action complémentaire provoque la mort de l'arbre par dessèchement. En règle générale, les mirides parasitent les cacaoyers provoquant ainsi la rupture de la canopée (Cotterell, 1926).

Plusieurs facteurs favorisent le parasitage des mirides. Ce sont : l'abondance des cabosses, la pluviométrie modérée mais bien répartie, et un environnement forestier bien adéquat riche en plantes hôtes. Par contre les facteurs défavorables sont les périodes de sécheresse prolongées, les pluies battantes très violentes, la présence de nombreux prédateurs et aussi la régularité de l'auto-ombrage des cacaoyers.

1.2.4. Pourridiés

Les pourridiés sont des maladies qui s'attaquent aux racines du cacaoyer et peuvent dans certaines régions provoquer des dommages très importants. En Afrique, les plus répandues sont *Armellariella mellea* (Wahl.) Quel. et *Fomes lignosus* Kl. dont les attaques provoquent respectivement un éclatement du collet et une inclinaison des cacaoyers. Le mycélium propage la maladie le long des racines et par contact des racines malades à racines saines. Un arbre atteint est irrémédiablement perdu, d'où la difficulté de la lutte contre les pourridiés. Il est conseillé d'en tenir compte dans le choix du terrain et d'effectuer un dépistage soigneux des arbres attaqués au cours des premières années de plantation (Kouakou, 2014).

1.2.5. *Swollen shoot* du cacaoyer

Le *Swollen shoot* (rameau gonflé) du cacaoyer est une maladie virale décrite pour la première fois par Steven en 1936 et son caractère viral a été mis en évidence par Posnette (Partiot *et al.*, 1978). Cette maladie est causée par un virus appelé Cocoa Swollen Shoot Virus (CSSV) et les principaux vecteurs sont les cochenilles de la famille des Pseudococcidae dans laquelle *Pseudococcus njalensis* est l'espèce la plus importante au Ghana et au Togo (Muller, 2016). La maladie se caractérise par des gonflements plus ou moins prononcés de certains rameaux et tiges, l'apparition des bandes rouges sur les jeunes feuilles et les mosaïques sur les feuilles âgées. L'arbre atteint de Swollen Shoot reste à l'état improductif parfois et peut mourir après deux ou trois ans. Cette maladie virale est l'une des plus importantes qui affecte la production cacaoyère en Afrique de l'Ouest notamment au Togo, au Ghana, et en Côte d'Ivoire (Oro *et al.* 2012). Les moyens de lutte sont réduits à l'éradication des arbres infectés et à la lutte contre les cochenilles.

1.3. Amélioration génétique du cacaoyer

La sélection du cacaoyer permet de mettre à la disposition des planteurs un matériel végétal ayant un bon potentiel de production et de meilleure qualité (Braudeau, 1969). Deux méthodes de sélection sont possibles. La sélection végétative ou clonale dont l'aboutissement est la distribution du matériel végétal sous forme de boutures qui permet de reproduire fidèlement un cacaoyer présentant un caractère intéressant. La sélection générative vise la distribution du matériel sélectionné sous forme de semences.

1.3.1. Modes de multiplication végétative du cacaoyer

La multiplication végétative représente un ensemble de techniques utilisées pour reproduire de jeunes cacaoyers sans passer par le semis des fèves (Mossu, 1990). Ces plants appelés clones reproduisent les caractéristiques de la plante mère dont ils sont issus. Le Centre

National de Recherche Agronomique (CNRA) utilise deux méthodes de multiplication végétative du cacaoyer qui sont le bouturage et le greffage en fente terminale et en écusson. Sur les stations du CNRA, le greffage en écusson du cacaoyer est la méthode couramment utilisée. Cette méthode est la meilleure voie de multiplication végétative du cacaoyer (Tahi *et al.*, 2021).

1.3.2. Notion de génétique quantitative

La sélection requiert la connaissance des valeurs de certains paramètres génétiques tels que les héritabilités, les valeurs en croisements et les corrélations génétiques (Poujardieu & Mallard, 1992). Leur estimation directe ne peut être réalisée que par le biais du déterminisme génétique des caractères à variation continue. La génétique quantitative traite de ce type de caractères. Elle est définie comme une discipline qui examine l'hérédité des caractères quantitatifs, contrôlés par un grand nombre de gènes et caractérisés par une variation continue (Clark & Kempthorne, 1957). Cette discipline a émergé de nombreuses controverses concernant l'hérédité des caractères, liées à la nature discrète ou continue de la génétique mendélienne, opposant au début du XX^e siècle les mutationnistes et les biométriciens (Laloë, 2011). Ainsi, le statisticien Ronald Fisher a proposé un modèle de synthèse, intégrant à la fois les lois de Mendel et les relations biométriques entre apparentés (Gallais, 2011). Ce modèle constitue encore aujourd'hui le fondement de la génétique quantitative qui guide l'amélioration des espèces. Selon Clark & Kempthorne (1957), l'objectif de la génétique quantitative est de développer des modèles pour l'expression phénotypique, face à une impossibilité partielle d'identification des génotypes et des facteurs environnementaux.

1.3.3. Effets génétiques et environnementaux

Tout caractère d'un organisme donné est influencé par des facteurs environnementaux et génétiques. La valeur phénotypique mesurable (P) d'un individu peut être décomposée de la manière suivante :

$$P = G + E$$

Avec G : valeur génotypique déterminée par les facteurs génétiques et E : valeur environnementale déterminée par les facteurs du milieu. (Falconer & Mackay, 1996). La variation de la contribution de chacun de ces deux paramètres dépend des facteurs considérés tels que la population, l'âge et l'environnement. Les facteurs génétiques peuvent être classés en trois catégories :

- La valeur génétique additive qui correspond à la somme des effets moyens des gènes paternels et maternels, indépendamment des effets des autres gènes du génome. Ces effets

sont transmissibles par tous les systèmes de reproduction, notamment les croisements aléatoires.

- La valeur de dominance ou effets d'interactions des gènes situés à un locus donné est représentée par l'écart entre la valeur génétique d'un individu et sa valeur génétique additive. Elle peut être reproduite par multiplication végétative. Des croisements contrôlés permettent également de maintenir cette combinaison dans une certaine mesure (Facon *et al.*, 2005).

- Les effets ou résidus d'épistasie résultant d'une interaction entre des gènes situés à des locus distincts représentent l'écart entre la valeur génétique et la somme de la valeur génétique additive ainsi que de la valeur de dominance. Dans la majorité des situations, l'effet d'épistasie est souvent ignoré.

La valeur phénotypique totale peut alors être décomposée de la manière suivante :

$$P = A + D + E$$

Avec A : représentant la valeur génotypique additive, D : désignant la valeur génotypique non additive. La somme de ces deux valeurs constitue la valeur génétique totale ou héréditaire. La valeur phénotypique totale de certains caractères peut varier d'un individu à l'autre au sein d'une même population. Cela correspond à la variance phénotypique (σ_P^2). La variance phénotypique totale peut également être décomposée en variance additive (σ_A^2), variance de dominance (σ_D^2) et variance environnementale (σ_E^2). Le modèle polygénique peut alors s'exprimer comme suit :

$$\sigma_P^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2$$

1.3.4. Hétérosis

L'hybridation ou tout simplement le croisement entre deux individus aux caractéristiques distinctes s'accompagne très souvent d'un effet hétérosis. La notion d'hétérosis fut proposée pour la première fois par Shull (1914), qui définit la vigueur hybride comme la manifestation de l'hétérosis. Le produit F1 d'un croisement entre deux variétés d'une espèce donnée possède généralement une vigueur supérieure à celle des parents caractérisé par une croissance plus rapide, un meilleur développement végétatif et génératif, un rendement en fruit supérieur, une meilleure résistance aux conditions défavorables du milieu et une réponse favorable aux améliorations culturales (Porney, 2016). En d'autres termes, l'hétérosis fait référence à la supériorité de l'hybride par rapport au meilleur parent. Elle peut être temporaire (atteignant son maximum lors de la première génération et diminuant progressivement par la suite) et spécifique (certaines lignées possédant une plus grande affinité entre elles). L'effet d'hétérosis

positif sera évoqué lorsque la génération hybride F1 révèlera des performances supérieures à la moyenne de la génération parentale. L'effet d'hétérosis n'est pas seulement utilisé pour augmenter le rendement, mais également pour tout caractère susceptible d'améliorer la production (Mekue, 2016). Deux expressions de l'hétérosis sont utilisées pour un ensemble de croisements et leurs parents (Figure 4) :

- la différence entre la moyenne des hybrides F1 et la moyenne de tous les parents. C'est la moyenne des hétérosis du généticien, encore appelé hétérosis moyen, qui n'implique pas la supériorité par rapport au meilleur parent : la moyenne des croisements peut être supérieure à la moyenne des parents, sans même qu'aucun croisement ne soit meilleur que le meilleur de ses parents.
- l'hétérosis économique qui correspond à l'écart en valeur absolue ou en valeur relative entre la valeur des meilleures F1 et la valeur des meilleurs parents. C'est la seule expression de l'hétérosis qui permette au sélectionneur d'avoir une vision sur l'intérêt des hybrides par rapport aux lignées au sein d'une espèce améliorée (Gallais, 2009).

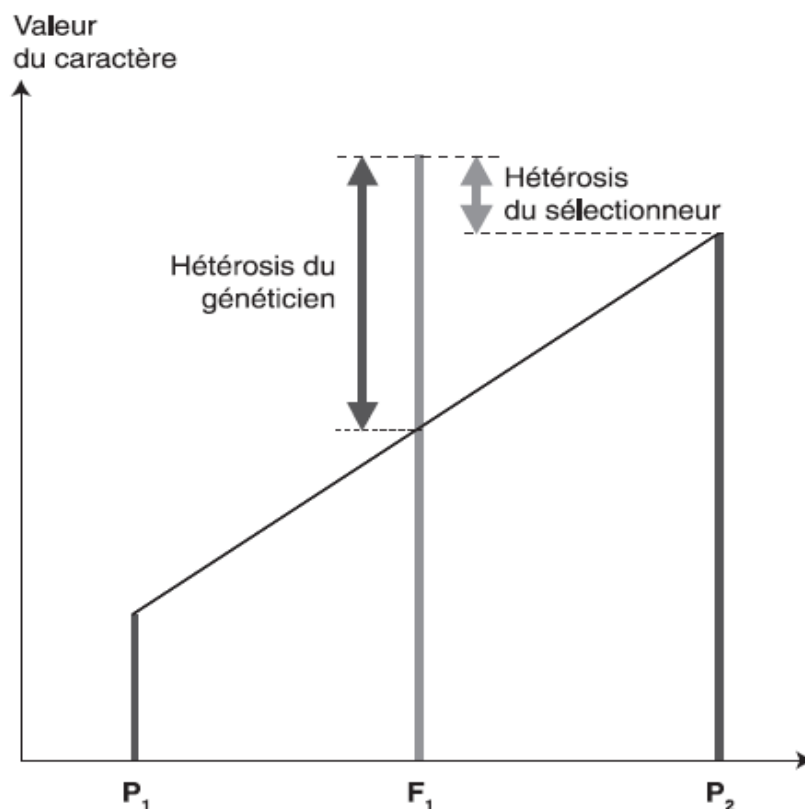


Figure 4 : Hétérosis du meilleur parent, ou hétérosis du sélectionneur, et l'hétérosis parent-moyen, ou hétérosis du généticien (Gallais, 2009)

P_1 et P_2 : Représentent les valeurs des parents, F_1 : Représente la valeur de l'hybride

1.3.5. Héritabilité des caractères

Les différentes variances génétiques donnent une information sur l'héritabilité des caractères. Le rapport entre la variance génétique additive et la variance phénotypique totale est appelé l'héritabilité au sens strict; elle mesure la composante additive et est notée h^2 :

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$$

En revanche, le rapport de la variance génotypique à la variance phénotypique totale est appelé l'héritabilité au sens large H^2 :

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}$$

Ces deux paramètres dépendent de la diversité génétique des parents (Sprague & Tatum, 1942 ; Gupta & Singh, 1973). Ils sont alors essentiels pour décrire la transmission des caractères d'intérêt.

Dans de nombreux programmes d'amélioration des plantes pérennes, il a été démontré que les effets additifs constituaient la part la plus significative parmi les facteurs génétiques influençant des caractères variés. Cela a été confirmé chez le caféier *Coffea canephora* par Leroy (1993) et Montagnon (2000) ; chez le colatier *Cola nitida* par Sié (1998) et chez le cacaoyer *Theobroma cacao* par Cilas (1991).

L'héritabilité peut être évaluée de plusieurs façons :

- soit par l'analyse de la transmission des caractères, à travers une régression entre les parents et la valeur moyenne de leurs descendants (Falconer & Mackay, 1996) ;
- soit par l'étude de la covariance entre des familles de pleins-frères ou de demi-frères, rendue possible grâce à la mise en place de plans de croisement ;
- soit par l'application de la méthode de vraisemblance maximale (REML).

1.3.6. Aptitudes générales et spécifiques à la combinaison

L'aptitude à la combinaison des géniteurs est évaluée à partir de l'analyse des croisements réalisés selon un plan factoriel ou un plan diallèle. L'aptitude générale à la combinaison (AGC) d'un parent est définie comme son comportement moyen dans toutes les combinaisons hybrides. L'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) représente la déviation entre la valeur observée d'un hybride et sa valeur prédite sur la base de l'AGC des géniteurs. Les deux sont désignées sous le terme des valeurs en croisement. D'un point de vue génétique, l'AGC est le

résultat des effets additifs des gènes ainsi que de leurs interactions (épistasie de type additif x additif), tandis que l'ASC est le résultat des effets non additifs des gènes (dominance et épistasie) (Kouassi, 2021). Une AGC élevée favorise la constitution progressive des populations de base améliorées pour les caractères recherchés. Une ASC importante incite à explorer, à partir de nombreux croisements entre populations, les meilleures combinaisons de gènes et la plus grande vigueur hybride (Tableau I). Avant d'appliquer une méthode de sélection, il est donc crucial de connaître au préalable, pour l'espèce concernée et dans le matériel utilisé, l'importance relative des variances d'AGC et d'ASC (Demarly, 1977) :

- si la variance d'AGC par rapport à la variance d'ASC est supérieure à 1, alors la transmission du caractère est de nature additive ;
- si la variance d'AGC sur la variance d'ASC est inférieure à 1, alors la transmission du caractère est de nature dominante.

Tableau I : Sélection en fonction des aptitudes à la combinaison

Valeur de la variance d'AGC		Valeur de la variance d'ASC	
Faible	Peu de choix chez les parents	Faible	Choix des parents avant croisement est prioritaire
Forte	Choix efficace chez les parents	Forte	Faire de nombreux croisements et choisir ensuite

1.4. Maladie de la pourriture brune des cabosses

1.4.1. Description de la pourriture brune des cabosses

La pourriture brune des cabosses, causée par les espèces de champignon du genre *Phytophthora*, est la plus grave maladie de la production mondiale de cacao plus précisément en Afrique de l'ouest et Centrale. Les *Phytophthora* sont des Oomycètes de la famille des *Péronosporacées*. Etymologiquement, *Phytophthora* signifie « destructeur de plante » (de Bary, 1876). Ce genre a été décrit pour la première fois par De Bary en 1876, qui a également élucidé le cycle de vie de *P. infestans*, l'agent pathogène de maladie de la pomme de terre, établissant ainsi les bases de la pathologie végétale (Matta, 2010). La première apparition de la pourriture brune en Afrique a été enregistrée en 1906 dans des plantations de cacao récemment établies au pied du Mont Cameroun (Mfegue, 2012). Bien qu'ils aient longtemps été considérés comme des champignons en raison de leurs similitudes phénotypiques et biochimiques, les *Phytophthora* ont récemment été reclassés parmi les Straménopiles ou

Hétérokontes, en raison de la présence de cellules biflagellées durant leur cycle de vie (Dick, 2001; (Baldauf, 2008). Quatre principales espèces de *Phytophthora* ont été identifiées comme responsables de la pourriture brune de cabosses (Vos *et al.*, 2003).

1.4.2. Différentes espèces de *Phytophthora spp*

L'analyse microscopique des noyaux a permis de distinguer les quatre espèces de *Phytophthora* responsables de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer selon la taille et le nombre de chromosomes (Sansome *et al.*, 1975).

- L'espèce *Phytophthora megakarya* décrite par Brasier et Griffin en 1979, est le principal agent pathogène du cacaoyer au Nigéria (Brasier & Griffin, 1979) et la seule espèce identifiée au Cameroun (Nyasse, 1997). Sa présence a été rapportée en 1985 au Ghana (Dakwa, 1988 ; Luterbacher & Akrofi, 1994) et elle est également retrouvée en Côte d'Ivoire, au Togo, à Sao Tomé et au Gabon (Djiekpor *et al.*, 1982 ; Zentmyer, 1988).

- L'espèce *Phytophthora palmivora* (Brasier & Griffin, 1979), originaire du Sud-Est Asiatique (Ortiz-Garcia, 1996) est signalée dans la plupart des pays producteurs de cacao.

- L'espèce *Phytophthora capsici* (Tsao & Aizadeh, 1988), d'origine en Amérique est le principal pathogène du cacaoyer au Brésil.

- L'espèce *Phytophthora affine citrophthora* (Babacauh, 1980) a été signalée sur le cacaoyer pour la première fois au Brésil (Zentmyer, 1988). Parmi ces quatre espèces examinées, deux d'entre elles restent les plus agressives. Il s'agit de *Phytophthora palmivora* et de *Phytophthora megakarya*. Les dommages causés varient en fonction de leur niveau d'agressivité et des pertes de récolte qu'elles engendrent. *Phytophthora palmivora* est une espèce cosmopolite, présente dans tous les pays producteurs de cacao, tandis que *Phytophthora megakarya* est endémique au Cameroun, au Niger, au Gabon, au Ghana et en Côte d'Ivoire (Coulibaly *et al.*, 2013). Les deux espèces manifestent des symptômes similaires lors de l'infection des cabosses. Cependant, *Phytophthora megakarya* est considéré comme le plus agressif, car il est plus prolifique, produisant environ six fois plus de sporanges que *P. palmivora* (Opoku 2004). Cette espèce peut entraîner des pertes de récolte allant de 60 % à 100 % lorsque les conditions sont favorables au développement de la maladie. En revanche, le *Phytophthora palmivora* est moins agressif et peut entraîner les pertes de rendement de 40%. Cette maladie se traduit directement par des pertes de rendement car les cabosses atteintes produisent des fèves de cacao impropres à la consommation (Coulibaly *et al.*, 2013). Le *Phytophthora* présente dans son cycle une phase de multiplication asexuée (la plus fréquente) et une phase de multiplication sexuée (Mfegue, 2012).

1.4.3. Biologie du genre de *Phytophthora*

Les *Phytophthora* « destructeurs de plants » sont des organismes à structure végétative diploïdes pouvant se multiplier par voie sexuée ou asexuée (Attard *et al.*, 2008). La reproduction sexuée de certaines espèces comme *P. sojae*, *P. heveae* et *P. katsurae* sont homothalliques, tandis que d'autres espèces telles que *P. infestans*, *P. palmivora*, *P. nicotianae* et *P. capsici* sont hétérothalliques. Ces dernières requièrent la présence de deux thalles complémentaires et de types sexuels opposés (A1 et A2) pour se reproduire. La formation subséquente de gamètes mâle (anthéridie) et femelle (oogone) constitue l'unique phase haploïde, et elle est sous le contrôle des hormones (Harutyunyan *et al.*, 2008). En effet, la fusion des gamètes en présence de stérols produit des oospores qui sont des structures à parois épaisses, capables dans la nature de résister aux conditions extrêmes et à l'absence prolongée d'hôte. *Phytophthora megakarya* est hétérothallique et capable de reproduction sexuée *in vitro* (Mfegue, 2012).

La reproduction asexuée consiste la production de zoospores qui jouent un rôle prépondérant dans le pouvoir pathogène des *Phytophthora*. Certaines espèces dont fait partie *P. megakarya* produisent également des chlamydospores à parois épaisses qui sont des structures de conservation dans le sol et les débris végétaux lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables (Erwin & Ribeiro, 1996). En revanche, lorsque les conditions deviennent favorables, il est noté une prolifération de sporanges et la libération de zoospores en présence d'eau libre. Les zoospores nagent ensuite par chimiotactisme à la surface de l'eau vers les organes à infecter, pendant une période variante de quelques minutes à plusieurs heures (en fonction de la température et du pH du milieu), puis ils s'enkystent (Erwin & Ribeiro, 1996; Erwin *et al.*, 1983; Judelson & Blanco, 2005). Trente minutes après enkystement, la germination se produit et l'hyphe pénètre les tissus de l'hôte dans les 48h par temps très humide, marquant ainsi le début du processus infectieux. Les deux modes de reproduction sont représentés ci-après (Figure 5).

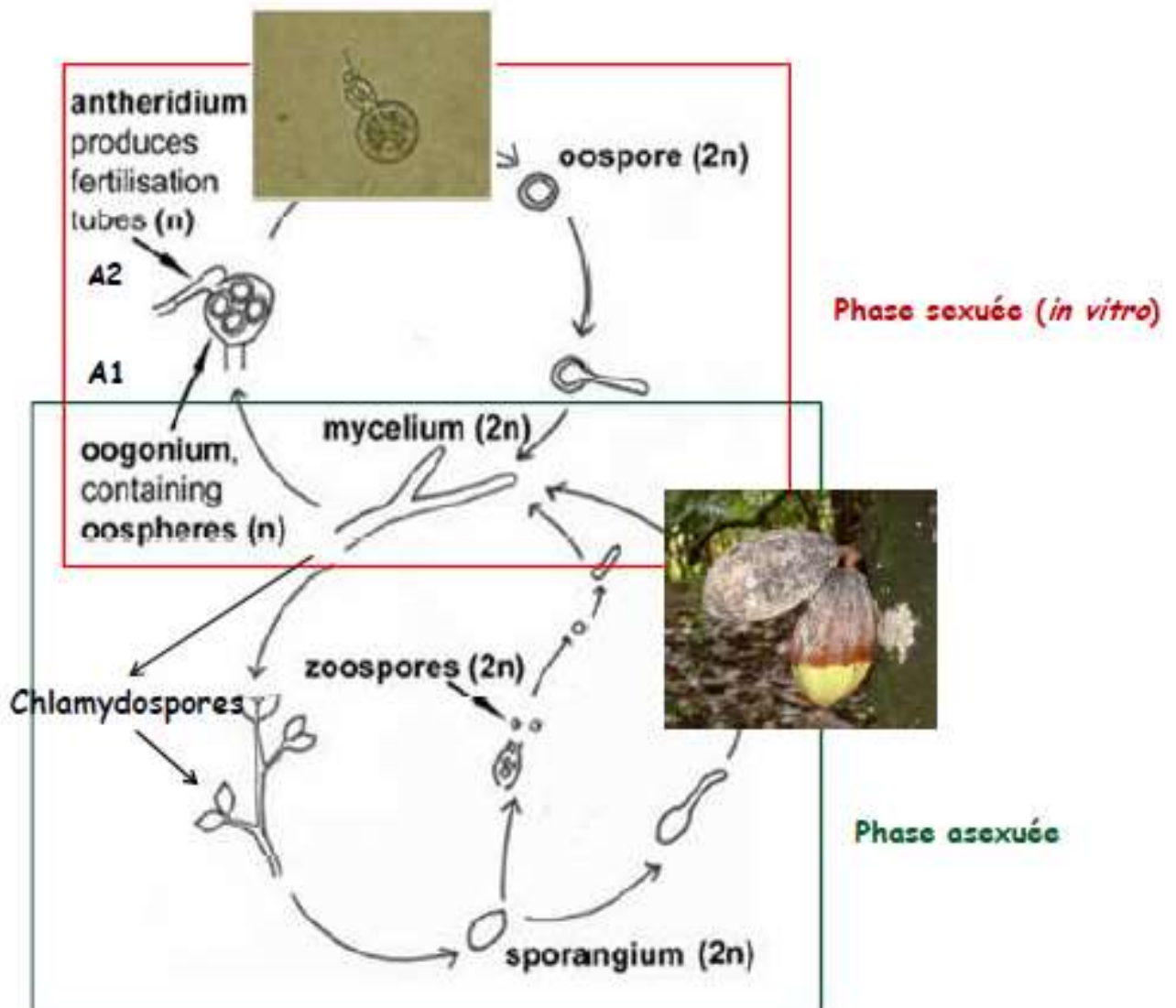


Figure 5 : Cycle de reproduction de *Phytophthora* (Mfegue, 2012)

L'encadrement vert représente la phase asexuée. La photographie montre les sporocystes (blanchâtres) couvrant les taches brunes sur la surface des cabosses infectées.

L'encadrement rouge représente la phase sexuée du cycle. La photographie montre une oospore

1.4.3.1. Symptômes de la maladie de pourriture brune des cabosses

Les *Phytophthoras* attaquent tous les organes du cacaoyer, à tous les stades végétatifs : racines, tiges ou troncs, feuilles, fleurs et fruits. Dans les conditions courantes de culture, les attaques sur feuilles sont rares mais s'observent surtout en pépinière. Les attaques sur le tronc se manifestent par des chancres qui détruisent les coussinets floraux. Ces chancres qui constituent des foyers à partir desquels la maladie atteint le fruit, affaiblissent la plante qui devient peu productive. Les cabosses infectées par *P. megakarya* ont une forme irrégulière contrairement à celles dues à *P. palmivora* qui sont plutôt régulières (Erwin et Ribeiro, 1996). Elles peuvent être attaquées à tous les stades de développement, principalement au niveau de leurs extrémités apicales ou du pédoncule. La maladie commence avec l'apparition de petites taches translucides après deux jours de l'infection. Une seule cabosse infectée peut produire plus de 4 millions de sporanges contenant 40 à 50 millions de zoospores suffisant pour assurer la propagation de la maladie (Medeiros, 1976 ; Akrofi, 2015). La tâche prend ensuite une couleur brun sombre, se répand rapidement de façon irrégulière, puis elle couvre entièrement la cabosse (Acebo-Guerrero *et al.*, 2011) (Figure 6). Dans un délai de 3 à 5 jours après le début de l'infection, la cabosse se couvre d'un duvet blanchâtre constitué de sporocystes qui vont produire et libérer des zoospores. L'agent pathogène se développe d'abord en surface, puis évolue à l'intérieur des fruits. La progression du champignon vers l'intérieur des tissus est beaucoup plus lente et, si la cabosse attaquée est proche de la maturité, la récolte peut être faite avant que les fèves ne soient endommagées. Mais, si l'attaque concerne une cabosse plus jeune, la maladie progresse et atteinte avant la récolte les fèves qui sont détruites et qui prennent une coloration noire, les rendant ainsi impropres à la commercialisation.

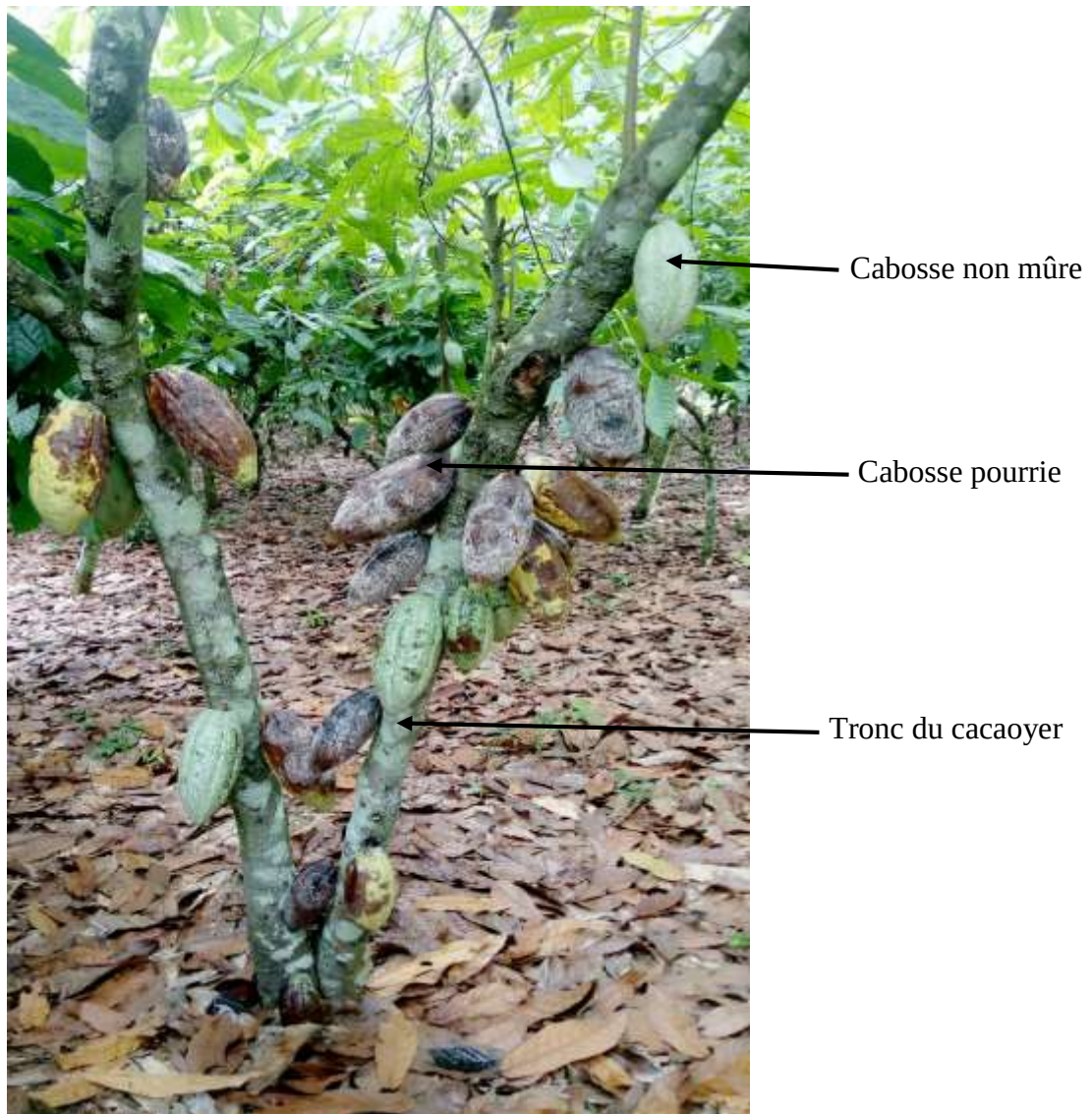


Figure 6 : Pied de cacaoyer portant des cabosses atteintes de pourriture brune (Guiraud *et al.*, 2021)

1.4.3.2. Emergence de *Phytophthora* sur le cacaoyer

Le cacaoyer est une plante exotique dans la plupart des zones de production actuelles, et en Afrique en particulier. Les maladies qui l'affectent correspondent donc souvent à de nouvelles interactions avec des agents pathogènes indigènes (Holmes *et al.*, 2003). Ainsi, Keane (1992) classe les maladies du cacaoyer dans deux groupes distincts. D'une part, celles véhiculées par host-tracking à partir des forêts amazoniennes et d'autre part, celles qui ont émergé par saut d'hôte à partir d'espèces végétales sauvages. C'est le cas du « Cocoa Swollen Shoot virus » (CSSV) qui serait passé sur cacaoyer à partir de Sterculiacées sauvages. En effet, *P. capsici* originaire d'Amérique du Sud, serait passé sur le cacaoyer par un saut d'hôte à l'origine, au

moment de la domestication de cette culture. L'agent pathogène aurait ensuite migré avec son hôte et serait passé en Asie du Sud-Est par host-tracking. C'est le cas de *P. palmivora* dont la gamme d'hôtes est assez large (Mfegue, 2012). Il semblerait que des sauts d'hôtes successifs aient permis des flux de gènes entre populations pathogènes de différentes espèces végétales sauvages et pathogènes des cacaoyers nouvellement implantés. Le *P. megakarya* dont le seul hôte connu à ce jour est le cacaoyer, l'hypothèse la plus fréquemment proposée est un saut d'hôte qui serait produit au Cameroun, dans la zone où ont eu lieu les premiers signalements de la maladie. Cette hypothèse est confortée par le caractère endémique de l'agent pathogène en Afrique, et le sens de la progression de l'épidémie vers l'Afrique de l'Ouest. L'agent pathogène est encore à un stade invasif, notamment en Côte d'Ivoire où il remplace progressivement *P. palmivora* (Bowers *et al.*, 2001). *Phytophthora megakarya*, déjà implanté dans l'Est de la Côte d'Ivoire, continue son invasion vers l'Ouest de notre pays (Guest, 2007).

1.4.3.3. Mécanisme de la dispersion de *Phytophthora*

Chez les *Phytophthoras*, plusieurs organes, notamment, les hyphes, sporocystes et zoospores sont susceptibles de provoquer la maladie sur les cabosses du cacaoyer quel que soit le stade de développement. Les zoospores jouent un rôle de dissémination le plus important. La dispersion de *Phytophthora* se fait essentiellement lors des épisodes pluvieux, soit par les éclaboussures au niveau du sol, soit par contamination de proche en proche à partir des cabosses infectées (Dakwa, 1987; Erwin *et al.*, 1983; Gregory, 1983; Ndoumbe-Nkeng *et al.*, 2004). Les cabosses les plus basses sur le cacaoyer sont contaminées par projection de particules de terre contenant des propagules infectieuses lors des pluies (Figure 7).

La dissémination peut s'effectuer par les eaux de drainage, le vent et les fourmis (Ouattara, 2020). Le sol apparaît la principale source primaire d'inoculum. L'inoculum peut également être transporté par les fourmis qui assurent pour une bonne part la transmission verticale, par d'autres insectes et des rongeurs tels que les rats et les écureuils. La dispersion rapide et sur de longues distances de *Phytophthora* est surtout assurée par l'homme, à travers les récoltes et outils contaminés (Guest, 2007). Mfegue (2012) a également mis en évidence une dispersion anémophile des zoospores par piégeage au-dessus de cabosses infectées. Le rôle joué par le vent et les aérosols semble négligeable. La majorité des pertes semble liée à la contamination à partir de cabosses malades. D'après Gregory (1983), environ 71% des pertes sont attribuées à la contamination à partir de cabosses infectées, 5% à l'infection directe à partir du sol, 6% aux galeries de fourmis, 5% aux insectes et rongeurs, le reste étant de nature indéterminée.



Figure 7 : Cabosses au sol atteintes de pourriture brune dans une parcelle au Cameroun
(Ndoungué, 2020)

1.3.3.4. Aire de distribution de *P. megakarya*, hôtes sauvages et hôtes potentiels

Contrairement à *P. palmivora* qui est présent dans toutes les zones de production cacaoyère, *P. megakarya* est spécifique à l'Afrique (Ortiz-Garcia *et al.*, 1994). Son aire de répartition englobe le Cameroun, le Gabon, la Guinée Equatoriale, Sao Tomé, le Nigeria, le Togo, le Ghana et une partie de la Côte d'Ivoire (Brasier, 1979; Djiepor *et al.*, 1982; Dakwa, 1987). Cette espèce a été observée pour la première fois au Gabon (1970), au Nigéria (1970), au Togo (1982), au Ghana (1985) et à l'Est de la Côte-d'Ivoire (2003). Le cacaoyer est le seul hôte identifié de *P. megakarya*. Toutefois, cet agent pathogène a été isolé dans deux circonstances particulières. Il s'agit, d'une part, d'un isolement sur fruit de *Cola nitida* tombé par terre dans une cacaoyère du Centre du Cameroun, localité de Nomayos à Mbankomo (Nyasse *et al.*, 1999) et d'autre part, il a été isolé sur un fruit d'*Irvingia gabonensis* ramassé par terre dans la réserve de Korup, à l'Ouest du Mont-Cameroun (zone forestière à Sterculiacées sauvages), non loin du lieu d'implantation des premières cacaoyères (Holmes *et al.*, 2003). Seuls ces deux isolats proviennent d'espèces autres que le cacaoyer. Ces données soutiendraient l'hypothèse du saut d'hôte dans une zone proche du Mont Cameroun, à partir d'espèces telles

que les *Cola* spp qui appartiennent à la même famille que le cacaoyer (Sterculiacées). Une autre étude a montré que *P. megakarya* pouvait infecter ou survivre sur des racines d'arbres utilisés comme ombrage dans les cacaoyères au Ghana (Opoku *et al.*, 2002). Ces arbres qui appartiennent à quatre familles distinctes (Sterculiacées, Euphorbiacées, Apocynacées et Papilionacées) pourraient donc être des hôtes potentiels en champ.

1.4.3.5. Perte économique provoquée par le *Phytophthora*.

La pourriture brune des cabosses engendrée par *Phytophthora* spp. est à l'origine de pertes de production de l'ordre 44 % de la production mondiale. Cela représente une perte d'environ 3,8 milliards de dollar américains chaque année pour les producteurs de cacao à travers le monde (Guest, 2007 ; Ploetz, 2016). Cette maladie est observée dans tous les pays producteurs de cacao. Les dégâts, bien que souvent significatifs, varient selon les pays, les zones écologiques et les espèces présentes. En Afrique, les dégâts sont particulièrement importants. Au Ghana, les pertes de récoltes sont estimées de 60 à 100 % (Opoku *et al.*, 2002). Au Cameroun où l'espèce *Phytophthora megakarya* est la plus redoutable, la maladie entraîne plus de 50 % de pertes de récoltes (Paulin & Eskes, 1995). En Côte d'Ivoire, la pourriture brune est responsable d'environ 44 % des pertes de production (Kouakou *et al.*, 2012). Toutefois, ces pertes peuvent atteindre 80 % dans certaines régions lorsque les conditions agro-écologiques sont favorables pour son développement (Koua *et al.*, 2018). Aujourd'hui, avec la présence de plus en plus persistante de *P. megakarya* et les dommages qu'elle occasionne (Kébé *et al.*, 2009 ; Pokou *et al.*, 2019), il devient impérieux de réorienter les recherches afin de limiter son impact sur la production dans le verger.

1.4.3.6. Méthodes de lutte contre la pourriture brune de cabosses

Plusieurs méthodes ont été testées à ce jour pour lutter contre la pourriture brune des cabosses. Ces méthodes de lutte peuvent être appliquées individuellement dans les parcelles.

1.4.3.6.1. Lutte chimique

La lutte chimique est la principale méthode utilisée contre le *Phytophthora*. Elle se fait par application de composés à base d'oxyde ou de sulfate de cuivre combinés au metalaxyl de la classe des phénylamides (Anupama *et al.*, 2014). Le fongicide le plus couramment employé est le Ridomil Gold Plus 66 WP (metalaxyl + oxyde de cuivre, 333 g.l-1). Un respect scrupuleux des calendriers de traitement (toutes les 3 semaines) rend cette méthode très efficace. Des pertes de l'ordre de 2 à 3% ont ainsi été observées dans des essais de traitement en champ. Ce résultat reste cependant difficile à atteindre dans les plantations paysannes où

des pertes sévères sont encore observées en condition de forte pluviosité (Deberdt *et al.*, 2008, Ndoumbe-Nkeng *et al.*, 2004). En effet, des pluies abondantes entraînent le lessivage du cuivre contenu dans les fongicides et les rendent moins efficaces, bien que la fraction metalaxyl soit systémique. Par ailleurs, le coût élevé de ce produit et la baisse du prix du cacao sur le marché le rend peu accessible aux petits producteurs. Aussi, le faible niveau d’alphabétisme rend ces recommandations difficilement applicables par les producteurs qui préfèrent suivre des techniques d’application traditionnelles.

1.4.3.6.2. Lutte agronomique

Cette méthode s'appuie sur des pratiques culturales adéquates pour diminuer la pression de l'inoculum sur le terrain. Cela inclut la gestion de l'ombrage afin d'améliorer l'aération des parcelles, la taille régulière des arbres, le drainage du sol, de la récolte sanitaire qui consiste en l'élimination systématique des cabosses infectées. Cette dernière peut se faire pendant la campagne ou en intercampagne. Ces pratiques sont peu coûteuses, mais leur efficacité en champ reste limitée en condition de forte humidité. Une récolte sanitaire hebdomadaire a ainsi permis de réduire l'incidence de la maladie de 10 à 30% dans une étude menée au Cameroun par Ndoumbe-Nkeng *et al.*, (2004).

1.4.3.6.3. Lutte biologique

La lutte biologique contre les *Phytophthora spp.* implique l'utilisation d'un pathogène pour réduire l'usage de tout autre organisme vivant, à l'exception de l'homme, ce qui entraîne une réduction de l'incidence de la maladie (Mpika, 2010). Elle peut être réalisée naturellement par la manipulation de l'environnement, mais également par l'introduction massive d'un ou plusieurs antagonistes. Les antagonistes sont des agents de lutte biologique qui agissent en diminuant l'inoculum et/ou en interférant avec une ou plusieurs étapes du cycle infectieux du pathogène. En Côte d'Ivoire, la recherche de ces antagonistes dans l'écosystème des cacaoyères (Kebe *et al.*, 2009b) a permis de démontrer *in vitro* un effet fongistatique et fongicide de *Trichoderma sp.*, ainsi qu'une réduction significative des notes de sensibilité selon l'échelle de Blaha (Blaha & Lotodé, 1976) par deux bactéries, appartenant au genre *Bacillus*.

1.4.3.6.4. Lutte génétique

La sélection et la multiplication de cacaoyer présentant une moindre sensibilité à la pourriture brune des cabosses est donc actuellement un axe de recherche prioritaire. Jusqu'à présent, malgré de nombreux travaux réalisés, les recherches sur les cacaoyers présentant du haut niveau de résistance au champ à *P. megakarya* sont restées vaines, d'où l'intérêt de cette étude

de rechercher des génotypes potentiellement résistants à cet agent pathogène. L'association de différentes pratiques culturales donne cependant des résultats encourageants (Mfegue, 2012), et cette méthode de lutte devrait être associée à d'autres stratégies pour un contrôle optimal de la maladie en champ.

1.4.3.6.5. Lutte intégrée

Le contrôle actif de la maladie sur le terrain exige la combinaison de diverses stratégies de lutte (chimique, agronomique, biologique et génétique) dans le cadre d'une approche intégrée (Acebo-Guerrero *et al.*, 2011). De cette manière, la récolte sanitaire peut être couplée avec des traitements fongicides pour diminuer la quantité d'inoculum secondaire et ralentir la progression de la maladie durant la petite saison sèche qui se situe au milieu de la campagne de production (Ndoumbe-Nkeng *et al.*, 2004). L'usage de variétés résistantes peut aussi être associé à une utilisation de faibles doses de fongicides.

1.5. Résistance génétique du cacaoyer à la pourriture brune des cabosses

Dans le but de sélectionner les cacaoyers résistants à la pourriture brune des cabosses, plusieurs travaux ont été menés en Amérique et en Afrique. Au Cameroun, au Costa Rica, au Brésil et à Trinidad, plus de 100 clones de cacaoyer ont été testés pour leur résistance intrinsèque évaluée suite à des inoculations artificielles des cabosses sur l'arbre au champ (Blaha & Lotode, 1976). Deux niveaux de résistance ont été considérés : la résistance à la pénétration, mesurée par le taux d'infections réussies, et la résistance à la propagation du parasite dans les tissus, ou résistance interne du cortex, évaluée par le diamètre de la tache de pourriture sur le cortex. Les clones testés ont été classés d'après leur sensibilité à *Phytophthora*. Les résultats obtenus montrèrent qu'il n'existe pas de cacaoyers totalement résistants, mais plutôt, une gamme très étendue de sensibilité.

En Côte d'Ivoire, Partiot (1984) et Chevaugnon (1973) ont fait le même constat et conclurent alors que la résistance du cacaoyer au *Phytophthora spp* est partielle et probablement d'origine polygénique. Aussi, la résistance de 9 clones Haut-Amazoniens (PA150, SCA6, P7, T85/799, T60/887, NA32, IMC67, NA79 et IMC78), d'un clone Amelonado (IFC5) et de différentes descendances hybrides issues de ces 9 géniteurs a été évaluée pour leur résistance à *P. palmivora* au champ par le taux de cabosses pourries et au laboratoire par un test sur disque foliaire (Tahi *et al.*, 2000). Les résultats de l'étude ont montré qu'il n'y a pas d'effet du sens de croisement sur la sensibilité des génotypes à *P. palmivora* évalués par le test sur disque foliaire.

1.6. Monographie de cacaoyer spontané guyanais

1.6.1. Nomenclature des clones Guyanais

Pour tous les clones guyanais dont la nomenclature adoptée est le GU xxx-N ou GU xxx/N (GU 284-B et GU 175/A), où xxx représente un nombre à trois chiffres attribué à la cabosse d'origine, et le suffixe N une lettre désignant un semenceau ou arbre issu de cette cabosse. Le préfixe GU était jusqu'en 1989 un code utilisé à la station Cirad de Paracou-Combi (Guyane française) pour tout le matériel en collection et pouvait donc recouvrir des origines assez variées. Néanmoins, tous les clones GU présents en dehors de la Guyane proviennent des bassins des rivières Camopi et Tampok, prospectés en 1987 (Lachenaud & Sallée, 1993).

1.6.2. Originalité et description du cacaoyer guyanais

En Guyane française, l'histoire de la cacaoculture se déroule de 1734 aux débuts de XX^e siècle, atteignant son apogée vers 1840, avec une production annuelle d'environ cinquante tonnes d'un cacao réputé pour sa qualité supérieure (Lecomte & Chalot, 1897). L'origine du matériel végétal utilisé dans les plantations demeure inconnue même si une origine vénézuélienne, via le Guyana et le Suriname est probable (Lachenaud & Sallée, 1993). Depuis 1729, l'existence de « forêt » de cacaoyers sauvages est mentionnée par les explorateurs du sud de la Guyane. Les localisations indiquées, restreignent toutefois leur présence aux berges des rivières Kérindioutou (nom de l'Oyapok dans son cours supérieur), Camopi, Yaloupi et Eulepousing (Eulepoussing), toutes affluent de l'Oyapok, frontière actuelle entre la Guyane et le Brésil. Egalement mentionnés, les cours supérieurs de la rivière Tanpok (ou Tampok) et de ses affluents, bien qu'appartenant au bassin de Maroni, se situent aussi dans cette même région du sud de la Guyane. Aucun témoignage consistant, passé ou actuel, ne fait état de l'existence de véritables cacaoyers spontanés ailleurs en Guyane (Lachenaud *et al.*, 2005). D'après la littérature et les informations recueillies localement, la majeure partie des populations naturelles de cacaoyers se situe dans la partie sud-est de la Guyane, au-delà de la rivière Camopi (Clément, 1986).

Jusqu'à une date récente, ces cacaoyers sauvages du sud-est de la Guyane étaient classés dans le groupe des Forastero Bas-amazoniens. Actuellement, les recherches indiquent que les cacaoyers spontanés de Guyanes ne sont plus considérés comme des « Bas-Amazoniens » : ils forment un groupe morphogénétique particulier au sein des Forastero, au même titre que les Hauts et les Bas-Amazoniens (Lachenaud *et al.*, 1997; Lanaud *et al.*, 1999; Motamayor *et al.*, 2002).

Le terme guiana provient du terme anglais guianas, désignant la région des Guyanais et le terme « spontané » s'applique aux cacaoyers qui poussent naturellement à l'état sauvage (Lachenaud *et al.*, 2005). Cette dénomination est issue de l'étude morpho-géographique et génétique (Motomayor, 2008). Bien que le cacaoyer guyanais produise des fruits, ses fleurs sont relativement rares et se distinguent de celles des autres groupes (Lachenaud *et al.*, 2005). Parmi leurs caractéristiques, des sillons très prononcés et une verrucosité sont observés sur les cabosses de certains clones guyanais, alors que la majorité des Forastero présente une surface lisse ou légèrement rugueuse (Figure 8). De plus, la forme typique des cabosses est généralement allongée, avec une base arrondie (Lachenaud *et al.*, 1999).

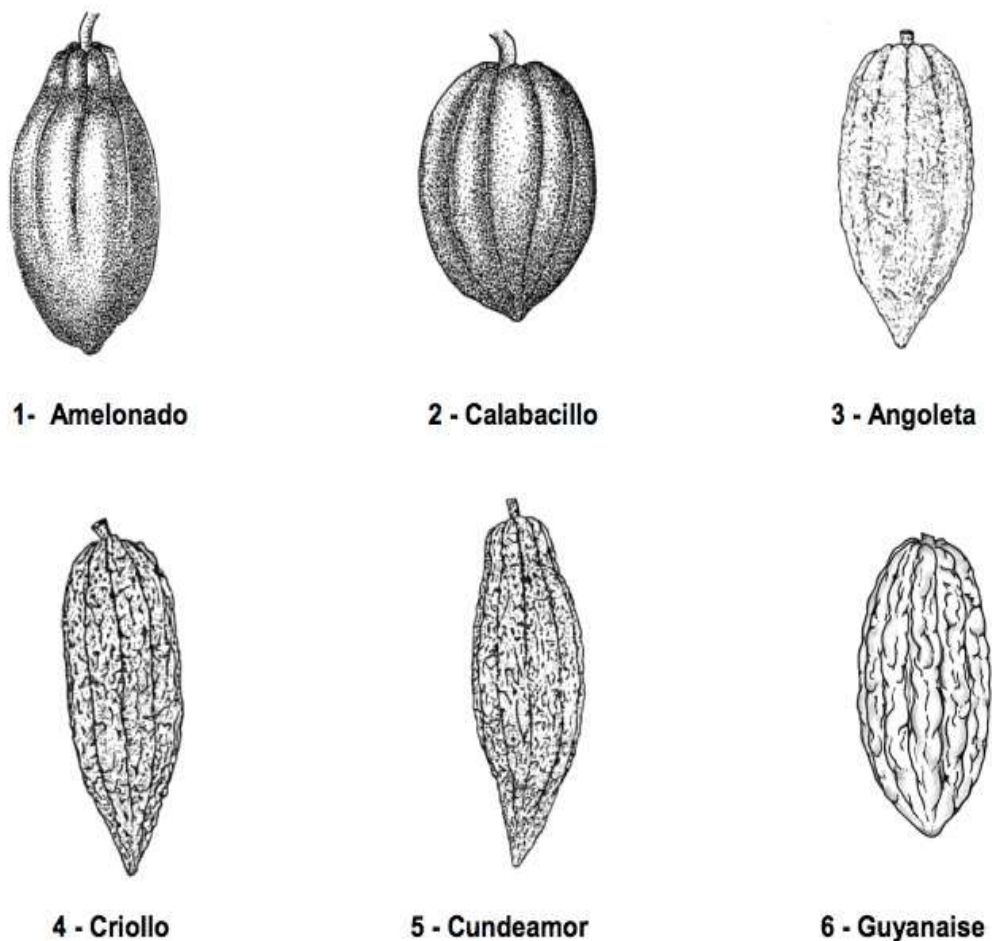


Figure 8 : Principales formes de cabosses chez le cacaoyer *Theobroma cacao* L.
(Cuatrecasas, 1964)

1.6.3. Découverte et collection des cacaoyers spontanés Guyanais

Les cacaoyers spontanés de la Guyane française sont connus depuis leur découverte en 1729 par le sergent La Haye, qui avait été envoyé par le gouverneur d'Orvilliers pour tenter de trouver le « lac Parimé ». En remontant vers l'Oyapok, puis le Camopi jusqu'à sa limite de navigabilité après plusieurs jours de marche, il découvrit une « forêt de cacaoyer ». D'autres expéditions (1730-1731) ont confirmé l'existence de ces populations naturelles des Capperon, d'Audifreddy et de De Monty. Plus tard en 1741, la jeunesse et Saint-Julien, habitants de l'Oyapok ont découvert d'autres cacaoyers sauvages en remontant la Moutoura (actuellement le rio Mutura), un affluent de droite de l'Oyapok (Clément, 1986). Cependant, la consultation des documents d'époque n'apporte que peu de renseignements précis sur la localisation exacte de ces populations spontanées de cacaoyers Guyanais (Lachenaud *et al.*, 2005). Lors des prospections de 1987 et 1995, de nombreuses cabosses récoltées sur les pieds-mères qui le permettaient furent expédiées respectivement aux stations de quarantaines du Cirad à Montpellier et du CRU à Barbados. Par la suite, des bois de greffes prélevés sur les semenceaux furent expédiés dans sept pays : Cameroun, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Grande-Bretagne, Philippines, Togo et Trinidad entre 1988 à 1990 (Lachenaud *et al.*, 2010). La Côte d'Ivoire, premier pays producteur mondial de cacao, possède actuellement plus d'une centaine de clones spontanés de Guyane issus du matériel collecté lors de la première expédition. De plus, dans le sud-est de la Guyane la collection des cacaoyers spontanés guyanais, issue des prospections représentent environ 225 accessions conservées actuellement au Centre de Ressources Biologiques-Plantes Pérennes en Guyane (CRB-PPG) de la station CIRAD de Paracou-Combi, à Sinnamary 181 clones de cacaoyers spontanés ont été génotypés selon une approche GBS (Genotyping By Sequencing = Génotypage par séquençage). Ces clones constituent une représentation quasi-exhaustive des différentes sous-populations collectées entre 1985 et 1995 (Lachenaud *et al.* 2005 ; Lachenaud *et al.* 2007 ; Lachenaud, 2015). Seules les stations de quarantaine (qui sont établies dans des zones non productrices de cacao) sont autorisées à distribuer le matériel végétal aux pays producteurs, pour des raisons sanitaires évidentes (Lachenaud *et al.*, 2005a).

1.6.4. Caractéristiques des clones guyanais

Les cacaoyers spontanés de Guyanes possèdent des caractéristiques qui les rendent particulièrement attrayants pour les sélectionneurs, notamment pour leurs performances agronomiques, leurs qualités technologiques et surtout leur résistance aux maladies (Lachenaud *et al.*, 2005a).

1.6.4.1. Caractéristiques technologiques et sensorielles

Les critères technologiques comprennent des caractéristiques suivantes : la taille des fèves, la composition chimique ainsi que divers paramètres sensoriels etc. Ils concernent les produits finaux utilisés par l'industrie et pour la consommation (Lachenaud *et al.*, 2007).

En Guyane française et en Côte d'Ivoire, le résultat de l'arôme global et de l'intensité de « saveur » des échantillons de cacao marchand issus du matériel génétique GU se sont révélés statistiquement meilleurs que celui d'Amelonado venant du Ghana. Le taux de caféine était également plus élevé que celui des témoins Amelonado. Concernant les autres critères étudiés, notamment le taux de beurres, aucune différence significative n'a été trouvée par rapport aux témoins Amelonado et le cacao de l'Equateur. De plus, parmi 15 échantillons testés à l'aide de cacao fermenté et séché produit en Equateur, le clone GU 175-P avait « un riche arôme de cacao ». Son poids moyen de fève de cacao marchand était de 1,09 g contre 0,63 g pour le clone SCA 6 (Eskes, 2004).

1.6.4.2. Compatibilité des clones Guyanais

La compatibilité est parfois perçue comme un caractère agronomique, et a également été étudié pour 67 clones sélectionnés de neuf populations par Lachenaud et Oliver (2005b). Les résultats de leurs travaux ont montré que, dans la majorité des cas, les clones GU sont auto-incompatibles (58%) ou très légèrement auto-compatible (34%). En effet, les taux de nouaison dix jours après l'autofécondation varient entre 15 et 25 %. Ces valeurs les ont néanmoins classés dans la catégorie « auto-incompatible » selon la définition de Posnette (1945), tout comme les cacaoyers Forasteros Hauts Amazoniens.

1.6.4.3. Caractéristiques agronomiques

Parmi les caractères de cabosse présentant un intérêt agronomique important, le remplissage des cabosses en graines apparaît comme un facteur majeur. Toutefois, le nombre de graines par cabosse est influencé par divers éléments, notamment: le nombre d'ovules par ovaire des fleurs, la fertilité apparente, qui varie notamment en fonction des caractères auto-compatible ou auto-incompatible du matériel végétal, ainsi que les conditions de pollinisation naturelle (Cilas, 1991). En effet, certains groupes ou clones de cacaoyers présentent, dans certaines conditions, un remplissage incomplet des cabosses. Ce défaut s'accompagne de fort pourcentage de fèves plates des cabosses qui a une influence notable sur les rendements (Lachenaud, 1994). Ce phénomène se manifeste principalement chez les cacaoyers Forastero hauts-Amazoniens et semble résulter d'interactions entre facteurs nutritionnels (tels que la disponibilité en bore) et génotypes des graines (embryons et endospermes) (Lachenaud,

1995). Pour chaque clone, le remplissage incomplet des cabosses peut être quantifié par la fertilité apparente, qui est le rapport du nombre moyen de fèves normales par cabosse et le nombre moyen d'ovules par ovaire (Lachenaud, 1994). En effet, la fertilité apparente d'un clone sera d'autant plus pertinente que son remplissage sera homogène, rendant ainsi ses cabosses peu variables en ce qui concerne le nombre de fèves. Ce caractère peut être déterminé indépendamment de la connaissance du nombre d'ovules (Lachenaud *et al.* 2006a). Cependant, les critères de sélection étudiés sur les populations connues des rivières Camopi et Tanpok (Guyane française) par Lachenaud *et al.* (2000) ont révélé le comportement remarquable et étonnant comportement de certaines descendance en matière de la production et rapport production/vigueur. En effet, le niveau de production ainsi que l'efficacité de la culture se sont avérés satisfaisants pour certaines familles. Les meilleures descendance ont produit des rendements avoisinant 3000 kg de cacao marchand par hectare une fois en pleine production (Lachenaud *et al.*, 2000). En Côte d'Ivoire, il est important de souligner que quatre familles hybrides ayant un parent Guyanais ont été classées première, deuxième, seizième et vingt-cinquième sur 130 familles d'hybrides pour les critères de production potentielle (Lachenaud *et al.*, 2005b). En outre, au-delà de ces critères de sélection, il existe une variabilité significative et une résistance aux maladies de certains clones GU qui peuvent être sélectionnés et recommandés (Lachenaud *et al.*, 2004).

1.6.4.4. Résistance des clones Guyanais aux maladies et aux insectes

Concernant la résistance aux bioagresseurs, de nombreuses études ont mis en évidence l'importance des Guyanais dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses (Lachenaud *et al.*, 2007 ; Paulin *et al.*, 2008), le balai-de-sorcière (Pires, 2003) ainsi que les mirides (N'Guessan *et al.*, 2006)

1.6.4.4.1. Résistance à la pourriture brune des cabosses

La pourriture brune des cabosses est l'une des maladies les plus courantes et sans doute la plus nuisible, provoquée par plusieurs espèces du genre *Phytophthora*. Elle affecte les cabosses de tous âges, ainsi que les fèves, les feuilles et les branches. L'espèce *Phytophthora megakarya* qui est actuellement confinée dans certains pays africains, semble être le plus agressif sur le terrain (Cilas & Despréaux, 2004). En effet, le test sur disques de feuilles réalisé à Montpellier par Paulin *et al.* (2006), avec une souche très agressive (NS 269) de *P. megakarya*, a montré que sur 40 clones GU testés, 28 clones (70,0%) étaient résistant ou très résistant, tandis que seulement 6 étaient sensibles (15,0%). Les tests réalisés pour la pourriture brune des cabosses causée par *P. palmivora* en Côte d'Ivoire, au Ghana et en France (dans ce dernier cas avec des

souches très agressives NS 607 et TRI 1), les GU ont révélé un niveau de résistance généralement élevé (N’Goran *et al.*, 2004; Paulin *et al.*, 2005). Sur 57 clones testés, 31 (54,4%) se sont avérés résistants ou très résistants, 17 modérément résistant (29,8%) et 6 sensibles ou très sensibles (10,5%). En Côte d’Ivoire, sur 37 clones de la collection locale, les clones Guyanais ont montré un excellent comportement global vis-à-vis de *Phytophthora palmivora*. En particulier, trois clones guyanais se sont classés avant la référence résistance (Scavina 6), ce qui n'avait jamais été observé auparavant dans ce pays (Esques, 2001). Des résultats similaires ont été obtenus par le Cirad à Montpellier, vis-à-vis de *P. palmivora* et de *P. megakarya* (Paulin *et al.*, 2005). Ainsi, au Brésil, Pires (2003) a confirmé l’intérêt de certains génotypes Guyanais comme nouvelle source de résistance à cette maladie.

1.6.4.4.2. Résistance au balai de sorcière

Le Balai de sorcière, causée par le champignon *Moniliophthora perniciosa* (anciennement *Crinipellis perniciosa*), ne se vit que dans l’Amérique du Sud et sur certaines îles des Caraïbes (dont Trinidad). Le champignon attaque les cabosses, les pousses végétatives ou les coussinets des fleurs. En Guyane française, en *in situ* et *ex situ*, le matériel génétique GU a été résistant aux souches locales de la maladie, à tel point qu’aucun niveau de sensibilité n’est détectable dans la collection (Lachenaud *et al.*, 2007).

A Trinidad, les résultats des travaux de Lachenaud *et al.* (2007) sur des cabosses de neuf clones GU ont montré que huit étaient résistants et un modérément résistant. Sur des rameaux, en Équateur et à Trinidad (N’Goran *et al.*, 2004) et au Brésil (Pires, 2003 ; N’Goran *et al.*, 2004), sur 28 clones testés, 22 étaient résistants (78,6%), 4 sensibles (14,3%) et 2 affichent des résultats contradictoires. Dans un essai comparatif en serre à Trinidad par le test de pulvérisation ou à l'aide de gouttelettes d'agar, sur neuf clones, un seul (GU 255-V) s’est révélé sensible (alors qu’il était résistant dans le même domaine dans les trois pays mentionnés), cinq étaient résistants et trois modérément résistants (Umaharan *et al.*, 2003). Pires (2003) a montré que les clones GU étaient, dans l'ensemble, un nouveau groupe génétique présentant des facteurs de résistance distincts de ceux des SCA6 (ou des Trinitarios et des Bas Amazoniens), et sont donc potentiellement très utile dans les schémas de croisements.

1.6.4.4.3. Résistance aux mirides

Les mirides sont les principaux ravageurs du cacaoyer. Certains clones GU ont été testés contre ces insectes en Côte d'Ivoire, au Cameroun et au Ghana. Au Cameroun, à Budwood, avec une infection artificielle par des larves de *S. singularis*, GU 255-V a été le seul clone GU testé qui s'est révélé résistant (N’Goran *et al.*, 2004 ; Babin *et al.*, 2004). Ce résultat est

confirmé au Ghana (Adu-Acheampong *et al.*, 2007) où ce clone a été parmi les 11 tolérants aux attaques des mirides. En Côte d'Ivoire dans la collection du CNRA de Divo, les résultats anciens et récents des dommages dus aux mirides (N'Guessan *et al.*, 2007) ont montré la résistance des clones GU aux mirides. Le comportement des clones Guyanais en Côte d'Ivoire vis-à-vis des punaises mirides est globalement excellent et comparable à celui des meilleurs clones de Guyane Française (N'Guessan *et al.*, 2003). Parallèlement, l'intérêt potentiel de ce matériel se précise dans la lutte contre les mirides (N'Guessan *et al.*, 2005).

1.6.4.5. Diversité génétique et la structuration de cacaoyer Guyanais

Les cacaoyers spontanés (*Theobroma cacao* L.) du sud-est de la Guyane française représentent une part significative de la diversité génétique de l'espèce. Plusieurs prospections ont permis la collection de nombreuses accessions, permettant l'étude de la structuration de la diversité dans les populations naturelles. En Guyane française, 189 cacaoyers spontanés, issus de 18 populations ont été génotypés grâce à un séquenceur capillaire (Lachenaud & Zhang, 2008). Les profils obtenus avec 15 marqueurs SSR ont permis d'analyser les variations intra et inter populations, ainsi que leurs relations avec des clones témoins. La richesse allélique globale est de 4,87 allèles par locus, mais de 2,4 en moyenne dans les populations ; la diversité génique est de 0,368 et l'hétérozygotie observée est faible (0,160). Une importante structuration existe dans la métapopulation de cacaoyers spontanés Guyanais (Lachenaud & Zhang, 2008). La rareté des fleurs à l'état sauvage, la pollinisation par de petits insectes avec une sphère d'action limitée, ainsi qu'une fertilisation croisée avec une auto-incompatibilité généralisée prédisent que les cacaoyers guyanais doivent présenter une forte différenciation entre les populations ou sous-populations, résultant d'un flux génétique limité (Charles *et al.*, 1998 ; De Granville, 1982 ; Ledru *et al.*, 1997).

1.6.4.6. Valeur des clones Guyanais en tant que géniteurs dans le programme de sélection de cacaoyer

Les clones GU n'ont été soumis qu'à des tests limités en tant que géniteurs dans des programmes de sélection de cacaoyer. Avec des essais généralement assez récents, certains points intéressants méritent d'être soulignés:

-À Trinidad (CRU), dans le cadre d'un programme de pré-sélection pour la résistance à la pourriture brune des cabosses, trois clones ont été impliqués dans une conception de diallèle incomplet 6 x 6 (Lachenaud *et al.*, 2007). Initialement, des tests ont été réalisés sur les feuilles en pépinière, puis certaines familles ont été plantées plus tard. En pépinière, 29 descendances, ainsi que les bourgeons des parents, ont été évalués pour leur degré de résistance à *P.*

palmivora, entre 1995 et 2000, en utilisant la méthode d'inoculation des disques foliaires (Nyasse' *et al.*, 1995). Trois clones guyanais utilisés comme les parents (GU175-P, GU 286-P et GU353-L) ont montré des niveaux de résistance modérés (de 2,65 à 2,88, lorsque les symptômes ont été notés de 0 à 5). En croisant ces clones GU avec des clones SCA6, IMC67 et ICS1, les descendants ont révélé un niveau de résistance inférieur à la moyenne parentale, mais pas de manière significative ($r = 0,65$, $p = 0,12$). Ce matériel génétique a été planté et soumis à la pourriture naturelle des cabosses et au balai de sorcière. Trois années d'observations sur les branches ont été utilisées pour quantifier le pourcentage de bourgeons infectés par *Moniliophthora perniciosa* (données non publiées) : les clones GU175-P et GU286-P se sont révélés très résistants (0,44 et 0,00%, respectivement) et GU353-L a été sensible avec 4,61 % (Lachenaud *et al.*, 2001a).

- En Guyane française (CIRAD), une étude des paramètres génétiques a été réalisée. Sept clones ont été impliqués dans 27 croisements, dans un essai factoriel incomplet 5 x 8, planté en 1997–1998 pour le critère de vigueur juvénile (augmentation de la section du tronc à 15 cm du sol entre 1 et 2 ans). Certains résultats non publiés ont montré que les clones GU avaient une Aptitude Générale à la Combinaison plus intéressante que les deux clones Hauts Amazoniens (IMC67 et SCA6), mais similaire à ceux des clones GU175-A, GU123-B et GU284-A planté dans des essais comparatifs avec d'autres familles en 2001. Les croisements entre un parent Haut Amazonien et un parent GU ont présenté les Capacités de Combinaisons Spécifiques plus importantes que les croisements entre les clones GU (Lachenaud *et al.*, 2001a).

- En Côte d'Ivoire, au CNRA de Divo, deux clones GU ont été impliqués dans quatre croisements plantés en 1991 (Lachenaud *et al.*, 2001b), et trois autres, dans 10 croisements (factoriel incomplet 6 x 3) plantés en 2001. Après avoir évalué les familles pour la résistance à *P. palmivora*, une descendance avec le parent GU133-1 (classé résistant à *P. palmivora*) a été présélectionné pour l'essai de confirmation multi-local, en raison de sa productivité élevée et de sa tolérance à la pourriture brune des cabosses (Lachenaud *et al.*, 2001a). Par ailleurs, les résultats de ces essais semblent montrer une bonne transmission de la résistance à *P. palmivora* : par exemple, les croisements du géniteur GU123-B qui ont été classés hautement résistants au test sur feuilles avec les parents P7, IFC1 et IFC11 ont également été classés très résistants. En champ, le résultat de première récolte des travaux de Tahi *et al.*, (2012) a révélé une excellente performance pour le rendement et la résistance à la pourriture brune des cabosses pour les hybrides avec un parent GU tel que GU175-A, GU123-B, GU284-A (Lachenaud *et al.*, 2001b).

1.6.4.7. Intérêt des clones Guyanais dans le programme de l'amélioration génétique du cacaoyer

Le programme d'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire est fondé sur la sélection d'hybrides de clones. Ces hybrides proviennent de croisements entre des clones Forastero Haut-Amazonien en tant que géniteur femelle et des clones Forastero Bas-Amazonien (Amelonado) ou Trinitaires comme géniteur mâle. À cette époque, les clones guyanais (groupe génétique « Guiana » (Motamayor *et al.* 2008) étaient alors inconnus ou peu connus. Ce programme qui a été initié en 1958 a abouti à la diffusion à grande échelle d'une première vague de douze hybrides à partir de 1975 (Besse, 1977) et d'une seconde vague de sept hybrides à partir de 1993 (Clément *et al.*, 1996). Le matériel végétal ainsi mis à la disposition des producteurs a été bien apprécié dans l'ensemble. Les critères de sélection pour ces deux vagues d'hybrides étaient la productivité, la précocité de production et la qualité (grainage et taux de matière grasse).

Depuis 1990, un programme de sélection récurrente et réciproque (SRR) a été lancé en Côte d'Ivoire dans le but d'obtenir des génotypes élités combinant plusieurs caractères intéressants tout en préservant une variabilité génétique essentielle (Lachenaud *et al.*, 2001 a). Il a également pour objectif d'accroître dans la descendance les gains génétiques pour les caractères sélectionnés. En effet, la sélection récurrente et réciproque permet d'augmenter la fréquence des gènes favorables dans les populations sélectionnées. Le schéma de sélection élaboré en Côte d'Ivoire, a été basé sur l'amélioration de deux populations génétiquement constituées, d'une part de Forastero Haut-amazoniens (HA) et d'autre part de Forastero Bas-amazoniens (BA) et de Trinitario (T). La figure 9 présente le schéma de la sélection récurrente et réciproque du cacaoyer développé en Côte d'Ivoire (Lachenaud *et al.*, 2001b). Dans chaque population, les géniteurs ont été choisis sur la base, d'une part, de leur comportement connu (valeur propre et/ou valeur en croisement) et d'autre part, suivant l'information disponible à l'époque sur la structuration génétique des groupes des variétés de cacaoyers et la position des clones dans les différents groupes. Le premier cycle de sélection qui s'est achevé en 1999, a permis d'identifier sept croisements prometteurs qui ont été mis en essai de confirmation multilocal (Lachenaud *et al.*, 2001b). A l'issue du premier cycle de sélection récurrente, 40 individus (HA₁) et 40 (BA+T)₁ ont été sélectionnés comme géniteurs du second cycle de sélection. Le choix de ces géniteurs du second cycle a été réalisé par une sélection de type "individu-famille". Les familles ont été sélectionnées en fonction de leurs performances, mais en tenant compte de la performance des géniteurs du premier cycle (femelles et mâles) qui les ont engendrés. Les critères de sélection des familles lors du premier cycle ont été la

productivité cumulée, le rapport production/vigueur, le pourcentage de cabosses pourries au champ, le niveau de résistance à *P. palmivora* mesuré par test sur feuilles de cacaoyers et le poids moyen d'une cabosse. Le choix des géniteurs du second cycle parmi les familles sélectionnées, a porté sur les mêmes critères mentionnés ci-dessus, mais, d'autres critères tels les dégâts cumulés des mirides et l'appréciation visuelle globale du sélectionneur ont également été pris en compte.

Avec la découverte de *Phytophthora megakarya* dans la région Est de la Côte d'Ivoire (Koné *et al.*, 1998), l'espèce la plus dommageable au champ, la sélection de cacaoyers moins sensibles à la pourriture brune des cabosses est devenue un objectif prioritaire. À cet effet, après la mise en place des deux essais de brassage intra-population du deuxième cycle, incluant l'un, des Hauts- amazoniens et l'autre, des Bas- amazoniens et Trinitario à la Station de Recherche du CNRA à Divo, un essai de 25 familles a été mis en place en 2001. Après sept campagnes de récoltes au champ, trois caractères ont été évalués sur le cumul : la production, le rapport production/vigueur et le taux de cabosses pourries. Des différences significatives ont été observées entre les 25 familles pour tous les caractères. Les croisements impliquant un parent Guyanais ont tous montré un bon comportement au champ vis-à-vis de la pourriture brune. Pour la productivité mesurée par le potentiel de production, les croisements impliquant un clone Guyanais ont été généralement supérieurs aux témoins. Cinq des neuf meilleures familles pour le rapport production/vigueur sont des croisements avec un parent Guyanais (Tahi *et al.*, 2012). De plus, dans le sud-est de la Guyane française, les tests d'évaluation sur disque de feuille réalisés sur 59 clones ont révélé des niveaux de résistance des clones Guyanais plus élevés, que le témoin IMC 47, à *P. palmivora* et à *P. megakarya* (Paulin *et al.*, 2010).

Ces résultats ont permis de suggérer l'intégration des clones Guyanais en tant que géniteurs dans le programme à long terme d'amélioration génétique du cacaoyer dans les pays producteurs de cacao et en particulier en Côte d'Ivoire où seulement une dizaine de clones GU y sont impliqués.

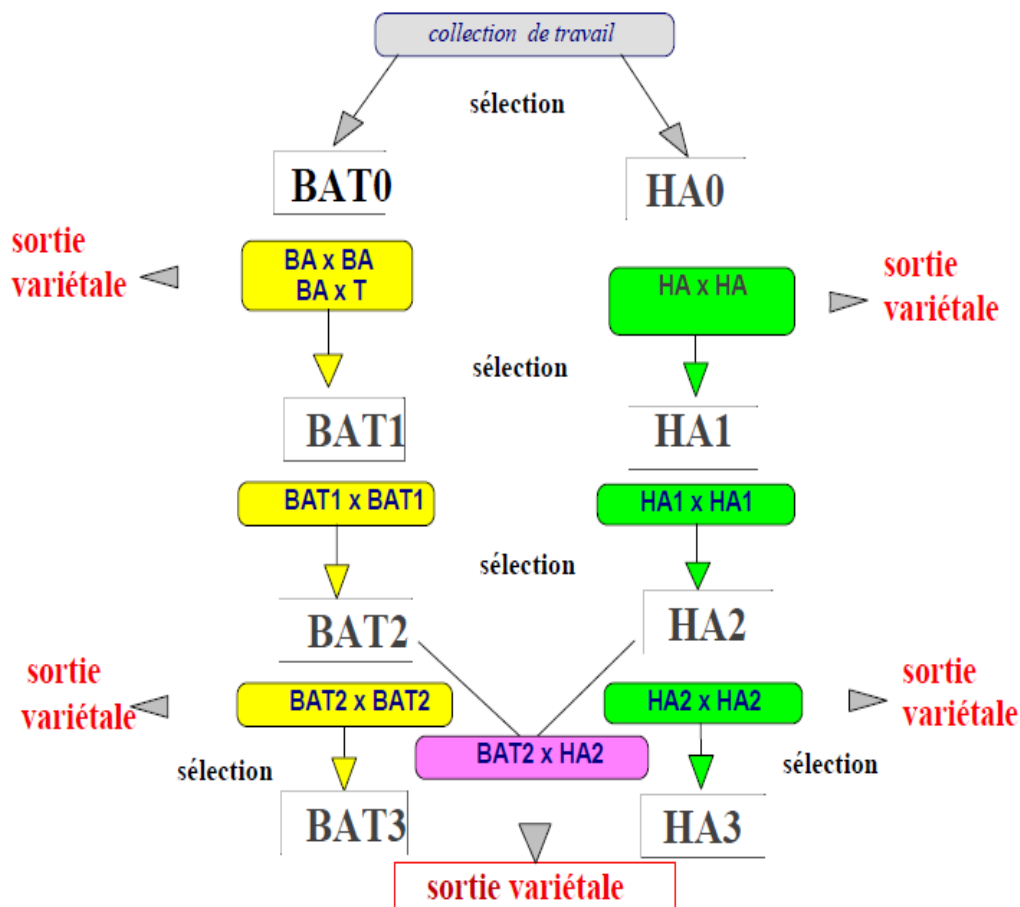


Figure 9 : Schéma de sélection récurrence réciproque du cacaoyer en Côte d'Ivoire (Lachenaud *et al.*, 2001b)

- BAT0 : Bas Amazoniens et Trinitarios du géniteur cycle 0,
- HA0 : Hauts Amazoniens du géniteur cycle 0,
- BA x BA : Brassage Intra Bas Amazonien du géniteur cycle 0,
- BA x T : Brassage Intra Bas Amazoniens et Trinitarios du géniteur cycle 0,
- HA x HA : Brassage Intra Hauts Amazoniens du géniteur cycle 0,
- BAT1 : Bas Amazoniens et Trinitarios du 1^{er} cycle ;
- HA1 : Hauts Amazoniens du 1^{er} cycle,
- BAT1 x BAT1 : Brassage Intra Bas Amazoniens et Trinitarios du géniteur du 1^{er} cycle,
- HA1 x HA1 : Brassage Intra Hauts Amazoniens du géniteur du 1^{er} cycle,
- BAT2 : Bas Amazoniens et Trinitarios du 2^{ème} cycle,
- HA2 : Hauts Amazoniens du 2^{ème} cycle,
- BAT2 x BAT2 : Brassage Intra Bas Amazoniens et Trinitarios du géniteur du 2^{er} cycle,
- HA2 x HA2 : Brassage Intra Hauts Amazoniens du géniteur du 2^{ème} cycle,
- BAT2 x HA2 : Croisements entre les Bas Amazoniens et Trinitarios du 2^{ème} cycle et les Hauts Amazoniens du 2^{er} cycle,
- BA+T₃ : Bas Amazoniens et Trinitarios du 3^{ème} cycle,
- HA₃ : Hauts Amazoniens du 3^{ème} cycle

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été effectuée à la station de Recherche du CNRA de Divo en Côte d'Ivoire. Cette station est située à 17 Km de la ville de Divo en zone forestière et à 200 km au sud-ouest d'Abidjan (Figure 10). Les coordonnées géographiques sont 5° 46' latitude Nord et 5° 17' longitude Ouest. L'altitude moyenne du site d'étude est de 197 m au-dessus du niveau de la mer. La région de Divo a un climat de type subéquatorial, à pluviométrie bimodale. Dans cette région deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches sont enregistrées et subissent parfois des décalages au fil des années (Brou, 2005). La grande saison pluvieuse part d'Avril à Juin; la petite saison de Septembre à Novembre. La grande saison sèche s'étend de Décembre à Mars et la petite saison de Juillet à Août. La station est marquée par une pluviométrie moyenne de 1400 mm/an. Les sols sont généralement profonds et désaturés en bases échangeables (Montagnon, 2000). Le pH est acide et passe graduellement de 6 à 5,2 pour une profondeur d'un mètre. Ce type de sol est naturellement recouvert de forêts denses semi-décidues (Guillaumet et Adjounhoun, 1971). Les conditions pédoclimatiques de la zone d'étude sont favorables à la culture du café et du cacao (Kassin, 2022).

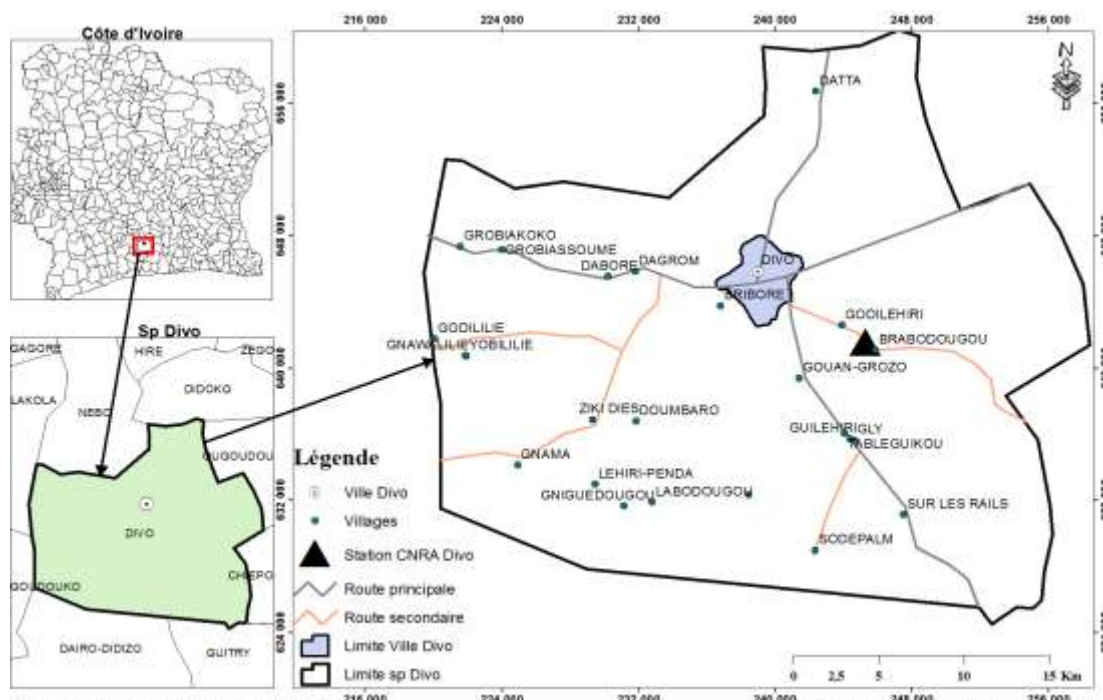


Figure 10 : Localisation géographique de la station du CNRA de Divo (Tahi *et al.*, 2021)

2.2. Matériel végétal utilisé pour comparer les populations d'hybrides du cacaoyer pour les caractères agronomiques

Le matériel végétal est composé de six populations d'hybrides : GU, HA₁, (BA+T)₁, HA₂, (BA+T)₂, Test intergroupes (croisements entre les HA et les BA) et le témoin, issues de différentes vagues de croisements réalisés dans le programme de l'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire (Tableau II). Ces populations hybrides appartiennent à deux essais comparatifs d'hybrides de clones dont E6/5 et TO (Test Orientatif) ayant en commun une famille d'hybride comme témoin (UPA 409 x POR).

Tableau II : Matériel végétal utilisé pour la comparaison des populations du cacaoyer

Populations	Nombre de croisements en E6/5	Nombre d'arbres en E6/5	Nombre de croisements en TO (Test Orientatif)	Nombre d'arbres en TO
GU	10	45	4	16
Test intergroupes	6	45	25	16
HA ₁	8	45-55	3	16
(BA+T) ₁	-	-	3	16
HA ₂	-	-	4	16
(BA+T) ₂	-	-	4	16
Témoin	1	50	1	16

- GU : Hybrides Guyanais dont un parent est un clone Guyanais,
- HA₁ : Population intra Hauts Amazoniens du 1^{er} cycle de brassage,
- (BA+T)₁ : Population composite intra Bas Amazoniens + Trinitarios du 1^{er} cycle ;
- HA₂ : Population intra Hauts Amazoniens du 2^{ème} cycle de brassage,
- (BA+T)₂ : Population intra Bas Amazoniens et Trinitarios du 2^{ème} cycle,
- Test intergroupe : Croisements entre les HA₁ (hybrides Hauts Amazoniens du 1^{er} cycle et les (BA+T)₁ qui sont des hybrides (BA+T) du 1^{er} cycle,
- Témoin : un croisement du premier cycle (UPA 409 x POR) performant pour la production et la grosseur des fèves.

2.2.1. Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d'hybrides d'E6/5

Le matériel végétal utilisé en E6/5 est issu de deux factoriels incomplets. Un facteuriel incomplet 3 x 4 impliquant trois femelles HA₁ (E4/1) et 4 mâles BA-T₁ issus de la parcelle E4/2. La population issue de ce facteuriel fait partie du second cycle de la Sélection Récurrence Réciproque (SRR). Un deuxième facteuriel incomplet 6 x 3 incluant trois mâles du groupe génétique guyanais (Motamayor *et al.*, 2008) et 6 femelles dont 3 HA₁ et 3 BA-T₁. Neuf autres croisements témoins étaient composés de quatre croisements entre les clones HA révélés résistants à *Phytophthora palmivora* par le test d'inoculation foliaire et cinq autres croisements.

L'essai E6/5 est composé de 25 familles, incluant 10 hybrides guyanais impliquant des clones guyanais comme parents mâles, 8 hybrides hauts amazoniens du premier cycle, six (6) hybrides intergroupes et un (1) hybride témoin (UPA 409 x POR) déjà vulgarisé (Tableau III).

Tableau III : Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d'hybrides du cacaoyer de la parcelle E6/5

No	Croisements	Familles	Caractéristiques des familles
1	P7 x GU123B	F1	Hybrides avec un parent Guyanais (GU)
2	P7 x GU284A	F2	
3	IMC57 x GU123B	F3	
4	IMC57 x GU175A	F4	
5	PA150 x GU284A	F5	
6	PA150 x GU175A	F6	
7	IFC11 x GU123B	F7	
8	IFC 11 x GU284A	F8	
9	IFC303 x GU284A	F9	
10	IFC303 x GU175A	F10	
11	(PA150 x IMC78) x (IFC8 x IFC371)	F11	Hybrides intergroupes issus des croisements des parents HA ₁ par des parents (BA+T) ₁ sélectionnés sur le critère de production
12	(PA 150 x IMC 78) x (UF676 x IFC303)	F12	
13	(P7 x SCA6) x (IFC8 x IFC371)	F13	
14	(P7 x SCA6) x (IFC29 x IFC303)	F14	
15	(PA150 x T60/887) x IFC1	F15	
16	(PA150 x T60/887) x (IFC29 x IFC303)	F16	
17	P7 x SCA6	F200	Hybrides Hauts Amazoniens du premier cycle (HA ₁) sélectionnés pour la production et révélés résistants à <i>Phytophthora palmivora</i> selon le test d'inoculation sur feuilles
18	IMC67 x T60/887	F201	
19	AMAZ15-15 x UPA413	F202	
20	P7 x IFC1	F204	
22	PA150 x T60/887	F206	
23	PA150 x T79/501	F207	
24	P7 x T60/887	F208	
25	P7 x PA150	F209	
21	UPA409 x POR (Témoin)	F203	Hybride témoin diffusé en Côte d'Ivoire pour son rendement et la grosseur de ses fèves

- F1 à F10 : Hybrides avec un parent guyanais (GU)
- F11 à F16 : Hybrides intergroupes issus des croisements entre les HA₁ (hybrides Hauts Amazoniens du 1^{er} cycle et les (BA+T)₁ qui sont des hybrides Bas Amazoniens et Trinitarios du 1^{er} cycle,
- F203 : Hybride témoin déjà diffusé en Côte d'Ivoire.

2.2.2. Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d'hybrides de TO (Test Orientatif)

Le matériel végétal utilisé en TO est issue d'un factoriel complet 5 x 5 incluant 5 femelles sélectionnées dans la parcelle du second cycle de brassage intra Haut-Amazonien (E6/1) et 5 mâles sélectionnés dans la parcelle du second cycle de brassage intra Bas-Amazonien et Trinitario (E6/4). Dix-neuf croisements constituent les témoins de l'essai dont un (1) représente l'un des hybrides à haut rendement diffusés en Côte d'Ivoire, trois (3) croisements intragroupes impliquant des géniteurs du premier cycle du groupe des HA₁, trois (3) croisements intragroupes impliquant des géniteurs du premier cycle du groupe des BA-T₁, quatre (4) croisements intragroupes impliquant des géniteurs du second cycle du groupe HA₂, quatre (4) croisements intragroupes impliquant les géniteurs du second cycle du groupe des BA-T₂ et quatre (4) croisements intergroupes impliquant un parent Guyanais. Les populations issues de ces différents factoriels constituent les véritables Tests Intergroupes issus du premier et du second cycle de la Sélection Récurrence Réciproque (SRR). Les croisements impliquant un parent Guyanais constituent des populations expérimentales dans l'optique de l'introduction des clones Guyanais dans la SRR.

La parcelle TO est composé de 44 familles, il y quatre (4) hybrides Guyanais où les clones guyanais ont été utilisés comme parents femelles, trois (3) hybrides Hauts Amazoniens et trois (3) hybrides Bas Amazoniens et Trinitarios du premier cycle, quatre (4) hybrides Hauts Amazoniens et quatre (4) hybrides Bas Amazoniens et Trinitarios du deuxième cycle et 26 hybrides intergroupes ont été considérés comme les témoins (Tableau IV).

Tableau IV : Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d'hybrides du cacaoyer de la parcelle TO

No	Croisements	Familles	Caractéristiques des familles
1	E6/1 L22A18 x E6/4 L27A8	F1	Familles d'hybrides intergroupes issues des meilleurs géniteurs du deuxième cycle du Haut Amazoniens (HA ₂) et Bas Amazoniens (BA+T) ₂ pour la production
2	E6/1 L22A18 x E6/4 L5A27	F2	
3	E6/1 L22A18 x E6/4 L4A25	F3	
4	E6/1 L22A18 x E6/4 L4A7	F4	
5	E6/1 L22A18 x E6/4 L22A20	F5	
6	E6/1 L22A11 x E6/4 L27A8	F6	
7	E6/1 L22 A11 x E6/4 L5A27	F7	
8	E6/1 L22A11 x E6/4 L4A25	F8	
9	E6/1 L22A11 x E6/4 L4A7	F9	
10	E6/1 L22A11 x E6/4 L22A20	F10	
11	E6/1 L23A17 x E6/4 L27A8	F11	
12	E6/1 L23A17 x E6/4 L5A27	F12	
13	E6/1 L23A17 x E6/4 L4A25	F13	
14	E6/1 L23A17 x E6/4 L4A7	F14	
15	E6/1 L23A17 x E6/4 L22A20	F15	
16	E6/1 L11A23 x E6/4 L27A8	16	
17	E6/1 L11A23 x E6/4 L5A27	F17	
18	E6/1 L11A23 x E6/4 L4A25	F18	
19	E6/1 L11A23 x E6/4 L4A7	F19	
20	E6/1 L11A23 x E6/4 L22A20	F20	
21	E6/1 L6A10 x E6/4 L27A8	F21	
22	E6/1 L6A10 x E6/4 L5A27	F22	
23	E6/1 L6A10 x E6/4 L4A25	F23	
24	E6/1 L6A10 x E6/4 L4A7	F24	
25	E6/1 L6A10 x E6/4 L22A20	F25	
26	UPA 409 X POR (Témoin)	F26	Hybride témoin diffusé en Côte d'Ivoire pour son rendement et la grosseur de ses fèves

- F1 à F25 : Hybrides intergroupes issus des croisements entre les HA₂ (hybrides Hauts Amazoniens du 2^{er} cycle et les (BA+T)₂ qui sont des hybrides Bas Amazoniens et Trinitarios du 2^{er} cycle,
- F26 : Hybride témoin déjà diffusé en Côte d'Ivoire,

Tableau IV (Suite) : Matériel végétal utilisé pour comparer des familles d'hybrides du cacaoyer de la parcelle TO

No	Croisements	Familles	Nombre d'arbres par famille	Caractéristiques des familles
27	E5/1 L29A2 à 6 x E5/1 L166A6	F27	16	Hybrides intra-groupe Hauts Amazoniens du premier cycle (HA ₁) sélectionnés pour la production
28	E5/1 L71A7 à 11 x C2/1-1	F28	16	
29	E5/1 L33A2 à 6 x E4/1 L219A5	F29	16	
30	E5/1 L53A7 à 11 x E4/2 L244A2	F30	16	Hybrides intra-groupe Bas Amazoniens et Trinitarios du premier cycle (BA+T ₁) sélectionnés pour la production
31	E4/2 L216A10 x IFC18	F31	16	
32	E4/2 L216A10 x DCG1-1	F32	16	
33	E6/1 L23A17 x E6/1 L6A10	F33	16	Hybrides intra-groupe Hauts Amazoniens du deuxième cycle (HA ₂) sélectionnés pour la production
34	E6/1 L23A17 x E6/1 L5A8	F34	16	
35	E6/1 L29A26 x E6/1 L23A17	F35	16	
36	E6/1 L24A7 x E6/1 L6A10	F36	16	
37	E6/4 L43A25 x E6/4 L4A25	F37	16	Hybrides intra-groupe Bas Amazoniens et Trinitarios du deuxième cycle (BA+T ₂) sélectionnés pour la production
38	E6/4 L4A7 x E6/4 L2A9	F38	16	
39	E6/4 L27A8 x E6/4 L4A7	F39	16	
40	E6/1 L5A27 x E6/4 L2A10	F40	16	
41	GU139A x E6/1 L11A23	F41	16	Hybrides avec un parent Guyanais (GU)
42	GU139A x E6/4 L27A8	F42	16	
43	GU285B x E6/1 L11A23	F43	16	
44	GU285B x E6/4 L27A8	F44	16	

- F27 à F29 : Hybrides intragroupe Hauts Amazoniens du premier cycle (HA₁),
- F30 à F32 : Hybrides intragroupe Bas Amazoniens et Trinitarios du premier cycle (BA+T₁),
- F33 à F36 : Hybrides intragroupe Hauts Amazoniens du deuxième cycle (HA₂),
- F37 à F40 : Hybrides intragroupe Bas Amazoniens et Trinitarios du deuxième cycle (BA+T₂),
- F41 à F44 : Hybrides avec un parent guyanais (GU),

2.3. Matériel végétal utilisé pour évaluer des populations d'hybrides à *Phytophthora megakarya* par le test sur disques foliaires

Le matériel végétal utilisé lors de cette étude est composé de 6 populations d'hybrides incluant 69 croisements évalués dans le chapitre 1, dont 25 familles en E6/5, 44 familles en TO, et 3 clones témoins de références. Quarante-sept (47) géniteurs dont 19 d'E6/5 (Tableau V) et 28 de TO (Tableau VI) ont été évalués avec les hybrides. Les trois témoins de références aux deux souches de *Phytophthora* qu'on retrouve en Côte d'Ivoire sont : NA32 (sensible), PA150 (moyennement résistant) et SCA6 (résistant à la pourriture brune des cabosses) (Tahi, 2003).

Tableau V : Parents des familles d'hybrides du cacaoyer d'E6/5 pour la sensibilité à *Phytophthora megakarya*

No	Clones	Type de clone	No	Clones	Type de clone
1	P7	HA	12	IMC67	HA
2	GU123B	GU	13	T60/887	HA
3	IMC57	HA	14	AMAZ15-15	HA
4	IFC11	BA	15	UPA413	HA
5	IFC303	BA	16	UPA409	HA
6	E4/1-12	HA	17	POR	Trinitario
7	E4/2-23	BA	18	T79/501	HA
8	E4/1-11	HA	19	E4/2-7	BA
9	E4/1-14	HA	Tém.	SCA6	HA
10	E4/2-31	BA	Tém.	PA150	HA
11	IFC1	BA	Tém.	NA32	HA

Tableau VI : Parents des familles d'hybrides du cacaoyer de TO pour la sensibilité à *Phytophthora megakarya*

No	Clones	Type de clone	No	Clones	Type de clone
1	E6/1 L22A18	HA	17	E4/3 L304A2	HA
2	E6/1 L22A11	HA	18	E4/2 L305A9	BA
3	E6/1 L23A17	HA	19	E4/2 L216A10	BA
4	E6/1 L11A23	HA	20	IFC18	BA
5	E6/4 L27A8	BA	21	DCG1-1	BA
6	E6/4 L5A27	BA	22	E6/1 L5A8	HA
7	E6/4 L4A25	BA	23	E6/1 L29A26	HA
8	E6/4 L4A7	BA	24	E6/1 L24A7	HA
9	E6/4 L22A20	BA	25	E6/4 L43A25	BA
10	UPA 409	HA	26	E6/4 L20A9	BA
11	POR	Trinitario	27	GU139A	GU
12	E4/1 L241A5	HA	28	GU285B	GU
13	E4/1 L119A4	HA	Tém.	SCA6	HA
14	E4/3 L217A9	HA	Tém.	PA150	HA
15	C2/1-1	HA	Tém.	NA32	HA
16	E4/3 L314A9	HA			

HA : Hauts Amazoniens, BA : Bas Amazoniens, GU : Guyanais, Tém : Témoin

2.4. Choix du matériel fongique

Deux souches fongiques provoquent la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire. Il s'agit du *Phytophthora palmivora* qui est la plus répandue et du *Phytophthora megakarya* qui est la plus virulente. Le test de résistance sur les disques foliaires est porté sur *Phytophthora megakarya* uniquement. Ce choix est basé sur les raisons suivantes :

- ❖ le travail de sélection étant long, l'équipe a commencé les tests de résistance sur la souche la plus virulente qui est une urgence dans les vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire (Tahi *et al.*, 2000 ; Ali *et al.*, 2017).

- ❖ la littérature scientifique renseigne que généralement les souches hybrides résistantes à *Phytophthora megakarya* le sont également pour *Phytophthora palmivora* (Nyassé *et al.*, 2003 ; Djougoue *et al.*, 2007).

Le matériel fongique utilisé pour le test sur disques foliaires au laboratoire a été un isolat très agressif 13p30-1 de *Phytophthora megakarya* (Ali *et al.*, 2017). Il a été isolé des cabosses naturellement atteintes de pourriture brune.

2.5. Matériel végétal utilisé pour l'étude des paramètres génétiques

Le matériel végétal utilisé pour l'étude des paramètres génétiques est constitué de 10 familles d'hybrides issues d'un factoriel incomplet 6 x 3, incluant trois clones GU considérés comme parents mâles et six parents femelles dont 3 HA (Hauts Amazoniens G₀) qui sont P7, IMC57 et PA150, et 3 BA (Bas Amazoniens G₀) qui sont IFC11, IFC303 et IFC1 (Tableau VII). Les trois clones guyanais utilisés en tant que géniteurs mâles sont GU123B, GU284A et GU175A.

Tableau VII : Croisements du factoriel incomplet 6 x 3 impliquant des géniteurs guyanais et les géniteurs du premier cycle de brassage intra Haut-Amazonien et Bas Amazonien d'E6/5

	♀ \ ♂	GU123-B	GU284-A	GU175-A
HA	P7	F1	F2	
	IMC57	F3		F4
	PA150		F5	F6
BA	IFC11	F7	F8	
	IFC303		F9	F10
	IFC1			

F1 = P7 x GU 123B; F2 = P7 x GU284A; F3 = IMC57 x GU123B; F4 = IMC57 x GU175 A, F5 = PA150 x GU284A; F6 = PA150 x GU 175A; F7 = IFC 11 x GU123B; F8 = IFC 11 x GU284A F9 = IFC 303 x GU284A; F10 = IFC303 x GU175A

2.6 Méthodes

2.6.1. Evaluation des paramètres de production des populations d'hybrides

2.6.1.1. Dispositifs expérimentaux des essais E6/5 et TO

L'évaluation des paramètres de production a porté sur 69 familles d'hybrides dont 25 familles en E6/5 et 44 familles en TO. L'essai E6/5 est constitué d'un bloc planté à un dispositif totalement randomisé de 40 lignes avec 32 pieds par ligne. Le nombre d'arbres par famille (répétition) variait de 45 à 55 pieds, soit 1280 arbres utiles plantés à la station de Divo en 2001 sur une superficie de 0,96 hectare. L'essai TO est planté aussi à un dispositif randomisé de parcelles mono-arbre de 34 lignes avec 24 pieds par ligne. Le nombre d'arbres était de 16 pieds par familles, soit 704 arbres utiles plantés à la station de Divo en 2013.

Les deux essais sont plantés suivant des écartements de 2,5 m x 3 m et les cacaoyers en bordure étaient exclus de l'étude. Le dispositif en randomisation totale de parcelle mono-arbre est adapté aux plantes arbustives comme les cacaoyers et les caféiers parce qu'il permet un meilleur contrôle des micro-hétérogénéités du sol (Lotodé et Lachenaud, 1988 ; Charmettant et Leroy, 1990).

2.6.1.2. Evaluation des paramètres agronomiques

Les paramètres agronomiques évalués comprennent d'une part, les paramètres agromorphologiques et d'autre part, les paramètres technologiques.

Les données agromorphologiques ont été collectées sur chaque arbre en période principale (de septembre à janvier) et en période intermédiaire (d'avril à août) de 2003 à 2022 pour la parcelle E6/5 et de 2016 à 2022 pour la parcelle TO. Il s'agit notamment :

➤ Nombre totale de cabosses (Ntotcab)

Le nombre total de cabosses (Ntotcab) sur chaque arbre durant toutes les campagnes de production a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Ntotcab} = \text{NCS} + \text{NCP} + \text{NCR} + \text{A} \quad (\text{Tahi et al, 2017}) \quad (1)$$

NCS = nombre de cabosses saines, NCP = nombre de cabosses pourries, NCR = nombre de cabosses rongées, A = autres cabosses malformées

➤ Taux de cabosses pourries (Tcp)

Le taux de cabosses pourries (Tcp) a été déterminé par le nombre de cabosses pourries sur le nombre total de cabosses. Il a été déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Tcp (\%)} = \frac{\text{Ncp}}{\text{Ntotcab}} \quad (2)$$

Ncp = nombre total de cabosses pourries, Ntotcab = nombre total de cabosses.

➤ Rendement potentiel annuel (Rpa)

Le rendement potentiel annuel (Rpa) par famille a été évalué par le produit du nombre total de cabosses, le poids moyen de fèves fraîches, le nombre de pieds par ha (1333 pieds/ha) et du coefficient de conversion du poids de fèves fraîches en poids de cacao marchand correspondant (0,35) sur le nombre d'années de récoltes (Lachenaud *et al.*, 1994). Il a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rpa (kg/ha/an)} = \frac{(\text{Ntotcab} \times \text{Pmff} \times 1333 \times 0,35)}{n} \quad (3)$$

Ntotcab = Nombre total des cabosses produites par arbre pendant toutes les années de production de 2003 à 2022 pour E6/5 et de 2016 à 2022 pour TO.

Pmff = Poids moyen de fèves fraîches

1333 = Nombre de pieds à l'hectare

0,35 = coefficient de conversion du poids de fèves fraîches en poids de cacao marchand correspondant (Lachenaud *et al.*, 1994).

n = nombre d'années de récoltes.

➤ Vigueur végétative (Vig)

La vigueur végétative (Vig) de l'arbre a été calculée par le rapport entre la section du tronc à 20 cm du sol (Sec) mesurée à l'aide d'un mètre ruban à la dernière campagne, élevée au carré, sur 4π . Il a été déterminé selon la formule suivante:

$$\text{Vig (cm}^2\text{)} = \frac{(\text{Sec})^2}{4\pi} \quad (4)$$

➤ Rapport production/vigueur (Rpvig)

Le rapport production / vigueur (Rpvig) a été déterminé par le quotient entre le nombre total de cabosses cumulées de l'ensemble des campagnes de récolte et la section du tronc de la dernière campagne. Il permet de justifier l'influence du développement végétatif sur la production (Paulin et Eskes, 1995). Il a été calculé selon la formule suivante :

$$\boxed{\text{Rpvig} \left(\frac{\text{Cabs}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Ntotcabs}}{\text{Sec}}} \quad (5)$$

2.6.1.3. Paramètres technologiques liés aux fèves

Les paramètres technologiques liés aux fèves ont concerné tous les paramètres mesurés sur les fèves après la récolte des cabosses sur l'arbre.

- Nombre de fèves normales par cabosse (Nfn)

Le nombre de fèves normales par cabosse (Nfn) a été déterminé sur un échantillon de 20 cabosses par arbre.

- Poids moyen de fèves fraîches par cabosse (Pmff)

Le poids moyen de fèves fraîches par cabosse (Pmff) a été évalué à partir du quotient du poids total de fèves fraîches (Pff) des cabosses saines sur le nombre total de cabosses saines (Ncabs) mûres récoltées sur l'arbre :

$$\boxed{\text{Pmff (Kg)} = \frac{\text{Pff}}{\text{Ntotcab}}} \quad (6)$$

- Poids moyen d'une fève de cacao marchand (Pm1fs)

Le poids moyen d'une fève de cacao marchand (Pm1fs) par famille a été déterminé sur un échantillon de 100 fèves de cacao marchand choisis au hasard et pesées individuellement avec une balance électronique.

2.6.2. Evaluation de la résistance des populations d'hybrides à *Phytophthora megakarya*

2.6.2.1. Préparation du matériel fongique

La souche utilisée pour l'évaluation de la résistance des génotypes à *Phytophthora megakarya* a été un isolat agressif 13p30-1 Ali *et al.*, (2017) conservé au laboratoire. La suspension a été mise en culture sur milieu composé d'eau gélosée à 1,5 %. L'incubation a été faite à l'obscurité dans une étuve à 26 °C pendant 7 jours. Après une semaine d'incubation, les isolats obtenus sont purifiés et repiqués sur milieu de culture à base de petit pois contenu dans des boîtes de Pétri de diamètre 90 mm (Coulibaly *et al.*, 2013). Après repiquage, un échantillon de chaque culture a été prélevé et inoculé sur des cabosses mûres pour réactiver l'agressivité de la souche. Les cultures de l'isolat sélectionné sont réalisées sur des milieux « petit pois » solides

contenus dans des fioles de Roux. L'incubation est réalisée à 26 °C pendant 6 jours sous une photopériode de 12h (alternance de 12 h à la lumière et de 12 h à l'obscurité). En vue d'induire la libération des zoospores par les sporocystes mûrs, chaque culture a été inondée avec 40 mL d'eau distillée stérile et placée au réfrigérateur (4°C) pendant 15 minutes. Elles sont ensuite ramenées à la lumière d'une lampe à incandescence (60 W) pendant 45 minutes à la température ambiante du laboratoire (26°C) (Coulibaly *et al.*, 2013). La suspension de zoospore a ensuite été calibrée à l'hématimètre (cellule de Malassez) et la concentration a été ramenée à 3.10^5 zoospores par millilitre (Tahi *et al.*, 2000).

2.6.2.2. Collecte et préparation des échantillons de feuilles

Trois feuilles saines par génotype ont été prélevées sur des rameaux semi aoûtés situés dans la canopée de l'arbre à mi-ombrage entre 8h et 10h le matin à la station de recherche de Divo. Les feuilles ont été numérotées, ensachées et stockées dans une glacière contenant une mousse imbibée d'eau distillée. Les échantillons sont transportés au laboratoire à Bingerville le même jour. Au laboratoire, l'ensemble des échantillons de feuilles a été pré-conditionné pendant une nuit dans une chambre à 25°C, la face inférieure contre une mousse imbibée d'eau distillée, dans un bac hermétiquement fermé afin de rendre le limbe plus réceptif à l'inoculation. Au lendemain du pré-conditionnement, les disques de feuilles de 15 mm de diamètre par génotype sont prélevés dans le limbe des feuilles à l'aide d'un emporte-pièce.

2.6.2.3. Dispositif expérimental

En raison du nombre important de clones et de familles d'hybrides à tester pour mesurer la résistance foliaire à *P. megakarya* par les disques de feuilles, les génotypes ont été repartis en plusieurs lots. Dans le dispositif expérimental, cinq disques de feuilles par individu étaient alignés dans un bac mais randomisés dans 4 bacs. En E6/5, 25 familles d'hybrides en raison de 15 génotypes par familles (375 génotypes) et 19 géniteurs étaient repartis dans 3 lots. Un lot de 13 familles, un lot de 12 familles et un lot de 19 géniteurs, contenant chacun les trois témoins de références ont été évalués. Pour les populations de TO, 44 familles d'hybrides à raison de 44 x 15 génotypes (660 génotypes) et 28 géniteurs étaient répartis en cinq lots. Quatre lots de 11 familles et un lot de 19 géniteurs contenant chacun les trois témoins de références ont été évalués. Chaque bac était composé d'environ 23 lignes et 20 disques foliaires par génotype et par témoin ont été utilisés par répétition. L'étude s'est faite en deux répétitions pour avoir un test feuille valide (Efombagn *et al.*, 2011), soit 40 disques foliaires pour chaque génotypes et chaque témoin.

2.6.2.4. Inoculation des disques foliaires

Dans les bacs, les disques de feuilles ont été disposés sur une mousse imbibée d'eau distillée pour empêcher le dessèchement précoce. Les disques foliaires ont été inoculés sur la face inférieure par dépôt de 10µL de la suspension de zoospores de *Phytophthora megakarya* calibrée à 3.10^5 zoospores/ml à l'aide d'une micropipette. Les bacs ont été hermétiquement fermés à l'aide d'une bâche noire en plastique (Figure 11). L'incubation a été réalisée à l'obscurité à 26°C.

2.6.2.5. Echelle de classement des populations d'hybrides à *Phytophthora megakarya*

Sept jours après l'incubation, la lecture des symptômes de sensibilité foliaire a été faite selon l'échelle de Blaha (Nyassé *et al.*, 1995 ; Kébé *et al.*, 2009a) qui varie de 0 (absence de symptômes) à 5 (tache vraie) (Figure 12). Les familles d'hybrides ont été classées en fonction des trois témoins de références NA32 (sensible), PA150 (moyennement sensible) et SCA6 (résistant).

- lorsque la moyenne des notes d'une famille d'hybride est inférieure à la moyenne des notes du témoin résistant SCA6, alors elle est résistante.
- lorsque la moyenne des notes d'une famille d'hybride est autour du témoin moyennement résistant PA150, alors elle est moyennement résistante.
- lorsque la moyenne des notes d'une famille d'hybride est inférieure à la moyenne du témoin sensible NA32, alors elle est sensible.

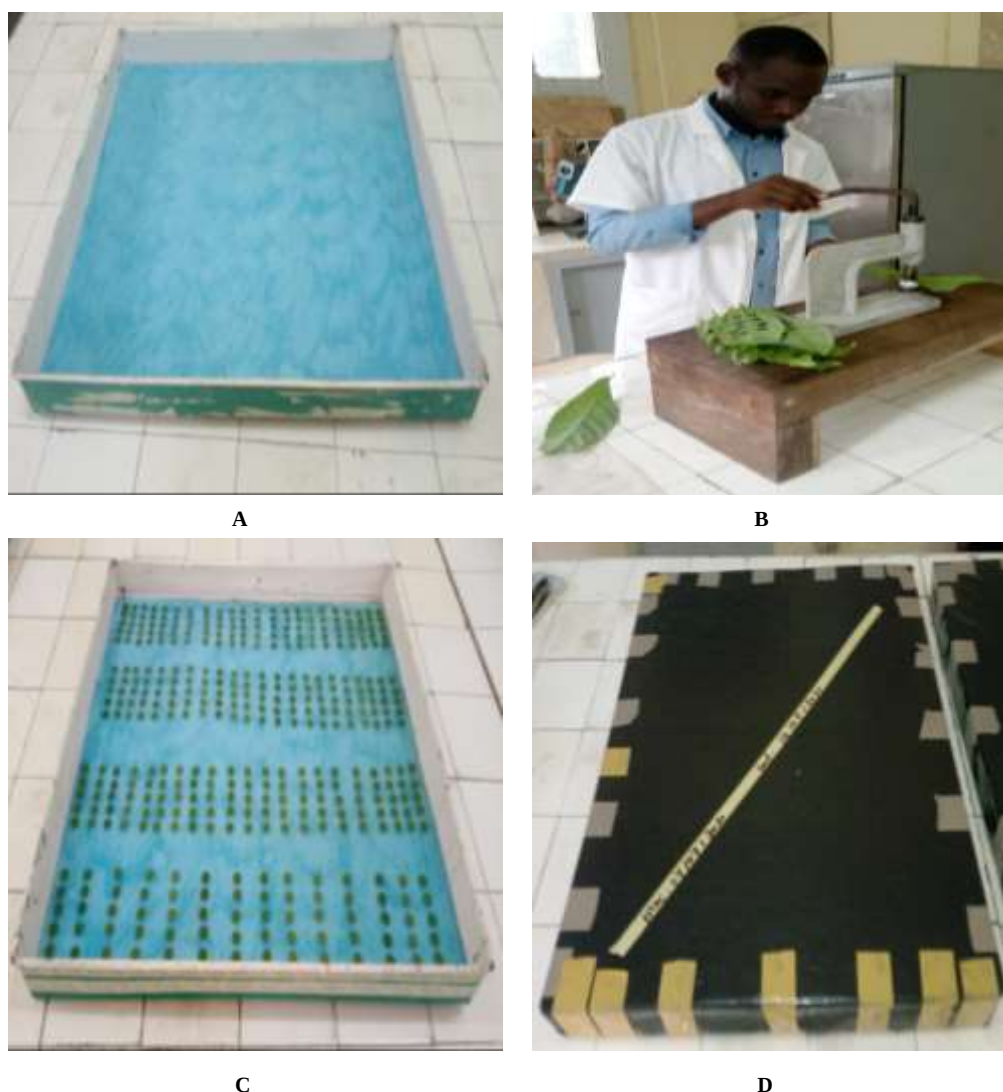


Figure 11 : Quelques étapes du test d'inoculation sur des disques foliaires au laboratoire

A : Mousse imbibée d'eau distillée dans un bac, **B :** Disques de feuilles découpées à l'aide d'un emporte-pièce, **C :** Disques de feuilles disposées sur une mousse dans un bac, **D :** Bac hermétiquement fermé à l'aide d'une bâche noire en plastique

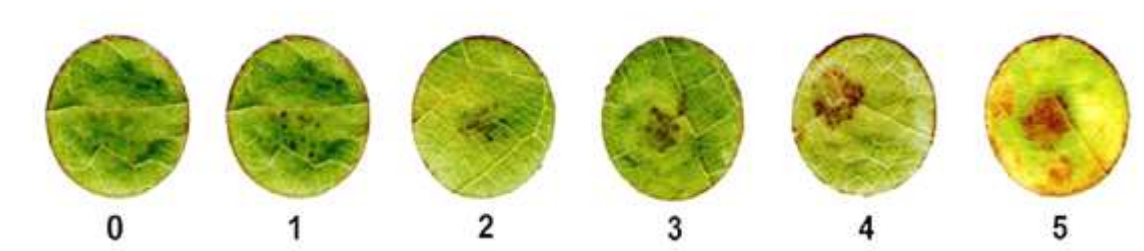


Figure 12 : Progression des symptômes sur les disques foliaires selon l'échelle de Blaha (Nyassé *et al.*, 1995)

0 : Absence de symptôme	: Très résistant
1 : Points de pénétration	: Résistant
2 : Points en réseau	: Moyennement résistant
3 : Tache réticulée	: Moyennement sensible
4 : Tache marbrée	: Sensible
5 : Tache vraie	: Très sensible

2.6.3. Détermination des paramètres génétiques

La détermination des paramètres génétiques a été basée sur la formule des Aptitudes Générales à la Combinaison (AGC), des Aptitudes Spécifiques à la Combinaison (ASC), des Coefficients de Variation Génétique (CVG) et Phénotypique (CVP) et les héritabilités au sens large (H^2) et au sens strict (h^2). Les données récoltées au champ du plan factoriel 6 x 3 ont permis de déterminer ces paramètres génétique.

2.7. Analyse statistique des données

Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée pour chaque paramètre avec le logiciel SAS 9.4. Elle a permis d'estimer la signification des différences des moyennes entre les populations et les familles pour chaque caractère étudié. Le test de Newman et Kheuls au seuil $\alpha = 5 \%$ a été utilisé pour identifier l'existence de groupes homogènes entre les hybrides. Les caractères analysés sont : le nombre total de cabosses (Ntotcab), le taux de cabosses pourries (Tcp), le rendement potentiel annuel (Rpa), la vigueur végétative (Vig), le rapport production vigueur (Rpvig), le nombre de fèves normales par cabosse (Nfn), le poids moyen de fèves fraîches par cabosse (Pmff), le poids moyen d'une fève sèche (Pm1fs) et la sensibilité foliaire (Sf).

Les analyses multivariées ont été utilisées pour élucider la nature, la structure et la répartition de la diversité agromorphotechnique des familles d'hybrides. Deux méthodes d'analyse multivariées à partir des valeurs moyennes ont été faites dans cette étude à l'aide du logiciel XLSTAT version 2014. Il s'agit de l'analyse en composantes principales (ACP) et la classification ascendante hiérarchique (CAH).

L'ACP a pour principe la condensation des variables plus ou moins corrélées entre elles en un nombre plus petit de variables synthétiques indépendantes. Ces nouvelles variables ou axes de composantes principales sont des combinaisons linéaires de variables mesurées, décrites par leurs valeurs propres et leur pourcentage d'inertie (Dagnelie, 1986 ; Palm, 1996). Cette approche a permis d'apprécier le degré de ressemblance entre les unités analysées et d'en détecter les groupes sous-jacents. Elle permet, également, d'identifier les variables qui contribuent le plus à la différenciation de ces groupes.

Dans cette étude, l'ACP a été utilisée pour la classification des familles d'hybrides. La matrice de données agromorphotechnologiques soumises à l'ACP est composée de caractères quantitatifs (Mohammadi & Prasanna, 2003); pour ce faire, la base de données composée des moyennes des caractères quantitatifs et les fréquences des modalités de chaque caractère qualitatif ont été utilisées. L'interprétation des résultats de cette analyse est illustrée sous forme des tableaux présentant les valeurs propres des axes, les pourcentages de variation qu'ils expliquent et le cosinus carrés des variables. Seuls les axes de valeur propre supérieure ou égale à un seront considérés.

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) sur la distance euclidienne entre les familles d'hybrides a été effectuée. La CAH a été utilisée, dans cette étude, pour mettre en évidence et classer des groupes homogènes des familles d'hybrides. Elle a permis aussi de visualiser le degré de ressemblance et les relations phylogénétiques existant entre ces familles. Les résultats fournis par cette approche diffèrent selon la méthode d'agglomération et l'indice de similarité utilisé (Palm, 1996). Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode de Ward. La méthode de Ward tend à minimiser la variance intra classe et permet de former des groupes homogènes plus petits. Les résultats de l'ACH sont présentés sous forme d'arborescences encore appelée dendrogrammes.

Le test de corrélation de Spearman a été utilisé pour étudier le degré de liaison entre les caractères. Il consiste à trouver un coefficient de corrélation, entre deux caractères en se basant sur les rangs et non sur les valeurs prises par les deux caractères. Les caractères testés sont : le taux de cabosses pourries (T_{cp}), le rendement potentiel annuel (R_{pa}) et la sensibilité foliaire (S_f).

L'analyse des paramètres génétiques a concerné le plan factoriel 6 x 3. Elle a été réalisée avec le logiciel SAC 9.4 selon Baradat & Labbé (1995) suivant le modèle à effets fixes.

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + M_j + I_{ij} + E_{ijk} \quad (7)$$

Avec :

Y_{ijk} = valeur de l'arbre k du croisement entre la femelle i et le mâle j

μ = Moyenne générale de la famille (croisement)

F_i = effet du parent femelle i, de variance σ^2_F

M_j = effet du parent mâle j, de variance σ^2_M

I_{ij} = effet de l'interaction i x j, de variance σ^2_I

E_{ijk} = résidu (erreur) de variance σ^2

Après l'analyse, les résultats ont permis de déterminer les effets d'aptitude générale et spécifique à la combinaison, des héritabilités, la comparaison des géniteurs et des hybrides sur les valeurs d'aptitude générale à la combinaison (AGC) et d'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) pour chaque caractère par le Test de Newman Keuls au seuil de 5 %.

Les coefficients de variation génétique (CVG) et phénotypiques (CVP) utilisés en sélection ont été calculés pour identifier les variations au sein des génotypes selon Solomon *et al.* (2009). Tous ces calculs ci-dessous ont été effectués avec le logiciel Excel 2014 comme suit :

$$\boxed{\text{CVG (\%)} = 100 \times \frac{\sigma_G}{\mu}} \quad (8) \quad \text{et} \quad \boxed{\text{CVP (\%)} = 100 \times \frac{\sigma_P}{\mu}} \quad (9) \quad \text{Avec :}$$

$$- \sigma_G = \text{écart-type de la variance génétique totale} = \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma^2_{Am} + \sigma^2_{Af}) + \sigma^2_D}$$

$$- \sigma_P = \text{écart-type de la variance phénotypique totale} = \sqrt{(\sigma^2_G + \sigma^2_e)}$$

$$- \mu = \text{performance moyenne du caractère dans l'essai.}$$

Les CVP et CVG inférieurs à 10 % sont faibles, ceux compris entre 10 et 20 % sont modérés et ceux supérieurs à 20 % sont considérés comme élevés (Cheserek *et al.*, (2020).

Suivant le plan de croisement factoriel, deux héritabilités ont été calculées. La première est l'héritabilité au sens strict h^2 et la deuxième, l'héritabilité au sens large H^2 . Elles sont estimées par les formules de Baradat (1982) :

$$\boxed{h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}} \quad (10) \quad \text{et} \quad \boxed{H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}} \quad (11)$$

Avec:

- h^2 = héritabilité au sens strict est le rapport de la variance additive (σ_A^2) à la variance phénotypique (σ_P^2).
- H^2 = héritabilité au sens large est le rapport de la variance génétique (σ_G^2) à la variance phénotypique (σ_P^2).

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats

3.1.1. Comparaison des populations du 1^{er}, du 2^{ème} cycle de brassage intragroupe avec les populations intergroupes, Guyanaises pour les caractères de production

3.1.1.1. Comparaison de trois populations de l'essai E6/5 pour les caractères de production

L'analyse de la variance a montré un effet population hautement significatif ($P < 0,001$, $\alpha = 5\%$) sur tous les caractères étudiés (Tableau VIII). A l'exception du poids moyen d'une fève sèche (Pm1fs), la population Guyanaise GU a été en tête de classement pour tous les autres caractères : le nombre total de cabosses (Ntotcab), le taux de cabosses pourries (Tcp), le rendement potentiel annuel (Rpa), la vigueur végétative (Vig) et le rapport production vigueur (Rpvig).

La moyenne du nombre total de cabosses (Ntotcab) par population a varié de 511,25 chez la population Guyanaise (GU) à 370,26 cabosses chez la population témoin pour une moyenne générale d'essai de 448,77 cabosses. Elle a été suivie par les populations Hauts Amazoniens du premier cycle (HA₁) et Intergroupe avec des valeurs respectives de 412,36 et 403,17 cabosses. Le témoin (UPA 409 x POR) a été le moins productif avec 370,26 cabosses.

Concernant le taux de cabosses pourries (Tcp), les GU ont été plus résistants au champ avec un taux de 8,67 % alors que le témoin avec un taux de 12,78 % a été plus sensible. La population Haut Amazonien du premier cycle (HA₁) et Intergroupe ont été moyennement résistantes au champ avec les taux de pourriture de 9,84 et 10,44 %.

Sur le critère du rendement potentiel annuel (Rpa), les résultats ont varié de 1182,89 (GU) à 923,5 Kg/ha/an (HA₁) pour une moyenne générale de 1058,46 Kg/ha/an. Le témoin et la population Hauts Amazoniens du premier cycle (HA₁) ont été moins productifs avec les rendements de 1100,84 et 990,99 kg/ha/an.

S'agissant de la vigueur (Vig) végétative, la population impliquant un parent guyanais a été plus vigoureuse avec une valeur de 206,97 cm² alors que les deux autres populations et le témoin ont été moins vigoureux avec les moyennes de 174,39, 165,67 et 169,74 cm².

Pour le rapport production/vigueur (Rpvig), les résultats plus élevés étaient (2,71 et 2,63 cab/cm²) pour les guyanais et les Hauts Amazoniens du premier cycle alors que la plus faible valeur (2,29 cab/cm²) a été obtenue par le témoin. La valeur intermédiaire (2,55 cab/cm²) a été obtenue par la population intergroupe.

En ce qui concerne le poids moyen d'une fève sèche (Pm1fs), le poids plus élevé (1,69 g) a été obtenu par le témoin alors que le poids plus faible (1,16 g) a été obtenu par la population

intergroupe. Les populations Hauts Amazoniens du premier cycle et guyanaise ont obtenu le poids intermédiaire avec 1,23 g.

3.1.1.2. Comparaison des populations de l'essai TO pour les caractères de production

L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative ($P < 0,001$, $\alpha = 5 \%$) entre les populations pour cinq caractères sur six étudiés (Tableau IX). La population Guyanaise a été en tête de classement pour tous les caractères sauf pour les caractères de vigueur (Vig) et le poids moyen d'une fève sèche (Pm1fs).

S'agissant du nombre total de cabosses produites par arbre (Ntotcab), les guyanaises (GU) ont été plus productives avec une moyenne de 151 cabosses. Les Bas Amazoniens du deuxième cycle (BA-T)₂, les Hauts Amazoniens du premier cycle (HA₁), le témoin et les Bas Amazoniens du premier cycle (BA-T)₁ ont été moins productives avec un nombre de cabosses variant de 103,74 à 95,84 cabosses. La population intergroupe et Hauts Amazoniens du deuxième cycle (HA₂) ont été moyennement productives avec 129,06 et 115,33 cabosses par arbre.

Pour la pourriture brune, le taux de cabosses pourries (T_{cp}) a varié de 16,6 (GU) à 24,4 % (Témoin) avec une moyenne générale de 18,7 %. Les autres populations ont enregistré des valeurs intermédiaires de 17,38 et 21,66 %.

Les GU ont obtenu le résultat plus élevé du rendement potentiel annuel avec une valeur de 1010,1 Kg/ha/an. Pour les autres populations, les résultats ont varié de 745,51 à 612,34 Kg/ha/an pour une moyenne d'essai de 740,3 kg/h/an.

Concernant le caractère de vigueur (Vig), les Hauts Amazoniens du deuxième cycle et les guyanais ont été plus vigoureux avec des indices de vigueur de 174,20 et 168,26 cm². Les Hauts Amazoniens du premier cycle et le témoin ont été moins vigoureux avec les moyennes de 129,02 et 125,40 cm². Les intergroupes, les Bas Amazoniens du deuxième cycle (BA-T)₂ et les Bas Amazoniens du premier cycle (BA-T)₁ ont été moyennement vigoureux avec 166,85, 146,28 et 132,26 cm².

Quant au poids d'une fève sèche de cacao (Pm1fs), le Témoin a obtenu la plus forte valeur (1,43 g) alors que les plus faibles valeurs (1,11, 1,12 et 1,13 g) ont été obtenues par les intergroupes, HA₂ et HA₁. Les valeurs intermédiaires ont été obtenues par le GU (1,17 g), le BA-T₂ (1,26 g) et le BA-T₁ (1,31 g).

TABLEAU VIII : Comparaison de trois populations du cacaoyer de l'essai E6/5 avec le témoin pour six caractères de production

Populations	Ntotcab	Tcp (%)	Rpa (kg/ha/an)	Vig (cm ²)	Rpvig (cabs/cm ²)	Pm1fs (g)
GU	511,25±205,77 ^a	8,67±3,62 ^a	1182,89±499,78 ^a	206,97±100,95 ^a	2,71±1,07 ^a	1,23±0,08 ^b
HA ₁	412,36±224,36 ^b	9,84±4,25 ^b	990,99±510,23 ^{cb}	165,67±83,31 ^b	2,63±1,06 ^a	1,23±0,10 ^b
Intergroupe	403,17±200,55 ^b	10,44±4,12 ^b	923,49±441,76 ^c	174,39±90,88 ^b	2,55±1,17 ^{ab}	1,16±0,07 ^c
Témoin	370,26±142,42 ^b	12,78±2,42 ^c	1100,84±374,04 ^{ab}	169,74±57,78 ^b	2,29±0,85 ^b	1,69±0,08 ^a
Moyenne	448,77	9,57	1058,46	184,59	2,63	1,23
CV	46,52	42,53	45,96	24,32	17,23	6,80
F	21,16	14,09	16,91	14,11	2,71	10,48
P	< 0,001	< 0,001	< 0,001	<0,001	< 0,044	< 0,001

Tableau IX : Comparaison de six populations du cacaoyer de l'essai TO avec le témoin de référence pour six caractères de production

	Ntotcab	Tcp (%)	Rpa (kg/ha/an)	Vig (cm ²)	Rpvig (cabs/cm ²)	Pm1fs (g)
GU	151,00±87,73 ^a	16,61±8,86 ^a	1010,06±588,52 ^a	168,26±73,43 ^a	0,89±0,39 ^a	1,17±0,06 ^d
Intergroupe	129,06±91,60 ^{ab}	18,59±9,41 ^{bc}	745,51±508,28 ^b	166,85±81,74 ^{ab}	0,84±0,57 ^a	1,11±0,13 ^e
HA ₂	115,33±75,95 ^{ab}	17,38±8,88 ^{abc}	676,45±440,46 ^b	174,20±66,73 ^a	0,66±0,36 ^a	1,12±0,06 ^e
BA-T ₂	103,74±67,82 ^b	21,66±11,54 ^c	620,39±363,80 ^b	146,28±56,83 ^{abc}	0,70±0,42 ^a	1,26±0,13 ^c
HA ₁	103,62±62,43 ^b	20,15±7,12 ^{bc}	612,34±405,99 ^b	129,02±58,95 ^c	0,81±0,38 ^a	1,13±0,13 ^e
Témoin	102,85±38,11 ^b	24,39±6,42 ^c	638,08±243,73 ^b	125,40±29,32 ^c	0,83±0,28 ^a	1,43±0,09 ^a
BA-T ₁	95,84±75,53 ^b	16,99±6,34 ^{ab}	634,96±436,52 ^b	132,26±51,09 ^{bc}	0,76±0,49 ^a	1,31±0,10 ^b
Moyenne	123,59	18,68	740,26	159,85	0,81	1,15
CV	35,58	48,58	35,26	46,01	18,52	10,22
F	2,66	2,22	4,21	3,31	1,40	22,15
P	< 0,015	< 0,041	< 0,004	< 0,003	< 0,213	< 0,001

Ntotcab : Nombre total de cabosses, Tcp : Taux de cabosses pourries, Rpa : Rendement potentiel annuel, Vig : Vigueur végétative, Rpvig : Rapport production/vigueur, Pm1fs : Poids moyen d'une fève sèche

3.1.2. Comparaison des familles d'hybrides pour les caractères agronomiques

3.1.2.1. Comparaison des familles d'hybrides d'E6/5 pour les caractères agronomiques

L'analyse de la variance a montré un effet famille d'hybride hautement significatif ($P < 0,001$, $\alpha = 5 \%$) pour chacun des cinq (5) caractères (Ntotcab, Tcp, Rpa, Vig et Rpvig) étudiés (Tableau X). Le nombre total de cabosses a varié d'un maximum de 662,80 cabosses chez la famille d'hybride (F200) à un minimum de 228,40 cabosses chez la famille d'hybride (F202) pour une moyenne générale d'essai de 449,85 cabosses. Après la famille F200, viennent trois familles guyanaises (F2, F1 et F10) avec les valeurs respectives de 613,67, 598,69 et 596,48 cabosses. Concernant le taux de cabosses pourries (Tcp), le taux a varié de 7 % (F2) à 12 % (F201) pour un taux moyen de 9,57 % et un coefficient de variation de 41,21 %. Les cabosses de la famille F2 ont donc été les moins attaquées au champ par la pourriture brune des cabosses. Trois autres familles d'hybrides guyanais (F1, F3 et F4), avec des taux d'infection variant de 7 à 7,92 % ont été plus proches de l'hybride guyanais F2. Les familles F201 et le témoin F203 ont été les plus attaquées au champ avec 12 % d'infection.

Le rendement potentiel annuel (Rpa) des 25 familles de cet essai a varié de 1566,86 (F1) à 575,94 kg/ha/an (F202) pour une moyenne générale de 1058,46 kg/ha/an et un coefficient de variation de 41,44 %.

En considérant la vigueur végétative, la moyenne a varié de 326,28 cm² pour la famille d'hybride F1 à 97,20 cm² chez la famille d'hybride F202 avec une moyenne générale de 185,02 cm². S'agissant du rapport production/vigueur, la famille F200 a eu la plus forte valeur avec 3,44 cabs/cm² et la famille F11 a eu la plus faible valeur avec 1,93 cabs/cm². Cinq familles d'hybrides F6, F13, F206, F9 et F10 avec la moyenne variante de 3,31 à 3,39 cabos/cm².

Tableau X : Comparaison des 25 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai E6/5 pour cinq caractères agronomiques

Croisements	Familles	Ntotcab	Tcp (%)	Rpa (kg/ha/an)	Vig (cm ²)	Rpvig (cabs/cm ²)
P7 X SCA6	F200	662,80±253,91 ^a	8,28±4,27 ^{abc}	1516,39±570,15 ^{ab}	199,49±80,55 ^{cde}	3,44±1,11 ^a
P7 X GU 284 A	F2	613,66±197,74 ^{ab}	7,04±3,23 ^a	1517,93±483,09 ^{ab}	264,27±93,58 ^b	2,48±0,93 ^{efg}
P7 X GU 123 B	F1	598,69±210,92 ^{abc}	7,48±3,17 ^a	1566,86±645,55 ^a	326,28±123,44 ^a	1,93±0,65 ^g
IFC 303 X GU 175 A	F10	596,48±221,91 ^{abc}	9,79±2,86 ^{abcdef}	1184,35±408,72 ^{cd}	185,40±65,18 ^{cdef}	3,39±1,30 ^{ab}
(P7 X SCA6) X (IFC 8 X IFC 371)	F13	549,05±203,18 ^{abcd}	10,73±4,07 ^{bcdef}	1150,55±408,24 ^{cd}	181,49±78,30 ^{cdef}	3,22±1,13 ^{abcd}
IMC57 X GU 123 B	F3	517,16±175,53 ^{bcde}	7,63±3,40 ^{ab}	1295,73±449,34 ^{bc}	282,31±104,44 ^b	1,95±0,63 ^g
PA 150 X GU 175 A	F6	507,70±186,72 ^{bcdef}	8,90±2,72 ^{abcdef}	933,90±304,68 ^{defg}	158,61±56,90 ^{def}	3,31±1,02 ^{abc}
IMC57 X GU 175 A	F4	503,54±202,31 ^{bcdef}	7,92±3,45 ^{ab}	1123,08±451,40 ^{cd}	221,65±87,30 ^c	2,36±0,70 ^{fg}
(P7 X SCA6) X (IFC 29 X IFC 303)	F14	487,31±202,50 ^{bcdef}	9,89±3,70 ^{abcdef}	1155,24±501,73 ^{cd}	200,48±112,88 ^{cde}	2,78±1,18 ^{abcdef}
IFC 303 X GU 284 A	F9	473,17±188,44 ^{cdefg}	8,84±3,22 ^{abcde}	1044,73±396,19 ^{cdef}	148,81±57,62 ^{ef}	3,26±0,99 ^{abc}
PA 150 X GU 284 A	F5	450,65±163,44 ^{defgh}	8,00±2,69 ^{acb}	963,41±334,01 ^{defg}	155,66±53,59 ^{def}	3,06±1,02 ^{abcde}
PA 150 X T79/501	F207	447,35±237,27 ^{defgh}	8,41±4,20 ^{abc}	968,70±485,26 ^{defg}	141,56±65,62 ^{efg}	3,23±1,05 ^{abcd}
P7 X PA 150	F209	445,12±172,97 ^{defghi}	8,61±3,00 ^{abcd}	1145,17±444,52 ^{cd}	195,16±85,52 ^{cde}	2,40±0,75 ^{fg}
IFC 11 X GU 123 B	F7	440,54±202,60 ^{defgh}	11,23±4,30 ^{cdef}	1118,63±521,78 ^{cd}	166,80±65,05 ^{cdef}	2,70±0,88 ^{cdef}
P7 X IFC 1	F204	431,98±185,06 ^{fgdeh}	10,25±4,47 ^{abcdef}	1114,12±478,60 ^{cd}	211,69±85,74 ^{cd}	2,20±0,82 ^{fg}
PA 150 X T60/887	F206	401,41±204,47 ^{bdefh}	9,16±3,27 ^{abcdef}	898,45±428,04 ^{defg}	128,70±62,88 ^{fg}	3,24±1,18 ^{abcd}
IFC 11 X GU 284 A	F8	386,07±179,88 ^{efghi}	10,00±4,85 ^{abcdef}	998,43±471,44 ^{cdefg}	142,24±52,05 ^{efg}	2,75±1,09 ^{bcdef}
UPA 409 X POR	F203 (T)	378,02±134,89 ^{efghi}	11,76±6,16 ^{ef}	1100,84±374,04 ^{cde}	172,62±55,37 ^{cdef}	2,32±0,83 ^{fg}
P7 X T60/887	F208	369,58±189,70 ^{fghi}	11,17±4,93 ^{bcdef}	931,52±412,25 ^{defg}	189,22±86,57 ^{cdef}	2,08±0,90 ^{fg}
(PA 150 X T60/887) X (IFC 29 X IFC 303)	F16	368,88±188,28 ^{fghi}	9,69±3,25 ^{abcdef}	790,65±378,78 ^{efgh}	161,86±72,59 ^{def}	2,58±1,29 ^{defg}
(PA 150 X IMC 78) X (UF 676 X IFC 303)	F12	345,13±169,10 ^{ghi}	11,24±5,54 ^{def}	763,34±345,98 ^{fgh}	154,89±85,38 ^{def}	2,49±1,12 ^{feg}
(PA 150 X IMC 78) X (IFC 8 X IFC 371)	F11	340,17±155,59 ^{ghi}	11,51±4,23 ^{def}	923,70±431,16 ^{defg}	196,45±109,35 ^{cde}	1,93±0,86 ^g
(PA 150 X T60/887) X IFC 1	F15	323,51±168,34 ^{hij}	9,67±3,47 ^{abcdef}	736,58±370,24 ^{fgh}	153,28±68,47 ^{def}	2,21±1,01 ^{fg}
IMC67 X T60/887	F201	277,44±125,67 ^{ij}	11,90±3,74 ^f	683,47±313,85 ^{gh}	143,80±72,12 ^{efg}	2,11±0,70 ^{fg}
AMAZ15-15 X UPA 413	F202	228,40±117,49 ^j	11,44±4,32 ^{def}	575,94±291,79 ^h	97,20±42,71 ^g	2,37±0,76 ^{fg}
	Moyenne	449,85	9,57	1058,46	185,02	2,63
	CV (%)	42,05	41,21	41,44	43,17	36,99
	F	12,87	5,4	13,07	16,27	10,84
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

3.1.2.2. Comparaison des familles d'hybrides de l'essai E6/5 pour les caractères liés aux fèves

L'analyse de la variance a montré un effet famille d'hybride hautement significatif ($P < 0,001$, $\alpha = 5 \%$) sur tous les caractères liés aux fèves (Nfn, Pmff et Pmlfs) étudiés (Tableau XI). La moyenne du nombre de fèves normales (Nfn) par cabosse a varié de 40,66 à 34,63 fèves pour une moyenne générale d'essai de 37,56 fèves. Deux familles d'hybrides intergroupes, F12 et F11, ont été les mieux classées avec des nombres de fèves normales de 40,66 et 40,42 respectivement. Elles ont été suivies par 23 familles d'hybrides dont fait partir les 10 familles d'hybrides ont produit le nombre de fèves normales par cabosse par cabosse de 39,29 (F204) à 34,63 fèves (F6). Au niveau du poids moyen de fèves fraîches (Pmff) par cabosse, la moyenne a varié de 127,83 à 80,94 g avec une moyenne générale de 103,48 g par cabosse. Le témoin F203 avec 127,83 g a eu le poids moyen de fèves fraîches par cabosse le plus élevé. Par contre, les familles d'hybrides F10 avec 87,25 g et F6 avec 80,94 g ont eu les poids moyens de fèves fraîches par cabosse les plus faibles.

Concernant le poids moyen d'une fève de cacao marchand (Pmlfs), la moyenne a varié de 1,08 à 1,69 g pour une moyenne générale de 1,23 g. Le témoin F203 a été en tête de classement avec 1,69 g alors que la famille F200 se trouve au bas du classement avec une valeur de 1,08 g. Les meilleures familles Guyanaïses pour le poids d'une fève de cacao marchand sont F3 (1,30 g), F1 (1,28 g) et F7 (1,27 g).

Tableau XI : Comparaison de 25 familles du cacaoyer de l'essai E6/5 pour les caractères liés aux fèves

Croisements	Familles	Nfn	Pmff (g)	Pm1fs (g)
(PA 150 X IMC 78) X (UF 676 X IFC 303)	F12	40,66±11,01 ^a	96,71±15,35 ^{cdef}	1,11±0,04 ^l
(PA 150 X IMC 78) X (IFC 8 X IFC 371)	F11	40,42±10,66 ^a	117,26±18,12 ^b	1,26±0,05 ^f
P7 X IFC 1	F204	39,29±10,42 ^b	110,74±15,29 ^{bc}	1,30±0,04 ^{cd}
P7 X SCA6	F200	39,13±11,81 ^b	100,01±16,25 ^{cdef}	1,08±0,04 ^m
P7 X PA 150	F209	39,03±10,97 ^b	111,81±15,05 ^{bc}	1,29±0,05 ^{de}
P7 X GU 123 B	F1	38,88±9,61 ^{bc}	111,96±22,25 ^{bc}	1,28±0,06 ^{de}
AMAZ15-15 X UPA 413	F202	38,80±10,33 ^{bc}	109,89±14,61 ^{bc}	1,32±0,05 ^c
(P7 X SCA6) X (IFC 29 X IFC 303)	F14	38,57±10,20 ^{bcd}	110,27±62,99 ^{bc}	1,15±0,06 ^{jk}
IMC57 X GU 123 B	F3	38,48±9,39 ^{bcd}	108,50±16,84 ^{bcd}	1,30±0,06 ^{cd}
P7 X T60/887	F208	38,40±11,30 ^{bcd}	111,81±17,35 ^{bc}	1,33±0,06 ^b
IMC67 X T60/887	F201	38,25±11,31 ^{bcd}	106,88±17,88 ^{bcd}	1,25±0,07 ^{fg}
(PA 150 X T60/887) X (IFC 29 X IFC 303)	F16	37,29±10,32 ^{cdefg}	94,07±15,80 ^{def}	1,20±0,05 ^h
(P7 X SCA6) X (IFC 8 X IFC 371)	F13	37,71±9,71 ^{bcd}	91,92±15,51 ^{fg}	1,14±0,04 ^k
IFC 11 X GU 284 A	F8	37,31±8,38 ^{cdefg}	111,39±13,77 ^{bc}	1,24±0,05 ^{fg}
P7 X GU 284 A	F2	37,20±10,26 ^{defg}	107,21±15,71 ^{bcd}	1,22±0,05 ^h
(PA 150 X T60/887) X IFC 1	F15	36,96±10,05 ^{efgh}	100,49±21,19 ^{cdef}	1,09±0,05 ^m
IMC57 X GU 175 A	F4	36,55±10,51 ^{fghi}	97,05±14,94 ^{cdef}	1,24±0,05 ^g
PA 150 X GU 284 A	F5	36,54±8,93 ^{fghi}	92,31±11,69 ^{fg}	1,16±0,06 ^{jk}
UPA 409 X POR	F203 (T)	36,43±10,66 ^{fghi}	127,83±24,20 ^a	1,69±0,08 ^a
IFC 11 X GU 123 B	F7	36,24±8,55 ^{fghi}	110,36±14,74 ^{bc}	1,27±0,05 ^e
PA 150 X T60/887	F206	35,97±9,56 ^{ghij}	98,67±20,43 ^{cdef}	1,14±0,05 ^k
IFC 303 X GU 284 A	F9	35,49±9,47 ^{hij}	97,44±17,96 ^{cdef}	1,22±0,05 ^h
PA 150 X T79/501	F207	35,15±9,63 ^{ij}	93,56±13,27 ^{ef}	1,17±0,05 ^{ij}
IFC 303 X GU 175 A	F10	34,68±9,49 ^j	87,25±13,75 ^{fg}	1,18±0,04 ⁱ
PA 150 X GU 175 A	F6	34,63±9,13 ^j	80,94±11,93 ^g	1,15±0,05 ^{jk}
	Moyenne	37,56	103,48	1,23
	CV (%)	26,75	19,82	4,35
	F	22,73	10,8	36,06
	P	<0,001	<0,001	<0,001

Nfn : Nombre de fèves normales, Pmff : Poids moyen de fèves fraîches par cabosse, Poids moyen d'une fève sèche

3.1.2.3. Comparaison des familles d'hybrides de l'essai TO pour les caractères agronomiques

Six variables ont été analysées dont le nombre total de cabosses (Ntotcab), le taux de cabosses pourries (Tcp), le rendement potentiel annuel (Rpa), la vigueur végétative (Vig) et le rapport production vigueur (Rpvig). L'analyse de la variance à un seul facteur (famille) a montré un effet famille hautement significatif sur toutes les variables analysées à l'exception du taux de cabosses pourries ($P < 0,001$, $\alpha = 5\%$) (Tableau XII). Le nombre moyen de cabosses a varié de 207,54 cabosses chez la famille F11 à 61,17 cabosses chez la famille d'hybride F38 avec une moyenne générale d'essai de 125,87 cabosses. La meilleure famille F11 pour ce caractère a été suivie dans le classement par la famille intergroupe F22 avec 199,92 cabosses et l'hybride guyanais F41 avec 188,13 cabosses.

Concernant le rendement potentiel annuel, la moyenne a varié de 1134,58 à 382,89 kg/ha/an avec une moyenne générale de 754,53 kg/ha/an. La famille F23 a été en tête de classement avec un rendement annuel de 1134,58 kg/ha/an. Elle a été suivie dans le classement par les familles F42, F21 et F41 qui ont produit, respectivement, 1103,09, 1093,50 et 1089,23 kg/ha/an. La famille F38 est située au bas du classement avec un rendement de 382,89 kg/ha/an.

Pour la vigueur végétative, la moyenne a varié de 241,72 à 85,83 cm² avec une moyenne générale de 159,48 cm². La famille F15 avec 241,72 cm² a été la plus vigoureuse. Par contre, la famille F10 avec 85,83 cm² a été la moins vigoureuse.

La moyenne familiale du rapport production/vigueur a été comprise entre 1,39 et 0,42 avec une moyenne générale de 0,83 cabs/cm². La famille F6 avec 1,39 cabs/cm² a eu le meilleur rapport contrairement à la famille F38, dont le rapport production/vigueur a été le plus faible avec 0,42 cabs/cm².

Tableau XII : Comparaison de 44 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai TO pour cinq caractères agronomiques

Croisements	Familles	Ntotcab	Tcp (%)	Rpa (kg/ha/an)	Vig (cm ²)	Rpvig (cabs/cm ²)
E6/1 L23A17 x E6/4 L27A8	F11	207,54±210,44 ^a	15,00±6,50 ^a	1049,47±999,33 ^{abcde}	148,08±67,07 ^{efghijklmn}	1,16±0,89 ^{abcd}
E6/1 L6A10 x E6/4 L5A27	F22	199,92±91,25 ^{ab}	14,54±7,30 ^a	1085,05±416,70 ^{abcd}	165,93±71,80 ^{cdefghijkl}	1,26±0,47 ^{ab}
GU139A x E6/1 L11A23	F41	188,13±111,79 ^{ac}	16,28±6,98 ^a	1089,23±667,98 ^{abc}	188,07±83,40 ^{defghijk}	1,04±0,49 ^{abcdefg}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L27 A8	F1	169,23±64,87 ^{abcd}	15,15±5,94 ^a	1034,47±448,59 ^{abcdef}	190,26±89,61 ^{abcdefgh}	1,06±0,55 ^{ebdagcf}
E6/1 L6A10 x E6/4 L4A25	F23	161,91±86,86 ^{abcde}	15,09±7,13 ^a	1134,58±649,52 ^a	132,64±37,21 ^{hijklmno}	1,20±0,46 ^{bac}
E6/1 L6A10 x E6/4 L4A7	F24	161,31±92,04 ^{abcde}	18,09±7,03 ^a	976,45±544,01 ^{abcdef}	160,37±51,41 ^{defghijklm}	1,09±0,68 ^{abcdef}
E6/1 L6A10 x E6/4 L27A8	F21	159,78±83,86 ^{abcde}	16,12±6,58 ^a	1093,50±612,05 ^{abc}	166,38±64,29 ^{cdefghijkl}	0,99±0,52 ^{abcdefg}
E5/1 L71A7 à 11 x C2/1-1	F28	155,54±71,16 ^{abcdef}	20,69±7,23 ^a	959,71±494,63 ^{abcdefghi}	143,45±53,09 ^{fghijklmno}	1,11±0,38 ^{abcde}
GU285B x E6/1 L11A23	F43	147,71±65,42 ^{abcdefg}	15,71±6,59 ^a	1000,83±460,66 ^{abcdef}	194,74±69,10 ^{abcdefg}	0,76±0,25 ^{defghijklm}
E6/1 L23A17 x E6/4 L22A20	F15	145,50±74,66 ^{abcdefgh}	19,22±9,78 ^a	763,18±413,90 ^{abcdefghijk}	241,72±119,85 ^a	0,66±0,35 ^{fghijklm}
GU139A x E6/4 L27A8	F42	144,50±83,07 ^{abcdefghi}	10,80±4,54 ^a	1103,09±654,67 ^{ab}	132,70±43,72 ^{hijklmno}	1,03±0,45 ^{abcdefgh}
E6/1 L11A23 x E6/4 L27A8	F16	143,77±88,78 ^{abcdefghi}	18,73±0,66 ^a	947,99±622,99 ^{abcdefghi}	219,65±74,89 ^{abcd}	0,66±0,40 ^{fghijklm}
E6/1 L23A17 x E6/1 L6A10	F33	142,67±105,75 ^{abcdefghi}	14,67±7,81 ^a	791,66±562,27 ^{abcdefghijk}	189,40±81,72 ^{abcdefghi}	0,74±0,52 ^{defghijklm}
E6/4 L43A25 x E6/4 L4A25	F37	141,21±67,50 ^{abcdefghi}	19,28±12,58 ^a	776,07±342,85 ^{abcdefghijk}	163,60±59,50 ^{defghijkl}	0,94±0,46 ^{bcdefghij}
E6/1 L11A23 x E6/4 L22A20	F20	139,17±98,37 ^{abcdefghij}	26,33±15,08 ^a	697,88±456,24 ^{bcdefghijk}	231,48±86,38 ^{ab}	0,57±0,25 ^{ijklm}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L22 A20	F5	138,75±64,99 ^{abcdefghij}	19,50±8,32 ^a	792,48±400,40 ^{abcdefghijk}	198,13±83,52 ^{abcdefg}	0,74±0,40 ^{defghijklm}
E4/2 L216A10 x IFC18	F31	138,71±124,83 ^{abcdefghij}	15,00±3,24 ^a	827,50±723,96 ^{abcdefghij}	161,56±64,16 ^{defghijkl}	0,77±0,45 ^{defghijklm}
GU285B x E6/4 L27A8	F44	137,93±81,52 ^{abcdefghij}	20,75±12,66 ^a	961,18±616,13 ^{abcdefghi}	156,11±79,49 ^{efghijklm}	0,87±0,36 ^{bcdefghijkl}
E6/1 L23A17 x E6/4 L5A27	F12	136,13±88,10 ^{abcdefghij}	17,87±10,32 ^a	744,60±358,44 ^{abcdefghij}	201,02±83,21 ^{abcdef}	0,81±0,66 ^{defghijklm}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L5 A27	F2	130,44±57,03 ^{bcdefghij}	13,75±5,97 ^a	766,62±443,33 ^{abcdefghijk}	142,10±56,67 ^{fghijklmno}	0,95±0,38 ^{bcdefghij}
E6/1 L24A7 x E6/1 L6A10	F36	122,31±90,69 ^{cdefghijk}	18,33±12,29 ^a	771,43±595,69 ^{abcdefghijk}	142,78±51,08 ^{fghijklmno}	0,81±0,39 ^{cdefghijklm}
E6/1 L5A27 x E6/4 L2A10	F40	120,10±72,05 ^{cdefghijk}	23,89±10,03 ^a	720,89±417,40 ^{abcdefghijk}	146,20±55,44 ^{efghijklmn}	0,81±0,44 ^{cdefghijklm}
E6/1 L22 A11 x E6/4 L4 A7	F9	119,73±97,45 ^{cdefghijk}	23,44±11,65 ^a	684,42±444,41 ^{cdefghijk}	142,47±58,20 ^{fghijklmno}	0,84±0,58 ^{bcdefghijklm}
E6/1 L22 A11 x E6/4 L27 A8	F6	119,00±63,71 ^{cdefghijk}	18,67±9,53 ^a	638,69±340,84 ^{efghijk}	94,97±47,91 ^{no}	1,39±0,83 ^a
E6/1 L11A23 x E6/4 L4A25	F18	110,78±36,35 ^{defghijk}	15,50±6,26 ^a	613,08±173,23 ^{ghijk}	203,44±77,07 ^{abcde}	0,60±0,34 ^{hijklm}

Ntotcab : nombre total de cabosses, Tcp : taux de cabosses pourries, Rpa : rendement potentiel annuel, Vig : vigueur végétative, Rpvig : rapport production/vigueur

Tableau XII (suite) : Comparaison de 44 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai TO pour cinq caractères agronomiques

Croisements	Familles	Ntotcab	Tcp (%)	Rpa (kg/ha/an)	Vig (cm ²)	Rpvig (cabs/cm ²)
E6/1 L23A17 x E6/4 L4A25	F13	110,30±102,07 ^{defghijk}	23,57±13,88 ^a	588,81±499,17 ^{ghijk}	173,21±70,50 ^{bcdefghijk}	0,61±0,55 ^{hijklm}
UPA 409 X POR	F26 (T)	108,00±27,45 ^{defghij}	23,38±5,85 ^a	670,92±251,51 ^{defghijk}	125,40±29,32 ^{ijklmno}	0,88±0,28 ^{bcdefghijkl}
E6/1 L23A17 x E6/4 L4A7	F14	103,00±54,12 ^{defghijk}	18,75±8,41 ^a	592,29±309,63 ^{ghijk}	224,69±91,10 ^{abc}	0,53±0,40 ^{ijklm}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L4 A7	F4	102,67±56,92 ^{defghijk}	17,00±7,07 ^a	615,16±314,27 ^{ghijk}	139,43±74,13 ^{hijklmno}	0,73±0,27 ^{defghijklm}
E6/1 L23A17 x E6/1 L5A8	F34	100,08±43,65 ^{defghijk}	18,33±6,20 ^a	558,99±236,76 ^{hijk}	179,32±69,35 ^{bcdefghijk}	0,57±0,23 ^{ijklm}
E6/1 L6A10 x E6/4 L22A20	F25	100,00±51,95 ^{defghijk}	19,14±7,20 ^a	648,95±311,47 ^{efghijk}	100,60±39,41 ^{mno}	1,05±0,57 ^{abcdefg}
E6/1 L11A23 x E6/4 L5A27	F17	99,20±76,28 ^{defghijk}	17,83±9,85 ^a	554,42±426,89 ^{kji}	140,97±81,64 ^{hijklmno}	0,60±0,35 ^{ijklm}
E4/2 L216A10 x DCG1-1	F32	98,69±60,08 ^{defghijk}	17,89±9,06 ^a	627,94±355,80 ^{kejnhgf}	126,06±50,05 ^{ijklmno}	0,91±0,59 ^{bcdefghij}
E5/1 L29A2 à 6 x E5/1 L166A6	F27	96,08±44,72 ^{efghijk}	16,36±6,25 ^a	556,92±261,68 ^{ijk}	130,24±65,66 ^{ijklmno}	0,81±0,39 ^{cdefghijklm}
E6/1 L22 A11 x E6/4 L5 A27	F7	90,62±96,98 ^{efghij}	13,00±4,83 ^a	492,41±492,10 ^{jk}	130,20±78,59 ^{ijklmno}	0,70±0,64 ^{efghijklm}
E6/1 L11A23 x E6/4 L4A7	F19	86,00±78,38 ^{ghijk}	13,00±4,30 ^a	477,99±416,47 ^{jk}	164,84±78,67 ^{defghijk}	0,48±0,30 ^{lm}
E6/1 L29A26 x E6/1 L23A17	F35	83,38±51,28 ^{ghijk}	16,71±7,32 ^a	518,12±301,38 ^{jk}	183,94±57,84 ^{abcdefghij}	0,46±0,23 ^{lm}
E6/1 L22 A 11 x E6/4 L4 A25	F8	75,45±56,53 ^{hijk}	22,75±12,67 ^a	430,10±341,20 ^{jk}	125,53±66,95 ^{ijklmno}	0,80±0,84 ^{cdefghijklm}
E6/1 L22 A11 x E6/4 L22A20	F10	72,60±48,53 ^{ijk}	18,14±7,10 ^a	386,96±268,01 ^k	85,83±34,58 ^o	0,83±0,53 ^{cdefghijklm}
E5/1 L33A2 à 6 x E4/1 L219A5	F29	72,55±61,50 ^{ijk}	21,67±6,95 ^a	393,13±324,94 ^k	110,53±57,49 ^{lmno}	0,64±0,38 ^{ghijklm}
E5/1 L53A7 à 11 x E4/2 L244A2	F30	68,55±33,61 ^{jk}	16,00±4,18 ^a	547,20±254,45 ^{ijk}	120,95±39,52 ^{klmno}	0,61±0,35 ^{hijklm}
E6/4 L27A8 x E6/4 L4A7	F39	64,00±35,20 ^k	23,50±13,02 ^a	486,30±271,48 ^{jk}	127,18±40,74 ^{ijklmno}	0,49±0,27 ^{klm}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L4 A25	F3	63,00±35,36 ^k	17,00±6,08 ^a	495,00±411,71 ^{jk}	111,25±65,53 ^{lmno}	0,70±0,45 ^{efghijklm}
E6/4 L4A7 x E6/4 L2A9	F38	61,17±53,31 ^k	18,50±17,68 ^a	382,89±322,70 ^k	131,48±71,76 ^{hijklmno}	0,42±0,33 ^m
	Moyenne	125,87	18,25	754,53	159,48	0,83
	CV (%)	34,45	48,41	34,15	21,71	6,31
	F	2,18	1,3	2,43	3,3	2,38
	P	<0,001	<0,107	<0,001	<0,001	<0,001

Ntotcab : nombre total de cabosses, Tcp : taux de cabosses pourries, Rpa : rendement potentiel annuel, Vig : vigueur végétative Rpvig : Rapport production/vigueur

3.1.2.4. Comparaison des familles d'hybrides de l'essai TO pour les caractères liés aux fèves

Trois variables ont été analysées : le nombre moyen de fèves normales par cabosse (Nfn), le poids moyen de fèves fraîches par cabosse (Pmff) et le poids moyen d'une fève de cacao marchand (Pm1fs). L'analyse de la variance a montré un effet famille hautement significatif pour toutes les variables analysées ($P < 0,001$, $\alpha = 5\%$) (Tableau XIII). La moyenne familiale du nombre de fèves normales par cabosse a varié de 43,15 à 37,28 fèves avec une moyenne générale de 40,28 fèves normales par cabosse. Les plus grands nombres de fèves normales par cabosse de 43,15 (F9) à 42,08 fèves (F31) ont été produits par 25 familles d'hybrides incluant deux familles guyanaises F42 (41,43 fèves) et F43 (40,54 fèves). Dix-neuf (19) familles d'hybrides incluant deux familles guyanaises (F44 et F41) ont eu le nombre de fèves normales par cabosses de 39,90 (F37) à 37,28 fèves (F14). Quant au poids moyen de fèves fraîches par cabosse (Pmff), la moyenne a varié de 121,82 à 76,15 g pour une moyenne générale d'essai de 91,83 g par cabosse. La famille F30 a été en tête de classement avec 121,82 g de fèves par cabosse. Elle a été suivie par l'hybride guyanais F42 avec 115,71 g de fèves fraîches par cabosse. La famille F11 a été au bas du classement avec 76,15 g de fèves fraîches par cabosse. En ce qui concerne le poids moyen d'une fève de cacao marchand (Pm1fs), la moyenne familiale a varié de 1,57 à 0,89 g avec une moyenne générale de 1,12 g. Le témoin F26 (UPA 409 x POR) a produit le poids d'une fève de cacao marchand le plus élevé avec 1,57 g. Les quatre familles guyanaises F44, F42, F43 et F41 ont eu le poids moyen d'une fève de cacao marchand variant de 1,19 à 1,10 g. La famille F11 a produit le poids d'une fève de cacao marchand le plus faible avec 0,89 g

Tableau XIII : Comparaison de 44 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai TO pour les caractères liés aux fèves

Croisement	Familles	Nfn	Pmff (g)	Pm1fs (g)
E6/1 L22 A11 x E6/4 L4 A7	F9	43,15±8,79 ^a	96,36±16,89 ^{bdc}	1,09±0,07 ^{ifhekgj}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L27 A8	F1	42,41±10,84 ^{ab}	89,23±11,15 ^{bdc}	1,03±0,07 ^{ilkj}
E6/1 L22 A11 x E6/4 L4 A25	F8	42,31±10,49 ^{abc}	87,27±13,48 ^{bdc}	1,11±0,06 ^{ifhegj}
E6/1 L11A23 x E6/4 L27A8	F16	42,30±10,23 ^{bac}	96,15±13,25 ^{bdc}	1,02±0,05 ^{ilkj}
E6/1 L23A17 x E6/4 L27A8	F11	42,28±8,92 ^{bac}	76,15±7,68 ^d	0,89±0,05 ^m
E6/1 L22 A18 x E6/4 L22 A20	F5	42,08±9,37 ^{bac}	85,00±13,14 ^{dc}	1,09±0,06 ^{ifhekgj}
UPA 409 X POR	F26 (T)	41,50±9,85 ^{bdac}	94,61±33,32 ^{bdc}	1,57±1,69 ^a
E6/1 L6A10 x E6/4 L22A20	F25	41,49±8,48 ^{bdac}	101,11±10,54 ^{bdac}	1,18±0,07 ^{fe}
GU139A x E6/4 L27A8	F42	41,43±10,21 ^{bdac}	115,71±17,41 ^{ba}	1,14±0,06 ^{ifhfg}
E6/4 L27A8 x E6/4 L4A7	F39	41,41±8,37 ^{bdac}	112,50±12,82 ^{bac}	1,45±0,06 ^b
E6/1 L6A10 x E6/4 L4A25	F23	41,40±9,21 ^{bdac}	102,73±11,04 ^{bdac}	1,30±0,06 ^{dc}
E6/1 L6A10 x E6/4 L27A8	F21	41,39±9,77 ^{bdac}	103,33±20,61 ^{bdac}	1,22±0,07 ^{de}
E6/1 L24A7 x E6/1 L6A10	F36	41,25±10,08 ^{bdac}	91,54±25,11 ^{bdc}	1,16±0,20 ^{fhcg}
E6/1 L22 A11 x E6/4 L27 A8	F6	41,23±10,73 ^{bdac}	86,00±18,38 ^{dc}	0,93±0,05 ^{ml}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L5 A27	F2	41,07±9,17 ^{ebdac}	83,33±15,81 ^{dc}	0,96±0,05 ^{mlk}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L4 A25	F3	41,05±8,89 ^{ebdac}	106,00±28,81 ^{bdac}	1,19±0,05 ^{fe}
E6/1 L11A23 x E6/4 L4A7	F19	40,95±10,32 ^{ebdac}	86,00±12,64 ^{bdc}	1,05±0,05 ^{ihlkjg}
E6/1 L22 A18 x E6/4 L4 A7	F4	40,77±9,48 ^{ebdac}	93,33±5,77 ^{bdc}	1,14±0,06 ^{ifhe}
E6/1 L6A10 x E6/4 L4A7	F24	40,73±9,42 ^{ebdac}	92,31±16,91 ^{bdc}	1,19±0,06 ^{fe}
E5/1 L29A2 à 6 x E5/1 L166A6	F27	40,73±10,19 ^{ebdac}	86,69±10,31 ^{bdc}	1,11±0,05 ^{ifhegj}
E6/1 L29A26 x E6/1 L23A17	F35	40,62±9,09 ^{ebdacf}	93,75±11,88 ^{bdc}	1,07±0,05 ^{ifhkgj}
GU285B x E6/1 L11A23	F43	40,54±10,09 ^{ebdacf}	100,71±25,56 ^{bdac}	1,13±0,05 ^{ifheg}
E6/1 L23A17 x E6/4 L22A20	F15	40,45±9,71 ^{ebdacf}	77,00±9,49 ^d	1,07±0,06 ^{ifhkgj}
E6/1 L22 A11 x E6/4 L22A20	F10	40,05±10,24 ^{ebdagcf}	81,00±20,79 ^d	0,98±0,05 ^{mlkj}
E4/2 L216A10 x IFC18	F31	40,02±8,12 ^{ebdagcf}	95,71±21,49 ^{bdc}	1,37±0,08 ^c
E6/4 L43A25 x E6/4 L4A25	F37	39,90±9,39 ^{ebdgcf}	85,71±14,52 ^{dc}	1,08±0,06 ^{ifhkgj}
GU139A x E6/1 L11A23	F41	39,83±9,33 ^{ebdgcf}	85,33±13,02 ^{dc}	1,10±0,06 ^{ifhegj}
E6/1 L22 A11 x E6/4 L5 A27	F7	39,69±10,25 ^{ebdgcf}	87,50±17,52 ^{bdc}	1,03±0,05 ^{ilkj}
E4/2 L216A10 x DCG1-1	F32	39,65±8,61 ^{ebdgcf}	97,69±18,33 ^{bdac}	1,18±0,07 ^{fe}
E6/1 L11A23 x E6/4 L22A20	F20	39,49±10,27 ^{ebdgcf}	79,17±14,43 ^d	1,04±0,07 ^{ihlkj}

Nfn : nombre de fèves normales, Pmff : poids moyen de fèves fraîches par cabosse, poids moyen d'une fève sèche

Tableau XIII (suite) : Comparaison de 44 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai TO
pour les caractères liés aux fèves

Croisement	Familles	Nfn	Pmff (g)	Pm1fs (g)
E5/1 L71A7 à 11 x C2/1-1	F28	39,47±10,45 ^{ebdgcf}	93,84±18,50 ^{bdc}	1,17±0,07 ^{feg}
E6/4 L4A7 x E6/4 L2A9	F38	39,30±8,84 ^{ebdgcf}	93,33±15,05 ^{bdc}	1,20±0,06 ^{fe}
E6/1 L11A23 x E6/4 L4A25	F18	39,27±9,83 ^{ebdgcf}	85,55±15,09 ^{dc}	1,04±0,05 ^{ihlkj}
E6/1 L11A23 x E6/4 L5A27	F17	39,25±10,43 ^{ebdgcf}	88,00±18,74 ^{bdc}	1,02±0,07 ^{ilkj}
E6/1 L5A27 x E6/4 L2A10	F40	39,12±8,84 ^{edgcf}	91,00±9,94 ^{bdc}	1,17±0,07 ^{feg}
GU285B x E6/4 L27A8	F44	39,09±8,86 ^{edgcf}	104,28±20,27 ^{bdac}	1,19±0,06 ^{fe}
E6/1 L23A17 x E6/4 L5A27	F12	38,66±9,28 ^{edgf}	88,67±12,46 ^{bdc}	1,19±0,06 ^{fe}
E6/1 L23A17 x E6/4 L4A25	F13	38,46±9,99 ^{edgf}	84,00±17,76 ^{dc}	0,94±0,06 ^{ml}
E6/1 L6A10 x E6/4 L5A27	F22	38,40±9,46 ^{edgf}	83,84±15,02 ^{dc}	1,13±0,07 ^{ifheg}
E5/1 L53A7 à 11 x E4/2 L244A2	F30	38,36±9,06 ^{edgf}	121,82±18,88 ^a	1,31±0,07 ^{dc}
E6/1 L23A17 x E6/1 L5A8	F34	38,28±9,65 ^{edgf}	87,69±19,64 ^{bdc}	1,07±0,06 ^{ifhkgj}
E6/1 L23A17 x E6/1 L6A10	F33	37,97±9,86 ^{egf}	91,67±21,67 ^{bdc}	1,10±0,06 ^{ifheg}
E5/1 L33A2 à 6 x E4/1 L219A5	F29	37,51±10,68 ^{gf}	80,91±14,4 ^{6d}	0,93±0,05 ^{ml}
E6/1 L23A17 x E6/4 L4A7	F14	37,28±8,40 ^g	88,57±17,03 ^{bdc}	1,02±0,15 ^{ilkj}
	Moyenne	40,28	91,83	1,12
	CV (%)	23,9	1,45	23,62
	F	6,63	3,62	25,45
	P	<0,001	<0,001	<0,001

Nfn : nombre de fèves normales, Pmff : poids moyen de fèves fraîches par cabosse, Pm1fs : poids moyen d'une fève sèche

3.1.3. Structuration des familles d'hybrides en fonction des caractères de production étudiés

3.1.3.1. Structuration des familles d'hybrides de la parcelle E6/5

L'analyse en composante principale (ACP) a montré que les deux premiers axes (F1 et F2) ont exprimé 76,01 % de la variabilité totale (Figure 13). L'axe 1 a exprimé 41,88 % de la variabilité totale et une valeur propre de 3,35. Les caractères les mieux représentés sur cet axe sont, le nombre total de cabosses (Ntotcab) avec un cosinus carré de 0,88, le taux de cabosses pourries (Tcp) avec un cosinus carré de 0,73 et le rendement potentiel annuel (Rpa) avec un cosinus carré de 0,57. Cependant, l'axe 2 a exprimé 34,13 % de la variabilité totale avec une valeur propre de 2,73. Les caractères les plus représentatives sur l'axe 2 ont été la vigueur végétative (Vig) avec un cosinus carré de 0,66, le rapport production vigueur (Rpvig) avec un cosinus carré de 0,51 et le poids moyen de fèves fraîches par cabosse (Pmff) avec un cosinus carré de 0,55. Par contre, quant à l'axe 3, il a exprimé une variabilité totale de 13,14 % et une valeur propre de 1,04. Les caractères les mieux représentées sur cet axe sont, le nombre de fèves normales par cabosse (Nfn) avec un cosinus carré de 0,45 et le poids moyen d'une fève de cacao marchand (Pm1fs) avec un cosinus carré de 0,46 (Tableau XIV). La valeur globale du KMO (mesure d'adéquacité de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin) a été de 0,55, montrant que le test de sphéricité de Bartlett a été significatif ($p < 0,001$).

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a révélé trois groupes de familles au niveau de la troncature 32 (Figure 14). Le groupe I a été constitué de 4 familles dont trois hybrides guyanais (F1, F2 et F3) et un hybride haut amazonien F200. Le groupe II est formé de 14 familles dont trois hybrides guyanais (F4, F7 et F8), cinq hybrides intergroupes (F11, F12, F14, F15 et F16) et six hybrides hauts amazoniens (F201, F202, F204, F208 et F209) et le témoin F203. Le groupe III a été composé de sept familles dont quatre familles guyanaises (F5, F6, F9 et F10), un hybride intergroupe F13 et deux hybrides hauts amazoniens F206 et F207).

Selon le biplot de l'ACP, les 3 groupes définis sont donc structurés comme suit:

- le groupe I, composé de plus de guyanais a été caractérisé par son niveau élevé de production, un rapport production vigueur élevé et un taux de cabosses pourries plus faible ;
- le groupe II, formé de plus d'hybrides intergroupes et des hauts amazoniens mais aussi de quelque guyanais, a eu un bon caractère technologique, un taux de cabosses pourrie moyen et un rapport production/ vigueur plus faible ;

- le groupe III, constitué de plus d'hybrides guyanais, a un rapport production/vigueur faible et un taux de cabosses pourries moyen.

Tableau XIV : Variabilité des composantes principales des hybrides de la parcelle E6/5

	Axes principaux		
	F1	F2	F3
Valeur propre	3,35	2,73	1,05
Variabilité (%)	41,88	34,13	13,14
Variabilité cumulé (%)	41,88	76,01	89,14
Cosinus carrés des variables	Ntotcab (0,88)	Vig (0,66)	Nfn (0,45)
	Tcp (0,73)	Rpvig (0,51)	Pm1fs (0,46)
	Rpa (0,57)	Pmff (0,55)	

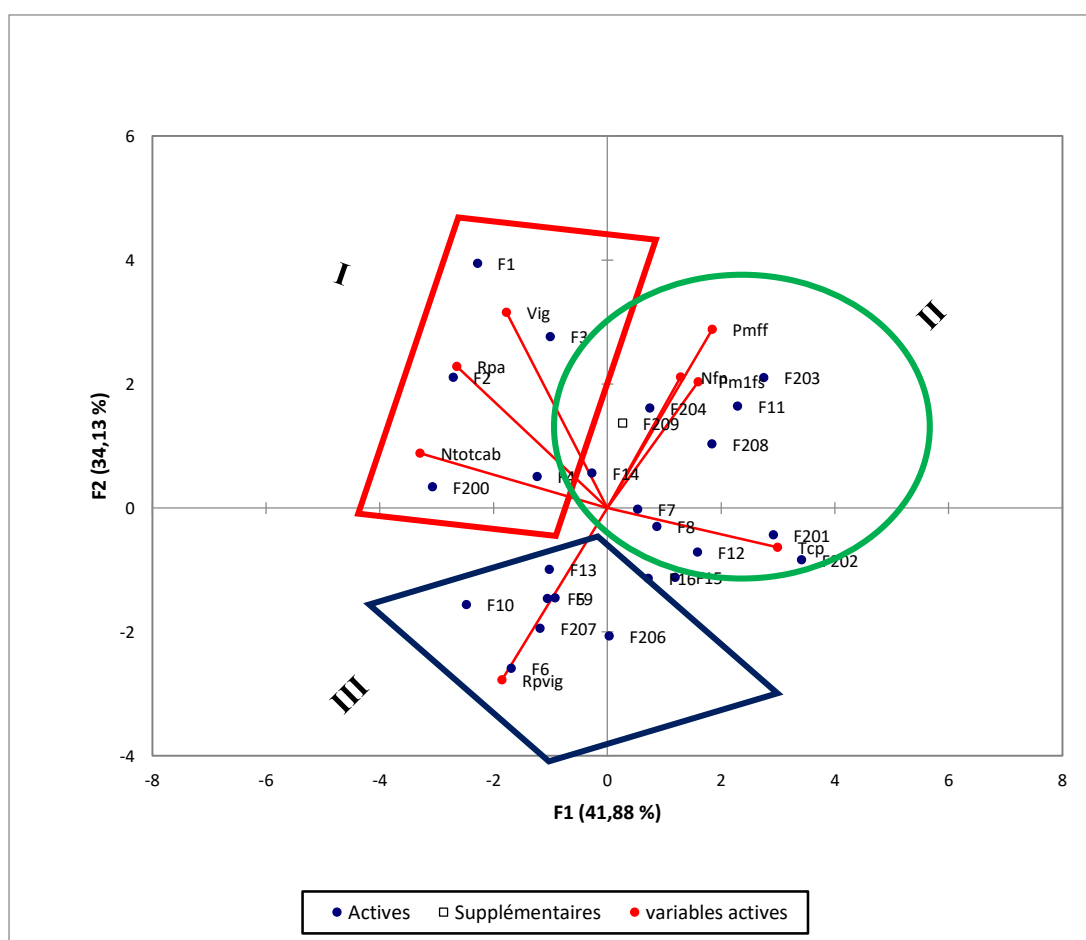


Figure 13 : Biplot de corrélation de l'analyse en composantes principales indiquant les relations entre les hybrides du cacaoyer de la parcelle E6/5

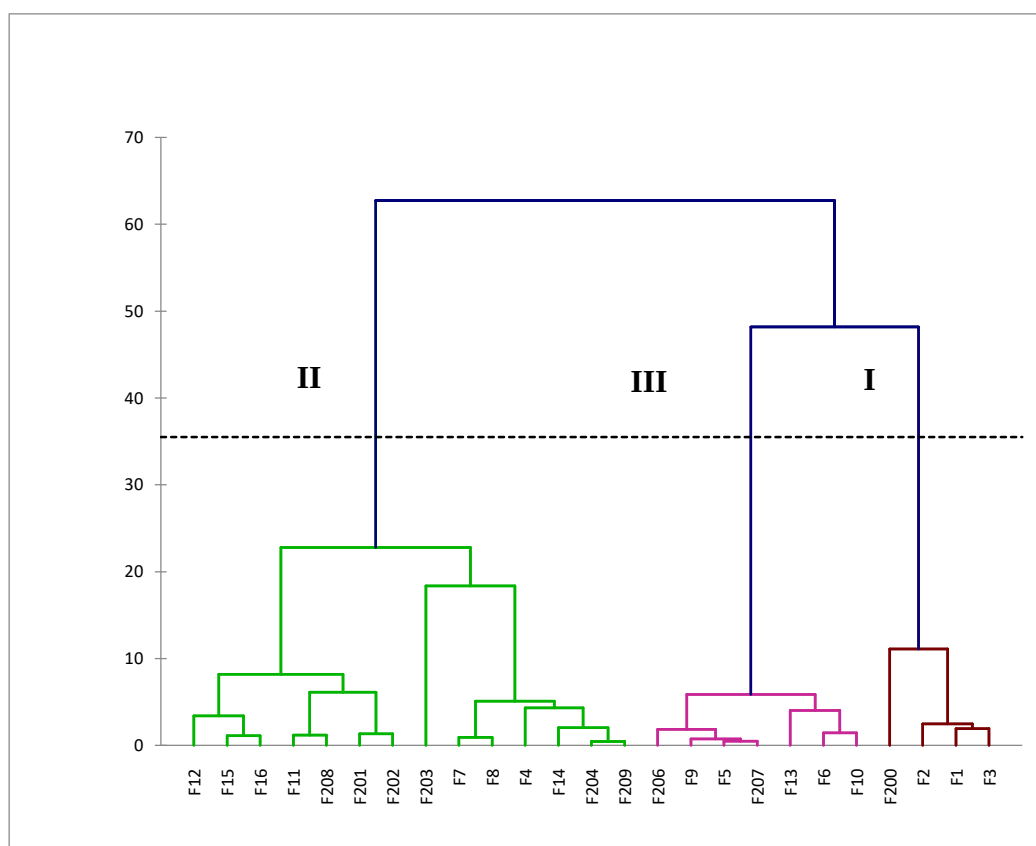


Figure 14 : Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique de 25 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai E6/5

3.1.3.2. Structuration des familles d'hybrides de l'essai de TO en fonction des caractères de production étudiés

L'analyse en composante principale (ACP) a montré que les deux premiers axes (F1 et F2) ont exprimé 65,38 % de la variabilité totale (Figure 15). L'axe 1 a exprimé 38,95 % de la variabilité totale pour une valeur propre de 2,73. Les caractères nombre total de cabosses (Ntotcab) avec un cosinus carré de 0,94, taux de cabosses pourries (Tcp) avec un cosinus carré de 0,20, rendement potentiel annuel (Rpa) avec un cosinus carré de 0,88 et le rapport production/vigueur (Rpvig) avec un cosinus carré de 0,51, ont été les mieux représentés sur l'axe 1. Cependant, l'axe 2 a exprimé 26,43 % de la variabilité totale avec une valeur propre de 1,85. Les caractères les plus représentatives sur l'axe 2, ont été le poids moyen de fève fraîche par cabosse (Pmff) avec un cosinus carré de 0,74 et le poids moyen d'une fève de cacao marchand (Pm1fs) avec un cosinus carré de 0,59. Quant à l'axe 3, avec une variabilité de 16,60 % et une valeur propre

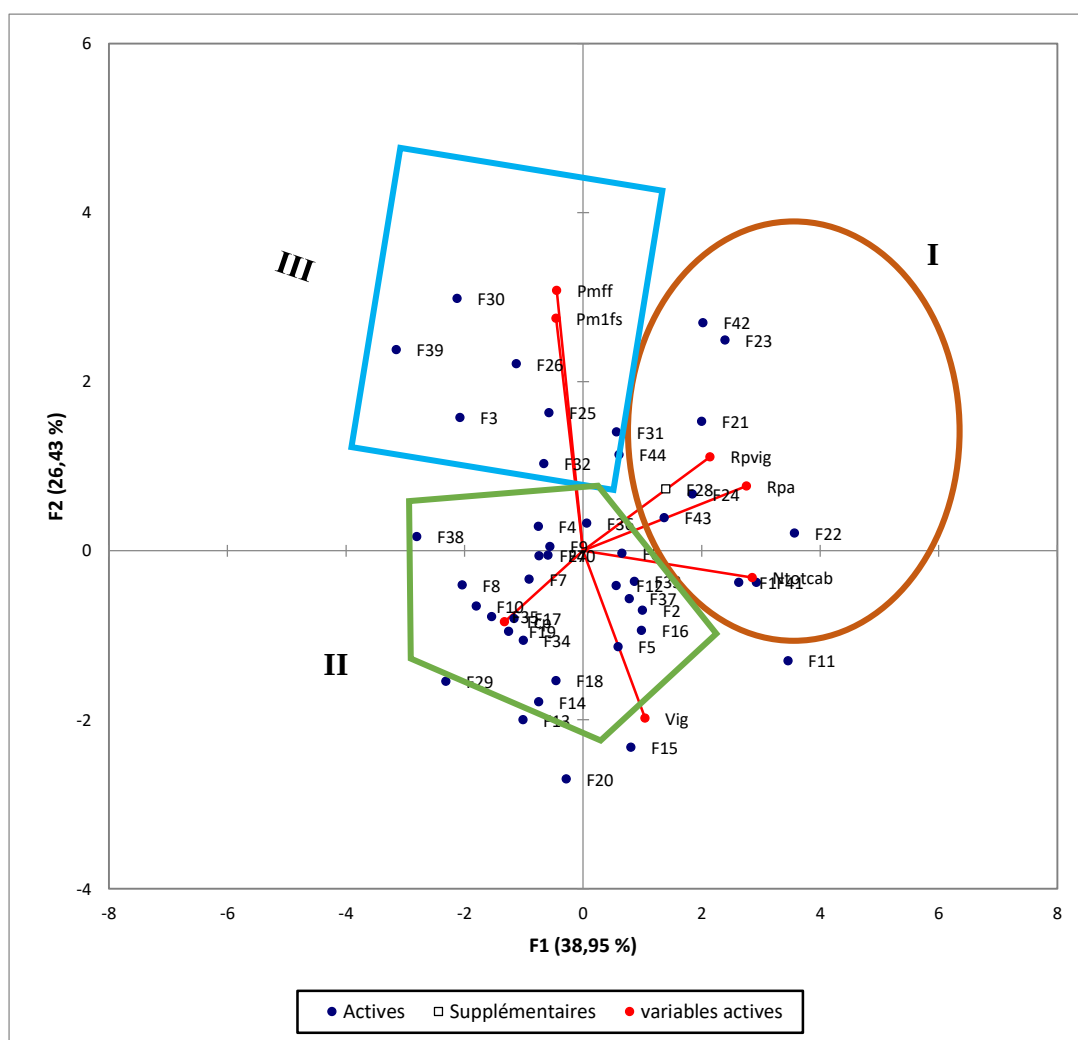
de 1,16, il a été construit par la vigueur végétative (Vig) avec un cosinus carré de 0,51 (Tableau XV). La valeur globale du KMO (mesure d'adéquacité de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin) a été de 0,61. Le test de sphéricité de Bartlett a été significatif ($p < 0,001$).

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a révélé trois groupes de familles au niveau de la troncature 38 (Figure 16). Le groupe I a été constitué de 11 familles dont six hybrides intergroupes (F1, F11, F21, F22, F23 et F24), un haut amazonien du premier cycle F28, un bas amazonien du premier cycle F31 et trois hybrides guyanais (F41, F42 et F44). Le groupe II a été composé de 15 familles dont neuf hybrides intergroupes (F2, F5, F12, F13, F14, F15, F16, F18 et F20), quatre hybrides hauts amazoniens du deuxième cycle (F33, F34, F35 et F36), un hybride bas amazonien F37 du deuxième cycle et enfin, un hybride guyanais F43. Le groupe III a été formé de 18 familles dont dix hybrides intergroupes (F3, F4, F6, F7, F8, F9, F10, F17, F19 et F25), le témoin F26, deux hybrides hauts amazoniens (F27, F29) du premier cycle, deux hybrides bas amazoniens (F30, F32) du premier cycle, deux hybrides bas amazoniens (F38 et F39) du deuxième cycle et, un hybride guyanais F43. Selon le biplot de l'ACP, les 3 groupes définis sont donc structurés comme suit :

- le groupe I, dominé par des hybrides intergroupes et les hybrides hybrides guyanais, a été plus productif avec un rapport production vigueur plus élevé et un taux de cabosses pourries plus faible.
- le groupe II, constitué de plus d'intergroupes, s'est montré plus vigoureux et un taux de cabosses pourries élevé.
- le groupe III, composé de plus d'hybrides intergroupes et le témoin F26, s'est caractérisé par un bon caractère technologique, un taux de cabosses pourriture élevé et une faible vigueur.

Tableau XV : Variabilité des composantes principales des hybrides de la parcelle de TO

	Axes principaux		
	F1	F2	F3
Valeur propre	2,73	1,85	1,16
Variabilité (%)	38,95	26,43	16,60
Variabilité cumulé (%)	38,95	65,38	81,98
Cosinus carrés des variables	Ntotcab (0,94)	Pmff (0,74)	Vig (0,51)
	Tcp (0,20)	Pm1fs (0,59)	
	Rpa (0,88)		
	Rpvig (0,53)		

**Figure 15 :** Biplot de corrélation de l'analyse en composantes principales indiquant les relations entre les hybrides du cacaoyer de la parcelle TO

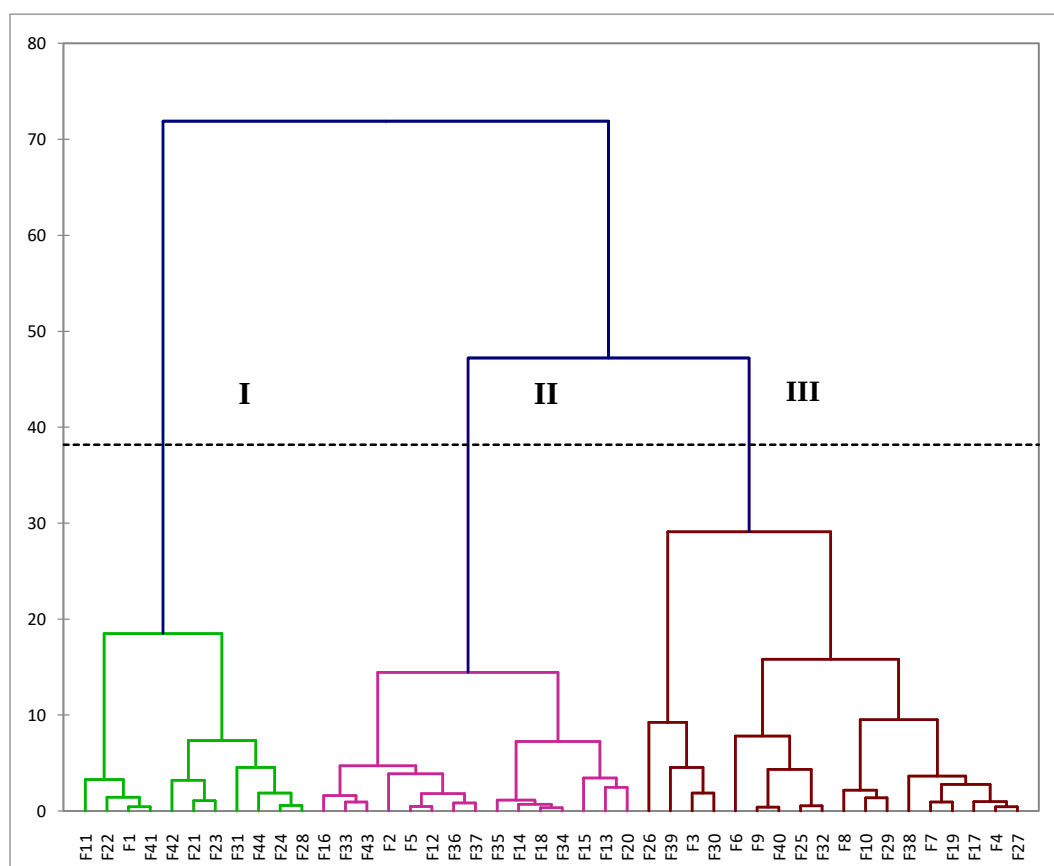


Figure 16 : Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique des hybrides du cacaoyer de la parcelle TO

3.2. Classement des populations pour la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya* mesurée par le test sur disques foliaires au laboratoire

3.2.1. Classement des populations de l'essai E6/5 pour la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative ($P < 0,001$, $\alpha = 5\%$) entre les populations pour les notes de sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya* (Tableau XVI). Les notes de sensibilité foliaire à *P. megakarya* ont varié de 1,67 à 2,52 pour une moyenne générale de 1,95. La population guyanaise (GU) a été plus résistante avec une note de sensibilité foliaire de 1,67. La population Hauts Amazoniens du premier cycle (HA₁), les intergroupes et le témoin ont été moyennement résistants avec les notes d'infections respectives de 2,09, 2,17 et 2,52.

Tableau XVI : Classement des populations du cacaoyer de l'essai E6/5 pour leur sensibilité foliaire à *P. megakarya* mesurée en condition d'inoculation artificielle au laboratoire

Populations	Sf	Dégré de résistance
GU	1,67±0,73a	R
HA1	2,09±0,82b	MR
Inter	2,17±0,85c	MR
Témoin	2,52±0,77d	MR
Moyenne	1,95	
CV	40,55	
F	493,64	
Pr<0,05	<0,001	

GU : Population Guyanaise, HA1 : Population Hauts Amazoniens du 1^{er} cycle de brassage, Inter: Population Intergroupe, Sf : Sensibilité foliaire, R : Résistant, MR : Moyennement Résistant, CV : Coefficient de Variation, F : valeur de la statistique associée au test de Fisher,

3.2.2. Classement des populations de l'essai TO pour la sensibilité foliaire à *P. megakarya*

L'analyse de la variance a montré un effet population hautement significatif ($P < 0,001$, $\alpha = 5\%$) (Tableau XVII) sur les notes de sensibilité foliaire à *P. megakarya*. Les notes de sensibilité foliaire ont varié de 1,67 à 2,34 pour une moyenne de 1,89. La population guyanaise (GU), les Hauts Amazoniens du deuxième cycle (HA₂), les intergroupes et les Hauts Amazoniens du premier cycle (HA₁) ont été résistantes avec des notes de sensibilités foliaires variantes de 1,67 à 1,87. La population Bas Amazoniens du deuxième cycle (BA-T)₂, le témoin et la population Bas Amazoniens du premier cycle (BA-T)₁ ont été moyennement résistants avec des notes de sensibilités variantes de 2,10 à 2,34.

Tableau XVII : Classement des populations du cacaoyer de l'essai TO pour leur sensibilité foliaire à *P. megakarya* mesurée en condition d'inoculation artificielle au laboratoire

Populations	Sf	Dégré de résistance
GU	1,67±0,78a	R
HA2	1,71±0,74b	R
Inter	1,86±0,78c	R
HA1	1,87±0,81d	R
BA-T2	2,1±0,80d	MR
Témoin	2,22±0,82e	MR
BA-T1	2,34±0,78e	MR
Moyenne	1,89	
CV	41,43	
F	193,30	
Pr<0,05	<0,001	

GU : Population Guyanaise, HA2 : Population Hauts Amazoniens du 2^{er} cycle, Inter : Population Intergroupe, HA1 : Hauts Amazoniens du 1^{er} cycle, BA-T2: Bas Amasoniens du 2^e cycle, BA-T1 : Bas Amasoniens du 1^e cycle, Sf : Sensibilité foliaire, R : Résistant, MR : Moyennement Résistant, CV : Coefficient de Variation, F : valeur de la statistique associée au test de Fisher.

3.2.3. Classement des familles d'hybrides pour la sensibilité foliaire à *P. megakarya* mesurée par le test sur disques foliaires au laboratoire

3.2.3.1. Classement des familles d'hybrides de l'essai E6/5 pour la sensibilité foliaire à *P. megakarya*

L'analyse de la variance a mis en évidence un effet famille significatif ($P < 0,001$) sur les notes d'infection artificielle des familles à *Phytophthora megakarya* (Tableau XVIII). L'hybride guyanais F2 a été en tête de classement avec une note de sensibilité de 1,42 inférieure à celle du témoin résistant SCA6 qui a obtenu la note d'infection moyenne de 1,44. Le témoin moyennement résistant, le PA150 a eu une note moyenne de 1,62. Trois familles guyanaises (F1, F5 et F3) avec des notes d'infections variantes de 1,46 à 1,6 ont été entre le témoin résistant (SCA6 et le témoin moyennement résistant PA150). Vingt-un (21) autres familles avec des notes d'infection variantes de 1,65 à 2,53 ont été situées entre le témoin moyen PA150 et le témoin sensible NA32 qui a eu une moyenne d'infection de 3,25. Les familles testées à *Phytophthora megakarya* au laboratoire sur les disques foliaires, peuvent être classées en deux groupes de résistance :

- le premier groupe, considéré comme résistant, est composé de 4 familles dont les notes d'infections ont varié de 1,42 à 1,60 autour du témoin résistant SCA6 (1,44). Quatre hybrides guyanais (F2, F1, F5 et F3) appartiennent à ce groupe ;
- le deuxième groupe, moyennement résistant, est composé de 21 familles (F9, F8, F7, F4, F10, F201, F200, F6, F12, F16, F206, F202, F15, F204, F13, F208, F209, F207, F11

et F203) dont les notes d'infection ont varié de 1,65 à 2,53 entre le témoin moyennement sensible PA150 et le témoin sensible NA32. Six familles guyanaises (F9, F8, F7, F4, F10 et F6) appartiennent à ce groupe.

Tableau XVIII : Classement de 25 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai E6/5 en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

Croisements	N°	Familles	Sf	Degré de résistance
P7 X GU 284 A	1	F2	1,42 ^a	R
TEMOIN RESISTANT	TR	SCA6	1,44 ^b	R
P7 X GU 123 B	2	F1	1,46 ^c	R
PA 150 X GU 284 A	3	F5	1,56 ^{cd}	R
IMC57 X GU 123 B	4	F3	1,6 ^{de}	R
TEMOIN MOYEN	TM	PA150	1,62 ^{de}	MR
IFC 303 X GU 284 A	5	F9	1,65 ^{ef}	MR
IFC 11 X GU 284 A	6	F8	1,7 ^{ef}	MR
IFC 11 X GU 123 B	7	F7	1,71 ^{ef}	MR
IMC57 X GU 175 A	8	F4	1,81 ^{efg}	MR
IFC 303 X GU 175 A	9	F10	1,83 ^{efg}	MR
IMC67 X T60/887	10	F201	1,85 ^{fg}	MR
P7 X SCA6	11	F200	1,89 ^{gh}	MR
PA 150 X GU 175 A	12	F6	1,91 ^{gh}	MR
(PA 150 X IMC 78) X (UF 676 X IFC 303)	13	F12	1,98 ^{hi}	MR
(PA 150 X T60/887) X (IFC 29 X IFC 303)	14	F16	1,99 ^{hi}	MR
PA 150 X T60/887	15	F206	2,09 ^{hi}	MR
AMAZ15-15 X UPA 413	16	F202	2,1 ^{ij}	MR
(PA 150 X T60/887) X IFC 1	17	F15	2,11 ^{ij}	MR
P7 X IFC 1	18	F204	2,13 ^{jk}	MR
(P7 X SCA6) X (IFC 8 X IFC 371)	19	F13	2,17 ^{jkl}	MR
P7 X T60/887	20	F208	2,19 ^{kl}	MR
P7 X PA 150	21	F209	2,25 ^{kl}	MR
PA 150 X T79/501	22	F207	2,25 ^{kl}	MR
(PA 150 X IMC 78) X (IFC 8 X IFC 371)	23	F11	2,32 ^l	MR
(P7 X SCA6) X (IFC 29 X IFC 303)	24	F14	2,41 ^m	MR
UPA 409 X POR	25	F203 (T)	2,53 ^m	MR
TEMOIN SENSIBLE	TS	NA32	3,25 ^m	S
		Moyenne	1,95	
		CV (%)	16	
		F	97,37	
		P	<0,001	

SCA6 : témoin résistant, PA150 : témoin moyennement résistant, NA32 : témoins sensible, Sf : Sensibilité foliaire, R : Résistant, MR : Moyennement Résistant, S : Sensible.

3.2.3.2. Classement des familles d'hybrides de l'essai TO pour la sensibilité foliaire à *P. megakarya*

Les résultats d'analyse de la variance des notes d'infection à *Phytophthora megakarya* ont montré une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les familles (Tableau XIX). La famille d'hybride guyanais F43 a été en tête de classement avec une moyenne de 1,39. Elle a été suivie par le témoin résistant SCA6 qui a obtenu la note d'infection moyenne de 1,47. Le témoin moyennement résistant, le PA150 a eu une note moyenne de 1,60. Quatre familles d'hybrides dont trois hybrides intergroupes (F14, F18 et F15) et un hybride guyanais F41 avec des notes d'infections variantes de 1,49 à 1,57 ont été classées entre le témoin résistant SCA6 et le témoin moyennement résistant PA150. Trente-neuf (39) autres familles ont eu les notes d'infections de 1,64 à 2,47 inférieures à celle du témoin moyennement PA150, mais supérieures au témoin sensible NA32 qui a eu une note moyenne d'infection de 3,05. Les familles testées à *Phytophthora megakarya* au laboratoire sur les disques foliaires, peuvent être classées en deux groupes de résistances :

- le premier groupe, résistant, est composé de 5 familles (F43, F14, F41, F18 et F15) dont les notes d'infections ont varié de 1,39 à 1,57 autour du témoin résistant SCA6 (1,47)
- Les deux hybrides guyanais (F43 et F41) appartiennent à ce groupe ;
- le deuxième groupe, moyennement résistant, est composé de 39 familles (F33, F28, F23, F25, F13, F20, F36, F34, F24, F17, F35, F10, F44, F12, F16, F3, F42, F29, F2, F19, F9, F37, F5, F11, F8, F4, F27, F7, F22, F6, F40, F1, F38, F21, F26, F30, F39, F32 et F31) dont les notes d'infection ont varié de 1,64 à 2,47 entre le témoin moyen PA150 et le témoin sensible NA32. Deux familles Guyanaises (F44 et F42) appartiennent à ce groupe.

Tableau XIX : Classement de 44 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai TO en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

Croisements	N°	Familles	Sf	Degré de résistance
GU285B x E6/1 L11A23	1	F43	1,39±0,60 ^a	R
TEMOIN RESISTANT	TR	SCA6	1,47±0,55 ^b	R
E6/1 L23A17 x E6/4 L4A7	2	F14	1,49±0,62 ^c	R
GU139A x E6/1 L11A23	3	F41	1,54±0,73 ^c	R
E6/1 L11A23 x E6/4 L4A25	4	F18	1,57±0,67 ^c	R
E6/1 L23A17 x E6/4 L22A20	5	F15	1,57±0,72 ^{cd}	R
TEMOIN MOYEN	TM	PA150	1,60±0,60 ^{de}	MR
E6/1 L23A17 x E6/1 L6A10	6	F33	1,64±0,71 ^{def}	MR
E5/1 L71A7 à 11 x C2/1-1	7	F28	1,65±0,74 ^{defg}	MR
E6/1 L6A10 x E6/4 L4A25	8	F23	1,66±0,68 ^{defgh}	MR
E6/1 L6A10 x E6/4 L22A20	9	F25	1,66±0,71 ^{defgh}	MR
E6/1 L23A17 x E6/4 L4A25	10	F13	1,68±0,75 ^{defghi}	MR
E6/1 L11A23 x E6/4 L22A20	11	F20	1,68±0,77 ^{efghi}	MR
E6/1 L24A7 x E6/1 L6A10	12	F36	1,69±0,70 ^{efghij}	MR
E6/1 L23A17 x E6/1 L5A8	13	F34	1,69±0,72 ^{efghij}	MR
E6/1 L6A10 x E6/4 L4A7	14	F24	1,77±0,68 ^{efghij}	MR
E6/1 L11A23 x E6/4 L5A27	15	F17	1,81±0,78 ^{efghijk}	MR
E6/1 L29A26 x E6/1 L23A17	16	F35	1,82±0,78 ^{fghijkl}	MR
E6/1 L22 A11 x E6/4 L22A20	17	F10	1,83±0,74 ^{ghijklm}	MR
GU285B x E6/4 L27A8	18	F44	1,83±0,83 ^{ghijklm}	MR
E6/1 L23A17 x E6/4 L5A27	19	F12	1,85±0,83 ^{hijklm}	MR
E6/1 L11A23 x E6/4 L27A8	20	F16	1,89±0,73 ^{hijklm}	MR
E6/1 L22 A18 x E6/4 L4 A25	21	F3	1,90±0,72 ^{hijklm}	MR
GU139A x E6/4 L27A8	22	F42	1,90±0,81 ^{ijklm}	MR
E5/1 L33A2 à 6 x E4/1 L219A5	23	F29	1,93±0,74 ^{jklmn}	MR
E6/1 L22 A18 x E6/4 L5 A27	24	F2	1,94±0,74 ^{jklmn}	MR
E6/1 L11A23 x E6/4 L4A7	25	F19	1,94±0,82 ^{klmn}	MR
E6/1 L22 A11 x E6/4 L4 A7	26	F9	1,95±0,74 ^{lmn}	MR
E6/4 L43A25 x E6/4 L4A25	27	F37	1,95±0,79 ^{lmn}	MR
E6/1 L22 A18 x E6/4 L22 A20	28	F5	1,95±0,80 ^{lmn}	MR
E6/1 L23A17 x E6/4 L27A8	29	F11	1,98±0,82 ^{mno}	MR

SCA6 : témoin résistant, PA150 : témoin moyennement résistant, NA32 : témoins sensible, Sf : Sensibilité foliaire, R : Résistant, MR : Moyennement Résistant, S : Sensible.

Tableau XIX (suite) : Classement de 44 familles d'hybrides du cacaoyer de l'essai TO en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

Croisements	N°	Familles	Sf	Degré de résistance
E6/1 L22 A 11 x E6/4 L4 A25	30	F8	2,01±0,79 ^{opq}	MR
E6/1 L22 A18 x E6/4 L4 A7	31	F4	2,02±0,78 ^{opq}	MR
E5/1 L29A2 à 6 x E5/1 L166A6	32	F27	2,04±0,86 ^{opq}	MR
E6/1 L22 A11 x E6/4 L5 A27	33	F7	2,07±0,81 ^{opq}	MR
E6/1 L6A10 x E6/4 L5A27	34	F22	2,08±0,86 ^{pq}	MR
E6/1 L22 A11 x E6/4 L27 A8	35	F6	2,09±0,77 ^{pq}	MR
E6/1 L5A27 x E6/4 L2A10	36	F40	2,09±0,84 ^{pq}	MR
E6/1 L22 A18 x E6/4 L27 A8	37	F1	2,10±0,79 ^{pq}	MR
E6/4 L4A7 x E6/4 L2A9	38	F38	2,11±0,77 ^{qr}	MR
E6/1 L6A10 x E6/4 L27A8	39	F21	2,14±0,76 ^{qr}	MR
UPA 409 X POR	40	F26	2,21±0,82 ^{qr}	MR
E5/1 L53A7 à 11 x E4/2 L244A2	41	F30	2,26±0,74 ^{rs}	MR
E6/4 L27A8 x E6/4 L4A7	42	F39	2,26±0,76 ^{rs}	MR
E4/2 L216A10 x DCG1-1	43	F32	2,32±0,80 ^{rs}	MR
E4/2 L216A10 X IFC18	44	F31	2,47±0,77 ^{rs}	MR
TEMOIN SENSIBLE	TS	NA32	3,05±0,41 ^s	S
		Moyenne	1,52	
		CV (%)	16,09	
		F	69,79	
		P	<0,001	

SCA6 : témoin résistant, PA150 : témoin moyennement résistant, NA32 : témoins sensible, Sf : Sensibilité foliaire, R : Résistant, MR : Moyennement Résistant, S : Sensible.

3.2.4. Classement des géniteurs impliqués dans les croisements des essais E6/5 et TO pour la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

3.2.4.1. Classement des géniteurs de l'essai E6/5 pour la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

Les résultats d'analyse de la variance des notes d'infection à *Phytophthora megakarya* de 19 géniteurs et trois témoins a mis en évidence une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les clones (Tableau XX). Quatre clones dont un clone guyanais GU123B deux clones Hauts Amazoniens (IMC 67 et IMC 57) et un clone Bas Amazonien IFC303 avec des notes de sensibilités variantes de 1,26 à 1,6 ont eu des notes inférieures à celle du témoin résistant SCA6 qui a obtenu une note de 1,64. Le témoin moyennement résistant, le clone PA150, a eu une note moyenne d'infection de 2,05. Quatorze clones (T60/887, E4/1-11, IFC11, E4/1-14, E4/2-31 P7, UPA413, AMAZ15-15, E4/2-23, E4/1-12, E4/2-7, T79/501, IFC1 et UPA409) dont les notes de sensibilités foliaires ont varié de 1,81 à 2,67 ont été autour du témoin moyennement résistant PA150. Le témoin sensible NA32 a eu une moyenne d'infection de 3,46. Le clone haut amazonien POR a été plus sensible que le témoin sensible NA32, avec une note d'infection de 3,5.

Les clones testés à *Phytophthora megakarya* au laboratoire sur les disques foliaires, peuvent être classés en trois groupes de résistances :

- le premier groupe, résistant, est composé de 4 clones (GU123 B, IMC 67, IMC 57 et IFC303) avec les notes d'infections variant de 1,26 à 1,60 au dessus du témoin résistant SCA6.
- le deuxième groupe, moyennement résistant, est composé de 14 clones. Six clones (T60/887, E4/1-11, E4/1-14, IFC11, E4/1-14, E4/2-31 et P7) ont été classés entre le témoin résistant SCA6 et le témoin moyennement résistant PA 150 et huit clones (UPA413, AMAZ15-15, E4/1-12, T79/501 UPA409, E4/2-23, E4/2-7 et IFC1) classés entre le témoin moyennement résistant PA 150 et le témoin sensible NA 32.
- le troisième groupe, sensible, est composé d'un seul clone, le POR classé en dessous du témoin sensible NA 32.

Tableau XX : Classement de 19 géniteurs des familles d'hybrides de l'essai E6/5 en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

N°	Clones	Groupe génétique	Sf	Degré de résistance
1	G123 B	GU	1,26 ^a	R
2	IMC 67	HA	1,34 ^a	R
3	IMC 57	HA	1,51 ^b	R
4	IFC 303	BA	1,6 ^{bc}	R
TR	SCA6	HA	1,64 ^{bcd}	R
5	T60/887	HA	1,81 ^{bcde}	MR
6	E4/1-11	HA	1,90 ^{cdef}	MR
7	IFC 11	BA	1,92 ^{cdef}	MR
8	E4/1-14	HA	1,94 ^{cdef}	MR
9	E4/2-31	BA	2,01 ^{defg}	MR
10	P7	HA	2,04 ^{efg}	MR
TMR	PA150	HA	2,05 ^{efg}	MR
11	UPA 413	HA	2,16 ^{efg}	MR
12	AMAZ15-15	HA	2,25 ^{fgh}	MR
13	E4/2-23	BA	2,26 ^{fgh}	MR
14	E4/1-12	HA	2,27 ^{fgh}	MR
15	E4/2-7	BA	2,36 ^{ghi}	MR
16	T79/501	HA	2,46 ^{ghi}	MR
17	IFC1	BA	2,56 ^{hij}	MR
18	UPA 409	HA	2,67 ^{hij}	MR
TS	NA32	HA	3,46 ^{jk}	S
19	POR	HA	3,5 ^k	TS
Moyenne			2,14	
CV (%)			36,09	
F			44,23	
P			<0,001	

SCA6 : témoin résistant, PA150 : témoin moyennement résistant, NA32 : témoins sensible.

3.2.4.2. Classement des géniteurs de l'essai TO pour la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

L'analyse de la variance des notes d'infection à *Phytophthora megakarya* de 28 clones et trois témoins de références a montré une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les clones évalués (Tableau XXI). Six clones dont deux clones guyanais GU139 A et GU285 B, trois clones Hauts Amazoniens (E6/1 L23A17, E6/1 L5A8 et E6/1 L11A23) et un clone Bas Amazonien E6/4 L20A9 avec des notes d'infections variantes de 1,37 à 1,64 ont eu des notes inférieures que le témoin résistant SCA6 qui a obtenu une note de 1,65. Le témoin moyennement résistant, le PA150, a obtenu une note moyenne de 2,06. Vingt-et-un (21) clones

dont les notes d'infections ont varié de 1,70 à 2,77 ont été autour du témoin PA150. Douze clones dont huit clones HA (E4/3 L304A2, C2/1-1, E4/3 L217A9, E6/1 L24A7, E6/1 L22A18, E6/1 L22A11, E4/1 L119A4 et E4/1 L242A5) et quatre clones BA (E6/4 L43A25, E6/4 L4A7, E6/4 L4A25 et E6/4 L22A20) ont été classés entre le témoin résistant SCA6 et le témoin moyennement résistant PA150. Neuf autres clones composés de trois clones HA (UPA413, AMAZ15-15, E4/1-12, T79/501 et UPA409) et trois clones BA (E4/3 L314A9, E6/1 L29A26, UPA 409) ont été classés entre le témoin moyen PA150 et témoin sensible NA32. Le clone Trinitario POR a été classé au bas du classement avec une moyenne d'infection de 3,49 après le témoin sensible NA32 qui a obtenu une note d'infection de 3,47.

Les clones ainsi testés à *Phytophthora megakarya* au laboratoire sur les disques foliaires, peuvent être classés en trois groupes de résistances :

- le premier groupe, résistant, est composé de 6 clones (GU139A, GU285B, E6/1 L23 A17, E6/1 L5A8, E6/4 L20A9 et E6/1 L11 A23) avec des notes d'infections variant de 1,37 à 1,64 ont été au dessus du témoin résistant SCA6.
- le deuxième groupe, moyennement résistant, est composé de 21 clones. Douze clones (E4/3 L304A2, C2/1-1, E4/3 L217A9, E6/1 L24A7, E6/1 L22A18, E6/1 L22A11, E6/4 L43A25, E6/4 L4A7, E4/1 L119A4, E4/1 L242A5, E6/4 L4A25 et E6/4 L22A20) ont été classés entre le témoin résistant SCA6 et le témoin moyennement résistant PA 150 et neuf clones (E4/3 L314A9, E6/4 L27A8, E4/2 L305A9, E6/4 L5A27, E4/2 L216A10, DCG1-1, E6/1 L29A26, UPA 409 et IFC 18) ont été classés entre le témoin moyennement résistant PA 150 et le témoin sensible NA 32.
- le troisième groupe, sensible, est composé du POR classé en dessous du témoin sensible NA 32.

Tableau XXI : Classement de 28 géniteurs des familles d'hybrides de l'essai TO en fonction de leur niveau de sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

N°	Clones	Groupe génétique	SF	Degré de résistance
1	GU139 A	GU	1,37 ^a	R
2	GU285 B	GU	1,39 ^a	R
3	E6/1 L23A17	HA	1,41 ^b	R
4	E6/1 L5A8	HA	1,51 ^{bc}	R
5	E6/4 L20 A9	BA	1,61 ^{cd}	R
6	E6/1 L11A23	HA	1,64 ^{cd}	R
TR	SCA6	HA	1,65 ^{cd}	R
7	E4/3 L304A2	HA	1,70 ^{cd}	MR
8	C2/1-1	HA	1,74 ^{de}	MR
9	E4/3 L217A9	HA	1,74 ^{def}	MR
10	E6/1 L24A7	HA	1,75 ^{def}	MR
11	E6/1 L22A18	HA	1,79 ^{defg}	MR
12	E6/1 L22A11	HA	1,8 ^{defgh}	MR
13	E6/4 L43A25	BA	1,84 ^{efghi}	MR
14	E6/4 L4A7	BA	1,85 ^{efghi}	MR
15	E4/1 L119A4	HA	1,91 ^{efghi}	MR
16	E4/1 L242A5	HA	1,94 ^{efghi}	MR
17	E6/4 L4A25	BA	1,94 ^{fghij}	MR
18	E6/4 L22A20	BA	2,00 ^{fghij}	MR
TMR	PA150	HA	2,06 ^{ghij}	MR
19	E4/3 L314A9	HA	2,15 ^{hgij}	MR
20	E6/4 L27A8	BA	2,17 ^{hijk}	MR
21	E4/2 L305A9	BA	2,19 ^{hijk}	MR
22	E6/4 L5A27	BA	2,22 ^{hijk}	MR
23	E4/2 L216A10	BA	2,36 ^{hijk}	MR
24	DCG1-1	BA	2,4 ^{ijk}	MR
25	E6/1 L29A26	HA	2,41 ^{ijk}	MR
26	UPA 409	HA	2,66 ^{jk}	MR
27	IFC 18	BA	2,77 ^k	MR
TS	NA32	HA	3,47 ^k	S
28	POR	HA	3,49 ^k	TS
		Moyenne	2,03	
		CV (%)	36,64	
		F	39,47	
		Pr<0,05	<0,001	

3.2.5. Corrélation entre le taux de cabosses pourries au champ, le rendement potentiel annuel, et la sensibilité foliaire à *P. megakarya*

Les corrélations ont été calculées entre le rendement potentiel annuel (Rpa), le taux de cabosses pourries au champ (Tcp) et la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya* (Sf) pour connaître les relations entre eux à l'intérieur des deux essais (E6/5 et TO) (Tableau XXII).

En E6/5, le rendement potentiel annuel a été significativement et négativement corrélé avec le taux de cabosses pourries au champ de -0,56. Une corrélation significative et positive a été observée entre la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya* et le taux de cabosses pourries au champ avec un coefficient de corrélation de 0,54.

Pour l'essai TO, aucune corrélation significative n'a été enregistrée entre les variables étudiées.

Tableau XXII : Coefficients de corrélations de rang de Spearman entre le taux de cabosses pourries, le rendement potentiel annuel et la note de sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*

Critère	E6/5			TO		
	Tcp	Rpa	Sf	Tcp	Rpa	Sf
Tcp	1	-0,56*	0,54*	1	-0,24 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
Rpa		1	-0,30 ^{ns}		1	0,05 ^{ns}
Sf			1			1

TCP : taux de cabosses pourries, Rpa : rendement potentiel annuel, Sf : sensibilité foliaire à *phytophthora megakarya*

3.3. Paramètres génétiques des caractères mesurés

3.3.1. Aptitudes générales et aptitudes spécifiques à la combinaison

L'évaluation de 10 descendance issues d'un factoriel incomplet 6 x 3 incluant trois mâles du groupe génétique guyanais et 6 femelles dont 3 Hauts Amazoniens (HA1) et 3 Bas Amazoniens et Trinitariens (BA-T1) a permis d'analyser les variances femelles, mâles et l'interaction « femelles x mâles ». Les effets « femelles » ont été significatifs pour toutes les variables analysées ($P < 0,001$, $\alpha = 5\%$). Les effets « mâles » ont été significatifs pour toutes les variables, exceptés pour le nombre total de cabosses (Ntotcab) et le taux de cabosses pourries (Tcp). Par contre, les effets de l'interaction « femelles x mâles » ont été non significatifs pour toutes les variables analysées (Tableau XXIII).

Tableau XXIII : Aptitudes générales à la combinaison des géniteurs des hybrides guyanais de la parcelle E6/5

Caractères	Femelle	Mâle	Femelle x Mâle
	AGC	AGC	ASC
Ntotcab	2,35***	0,34ns	0,32ns
Tcp	6,78***	2,67ns	0,00ns
Pmff	4,00***	2,33***	0,00ns
Rpa	8,31***	1,85**	1,46ns
Vig	4,61***	1,45***	2,22ns
Rpvig	0,02***	0,01**	0,01ns

*** : très hautement significatif, ns : non significatif, AGC : Aptitudes Générales à la Combinaison, ASC : Aptitudes Spécifique à la Combinaison, Ntotcab : nombre total de cabosses, Tcp : taux de cabosses pourries, Pmff : Poids moyen de fèves fraîches, Rpa : rendement potentiel annuel, Vig : vigueur végétative Rpvig : Rapport production/vigueur

3.3.2. Variances génotypiques et phénotypiques des caractères

La part d'additivité dans la variance génétique (VA/VG) a été relativement importante pour tous les caractères observés, en particulier pour le nombre total de cabosses (87,89 %), le taux de cabosses pourries (89,37 %), le rendement potentiel annuel (98,40 %), la vigueur végétative (84,41 %) et le rapport production/vigueur (78,57 %).

Les coefficients de variation phénotypiques (CVP) ont été plus importants que les CVG, avec les valeurs variant de 0,50 à 21,76 % pour le CVG et de 0,75 à 35,55 % pour CVP.

Les coefficients de variation génétique (CVG) et phénotypique (CVP) ont été faibles pour le rendement potentiel annuel, le nombre total de cabosses et la vigueur végétative. Ils ont varié de 0,50, 0,63 et 2,03 % pour le coefficient de variation génétique (CVG) et de 0,75, 1,08 et 2,39 % pour le coefficient de variation phénotypique (CVP). Les coefficients de variation génétique (CVG) et phénotypique (CVP) moyens ont été observés pour les caractères rapport production/vigueur et poids moyens de fèves fraîches avec des valeurs variant de 10,29 à 13,12 % pour la variation génétique et de 13,92 à 16,12 % pour la variation phénotypique. Quant au taux de cabosses pourries, le coefficient de variation génétique (CVG) et phénotypique (CVP) ont été élevés avec des valeurs respectives de 21,76 % et de 35,35 %.

Les écarts entre les coefficients de variations phénotypiques (CVP) et génotypique (CVG) ont été élevés pour le nombre total de cabosses, le taux de cabosses pourries et le rendement potentiel annuel avec respectivement 70,13, 63,36 et 50,58 %.

3.3.3. Héritabilité des caractères

Les héritabilités au sens strict (h^2) et au sens large (H^2) calculés ont été élevées pour tous les caractères évalués (Tableau XXIV). Les héritabilités au sens strict ont varié de 0,30 pour le nombre total de cabosses à 0,60 pour la vigueur végétative, le caractère plus héritable. Au sens larges, les héritabilités ont varié de 0,35 pour le nombre total de cabosses à 0,72 pour la vigueur végétative.

Tableau XXIV : Rapport des variances d'Additivité sur les variances Génétiques, coefficients de variation génétique, coefficient de variation phénotypique et héritabilités des caractères évalués

Caractères	Variances	Coefficients de variation génétique et phénotypique			Héritabilités	
	VA/VG (%)	CVG (%)	CVP (%)	100*(CVP-CVG)/CVP (%)	h^2	H^2
Ntotcab	87,89	0,63	1,08	70,13	0,30	0,35
Tcp	89,37	21,76	35,55	63,36	0,33	0,37
Pmff	59,81	13,12	16,12	22,86	0,40	0,66
Rpa	98,40	0,50	0,75	50,58	0,43	0,44
Vig	84,41	2,03	2,39	18,20	0,60	0,72
Rpvig	78,57	10,29	13,92	35,36	0,43	0,55

VA : variance additive, VG : variance génétique, CVG : coefficient de variance génétique, CVP : coefficient de variance phénotypique, h^2 : héritabilité au sens strict, H^2 : héritabilité au sens large

3.3.4. Aptitudes générales à la combinaison des géniteurs et aptitudes spécifiques à la combinaison des hybrides

3.3.4.1. Aptitudes générales à la combinaison des géniteurs du factoriel 6 x 3

L'analyse de l'aptitude générale à la combinaison (AGC) a concerné 6 géniteurs femelles et 3 géniteurs mâles (Tableau XXV).

Relativement aux géniteurs femelles, il a été noté qu'à l'exception du rapport production/vigueur, le clone P7 a présenté l'AGC la plus élevée avec un nombre total de cabosses de 604,44 cabosses, un taux de cabosses pourries de 7,22 %, un rendement potentiel annuel de 1512,21 Kg/ha/an et une vigueur végétative de 294,95 cm². Il en est de même pour le clone PA150 pour ce qui est du rapport production/vigueur avec une valeur de 3,19 cab/cm². S'agissant du clone IFC 11, il a eu l'AGC plus élevée pour le poids moyen d'une fève fraîche par cabosse avec une valeur de 11,1 g.

Au niveau des géniteurs mâles, il a été montré que les trois clones GU impliqués ont tous présenté les mêmes valeurs d'AGC pour le nombre total de cabosses et le taux de cabosses pourries. En particulier, le clone GU175A a, en outre, obtenu l'AGC la plus élevée pour le

rapport production/vigueur avec une valeur de 3,03 cabs/cm². Aussi, le clone GU123B a présenté les meilleures AGC à la fois pour le poids moyen de fèves fraîches par cabosse avec 10,93 g, le rendement potentiel annuel avec 1309,69 Kg/ha/an et la vigueur végétative avec 260,82 cm². S'agissant du clone GU284A, il a été classé en seconde position après le clone GU123B pour le poids moyen de fèves fraîches par cabosse avec 10,26 g et le rendement potentiel annuel avec 1147,3 Kg/ha/an.

TABLEAU XXV : Comparaison des géniteurs des hybrides guyanais de la parcelle E6/5 suivant leurs valeurs d'AGC pour les caractères mesurés.

Ordre	Caractères						
	Parents	Sexe	Ntotcab	Tcp (%)	Pmff (g)	Rpa (kg/ha/an)	Rpvig (cabs/cm2)
1	P7	♀	604,44 ^a	7,22 ^a	10,81 ^a	1512,21 ^a	2,20 ^c
2	IFC303	♀	537,76 ^b	9,30 ^c	9,21 ^c	1117,87 ^b	3,33 ^a
3	IMC57	♀	511,17 ^b	7,59 ^{ab}	10,30 ^b	1214,05 ^b	2,15 ^c
4	PA150	♀	482,18 ^b	8,43 ^{bc}	8,60 ^d	947,10 ^c	3,19 ^a
5	IFC11	♀	412,96 ^c	10,32 ^c	11,09 ^a	1057,77 ^{bc}	2,72 ^b
1	GU175A	♂	537,76 ^a	8,78 ^a	8,82 ^c	1082,42 ^b	3,03 ^a
2	GU123B	♂	518,66 ^a	8,63 ^a	10,93 ^a	1309,69 ^a	2,16 ^b
3	GU284A	♂	485,40 ^a	8,31 ^a	10,26 ^b	1147,29 ^b	2,87 ^a

Ntotcab : nombre total de cabosses, Tcp : taux de cabosses pourries, Pmff : poids moyen de fèves fraîches par cabosses, Rpa : rendement potentiel annuel, Vig : vigueur végétative, Rpvig : rapport production/vigueur

3.3.4.2. Aptitudes spécifiques à la combinaison des hybrides du factoriel 6 x 3

Le croisement factoriel entre 6 géniteurs femelles et 3 géniteurs mâles a permis d'estimer les aptitudes spécifiques à la combinaison (Tableau XXVI). Au niveau des caractères du nombre total de cabosses et le taux de cabosses pourries, les ASC ont varié de 613,67 à 386,1 pour le nombre total de cabosses de 6,98 % à 11,1 % pour le taux de cabosses pourries. La famille F2 (P7 x GU284A) a eu les meilleures valeurs d'ASC pour ces deux caractères. Elle a été suivie pour le nombre total de cabosses, par les familles F10 (IFC303 x GU175A) et F1 (P7 x GU123B) avec, respectivement, 596,48 et 594,54 cabosses et, pour le taux de cabosses pourries, par les familles F1 et F3 avec 7,47 et 7,50 % de pourriture, respectivement. Concernant le poids moyen de fèves fraîches par cabosse, les meilleurs ASC ont été obtenues par les descendances F2, F3, F1, F7 et F8 qui ont eu des valeurs comprises entre 10,72 et 11,14 g. Pour le rendement potentiel annuel, les meilleures ASC ont été obtenues par les familles F2 et F1 avec des valeurs respectives de 1517,93 et 1506,1 kg/ha/an. Concernant la vigueur végétative, la meilleure ASC a été obtenue par la famille F1 (P7 x GU123B) avec 328,09 cm².

S'agissant du rapport production/vigueur, la moyenne des ASC a varié de 2,49 à 3,38 cabs/cm². Les descendances F10 (IFC303 x GU175A), F6 (PA15A x GU175A) et F9 (IFC303 x GU284A) ont obtenu les ASC les plus élevées pour le rapport production vigueur avec des valeurs de 3,38 ; 3,31 et 3,26 cab/cm².

Tableau XXVI : Comparaison des hybrides guyanais de l'essai E6/5 suivant leurs valeurs d'ASC pour les caractères mesurés.

Familles	Croisements	Caractères					
		Ntotcab	Tcp (%)	Pmff (g)	Rpa (kg/ha/an)	Vig (cm ²)	Rpvig (cabs/cm ²)
F2	P7 x GU284A	613,67 ^a	6,98 ^a	10,72 ^a	1517,93 ^a	264,07 ^b	2,49 ^c
F10	IFC303 x GU175A	596,48 ^{ab}	9,79 ^{bc}	8,72 ^{cd}	1184,35 ^{cb}	185,25 ^d	3,38 ^a
F1	P7 x GU123B	594,54 ^{ab}	7,47 ^{ab}	10,92 ^a	1506,07 ^a	328,09 ^a	1,90 ^d
F3	IMC57 x GU123B	517,16 ^{abc}	7,50 ^{ab}	10,85 ^a	1295,35 ^{ab}	282,09 ^b	1,94 ^d
F6	PA150 x GU175A	507,70 ^{abcd}	8,77 ^{bc}	8,09 ^d	933,90 ^c	158,48 ^d	3,31 ^a
F4	IMC57 x GU175A	504,73 ^{abcd}	7,70 ^{bc}	9,71 ^b	1126,25 ^{bc}	222,16 ^c	2,37 ^{cd}
F9	IFC303 x GU284A	473,18 ^{bcd}	8,77 ^{bc}	9,74 ^b	1044,73 ^{bc}	148,69 ^d	3,26 ^a
F5	PA150 x GU284A	450,65 ^{dc}	8,00 ^{bc}	9,23 ^{bc}	963,41 ^c	155,54 ^d	3,04 ^{ab}
F7	IFC11 x GU123B	440,54 ^{dc}	11,09 ^c	11,03 ^a	1118,63 ^{bc}	166,67 ^d	2,69 ^{bc}
F8	IFC11 x GU284A	386,08 ^d	9,56 ^b	11,14 ^a	998,43 ^c	142,12 ^d	2,75 ^{bc}

Ntotcab : nombre total de cabosses, Tcp : taux de cabosses pourries, Pmff : poids moyen de fèves fraîches par cabosses, Rpa : rendement potentiel annuel, Vig : vigueur végétative, Rpvig : rapport production/vigueur

3.4. Discussion

Depuis la découverte en Côte d'Ivoire de *Phytophthora megakarya*, espèce la plus dommageable du cacaoyer au champ Koné *et al.*, (1998), Guest., (2007), la sélection de cacaoyers résistants à la pourriture brune des cabosses est devenue un objectif prioritaire. Dans cette optique, les clones Guyanais (GU), réputés être des sources de résistance à la pourriture brune des cabosses, ont été introduits en Côte d'Ivoire. Dans la perspective de transmettre leur caractère de résistance à leurs descendances, certains de ces clones ont été utilisés comme géniteurs pour améliorer les caractères de production et de résistance à la pourriture brune des cabosses. Les résultats présentés et discutés dans ce mémoire portent sur l'évaluation de matériel végétal issu de deux essais de la station de recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Divo, E6/5 et TO, respectivement mis en place en 2001 et en 2013. L'essai E6/5 comporte vingt-cinq (25) croisements dont 10 impliquant un parent GU, et l'essai TO (Test Orientatif), 44 croisements dont 4 avec un parent GU. Les deux essais ont en commun comme témoin, le croisement UPA 409 x POR, preformant à la fois pour la production et le poids moyen d'une fève de cacao marchand, qui exprime la grosseur de la fève sèche.

Sept paramètres pouvant être regroupés en quatre (4) caractères ont été évalués sur le matériel végétal planté dans ces deux essais. Ces caractères sont notamment, (1) la production, évaluée par le nombre total de cabosses produites par arbre (Ntotcab) et le rendement potentiel annuel (Rpa) en Kg/ha/an, (2) la résistance à la pourriture brune des cabosses, mesurée au champ par le taux de cabosses pourries (Tcp) en pourcentage, et au laboratoire par des notes de sensibilité foliaire (Sf) à *Phytophthora megakarya*, (3) la vigueur végétative adulte de l'arbre, mesurée par la section du tronc en cm² et le rapport production/vigueur (Rpvig) en nombre de cabos/cm², et (4) le caractère technologique des fèves, évalué par le poids moyen de fève fraîche par cabosse (Pmff), le poids moyen d'une fève sèche (Pm1fs) et le nombre moyen de fèves fraîches normales (Nfn).

Les comparaisons des trois populations d'hybrides de l'essai E6/5 (GU, HA₁ et Intergroupe) d'une part, et des six populations de l'essai TO (GU, Intergroupe, HA₁, HA₂, BA-T₁ et BA-T₂) d'autre part, ont mis en évidence la supériorité des populations GU sur les autres populations pour tous les caractères étudiés, sauf pour le poids moyen d'une fève sèche (Pm1fs). Pour ce dernier caractère (Pm1fs), les guyanais (GU) n'ont pas été les plus performants que le témoin. Les résultats ainsi obtenus démontrent l'utilité des clones GU comme géniteurs pour améliorer les performances agromorphologiques de leurs descendances (Tahi *et al.*, 2012 ; Ofori *et al.*, 2014, 2020). Le témoin s'est montré meilleur pour son poids moyen d'une fève sèche dans les deux essais.

Considérant la note de sensibilité foliaire (Sf) à *P. megakarya*, les résultats ont montré que dans les deux essais, la population GU a été en tête de classement. En E6/5, la population GU a été résistante avec une note de sensibilité foliaire de 1,67 contre des notes de 2,1 et 2,2 respectivement, pour les populations HA₁ et Intergroupe classées moyennement résistantes. En TO, avec des notes d'infection variantes de 1,67 à 1,87 pour les populations GU, HA₂, Inter et HA₁ sont classées dans le groupe résistant à *P. megakarya*. Les populations BA-T₂, Témoin et BAT₁ avec des notes variantes de 2,1 à 2,34 sont classées dans le groupe moyennement résistant. Ces résultats confirment la supériorité de la population impliquant un clone GU comme géniteur sur les autres populations (Cilas *et al.*, 2010; Ofori *et al.*, 2014).

Par ailleurs, la population GU a été meilleure que les autres populations pour le rapport production/vigueur (Rpvig). Ce paramètre constitue actuellement un critère primordial de sélection dans les programmes d'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire, car il permet d'identifier des génotypes hauts producteurs tout en maintenant une vigueur végétative moyenne ou faible (Eskes, 1993 ; Tahiri *et al.*, 2012 ; Cilas *et al.*, 2010). En effet, un rapport production/vigueur élevé traduit une meilleure allocation des assimilats vers les organes reproducteurs au détriment de la croissance végétative excessive, ce qui est recherché dans les systèmes de culture intensifs et semi-intensifs du cacaoyer (Bartley, 2005). Au niveau des classements des familles d'hybrides, notamment pour les paramètres de production (Ntotcab et Rpa) et les paramètres de résistance à la pourriture brune des cabosses (Tcp et Sf), il a été observé le bon comportement des familles d'hybrides impliquant un parent GU dans les deux essais. Ces résultats confirment l'intérêt des clones GU comme source de gènes favorables à la fois pour la productivité et la résistance, deux critères importants dans les programmes de sélection du cacaoyer (Eskes *et al.*, 2000 ; Cilas *et al.*, 2010 ; Lanaud *et al.*, 2009).

Pour le caractère nombre total de cabosses produites (Ntotcab) mesuré dans l'essai E6/5, la famille d'hybride F200 (SCA6 x P7) a produit le plus grand nombre de cabosses avec une valeur de 662,8 cabosses, traduisant le fort potentiel productif de cette famille. Toutefois trois familles d'hybrides F2 (P7 x GU 284A), F1 (P7 x GU 123B) et F10 (IFC 303 x GU 175A) impliquant un géniteur GU ont suivi la famille F200 avec des moyennes du Ntotcab, respectives, de 613,8; 598,7 et 596,5 cabosses. Ces valeurs moyennes sont nettement supérieures à celle du meilleur hybride (F203) actuellement vulgarisés en Côte d'Ivoire, dont la moyenne de production n'atteint que 378 cabosses. Cet écart met en évidence le gain potentiel de production en utilisant certains clones GU comme géniteurs dans un croisement annoncé par Bartley (2005) et Ofori *et al.* (2014). Pour le rendement potentiel annuel, les familles d'hybrides guyanaises F1 (P7 x GU 123B) et F2 (P7 x GU284B) ont enregistré les meilleurs rendements avec des

moyennes de 1566,86 et 1517,93 kg/ha/an dans l'essai E6/5. Dans l'essai TO, la famille F41 (GU139A x E6/1L11A23) s'est mieux comportée à la fois pour le nombre total de cabosses (Ntotcab) et le rendement potentiel annuel (Rpa), avec des moyennes respectives de 188,13 cabosses et 1103,1 Kg/ha/an. Ces résultats révèlent ainsi que certains parents Guyanais constituent également de bons géniteurs pour la productivité. Nos résultats corroborent ceux de Tahi *et al* (2012), qui ont démontré que les clones GU pourraient être de bons géniteurs pour améliorer la productivité.

S'agissant de la pourriture brune des cabosses en E6/5, les hybrides guyanais F1, F2, F3 et F4, avec un taux d'infection variant de 7 à 7,92 %, ont été meilleures pour la résistance au champ. Cela confirme l'intérêt des clones GU pour la résistance à *Phytophthora palmivora* et *Phytophthora megakarya* déjà soulignée par Paulin *et al.* (2005) et Lachenaud *et al.* (2007). Concernant le classement des familles d'hybrides pour la note de sensibilité foliaire au laboratoire, le résultat nous a révélé deux groupes. Le premier groupe composé de 4 familles guyanaises (F2, F1, F5 et F3) dont la note d'infection a varié de 1,42 à 1,60 autour du témoin résistant SCA6 (1,44) est considéré comme résistant avec la famille F2 (1,42) au dessus du SCA6. Le deuxième groupe composé de 21 familles dont la note d'infection a varié de 1,65 à 2,53 entre le témoin moyen PA150 (1,62) et le témoin sensible NA32 (3,25) est considéré comme moyennement résistant à *P megakarya*. Ces résultats montrent l'intérêt de l'utilisation du test foliaire comme un outil de discrimination précoce des génotypes, comme démontré par Nyassé *et al.* (1995), Tahi (2003) et Blaha *et al.* (2011).

Au niveau de la résistance à la pourriture brune des cabosses, l'analyse n'a révélé aucune différence significative entre les familles de l'essai TO. Par contre, en condition contrôlée d'évaluation de la résistance au laboratoire, deux groupes de sensibilité ont été mis en évidence entre les familles. Le premier groupe composé de 5 familles (F43, F14, F41, F18 et F15) dont les notes d'infections ont varié de 1,39 à 1,57 au tour du témoin résistant SCA6 (1,47) est considéré comme résistant avec la famille guyanaise F43 (1,39). Deux hybrides guyanais (F43 et F41) appartiennent à ce groupe avec F43 (1,39) au dessus du SCA6. Le deuxième groupe composé de 39 familles dont les notes d'infection ont varié de 1,64 à 2,47 entre le témoin moyennement sensible PA150 (1,60) et le témoin sensible NA32 (3,05) est considéré comme moyennement résistant. Signalons que dans l'essai, une apparente contradiction a été observée entre les résultats obtenus au champ (où aucune différence significative n'a été observée entre les familles) et ceux du laboratoire. Cela s'expliquerait par le fait que contrairement à la méthode d'évaluation du matériel végétal au laboratoire basée sur l'utilisation d'un inoculum calibré pour mieux cribler le matériel végétal, les conditions de champ où les facteurs

environnementaux sont moins bien contrôlés, la pression de la maladie due à *P. palmivora* n'aurait, probablement pas été suffisante pour discriminer les familles. En se basant sur le classement au laboratoire des familles d'hybrides dans les deux essais, il apparaît que la résistance intrinsèque des familles à *P. megakarya* est de nature horizontale, c'est-à-dire polygénique, comme déjà signalé par les travaux de Blaha & Lotodé (1975) et Tahi (2003).

Concernant les critères technologiques des fèves (Nfn, Pmff et Pm1fs), le témoin (UPA 409 x POR) a confirmé sa supériorité sur les autres familles dans les deux essais, en particulier en ce qui concerne le caractère poids moyen d'une fève sèche (Pm1fs). Pour le nombre de fèves normales par cabosse (Nfn), deux familles guyanaises F42 (41 fèves) et F43 (40 fèves) de TO, se sont distinguées par un meilleur remplissage des cabosses. Par ailleurs, douze familles guyanaises, dont dix issues de l'essai E6/5 et deux de l'essai TO, ont présenté des cabosses moyennement bien remplies, avec un nombre de fèves supérieur ou égal à 30 fèves par cabosse. Ces résultats indiquent, bien que certains clones guyanais présentent des limites pour le remplissage des cabosses, la descendance de certains pourrait être améliorée lorsqu'ils sont en croisement avec d'autres groupes génétiques du cacaoyer (Eskes *et al.*, 2000 ; Lanaud *et al.*, 2009 ; Ofori *et al.*, 2020). Nos résultats sont comparatifs à ceux de Feumba (2022) qui a trouvé des cabosses issues des hybrides ont présenté une moyenne de 32 à 41 fèves par cabosses. Les études de Lachenaud *et al.*, 2008) ont trouvé également un bon remplissage des cabosses avec les croisements impliquant des parents guyanais. Dans les deux essais, toutes les familles impliquant un parent Guyanais comme géniteur ont tous eu le poids moyen d'une fève de cacao marchand supérieur à la valeur minimale (1 g) établie par l'industrie du chocolat (Ofori *et al.*, 2016 ; Afoakwa *et al.*, 2010).

Le coefficient de corrélation entre le rendement potentiel annuel et le taux de cabosses pourries au champ a été négative mais significative ($r = -0,56$). Ces résultats montrent que les familles ou génotypes les plus productifs sont généralement ceux qui présentent les niveaux de pourriture brune les plus faibles. Ces résultats sont accord avec ceux de Tahi *et al.* (2017), Nyassé *et al.* (2007) et Ndoumbe-Nkeng *et al.* (2004), qui ont montré que la réduction des pertes dues à la pourriture brune des cabosses se traduit par une augmentation significative de la production au champ. Par ailleurs, la corrélation entre la note de sensibilité foliaire et la pourriture brune des cabosses au champ en E6/5 a été positive et significative ($r = 0,54$). Ce résultat traduit l'existence d'une relation linéaire entre les deux méthodes d'évaluation de la résistance. Cela montrerait que les génotypes présentant de faibles notes d'infection sur feuilles tendent également à exprimer une meilleure résistance à la pourriture brune des cabosses au champ. Nos résultats sont en accord avec ceux de Tahi (2003) qui a démontré qu'il est donc

possible de sélectionner une descendance ou un clone productif sur sa note moyenne de sensibilité obtenue par le test sur feuilles. En effet, à défaut d'attendre l'apparition des premières cabosses sur les arbres au champ pour démarrer le cycle de sélection, il paraît néanmoins intéressant d'évaluer les descendants ou les clones à la pépinière sur les disques foliaires. Ce qui permettrait d'accélérer le processus de sélection du matériel végétal pour la résistance à la pourriture brune des cabosses. En conséquence, l'intégration conjointe des évaluations au laboratoire et au champ constitue une stratégie efficace et complémentaire pour la sélection de génotypes de cacaoyer à la fois hauts producteurs et résistants à la pourriture brune des cabosses.

Les résultats des paramètres génétiques ont montré que la part d'additivité dans la variance génétique (V_A/V_G) a été plus importante pour le nombre total de cabosses (87,89 %), le taux de cabosses pourries (89,37 %), le rendement potentiel annuel (98,40 %), la vigueur végétative (84,41 %) et le rapport production/vigueur (78,57 %). Cette forte proportion de variance additive traduit une transmission essentiellement additive de ces caractères, indiquant que la sélection récurrente fondée sur les performances individuelles ou familiales serait particulièrement efficace pour leur amélioration. Des résultats similaires ont été trouvés par Tahi *et al.* (2017) et ainsi par Lachenaud (2009) qui ont montré que les caractères du rendement et de résistance à la pourriture brune des cabosses chez le cacaoyer sont majoritairement contrôlés par des effets additifs.

Les coefficients de variation génétique (CVG) et phénotypique (CVP) ont été faibles pour le rendement potentiel annuel, le nombre total de cabosses et la vigueur végétative. Les valeurs enregistrées ont varié de 0,50, 0,63 et 2,03 % pour le coefficient de variation génétique (CVG) et de 0,75, 1,08 et 2,39 % pour le coefficient de variation phénotypique (CVP). Toutefois, les écarts entre eux ont été élevés pour le nombre total de cabosses, le taux de cabosses pourries et le rendement potentiel annuel avec, respectivement, 70,13; 63,36 et 50,58 %. Ces résultats montrent que même si les coefficients de variation génétique (CVG) et phénotypique (CVP) ont été faibles pour les caractères de production mais élevés pour le taux de cabosses pourries au champ, ces deux paramètres sont en partie influencés par l'environnement. Selon Ofori *et al.* (2020), les facteurs déterminant le rendement et la pourriture brune des cabosses seraient influencés par les variations climatiques, notamment la pluviométrie, l'humidité relative, l'historique de culture et la nature des espèces d'ombrage. De même, Saul-Maora *et al.* (2003), puis Tahi *et al.* (2006), ont montré que les pertes dues à la pourriture brune des cabosses dépendent non seulement de l'espèce de *Phytophthora*, mais également des conditions environnementales prévalant pendant la période de fructification. Ces résultats confirment la

nécessité d'intégrer l'évaluation multilocale et pluriannuelle dans le programme de l'amélioration génétique du cacaoyer afin de mieux différencier les effets génétiques, des effets environnementaux et d'améliorer durablement la productivité et la résistance du cacaoyer à la pourriture brune des cabosses au champ.

Les héritabilités ont été relativement élevées pour tous les caractères évalués. Les valeurs ont variées de 0,30 à 0,60 au sens strict et de 0,35 à 0,72 au sens large. Cela suggérerait que la sélection basée sur les performances individuelles ou familiales pourrait être efficace pour ces caractères. La forte héritabilité au sens strict (h^2) et au sens large (H^2) pourrait confirmer l'additivité ces caractères, ce qui est avantageuse dans le programmes de sélection (Nyassé *et al.*, 2007). Ces résultats sont en accord avec les travaux d'Adomako (2006) et Nyadanu *et al.* (2012) qui ont montré que la résistance à la pourriture brune des cabosses et le rendement du cacaoyer sont sous le contrôle de l'effet additif.

Les valeurs des AGC du parent femelle P7 ont été élevées pour le nombre total de cabosses, le rendement potentiel annuel, la vigueur végétative et le poids moyen de fèves fraîches par cabosse. De même, les parents femelles IFC11 et IFC303 ont eu des AGC élevées pour le poids moyen de fèves fraîches par cabosses et le rapport production/vigueur. Ces résultats suggèrent que ces parents femelles impactent significativement les performances de leurs descendances pour ces caractères. Au niveau des géniteurs mâles, les clones guyanais ont obtenu les AGC homogènes pour le nombre total de cabosses et le taux de cabosses pourries. Lachenaud & Zhang (2008) ont montré qu'on penserait que les clones GU sont issus de l'hybridation spontanée des cacaoyers de même origine. Les clones GU123B et GU284A ont eu les meilleures AGC pour le rendement potentiel annuel. Nos résultats sont en accord avec ceux d'Ofori *et al.* (2014, 2020) qui ont montré une bonne AGC pour le rendement des géniteurs guyanais utilisés comme mâles dans un essai factoriel 3 x 8 mis en place au Ghana. En effet, Lachenaud & Zhang (2008) ont conclu que le potentiel des clones guyanais pourrait être exploité en les croisant avec d'autres groupes génétiques du cacaoyer.

Malgré les faibles valeurs des carrés moyens d'ASC pour les effets de l'interaction « femelles x mâles » dans cette étude, l'expérience a montré une variation d'ASC importante pour tous les caractères. Les familles F2 (P7 x GU284A) et F1 (P7 x GU123B) ont été à la fois meilleures pour le nombre total de cabosses, le taux de cabosses pourries et le rendement potentiel annuel. Ce résultat est cohérent avec le bon comportement des parents males GU123B et GU284AB croisés avec la parente femelle P7 pour la production et le taux de cabosses pourries. L'utilisation des hybrides impliquant un parent guyanais montre les performances à la fois pour la productivité et la résistance à la pourriture brune des cabosses. Ofori *et al.* (2020) ont trouvé

également de bonnes aptitudes spécifiques à la combinaison pour le rendement et le taux de cabosses pourries des familles impliquant un parent guyanais. Les descendances F9 (IFC303 x GU284A), F6 (PA15A x GU175A) et F10 (IFC303 x GU175A) ont eu un rapport production/vigueur élevée avec les valeurs respectives de 3,26, 3,31 et 3,38 cabs/cm². L'utilisation de ces hybrides devrait permettre de mieux prendre en compte les effets de concurrence entre les cacaoyers champ, en favorisant des arbres hautes producteurs et moins vigoureux. Ces résultats confirment les travaux de Tahi *et al.* (2012) ainsi que ceux de Nyadanu *et al.* (2012) et Ofori *et al.* (2020), qui ont montré que les hybrides impliquant des parents guyanais présentent une ASC favorable pour le rapport production/vigueur.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de sélectionner des clones GU pouvant être utilisés comme géniteurs pour l'amélioration des caractères d'intérêt agronomique, notamment les caractères de production et de résistance à la pourriture brune des cabosses dans deux essais intergroupes de CNRA. Les observations ont été réalisées de 2003 à 2022 pour l'essai E6/5 et de 2016 à 2022 pour l'essai TO. Au terme de ce travail, il a été trouvé que toutes les populations mise à l'épreuve sont différentes pour la plupart des caractères agronomiques et technologiques étudiés. La population guyanaise a été meilleure que les autres populations pour tous les paramètres de production étudiés en E6/5. Cette population a présenté, respectivement, 511,25 cabosses, 8,5 % de cabosses pourries, 206,97 cm² de vigueur végétative, 1182,89 kg/ha/an de rendement potentiel annuel et 2,71 cabs/cm³ pour le rapport production vigueur.

En TO, à l'exception du taux de cabosses pourries, de la vigueur végétative et du rapport production/vigueur, les guyanais ont été meilleurs pour le nombre total de cabosses, avec 151 cabosses et le rendement potentiel annuel avec 1010,06 kg/ha/an. Concernant le poids moyen d'une fève sèche, le témoin déjà diffusé en Côte d'Ivoire a été meilleure dans les deux essais. Les guyanais ont eu le poids moyen d'une fève sèche supérieur à 1 g dans chaque essai. Au niveau de la sensibilité foliaire des familles d'hybrides à *P. megakarya*, les résultats ont révélé que les guyanais ont été dans le groupe de résistant et moyennement résistant avec une famille guyanaise plus résistante que le témoin dans les deux essais.

Les résultats de la sélection des familles d'hybrides ont montré que trois familles guyanaises dont F1 (P7 x GU123) et F2 (P7 x GU284A) d'E6/5 et F41 (GU 139A x E6/1L11A23) de TO ont été meilleures pour le nombre total de cabosses et le rendement potentiel annuel. Les hybrides guyanais dans les deux essais ont eu un poids moyen d'une fève sèche supérieur à 1 g. Pour la résistance au champ à la pourriture brune des cabosses et la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya* au laboratoire, les familles d'hybrides F2 et F1 d'E6/5 ont été à la fois plus résistantes au champ et au laboratoire. En TO, les familles F43 et F41 ont été plus résistantes à la sensibilité foliaire à *Phytophthora megakarya*.

Les résultats des paramètres génétiques de 10 descendance issues d'un factoriel incomplet 6 x 3 ont montré le rapprochement entre les valeurs de l'héritabilité au sens strict et l'héritabilité au sens large pour tous les paramètres étudiés, suggérant une transmission additive des caractères. Les GU123B et GU284A ayant obtenue les meilleures AGC pour le rendement potentiel annuel ont donné des familles F2 (P7 x GU284A) et F1 (P7 x GU123B) qui ont obtenu les meilleures ASC pour le nombre total de cabosses, le taux de cabosses pourries, le poids moyen de fèves fraîches par cabosse, le rendement potentiel annuel et la vigueur végétative. Les résultats obtenus ont montré la performance des clones Guyanais et leurs descendance.

Cela démontre l'importance des clones guyanais dans un croisement pour l'amélioration des caractères agronomiques en général mais, particulièrement, pour les caractères de production et de résistance à la pourriture brune des cabosses. Il en résulte donc que les clones GU constituent réellement de véritables sources d'amélioration des paramètres agronomiques. C'est le cas des clones GU123B et GU284A et des familles d'hybrides telles que : F1 (P7 x GU 123-B), F2 (P7 x GU284-B) de l'essai E6/5 et les familles d'hybrides F41 (GU139A x E6/1 L11A23) et F43 (GU285B x E6/1 L11A23) de l'essai TO. Les performances des clones Guyanais, particulièrement pour les caractères de production et de résistance à la pourriture brune des cabosses suggèrent que ces clones doivent faire l'objet d'un essai multi local de confirmation en vue d'une sortie variétale qui sera prise en compte dans le programme d'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire.

Perspectives

Les résultats de cette thèse ouvrent sur les perspectives nécessaires pour la diffusion de matériel végétal plus performant adapté aux principales contraintes de production de cacao dans le contexte ivoirien :

- Rechercher réellement dans quel sens les clones guyanais peuvent être utilisés comme parents quand ils sont croisés avec la population HA ou BA + T;
- Evaluer la résistance au CSSV et à la sécheresse des clones GU284A et GU123B, des familles F1 et F2 de la parcelle E6/5 et les familles F41 et F42 de la parcelle TO, en vue de sélectionner des variétés qui sont à la fois hauts producteurs, résistantes à la pourriture brune des cabosses, à la sécheresse et au CSSV.
- Evaluer d'autres clones GU en intra et inter croisements

REFERENCES

- Acebo-Guerrero Y., Hernandez-Rodriguez A., Heydrich-Perez M., EL Jaziri M. & Hernandez-Lauzardo A.N. (2011). Management of black pod rot in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Review Fruits*, 67: 41-48.
- Adomako B. (2006). Analyse combinée de la capacité de l'incidence de la maladie de la pourriture noire dans les génotypes de cacao au Ghana. *Science tropicale*, 46 : 201-204.
- Adu-Acheampong R., Padi B., Ackonor J.B., Adu-Ampomah Y. & Opuku I.Y. (2007). Field performance of some local and international clones of cocoa against infestation by mirids. In: Eskes, A.B, Y, (Eds.), *Global Approaches to Cocoa Germplasm Utilization and Conservation*. Edition, CFC, Paris: 127-189.
- Akrofi A.Y. (2015). *Phytophthora megakarya*: a review on its status as a pathogen on cacao in West Africa. *African Crop Science Journal*, 23 (1): 67-87.
- Ali S., Shao J., Lary D.J., Kronmiller B.A., Shen D., Strem M., Amoako-Attah I., Yaw Akrofi A., Begoude D., Ten Hoopen G.M., Coulibaly K., Kébé B.I., Melnick R.L., Gultinan M.J., Tyler B., Meinhardt L.W. & Bailey B. (2017). *Phytophthora megakarya* and *Phytophthora palmivora*, closely related causal agents of cacao black pod rot, underwent increases in genome sizes and gene numbers by different mechanisms. *Genome Biology and Evolution*, 9 (3): 536-557.
- Alverson W. S., Whitlock B. A., Nyffeler R., Bayer C. & Baum D.A. (1999). Phylogeny of the core Malvales: Evidence from ndhF sequence data. *Journal of General Microbiology*, 86: 1474-1486.
- Alvim P.T. (1965). Ecophysiology of cacao tree. *International Cocoa Research Conference*, 15-20 November 1965, Abidjan; Côte d'Ivoire, pp 23-35.
- Anupama S., Sung H.P., Bhushan S., Kangmin K., Jong C.C. & Kui J.L. (2014). Biological Control of Oomycetous Plant Pathogens. *Journal of Science and Technology*, 15 (1) 157-166.
- Argout X, Salse J, Aury J.M, Gultinan M.J, Droc G, Gouzy J & Lanaud C. (2011). The genome of *Theobroma cacao*. *Nature Genetics*, 43(2) : 101–108.
- Assiri A.A, Deheuvels O, Keli Z.J, Kebe B.I, Konan A. & Koffi N. (2016). Identification des caractéristiques agronomiques pour le diagnostic et la prise de décision de régénération des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire. *African Crop Science Journal*, 24 (3) : 233-234.

- Assiri A.A., Yoro G.R., Deheuvels O., Kebe B.I., Keli Z.J., Adiko A. & Assa A. (2009). Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 8 (1): 55-66.
- Attard A., Gourgues M., Galiana E., Panabieres F., Ponchet M. & Keller H. (2008). Strategies of attack and defense in plant-oomycete interactions, accentuated for *Phytophthora parasitica* Dastur. *Journal of Plant Physiology*, 65: 83-94.
- Ayi K.A. (2017). Amélioration de la productivité des vergers de cacaoyers (*theobroma cacao* Linne.) pour une gestion forestière durable au togo. Thèse de Doctorat, UFR Sciences des Agroressources et Génie de l'Environnement, Université de Lomé, (Lomé, Togo), 160 p.
- Babacauh, K. D. (1980). Structure et dynamique des populations de *Phytophthora* sp. parasite du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Thèse de Doctorat d'état, UFR Environnement, Université de Paris-Sud, centre d'Orsay (Paris, France), 153 p.
- Babin R., Sounigo O., Dibog L. & Nyassé S. (2004). Field tests for antixenosis and tolerance of cocoa towards mirids. *Ingenic Newsletter*, 9 : 45-50.
- Baldauf S.L. (2008). An overview of the phylogeny and diversity of eukariotes. *Journal of systematics of evolution*, 46 : 263-273.
- Baradat P. & Labbé T. (1995). OPEP. Un logiciel intégré pour l'amélioration des plantes pérennes, in *Séminaire de biométrie et de génétique quantitative*, CIRAD-CP, Montpellier, France, pp 303–330.
- Baradat P. (1982). La génétique quantitative : modèles statistiques et génétiques de base. *INRA, recherches forestières, laboratoire amélioration*, Paris (France), 205 p.
- Bartley B.G. (2005). The genetic diversity of cacao and its utilization. CABI Publishing, Massachusetts. *Scientific research an Academic publisher*, Barcelona (España), 10 p.
- Bastide P & Sounigo O. (1993). Production de semences hybrides de cacaoyer en Côte d'Ivoire essais de différentes pollinisations manuelles. *Tropical Agriculture*, 21: 144-159.
- Besse J. (1977). La sélection générative du cacaoyer en Côte d'Ivoire : bilan et orientation des recherches. 5ème Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, (Ibadan, Nigéria), 95-103.
- Blaha G. & Lotode R. (1976). Un caractère primordial de sélection du cacaoyer au Cameroun: la résistance à la pourriture brune des cabosses. Variations des réactions à la maladie

- en liaison avec les données écologiques et l'état physiologique des fruits. *Café Cacao Thé*, 20 (2) : 97-116.
- Blaha G. & Lotodé R. (1975). Un critère primordial de sélection du cacaoyer au Cameroun : la résistance à la pourriture brune des cabosses (*Phytophthora palmivora*). Variations des réactions à la maladie en liaison avec les données écologiques et l'état physiologique des fruits. *Café Cacao Thé*, 20 : 97–116.
- Bowers J.H., Bailey B.A., Hebbar P.K., Sanogo S. & Lumsden R.D. (2001). The impact of plant diseases on world chocolate production. Online. *Plant Health Progress*, 15 (1) : 17-85.
- Boyer J. (1970). Influence des régimes hydrique, radiatif et thermique du climat sur l'activité végétative et la floraison de cacaoyers cultivés au Cameroun. *Café Cacao Thé*, 14 (3) : 189-200.
- Burle L. (1962). Le cacaoyer. Tome deuxième. G-P. Maisonneuve et Larose, Cacao using cloned DNA of cacao swollen shoot virus and particle bombardment. *Mol Plant Pathol*, 84 : 1229-1243.
- Brasier C.M. & Griffin M.J. (1979). Taxonomy of *Phytophthora palmivora* on cocoa. Transactions of the British Mycological. Society, 72: 111-143.
- Braudeau J. (1969). Le cacaoyer. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris (France), 304 p.
- Brou Y.T. (2005). Climat, mutations socio- économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master en Sciences et Technologies, Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Paris Sud de (Lille, France), 212 p.
- Brunt A.A., Kenten R.H. & Nixon H.L. (1964). Some properties of cocoa swollen shoot virus. *Journal of General Microbiology*, 36: 303-309.
- Charles D.P., Blanc P., Larpin D., Ledru M.P., Riera B., Sarthou C., Servant M. & Tardy C. (1998). Forest perturbations and biodiversity during the last ten thousand years in French Guiana. *Acta Oecol. International. Journal. Ecologie*, 19 : 295–302.
- Charmetant P. & Leroy T. (1990). Méthodologie des essais de sélection en Côte d'Ivoire. *XIIème Colloque Scientifique International sur le café*, 12-10 Octobre 1990, ASIC, Paris, France, pp 496-501.
- Cheesman E.E. (1944). Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. *Tropical Agriculture*, 21: 144-159.

- Cheserek J.J., Ngugi K., Muthomi J.W. & Omondi C.C. (2020). Genetic variability, heritability and correlation of quantitative traits for Arabusta coffee (*C. arabica* L. X Tetraploid *C. canephora* Pierre). *J. Plant Breed. Crop Science*, 12 (1): 50-57.
- Chevaugéon J. (1973). Synthèse et bilan. Cah. ORSTOM. Third Meeting of the Africa Sub-Work Group on *P. palmivora*. Accra, Ghana. *Science Biology*, 20 : 101-104.
- Cilas C., Goebel F.R., Babin R. & Avelino J. (2015). Bioagresseurs des cultures tropicales face au changement climatique : quelques exemples, in: Changement climatique et agriculture du monde, CIRAD-AFD. Qae, pp 75-83.
- Cilas, C., Ndoumbe-Nkeng M. & Eskes A.B. (2010). Field and laboratory evaluation of resistance to black pod disease in cocoa. *Plant Pathology*, 59 : 678-688.
- Cilas C. & Despréaux, D. (2004). Improvement of Cocoa Tree Resistance to *Phytophthora* Diseases, Paris (France), 176 pp.
- Cilas C. (1991). Estimation de quelques paramètres génétiques pour différents plans de croisement chez le cacaoyer. *Café-Cacao-Thé*, 35 (1) : 3-14.
- Clark P.J. & Kempthorne O. (1957). An introduction to genetic statistics. *Journal of Mammalogy*, 39 (2) : 313p.
- Clément D., N’Goran J., Paulin D., Lachenaud D., Sounigo O. & Eskes A. (1996). Amélioration génétique du cacaoyer en Côte d’Ivoire. *Actes de la douzième Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère*, 12-Avril 1996, Paris, France, pp 337-344.
- Clément D. (1986). Cacaoyers de Guyane. Prospections. *Café Cacao Thé* (Paris), 30 : 11-36.
- Cotterell G. S. (1926). Preliminary study of the life history and habits of *Sahlbergella singularis* Hagl and *Sahlbergella theobroma* Dist. *Bulletin of the Department of Agriculture of the Gold Coast*, 3 : 1-26.
- Coulibaly K., Fofana I.J., Dibi, G.F., Soro T.C., N’dri K.N., Guiraud B.S., N’Guessan W.P., Acka K., Tahi M., Assi M., Kone D. & N’guessan F. (2023). Incidence de la pourriture noire des cabosses du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) et caractérisation de *Botryodiplodia theobromae*, agent causal en Côte d’Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 184 : 19349-19364.
- Coulibaly K. (2014). Etude de la structure des populations de *Phytophthora* spp, agent de la pourriture brune des cabosses de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d’Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR Biosciences de l’Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d’Ivoire), 190 p.

- Coulibaly K., Kebe I.B., Koffi N.K., Mpika J. & Kone D. (2013). Caractérisation des isolats de *Phytophthora* spp. du verger cacaoyers de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Bioscience*, 70 : 5567-5579.
- Cuatrecasas J. (1964). Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contribution from the United States. *Herbarium*, 35: 379-614
- Dagnelie P. (1986). Théorie et méthodes statistiques, Gembloux (Belgique), tome 2, 463 p.
- Dakwa J.T. (1988). A serious outbreak of black pod disease in a marginal area of Ghana. Proc. X Intern. Cocoa Research Conf, Santo Domingo, Dominican Republic, 447-452.
- Dakwa J.T. (1987). A serious outbreak of blackpod disease in a marginal area of Ghana. In: 10th Cacao Research Conference, Santo Domingo, 447-451.
- Daymond A.J., Ngoh N.E. & Beg M.S. (2021). Morphological diversity and canopy adaptation in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Experimental Agriculture*, 57(5) : 651–668.
- Deberdt P., Mfegue C. V., Tondje P.R., Bon M.C., Ducamp M., Hurard C., Begoude B.A.D., Ndoumbe-Nkeng M., Hebbat P.K. & Cilas C. (2008). Impact of environmental factors chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *biological Control*, 44: 149-159.
- De Bary A. (1876). Researches into the nature of the potato-fungus, *Phytophthora infestans*. *Journal Botanique*, 14: 105-126.
- De Granville J.J. (1982). Rain forest and xeric Xora refuges in french Guiana. In: Prance, G.T. (Ed.), *Biological Diversification in the Tropics*. Columbia Univ. Paris (France) : 159-181.
- Demarly Y. (1977). Génétique et Amélioration des plantes. *Collection scientifique agronomique*. Ed, Masson, Paris (France), 287 p.
- Demol J. (2002). L'amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Ed. *Presses Agronomiques Gembloux*, 560 p.
- Dias L.A.S (2001). Origem e dispersão de *Theobroma cacao* L.: um novo cenário. In : DIAS, L.A.S. (Ed). *Melhoramento genético do cacauero*. Viçosa (Brasil) : 81-127.
- Dick M.W. (2001). Straminipilous fungi: systematics of the speronosporomycetes, including accounts of the marine straminipilous protists, the plasmodiophorids, and similar organisms. Dordrecht, the Netherlands, *Kluwer Academic publishers*, 670 p.

- Djiekpor E.K., Partio T.M. & Lucas P. (1982). La pourriture brune des cabosses du cacaoyer due à *Phytophthora* sp. au Togo : détermination des espèces responsables. *Café Cacao Thé*, 26 (2): 97-108.
- Djocgoue P.F., Nyassé S., Cilas C., Njiayouom I. & Eskes A.B. (2007). Evaluation of cocoa genotypes for resistance to *Phytophthora palmivora* and *Phytophthora megakarya* in Cameroon. *Plant Breeding*, 126 (3) : 283–289.
- Efombagn M.I.B., Bieysse D., Nyassé S. & Eskes A.B. (2011). Selection for resistance to *Phytophthora* pod rot of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Cameroon: Repeatability and reliability of screening tests and field observations. *Crop Protection*, 30 (2) : 105-110.
- Erwin D.C., Bartnicki-garcia S. & Tsao P.H., (1983). *Phytophthora: its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology*, Paris (France), 392 p.
- Erwin D.C. & Ribiero O.K. (1996). *Phytophthora* diseases world-wide. American Phytopathological Society, Paris (France), 562 p.
- Eskes A. (2004). Cocoa Productivity and Quality Improvement, a participatory approach. In Cocoa germplasm improvement: global and participatory approaches. CFC, ICCO, IPGRI. Rome, 52 p.
- Eskes A.B. (2001). CFC/ICCO/IPGRI Project on Cocoa Germplasm Utilization and Conservation: a Global Approach. Appendix to Six-Month General Progress Report (Year 4). IPGRI, 42 p.
- Eskes A.B., Amores F. & Mena M. (2000). Cocoa breeding for improved productivity and disease resistance. *INGENIC Proceedings*. CIRAD, 41 p.
- Eskes A.B. (1993). Cocoa breeding: strategies and methodologies. Proceedings of the International Cocoa Breeding Workshop. INGENIC, 34 p.
- Facon B., Jarne P., Pointier J.P. & David P. (2005). Hybridization and invasiveness in the freshwater snail *Melanoides tuberculata*: hybrid vigour is more important than increase in genetic variance. *Journal of Evolutionary Biology*, 18: 524-535.
- Falconer D.S. & Mackay T. F. (1996). Introduction to quantitative genetics. Harlow, Essex: Addison Wesley Longman, 464 p.
- Feumba T.B. (2022). 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. Thèse

- de Doctorat/Ph.D. UFR : Biologie des Organismes Végétaux, Université de Yaounde I (Yaounde, Cameroun), 174 p.
- Freud E.H., Petithuguenin P. & Richard J. (2000). Les champs de cacao: un défi de compétitivité Afrique Asie. Editions Karthala et CIRAD, Paris (France), 207 p.
- Gallais A. (2011). Méthodes de création de variétés en amélioration des plantes. *Ed. Quae* Versailles (France), 278p.
- Gallais A. (2009). Hétéroosis et variétés hybrides en amélioration des plantes Paris. *Ed. Quae*, Versailles (France), 356p.
- Guest D. (2007). Black pod : Diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. *Phytopathology*, 97 : 1650-1653.
- Guillaumet J.L. & Adjanohoun E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Crop Protection*, 50 : 157-263.
- Guiraud B.S.H., Tahi G.M., Coulibaly K., Pokou D., Assi E.M., Goure Bi F., Atchii M.Y., Minakou S.O., Lachenaud P. & Zoro I.A. (2021). Breeding of cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) resistant to *Phytophthora megakarya*, agent of black pod disease in Côte d'Ivoire. *International journal of advanced research*, 9 (09) : 793-803.
- Gupta V.P. & Singh K.P. (1973). Combining ability for yield and its components in pearl millet. *Ind. J. Genet and plant breed*, 33: 183-186.
- Gregory P.H. (1983). Somme major epidemics caused by *Phytophthora* In. SOCIETY, A. P. (ed.) *Phytophthora: Its biology, Taxonomy, Ecology, and pathology*. Am. *Phytophthora*. Soc., St Paul, MN, pp. 271-278.
- Harutyunyan S.R., Zhao Z., Den hartog T., Bouwmeester K., Minnaard A.J., Feringa B.L. & Govers F. (2008). Biologically active *Phytophthora* mating hormone prepared by catalytic asymmetric total synthesis. *Journal of Animal & plant Sciences*, 105 : 8507-8512.
- Herman A., Jürgen P. & Pérez V.D. (2010). Growth and production of cacao. Soils, plant Growth and crop production, 10 p.
- Holmes, K. A., Evans, H. C., Wayne, S. & Smith, J. (2003). *Irvingia*, a forest host of the cocoa black-pod pathogen, *Phytophthora megakarya*, in Cameroon. *Plant Pathology*, 52 : 486-490.

- ICCO (2025). Production of cocoa beans (thousand tonnes), international cocoa organization.
Source : ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Côte d'Ivoire, 20025.
Rapport, du ICCO, 15 p.
- ICCO (2017). Production mondiale de fèves de cacao en volume par pays, Côte d'Ivoire, 2016.
Rapport final, du ICCO, 8 p.
- ICCO (2015). What are the effects of intensive commercial production of cocoa on the environment. Westgate House W5 1YY, United Kingdom, Côte d'Ivoire, 2015.
Rapport Annuel, du ICCO, 7 p.
- ICCO (2014). Quarterly bulletin of Cocoa statistics, Côte d'Ivoire, 2014. Rapport Annuel, du ICCO, 11 p.
- ICCO (2013). Quarterly bulletin of cocoa statistics, Côte d'Ivoire, 2013. Rapport Annuel, du ICCO, 10 p.
- Judelson H.S. & Blanco F.A. (2005). The spores of *Phytophthora*: weapons of the plant destroyer. *Journal of Animal & plant Sciences* 3 : 47-58.
- Kanaté M., Assi K.J.L. & Silué K. (2025). La logistique amont du cacao et son incidence sur l'informalité et la durabilité de cette filière agricole dans le Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & plant Sciences*, 9 : 69-77.
- Kassin K.E. (2022). Etude des conditions pédoclimatiques pour la replantation cacaoyère dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire : Cas des départements de Divo et de Gagnoa. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 167 p.
- Keane, P.J. (1992). Diseases and pests of cocoa: an overview. In: Keane, P.J. and Putter, C.A.J. (eds) *Cocoa Pest and Disease Management in Southeast Asia and Australasia*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 112. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, pp 1-11.
- Kébé I.S., Koné Y.R., Kouamé K.D., Paulin D. & Ducamp M. (2009b). Structure et dynamique des populations de *Phytophthora* sp parasite du cacaoyer en Côte d'Ivoire. *16th International Cocoa Research Conference*, Cocoa Producers' Alliance (COPAL), Bali, Indonésie, p. 216.
- Kébé I.B., Mpika J., N'guéssan K.F., Hebban P.K., Samuels G.S. & Ake S. (2009a). Isolement et identification de microorganismes indigènes de cacaoyères en Côte d'Ivoire et mise en évidence de leurs effets antagonistes vis-à-vis de *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses. *Sciences & Nature*, 6 (1): 71-82.

- Kébé B.I. (1999). Rapport d'activité 1998, Programme Café Cacao Cola, CNRA, Côte d'Ivoire, 39 p.
- Knight R. & Rogers H. (1955). Incompatibility in *Theobroma cacao* heredity *Animal For Sciences*, 9 : 67-69.
- Konandi J.M. (2021). Côte d'Ivoire : Le cacao a rapporté 5,4 milliards \$ de recettes d'exportation en 2020, <https://www.sikafinance.com/marches/cote-divoire>.
- Koné Y.R. & Kébé I.B. (1998). Etude de la structure actuelle des populations de *Phytophthora* sp. agents de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. Mémoire de D.A.A. Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & plant Sciences*, 35 (3): 5706-5714.
- Koua S.H., Coulibaly N.A.M.D. & Alloueboraud W.A.M. (2018). Caractérisation des vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire : cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(3): 5706-5714.
- Kouakou K. (2014). Diversité moléculaire du CSSV (Cocoa swollen shoot virus) et épidémiologie de la maladie du swollen shoot du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat. UFR Biosciences de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 153 p
- Kouamé N., N'Guessan F., N'Guessan H., N'Guessan P. & Tano Y. (2014). Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région de l'Indénie-Djuablinen Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 83: 7595-7605.
- Kouassi M.O. (2021). Amélioration du caféier *coffea canephora* pierre ex froehner par hybridation interspécifique : étude de descendance issues de croisements avec les espèces diploïdes *c. congensis* a. froehner et *c. liberica* bull ex hiern. Thèse de Docteur, UFR Biotechnologie, Bioressources et Biosécurité, Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 238 p
- Lachenaud P. (2015). Wild cacao trees (*Theobroma cacao* L.) in French Guiana. *Academic Journal of Suriname*, 160 : 555-560.
- Lachenaud P., Paulin D., Ducamp M.N. & Thévenin J.M. (2010). Les clones spontanés GU de Guyane Française : synthèse des résultats acquis et aide au choix de géniteurs. *Agritrop* 540-546.
- Lachenaud P. & Zhang D (2008). Genetic diversity and population structure in wild stands of cacao trees (*Theobroma cacao* L.) in French Guiana. *Ingenic Newsletter*, 65: 310-316.

- Lachenaud P., Paulin D., Ducamp M. & Thevenin J.M. (2007). Twenty years of agronomic evaluation of wild cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) from French Guiana. *Scientia Horticulturae*, 113: 313-321.
- Lachenaud P., Oliver G., Bastide P. & Paulin D. (2006a). Le remplissage des cabosses des cacaoyers spontané's de Guyane (*Theobroma cacao* L.). *Plant Genetic Resources Newsletter*, 153 : 105-114.
- Lachenaud P., Paulin D., Ducamp M.N. & Thévenin J.M. (2006b). Les clones spontanés GU de Guyane Française : synthèse des résultats acquis et aide au choix de géniteurs. *Conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 12-08 Novembre 2006, Costa Rica, pp 539-548.
- Lachenaud P. & Olivier G. (2005b). Compatibility and duration of pod maturation in Guiana wild cacao trees-preliminary results. *Ingenic Newsletter*, 10 : 20-22.
- Lachenaud P., Sounigo O. & Salle B. (2005a). Les cacaoyers spontanés de Guyane française : état des recherches. *Acta Bot Gallica*, 152 (3): 325-346.
- Lachenaud P., Sounigo O. & Olivier G. (2004). Description of genetic structure in Guianan wild cacao trees (*Theobroma cacao* L.) using isozyme electrophoresis. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 19 : 24-30.
- Lachenaud P., Eskes A., N'Goran J.A.K., Clément D., Kébé I., Tahi M. & Cilas C. (2001b). Premier cycle de sélection récurrente en Côte d'Ivoire et choix des géniteurs du second cycle. *Proceedings of the 13th International Cocoa Research Conference*, 9-14 October 2000, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, pp. 9-14.
- Lachenaud P. & Oliver G. (2001a). Variability in various agronomic traits of wild cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) from the Camopi and Tanpok basins in French Guiana. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 28 : 35-40.
- Lachenaud P., Olivier G. & Letourmy P. (2000). Agronomic assessment of wild cacao tree (*Theobroma cacao* L.) from the camopi and tanpok basins in French Guiana. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 12, 125-630.
- Lachenaud P., Bonnot F. & Oliver G. (1999). Use of floral descriptors to study variability in wild cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) in French Guiana, *Genet. Resour. Crop Evol*, 46 : 491-500.
- Lachenaud P., Mooleedhar V., Couturier C. (1997). Wild cocoa trees in French Guiana. New surveys, *Plant. Rech. Dev.* 4 (1997), 25-32.

- Lachenaud P. (1995). Variations in the number of beans per pod in *Theobroma cacao* L. in the Ivory Coast. III-Nutritional factors, cropping effects and the role of boron. *Archives Virology*, 70 (1) : 7-13.
- Lachenaud P., Clément D., Salée B., Bastide P. (1994). Le comportement en Guyane de cacaoyers sélectionnés en Cote d'Ivoire. See discussions, stats, and author profiles for this publication at, Paris (France), 13 p.
- Lachenaud P. (1994). Description du remplissage incomplet des cabosses chez *theobroma cacao* L. en Côte d'Ivoire *Café Cacao Thé*, 38 : 81-89.
- Lachenaud P. & Sallée B. (1993). Les cacaoyers spontanés de Guyane. Localisation, écologie, morphologie. *Café Cacao Thé* (Paris), 37 (2) : 101-114.
- Lachenaud P. (1991). Facteurs de la fructification chez le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) Influence sur le nombre de graine par fruit. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris (France), 186 p.
- Laloë D. (2011). La genèse et le développement des concepts de l'évaluation génétique classique. *Journal of the history of biology*, 24: 323-330.
- Lanaud C., Fouet O., Legavre T., Lopes U., Olivier Sounigo O., Eyango M.C., Mermaz B., Da Silva M.R., Solorzano R.G.L., Xavier Argout X., Gabor Gyapay G., Ebaiarrey H.E., Colonges K., Sanier C., Rivallan R., Mastin G., Cryer N., Boccara M., Verdeil J.L., Mousseni I.B.E., Gramacho K.P. & Clément D. (2017). Deciphering the *Theobroma cacao* self-incompatibility system: from genomics to diagnostic markers for self-compatibility. *Journal of Experimental Botany*, 16 : 459-625.
- Lanaud C., Fouet O., Clément D. (2009). Genetic architecture of yield and resistance traits in cocoa. *Tree Genetics & Genomes*, 5 : 329–337.
- Lanaud C., Motamayor J.C., Sounigo O. (1999). Le cacaoyer In: Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. Collection Repères, Cirad (France), 387 p.
- Lanaud C. (1987). Nouvelles données sur la biologie du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) : diversité des populations, système d'incompatibilité, haploïdes spontanés, leurs conséquences pour l'amélioration génétique de cette espèce; Thèse de Doctorat, amélioration des plantes, Université de Paris-Sud, Orsay (France), 262 p.
- Lecomte H. & Chalot C. (1897). Le cacaoyer et sa culture. G. Carre et C. Naud, éditeurs, Paris, 121 p.
- Ledru M.P., Blanc P., Charles-Dominique P., Fournier M., Martin L. & Riera B., Tardy C. (1997). Palynological reconstruction of the rain forest in French Guiana during the

- past 3000 years. C. R. Acad. Sci. II Fascicule a-Sciences De La Terre Et Des Planetes, Paris, p 469-476.
- Leroy T. (1993). Diversité, paramètres génétiques et amélioration par sélection réciproque du caféier *Coffea canephora* P. Thèse de Doctorat, Agronomie de Rennes Ecole, Nationale Supérieure Montpellier (Montpellier, France), 147p.
- London U.K, Bereau M., Lachenaud Ph & Planquette P. (1992). Le cacaoyer en Guyane française. *Les Cahiers d'OutreMer*, 179 : 349-356.
- Loor 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 à l'école nationale supérieure agronomique de montpellier supagro, 201 p.
- Lotodé R. & Lachenaud P. (1988). Méthodologie destinée aux essais de sélection du cacaoyer. *Café Cacao Thé*, Paris : 275-292.
- Luterbacher M.C. & Akrofi A.Y. (1994). The current status and distribution of *Phytophthora megakarya* in Ghana. Xie Cof. Inter. Rech. Cacaoyère, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 29-35.
- Matta C. (2010). Spontanous genertion and disease causation: Anton de bary's experimentes with phytophthora infectans and late blight of potato. *Journal of the history of biology*, 43: 459-491.
- Medeiros A.G. (1967). Caracterizacao de area Foco da podridao parda. Infome Technico CEPEC, Paris (France) : 38-39.
- Mekue N.Q. (2016). Fffet de deux isolats de *Phytophthora megakarya* sur quelques clones parentaux et hybrides de cacaoyer (*theobroma cacao* L.) du groupe Trinitario. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur de l'Enseignement Secondaire, 2e Grade (DI.P.E.S. II), Département des sciences biologiques, Université de Yaoundé I (Yaoundé, Cameroun), 72 p.
- Mfegue C. V. (2012). Origine et mécanismes de dispersion des populations de *Phytophthora megakarya*, pathogène du cacaoyer au Cameroun. Thèse de Docteur, Spécialité, Biologie Intégrative des Plantes (BIP) de Montpellier SupAgro (Montpellier Fance), 186 p.
- Mohammadi S.A., Prasanna B.M. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants-Salient statistical tools and consideration. *Crop Science*, 43 : 1235-1248.
- Montagnon C. (2000). Optimisation des gains génétiques dans le schéma de sélection réciproque de *Coffea canephora* Pierre. Thèse de Doctorat, ENSA Montpellier (France), 133 p.

- Morris D. (1882). Cocoa : how to grow and how to cure it. Jamaica, Paris (France), pp 1-45.
- Mossu G., Paulin D. & De R.P. (1981). Influence de la floraison et de la pollinisation sur les rendements du cacaoyer. Liaisons mathématiques entre les données expérimentales. Equation du rendement. *Café, Cacao, Thé*, 25 : 155-168.
- Mossu G. (1990). Le cacaoyer. Le technicien d'agriculture tropicale Edition Maisonneuve et Larose, Paris (France), 159 pp.
- Motamayor J.C., Risterucci A.M., Heath M. & Lanaud C. (2003). Cacao domestication II: progenitor germplasm of Trinitario cacao cultivar. *Heredity*, 91: 322-330.
- Motamayor J.C., Risterucci A.M., Lopez P.A., Ortiz C.F., Moreno A. & Lanaud C. (2002). Cacao domestication I : the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89 : 380–386.
- Motamayor J.C. (2001). Etude de la diversité génétique et de la domestication des cacaoyers du groupe Criollo (*Theobroma cacao* L.) à l'aide de marqueurs moléculaires. Thèse de doctorat, amélioration des plantes, Université Paris XI (Orsay, France), 179 p.
- Motamayor J.C., Lachenaud P., Da S.E., Mota J.W., Loor R., Kuhn D.N., Brown J.S. & Schnell R.J. (2008). Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L.). *Archives Virology*, 10 : 13-71.
- Mpika J. (2010). Isolement et identification de microorganismes indigènes de cacaoyères et mises en évidence de leurs effets antagonistes vis-à-vis de *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat. UFR Bioscience, Université de Cocody (Côte d'Ivoire), 259 p.
- Mpika J., Kébé I.B., Issali A.E., N'Guessan F.K., Druzhinina S., Komon-Zélazowska M., Kubicek C. P. & Aké S. (2009). Antagonist potential of *Trichoderma* indigenous isolates for biological control of *Phytophthora palmivora* the causative agent of black pod disease on cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Côte d'Ivoire. *African Journal of Biotechnology*, 8 (20) : 5280-5293.
- Muller E. (2016). Cacao Swollen Shoot Virus (CSSV): History, Biology, and Genome, in: Bailey, B.A., Meinhardt, L.W. (Eds.), Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters. *Springer International Publishing*, 12 : 337-358.
- Ndoumbe-Nkeng M., Cilas C., Nyemb E.S., Bieysse D., Flori A. & Sache I. (2004). Impact of removing diseased pods on cocoa black pod caused by *Phytophthora megakarya* and on cocoa production in Cameroon. *Crop Protection*, 36 : 415-424.

- Ndoungué D.M.M. (2020). Origine et modes de dispersion des épidémies dues à *Phytophthora megakarya* dans les systèmes de cacaoculture innovants au Cameroun. Thèse pour obtenir le grade de docteur de montpellier supagro en biologie des interactions (bdi). École doctorale GAIA-Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau Portée par l'Université de (Montpellier), 196 p.
- N'Goran J.A. & Eskes A. (2004). Cocoa germplasm improvement: global and participatory approaches. Rome, CFC/ICCO/IPGRI Projects Workshop Reading (Royaume Uni). Agritrop, 42 p.
- N'Guessan K.F., Eskes A.B. & Lachenaud P. (2007). Mirid resistance studies in Côte d'Ivoire: field observations on recent and cumulative damage. In: Eskes, A.B., Efron, Y. (Eds), Global Approaches to Cocoa Germplasm Utilization and Conservation. CFC Technical, Paper, pp. 170-181.
- N'Guessan K., Eskes A. & Lachenaud P. (2006). Mirid resistance studies in Côte d'Ivoire: field observations on recent and cumulative damage. In: Global approaches to cocoa germplasm utilization and conservation: Final report of the CDC/CCO/IPGRI project on "Cocoa germplasm utilization and conservation: A global approach" (1998-2004). CFC, ICCO, IPGRI. Amsterdam: CFC, 170-176.
- N'Guessan F., Eskes A.B. & Lachenaud P. (2005). Study on the resistance of cocoa trees to mirids in Côte d'Ivoire: classification of major groups by their level of resistance / 49 sensitivity. *Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère*, 10, 14 Septembre 2003, Accra, Ghana, pp 559-565
- N'Guessan F., Eskes A.B. & Lachenaud P. (2003). Study on the resistance of cocoa trees to mirids in Cote-d'Ivoire: Classification of major groups by their level of resistance/sensitivity. *Conference Internationale sur la Recherche Cacaoyere*, 10-12/2003, Accra, Ghana, p 10-18.
- Nyadanu D., Akromah R., Adomako B., Kwoseh C., Lowor S.T., Dzahini-Obiatey H., Akrofi A.Y. & Assuah M.K. (2012). Études sur l'héritage et la capacité générale de combinaison des gousses détachées, des disques foliaires et de la résistance naturelle en champ à *Phytophthora palmivora* et *Phytophthora megakarya* chez le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). *Euphytica*, 188 : 253-264.
- Nyassé S., Cilas C., Herail C. & Blaha G. (2007). Genetic resistance of cocoa (*Theobroma cacao* L.) to *Phytophthora megakarya* and *Phytophthora palmivora*. *Euphytica*, 155 : 273–288.

- Nyassé S., Cilas C. & Eskes A.B. (2003). Leaf disc inoculation as an early screening test for cocoa resistance to *Phytophthora megakarya*. *Euphytica*, 130 (1) : 89-94.
- Nyasse S., Grivet L., Risterucci A.M., Blaha G., Berry D., Lanaud C. & Despreaux D. (1999). Diversity of *Phytophthora megakarya* in Central and West Africa revealed by isozyme and RAPD markers. *Mycological Research*. 103, 1225-1234.
- Nyasse 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 : Sciences Agronomiques : Institut national polytechnique de Toulous. Toulouse : INPT, 160 p
- Nyassé S., Cilas C., Herail C. & Blaha G. (1995). Leaf inoculation as an early screening test for cocoa (*Theobroma cacao* L.) resistance to *Phytophthora* black pod disease. *Crop Protection*, 14 : 657-663.
- Ofori A. Padi F.K & Amoako-Attah I. (2020). Field evaluation of cacao progenies derived from Guiana clones for yield and black pod disease resistance. *Crop Science*, 60 : 249-261.
- Ofori A., Padi F.K., Assuah M.K. & Anim-Kwapong G.J. (2014). Broadening the gene pool of cacao (*Theobroma cacao* L.) progenies with Guiana clones: Establishment and precocity traits. *Journal of Crop Improvement*, 28 : 715-728.
- Ojebowa I. (2021). Impact des plantes barrières sur les modes de dispersion et de distribution spatiale des principales espèces de cochenilles vectrices de la maladie du cocoa swollen shoot virus (cssv) à soubré (sud-ouest de la côte d’ivoire). Pour l’obtention du Diplôme de Master II, UFR Entomologie et Gestion des Ecosystèmes, Université Félix Houphouët- Boigny (Abidjan, Côte d’Ivoire), 74 p.
- Opoku-Ameyaw K, Anim-Kwapong G.J. & Asare R. (2010). Effect of drought on growth, yield, and pod quality of some cocoa clones. *African Crop Science Journal*, 18 (2) : 65–76.
- Opoku I.Y. (2004). Field and laboratory characterization of *Phytophthora palmivora* and *Phytophthora megakarya* in Ghana. Technical Bulletin No. 15, Cocoa Research Institute of Ghana (Akim-Tafo), 24 p.
- Opoku I. Y., Akrofi A. Y. & Appiah A. A. (2002). Shade trees are alternative hosts of the cocoa pathogen *Phytophthora megakarya*. *Crop Protection*, 21: 629-634.

- Oro Z.F., Mississo E., Okassa M., Guilhaumon C., Fenouillet C., Cilas C. & Muller E. (2012). Geographical differentiation of the molecular diversity of Cacao swollen shoot virus in Togo. *Archives Virology*, 157: 509-514.
- Oro Z.F. (2011). Analyse des dynamiques spatiales et épidémiologie moléculaire de la maladie du swollen shoot du cacaoyer au Togo : Etude de la diffusion à partir des systèmes d'information géographiques. Thèse de Doctorat, école doctorale sibaghe Biologie des Systèmes Intégrés, Agronomie, Hydrologie et Environnement à Montpellier SupAgro1, 30-262.
- Ortiz-Garcia C.F. (1996). Etude de la diversité génétique de populations de *Phytophthora* pathogènes du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) et du cocotier (*Cocos nucifera* L.). *Thèse de doctorat*, Université Paul Sabatier, Paris (Toulouse), 85 p.
- Ortiz-Garcia C.F., Herail C. & Blaha G. (1994). Year. Utilisation des isoenzymes en tant que marqueurs pour l'identification spécifique des *Phytophthora* responsables de la pourriture brune des cabosses dans les pays producteurs de cacao. *XI th International Cocoa Research Conference*, 08-12- Novembre 1994, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, pp 135-143.
- Ouattara S.M. (2015). Impact de *tapinanthus bangwensis* (engl & krause) sur les parametres de production du cacaoyer (*theobroma cacao* l.). Pour l'obtention du Brevet de Technicien Supérieur Agricole Option : agriculture et coopération, Université de Yaounde (Yaoundé, Cameroun), 33 p.
- Ouattara A. (2020). Isolement et sélection de bactéries endophytes natives du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) efficaces dans le biocontrôle de *Phytophthora* spp. agent causal de la pourriture brune des cabosses. Pour obtention de doctorat, UFR Agroforesterie, spécialité microbiologie des sols, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 89 p.
- Palm R. (1996). La classification numérique : principes et application. Notes de Statistique et d'Information. Gembloux, Belgique, p 128.
- Partiot M. (1984). L'épidémiologie de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun. In: première réunion du groupe international de travail sur les maladies à *Phytophthora* du cacaoyer, Lomé, Togo, 20-22 Février 1984. Montpellier, France, CIRAD-CP, 25-53.

- Partiot M., Amefia Y.K., Dniepr E.K. & Bakar K.A. (1978). Le Swollen shoot du cacaoyer au Togo, Inventaire préliminaire et première estimation des pertes causées par la maladie. *Café, Cacao*. Edition CFC, Accra : 217-228.
- Parvais J.P., De Reffye P.h. & Lucas P. (1977). Observations sur la pollinisation libre chez *Theobroma cacao* L : analyse mathématique des données et modélisation. *Café Cacao Thé*, 21 (4): 253-261.
- Paulin D., Ducamp M. & Lachenaud Ph. (2010). Evaluation des cacaoyers spontanés de Guyane française pour leur résistance à *Phytophthora megakarya*. 15ème Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, 9-14 octobre 2006, Costa Rica (San José), p 41-47.
- Paulin D., Ducamp M. & Lachenaud P. (2008). New sources of resistance to *Phytophthora megakarya* identified in wild cocoa tree populations of French Guiana. *Crop Protection*, 27 : 1143–1147.
- Paulin D., Ducamp M. & Lachenaud P. (2006). Evaluation des cacaoyers spontanés de Guyane française pour leur résistance à *Phytophthora megakarya*. *Proceedings of the 15th International Conference on Cocoa Research*, 14 Octobre 2006, Paris (France), p 29-32.
- Paulin D., Ducamp M., Vezian-Bonnemayre K. & Eskes A.B. (2005). Evaluation par le test d'inoculation sur feuille du niveau de résistance de trente clones vis-à-vis de plusieurs espèces de *Phytophthora*. *14 ème conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère*, 13-18 Octobre 2003 Accra, Accra Ghana, pp 85-93.
- Paulin D. & Eskes A. B. (1995). Le cacaoyer : stratégies de sélection Plantations Recherche Développement. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2 (6) : 5-13.
- Paulin D., Decazy B. & Coulibaly N. (1984). Étude des variations saisonnières des conditions de pollinisation et de fructification dans une cacaoyère. *Café Cacao Thé*, 27 (3) : 121-165.
- Pires J.L. (2003). Avaliação quantitativo e molecular de germoplasma para o melhoramento do cacaueiro com enfase na produtividade dos frutos e resistência. Ph.D. Thesis, Universidad Federal de Viçosa, MG, Brasil, 242 pp.
- Ploetz R. (2016). The Impact of Diseases on Cacao Production: A Global Overview In: *Cacao Diseases*, Bailey B.A., Meinhardt L.W. (Editors), *Springer International Publishing* Switzerland, Beltsville, USA, 33-59.

- Pokou D.N., Fister A.S., Winters, N., Tahí M., Klotioloma C., Sebastian A., Marden J.H., Maximova S.N. & Gultinan M.J. (2019). Resistant and susceptible cacao genotypes exhibit defense gene polymorphism and unique early responses to *Phytophthora megakarya* inoculation. *Plant Molecular Biology*, 99(4) : 499–516.
- Porney B.Z. (2016). Effet de deux isolats de *Phytophthora megakarya* sur quelques clones parentaux et hybrides de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) du groupe Forastero. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur de l'Enseignement Secondaire, 2e Grade (D.I.P.E.S. II), Département des sciences biologiques, Université de Yaoundé I, Cameroun, 71 p.
- Posnette A.F. (1950). The pollination of cacao in the gold coast. *Journal of Horticultural Science*, 12 (3) : 155-163.
- Posnette A.F. (1945). Incompatibility in Amazon cacao. *Trop. Agric (Trinidad)* 22, 184-190.
- Poujardieu B. & Mallard J. (1992). Les bases de la génétique quantitative: Les méthodes d'estimation de l'héritabilité et des corrélations génétiques. *INRA Productions Animales*, 5 (2) : 87-92.
- Pound F.J. (1938). Cacao and Witches' broom disease (*Marasmius pernicius*) of South America with notes on other species of *Theobroma cacao* L. *Journal of Horticultural Science*, 12 : 20-72.
- Royaert S., Phillips-Mora W., Leal A., Cariaga K., Steven BJN., Kuhn D., Schnell R. & Motamayor JC. (2011). Identification of marker-trait associations for self-compatibility in a segregating mapping population of *Theobroma cacao* L. *Tree Genetics & Genomes*, 7: 1159-1168.
- Sansome E., Brasier C.M. & Griffin M.J. (1975). Chromosome size differences in *Phytophthora palmivora*, a pathogen of cocoa. *Nature*, 255: 704–705.
- Saul-Maora J., Namaliu Y., Cilas C. & Blaha G. (2003). Durabilité de la résistance au champ à la maladie de la pourriture noire du cacaoyer en Papouasie-Nouvelle-Guinée. *Maladie des plantes*, 87: 1423-1425.
- Shull G.H. (1914). Duplicate genes for capsule form in *Bursa bursa pastoris*. *Zeitschr indukt Abstammungs-und Vererbungslehre*, 12 : 97-149.
- Sié R.S. (1998). Étude de la diversité et des paramètres génétiques du Colatier *Cola nitida* vent. Schott et Endlicher de la Collection de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR Biociences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 143 p.

- Snoeck J. & Lambot C. (2009). Le cacaoyer : du semis à la récolte. Montpellier (France), 120 p.
- Solomon C., Hallu T. & Singh H. (2009). Genetic variability, heritability and traits relationships in recombinant inbred lines of tef *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 5 (4): 474-479.
- Sprague G.F. & Tatum L.A. (1942). General and specific ability in single crosses of corn. *Plant Pathology*, 34: 923-932.
- Tahi G.T., Guiraud B.S.H., Minkou O.S., Coulibaly K., Assi M., Aidara S., Akaffou S. & Lachenaud P. (2021). Optimisation de la technique de greffage en écusson du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 4 : 25-36.
- Tahi G.M., Trébissou I.C., Guiraud S.B., Ribeyre F., Lachenaud P., Pokou N.D., N'Guessan K.F., Walet P.N., Aka A.R., Coulibaly K., Kébé B.I, Assi E.M., Koné B., Kassin K.E. & Cilas C. (2017). Second cycle de sélection récurrente du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire: paramètres génétiques chez les deux populations constitutives après treize années d'observation. *Proc, International Symposium on Cocoa Research (ISCR)*, Lima (Peru), pp 1-12.
- Tahi G.M, Lachenaud P., N'goran J.A.K & Ekes A. (2012). 17^{ème} Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère : comportement et utilité des géniteurs guyanais dans le programme d'amélioration génétique du cacaoyer en côte d'ivoire. Agropolis, 11 p.
- Tahi G.M., Kebe B.I., Sangare A., Mondeil F., Cilas C. & Eskes A. B. (2006). Foliar resistance of cacao (*Theobroma cacao*) to *Phytophthora palmivora* as an indicator of pod resistance in the field: interaction of cacao genotype, leaf age and duration of incubation. *Plant Pathology*, 55: 776-782.
- Tahi G.M. (2003). Évaluation sur feuille de cacaoyer de la résistance à *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses. Thèse de Doctorat, UFR Biociences, Université de Cocody, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 133 p.
- Tahi G.M., Kébé B.I., Eskes A.B., Outtara S., Sangare A. & Mondeil F. (2000). Rapid screening of cacao genotypes for field resistance to *Phytophthora palmivora* using leaves, twigs, and root. *European Journal of Plant Pathology*, 106: 87-94.
- Thresh J M., Owusu G K., Boamah A. & Lockwood, G. (1988). Ghanaian cocoa varieties and swollen shoot virus. *Crop protection*, 7: 219-231.

- Treissou I.C. (2021). Effets génétiques et sélection de génotypes élités, résistants à *phytophthora* et au virus du *swollen shoot* du cacaoyer (*theobroma cacao* L.) dans les parcelles de sélection récurrente réciproque de la station de divo. Thèse de docteur, UFR Biociences, Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 193 p.
- Tsao P.H. & Alizadeh A. (1988). Recent advances in the taxonomy and nomenclature of the so-called *Phytophthora palmivora* MF4 occurring on cocoa and other tropical crops. *X International. Cocoa Research. Conf., Santo Domingo*, 10-13 Juin 1988, Dominican Republic, 441-445.
- Umaharan R, Thévenin J.M., Holder A. & Bhola J. (2003). Evaluation of cacao germplasm for resistance to Witches' Broom disease under controlled conditions. St. Augustine, Trinidad and Tobago: Cocoa Research Unit, the University of the West Indies, 62 pp.
- Vera B.J. (1987). Antecedentes históricos. Manual del cultivo de cacao. INIAP, EET-Pichilingue. Quevedo, Ecuador, pp 6-9.
- Vos J. G. M., Barbara J.R. & Julie F. (2003). A la découverte du cacao. Un guide stimulant pour la formation des facilitateurs. CABI Biosciences, a division of CAB International, pp : 11-58.
- Whitlock B, Bayer C. & Baum D. (2001). Phylogenetic relationships and floral evolution of the *Byttnerioideae* (Sterculiaceae or Malvaceae s.l.) based on sequences of the chloroplast gene *ndhF*. *Systematic Botany*, 26 : 420-437.
- Wood G.A.R. & Lass R.A. (1989). Cocoa. Tropical agriculture series. Edition, *Longman*, 620 p.
- Wood G.A.R. (1973). Cocoa. Tropical Agriculture Series, 3th edition. Trinidad and Tobago, pp 25-27.
- Young A.M. (1985). Research on the natural pollination of cocoa in Central America: overview of current directions. Proc. 9 International. cocoa Res. Conf. Lome, Togo. Stephen Austin 1 Sons Ltd. *Science*, 25: 155-163.
- Zhang D., Martinez W.J., Johnson E.S., Somarriba E., Phillips-Mora W., Astorga C., Mischke S. & Meinhardt L.W. (2011). Genetic diversity and spatial structure in a new distinct *Theobroma cacao* L. population in Bolivia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59: 239-252.

- Zentmyer G.A. (1988). Taxonomic relationships and distribution of species of *Phytophthora* causing black pod of cocoa. Xe Conf. Intern. Rech. Cacaoyère, Santo Domingo, 7-10 Fevrier 1988, Dominican Republic, pp 391-395.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de récolte des données agronomiques au champ

[illegible]

Annexe 2 : Fiche de récolte de 100 fèves de cacao marchand par famille

DATE:				POIDS D'UNE FEVE DE CACAO MARCHAND (g)														FAMILLE						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

DATE:				POIDS D'UNE FEVE DE CACAO MARCHAND (g)														FAMILLE						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Annexe 3 : Fiche de la grille de lecture du test feuilles**Prélèvement :****Inoculation :****Lecture :**

Familles et arbres	Lecture des symptômes au 7eme jour					Moyenne
	D1	D2	D3	D4	D5	
F1P1						
F1P2						
F1P3						
F1P4						
F1P5						
F1P6						
F1P7						
F1P8						
F1P9						
F1P10						
F1P11						
F1P12						
F1P13						
F1P14						
F1P15						
F2P1						
F2P2						
F2P3						
F2P4						
F2P5						
F2P6						
F2P7						
F2P8						
F2P9						
F2P10						
F2P11						
F2P12						
F2P13						
F2P14						
F2P15						
F3P1						
F3P2						
F3P3						
F3P4						
F3P5						
F3P6						
F3P7						
F3P8						

F3P9						
F3P10						
F3P11						
F3P12						
F3P13						
F3P14						
F3P15						
F4P1						
F4P2						
F4P3						
F4P4						
F8P5						
F4P6						
F4P7						
F4P8						
F4P9						
F4P10						
F4P11						
F4P12						
F4P13						
F4P14						
F4P15						
F5P1						
F5P2						
F5P3						
F5P4						
F5P5						
F5P6						
F5P7						
F5P8						
F5P9						
F5P10						
F5P11						
F5P12						
F5P13						
F5P14						
F5P15						
C1						
C2						
C3						



A



B



C



D



E



F

Annexe 4 : Quelques matériels et étapes de l'étude technologique

A : Emondoir, B : Balance électronique, C : Caisse de fermentation, D : Pesé les fèves fraîches à l'aide d'une balance, E : Fèves sur la claie pour le séchage, F : Pesé le poids d'une fève sèche à l'aide d'une balance



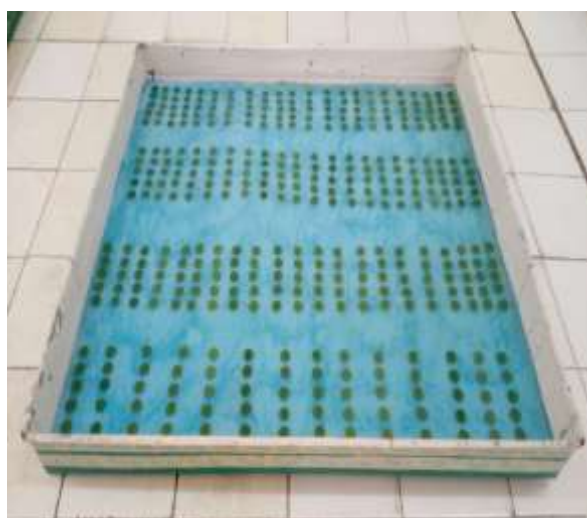
A



B



C



D



E



F

Annexe 5 : Quelques étapes pour l'évaluation des populations face à *Phytophthora megakarya*

A : Feuilles conservées dans un sac plastique, B : Découpage de feuilles à l'aide d'un emporte-pièce, C : Mousse imbibée d'eau distillée dans un bac, D : Disques de feuilles disposées sur une mousse dans un bac, E : Bac hermétiquement fermé à l'aide d'une bache noire en plastique, F : Disposition des disques de feuilles sur une mousse imbibée d'eau distillée

PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES

I-ARTICLES

Titre 1 : Caractérisation de onze familles d'hybrides de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) pour la productivité, la vigueur, la qualité technologique des fèves et la résistance au champ à la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire

Auteurs : Vanié Bi Firmin GOURE^{1&2}, Mathias Gnion TAHI², Honorine Brigitte GUIRAUD², Inago Caudou TREBISSOU², Klotioloma COULIBALY², Walet Pierre N'GUESSAN², Stanislas KOUAME^{1&2}, Sandrine MINAKOU^{1&2}, Pepin ASSI^{1&2}, Mathurin ATCHI², Aidara SEKOU², François N'GUESSAN², Sélastique AKAFFOU¹

Titre 2 : Selection of cocoa hybrids (*Theobroma cacao* L.) from the Guiana genetic group for productivity and tolerance to black pod disease in Côte d'Ivoire

Auteurs : Firmin V GOURE BI^{1&2}, Honorine B. GUIRAUD², Klotioloma COULIBALY², Inago C. TREBISSOU², Pierre W N'GUESSAN², Pepin A ASSI^{1&2}, Sandrine O MINAKOU^{1&2}, Stanislas KOUAME^{1&2}, Mathurin ATCHI², Aidara SEKOU², Sélastique D AKAFFOU¹ Mathias G. TAHI²

II-COMMUNICATIONS

Six communications orales :

Titre 1 : Sélection des hybrides de cacaoyer guyanais hauts producteurs en Côte d'Ivoire

Auteurs : GOURE BI V. Firmin^{1&2}, GUIRAUD B. S. H. Brigitte², TAHI G. Mathias², TREBISSOU I. Caudou², COULIBALY Klotioloma², KOUAME T. Stanislas^{1&2}, MINAKOU O. Sandrine^{1&2}, ASSI A. Pepin^{1&2}, ATCHI Y. Mathurin², SEKOU Aidara², N'GUESSAN K. François², AKAFFOU D. Sélastique¹

Date et lieu : du 13 au 15 Decembre 2023 à l'Université Jean Lorougnon Guédé

Titre 2 : Sélection précoce d'hybrides de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) vis-à-vis de *Phytophthora megakarya*

Auteurs : GOURE BI V. Firmin^{1&2}, TAHI G. Mathias¹, TREBISSOU I. Caudou¹, GUIRAUD B. S. H. Brigitte¹, COULIBALY Klotioloma¹, MINAKOU Okayo Sandrine^{1&2}, ASSI Attiapo Pepin^{1&2}, KOUAME Tchrewa Stanislas^{1&2}, ATCHI Yves Mathurin¹, SEKOU Aidara¹, AKAFFOU Doffou Sélastique², N'GUESSAN Kouamé François¹

Date et lieu : du 13 au 15 Decembre 2023 à l'Université Jean Lorougnon Guédé

Titre 3 : Qualité technologique des fèves des hybrides de cacaoyer guyanais en Côte d'Ivoire

Auteurs : GOURE BI V. Firmin^{1&2}, GUIRAUD B. S. H. Brigitte², TAHI G. Mathias², TREBISSOU I. Caudou², ASSI A. Pepin^{1&2}, MINAKOU O. Sandrine^{1&2}, KOUAME T. Stanislas^{1&2}, COULIBALY Klotioloma², ATCHI Y. Mathurin², SEKOU Aidara², AKAFFOU D. Sélastique¹

Date et lieu : du 15 au 17 Octobre 2024 à l'Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo

Titre 4 : Sélection d'hybrides de cacaoyer guyanais pour la production et la résistance intrinsèque à *P. megakarya* en Côte d'Ivoire

Auteurs : GOURE BI Vanié Firmin^{1&2}, GUIRAUD Boguinard Sahin Honorine Brigitte¹, TREBISSOU Inago Caudou¹, COULIBALY Klotioloma¹, TAHI Gnion Mathias¹, ASSI Attiapo Pepin^{1&2}, MINAKOU Okayo Sandrine^{1&2}, SEKOU Aidara¹, AKAFFOU Doffou Sélastique²

Date et lieu : du 15 au 17 Juillet 2025 Abidjan-Côte d'Ivoire

Titre 5 : Caractérisation agromorphotechnologique des cabosses de six populations d'hybrides de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire.

Auteurs : GOURE BI Vanié Firmin^{1&2}, GUIRAUD Boguinard Sahin Honorine Brigitte¹, ASSI Attiapo Pepin^{1&2}, TAHI Gnion Mathias¹, AKAFFOU Doffou Sélastique²

Date et lieu : du 26 au 29 Novembre 2025 à l'Université Polytechnique de San Pedro

Titre 6 : Evaluation de la production et la résistance à la pourriture brune des cabosses de trois populations de cacaoyers (*theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire.

Goure Bi Vanié Firmin^{1,2}, Guiraud Boguinard Sahin Honorine Brigitte¹, Assi Attiapo Pepin^{1,2}, Tahi Gnion Mathias¹, Akaffou Doffou Sélastique²

Date et lieu : du 9 au 11 Decembre 2025 à l'Université Jean Lorougnon Guédé

Deux Communications affiches/posters

Titre 1 : Sélection d'hybrides guyanais pour la production et la résistance intrinsèque à *P. megakarya*

Auteurs : GOURE BI Vanié Firmin^{1&2}, GUIRAUD Boguinard Sahin Honorine Brigitte¹, TREBISSOU Inago Caudou¹, COULIBALY Klotioloma¹, ASSI Attiapo Pepin^{1&2}, MINAKOU Okayo Sandrine^{1&2}, SEKOU Aidara¹, AKAFFOU Doffou Sélastique², TAHI Gnion Mathias¹

Date et lieu : du 7 au 9 Mai 2025 à l'INP-HB Yamoussoukro

PREMIER PRIX DU MEILLEUR POSTER : Au 2^{ème} congrès Scientifique International Bioresearch.ci à Yamoussoukro, le 09 Mai 2025.

Titre 2 : Sélection d'hybrides de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) issus du groupe génétique Guiana pour la productivité et la tolérance à la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire.

Auteurs : Goure Bi, V. F.^{1&2}, Guiraud, H. B.², Coulibaly, K.², Trebissou, I. C.², Tahi, G. M.², N'Guessan, W. P.², Assi, A. P.^{1&2}, Minakou, O. S.^{1&2} & Akaffou, D. S.¹

Date et lieu : du 17 au 18 Septembre 2025 à l'Université Nangui Abrogoua

Résumé

La pourriture brune des fruits du cacaoyer due à *Phytophthora megakarya* est à l'origine d'importantes pertes allant jusqu'à 80% sans mesures de contrôle en Afrique Centrale et de l'Ouest. *P. megakarya* a complètement remplacé *P. palmivora* dans les plantations du Cameroun et du Nigéria mais coexiste encore dans celles du Ghana et de Côte d'Ivoire. L'introduction de la pourriture brune en Côte d'Ivoire constitue une grande menace pour la production et les industries cacaoyère au niveau mondiales. La sélection de cacaoyers plus productifs et résistants constitue un axe de recherche prioritaire dans plusieurs pays producteurs. En vue de trouver des sources à la fois productives et résistantes à ce bioagresseur, les hybrides guyanais du CNRA ont été évalués pour les caractères de production et la résistance à *P. megakarya* par test sur disques filiaires dans les deux essais. L'approche méthodologique de cette étude a été en premier lieu de sélectionner les familles d'hybrides selon leurs performances agronomiques et leur résistance à *Phytophthora megakarya* par test sur disques foliaires au laboratoire. Ensuite, la transmission des caractères de production a été étudiée à partir d'un factoriel incomplet 6 x 3.

L'analyse de variance a montré que la population guyanaise a été à la fois meilleure que les autres populations dans les deux essais pour la plupart des caractères de production et la résistance à *Phytophthora megakarya*. Les résultats de comparaison des familles ont montré que les familles guyanaises F1 et F2 d'E6/5 et la F41 de TO ont été meilleures pour le nombre total de cabosses, et le rendement potentiel annule. Les hybrides guyanais (F1 et F2) en E6/5 ont été à la fois plus résistants à la pourriture brune des cabosses au champ et à *Phytophthora megakarya*. En TO, la famille guyanaise F43 a été résistante à *phytophthora megakarya*. L'étude des paramètres génétiques a montré que les héritabilités au sens strict ont été relativement élevées pour tous les caractères évalués. Les parents mâles GU123B et GU284A qui ont présenté les meilleures AGC pour le rendement potentiel annuel ont donné deux meilleures familles F2 et F1 présentant les meilleures ASC pour le nombre total de cabosses, le taux de cabosses pourries, le rendement potentiel annuel et la vigueur végétative. Après confirmation des performances agronomiques et restantes à *phytophthora megakarya*, les familles d'hybrides F2 et F1 de l'essai E6/5, F41 et F43 de TO pourraient être intégrés comme géniteurs dans le programme de l'amélioration génétique du cacaoyer en vue de produire des descendants combinant un rendement élevé et une résistance à la *phytophthora spp.* en Côte d'Ivoire.

Mots clés : Hybrides guyanais, Pourriture brune, *phytophthora megakarya*, Amélioration génétique.

Abstract

Brown rot of cocoa pods caused by *Phytophthora megakarya* causes significant losses of up to 80% without control measures in Central and West Africa. *P. megakarya* has completely replaced *P. palmivora* in plantations in Cameroon and Nigeria but still coexists in those in Ghana and Côte d'Ivoire. Its introduction into Côte d'Ivoire poses a major threat to cocoa production and industries worldwide. The selection of more productive and resistant cocoa trees is a priority research area in several producing countries. In order to find sources that are both productive and resistant to this pest, the CNRA Guyanese hybrids were evaluated for production characteristics and resistance to *P. megakarya* using wire disc tests in two trials. The methodological approach of this study was first to select hybrid families based on their agronomic performance and resistance to *Phytophthora megakarya* using leaf disc tests in the laboratory. Next, the transmission of production characteristics was studied using an incomplete 6 x 3 factorial design.

The analysis of variance showed that the Guyanese population outperformed the other populations in both trials for most production traits and resistance to *Phytophthora megakarya*. The results of the family comparison showed that the Guyanese F1 and F2 families of E6/5 and the F41 family of TO were better in terms of total pod number and potential yield. The Guyanese hybrids (F1 and F2) in E6/5 were both more resistant to brown pod rot in the field and to *Phytophthora megakarya*. In TO, the Guyanese family F43 was resistant to *Phytophthora megakarya*. The study of genetic parameters showed that heritabilities in the strict sense were relatively high for all traits evaluated. The male parents GU123B and GU284A, which had the best AGCs for annual yield potential, produced two best F2 and F1 families with the best ASCs for total pod number, pod rot rate, annual yield potential, and vegetative vigor. After confirmation of agronomic performance and resistance to *Phytophthora megakarya*, the F2 and F1 hybrid families from trials E6/5, F41, and F43 from TO could be integrated as parents into the cocoa genetic improvement program with a view to producing offspring that combine high yield and resistance to *Phytophthora spp.* in Côte d'Ivoire.

Keywords: Guyanese hybrids, brown rot, *Phytophthora megakarya*, genetic improvement.